Rapport Final du Projet Pollusol 2

Partie « sols » (UCL-ELI)

Décembre 2012

Rédaction et réalisation :
B. Pereira, H. Titeux, A. Schneider et Ph. Sonnet (UCL-ELI)

Appui technique et analytique :
C. Givron, A. Iserentant et S. Mauro (UCL-ELI)

Suivi des travaux et relecture :
J. Leclercq, P. Dengis, M. Jailler, A. Lox, Ph. Scauflaire et V. Vandenheede (SPAQuE)

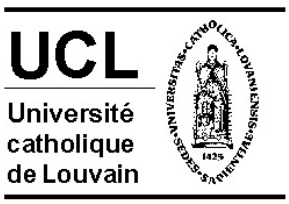


Table des matières

Glossaire **15**

Abbréviations générales 15

Abbréviations pour les paramètres pédologiques et les polluants organiques . 16

Méthodes et abbréviations statistiques 18

Résumé **21**

1 Acquisition de données dans les zones touchées par la pollution atmosphérique de proximité 21

2 Présentation et traitement des données collectées 22

2.1 Résultats pour les sols 22

2.1.1 Analyse statistique des résultats 22

2.1.2 Cartographie des retombées atmosphériques d'ETM et de composés traces organiques (UCL et UMons) 25

2.1.3 Cartographie des concentrations de fond dans les sols . 25

2.1.4 Typologie des situations rencontrées dans les sols wallons touchés par la PAP 26

3 Développement d'outils d'aide à la maîtrise des risques 28

3.1 Extractions chimiques séquentielles 28

3.2 Biodisponibilité et bioaccessibilité des ETM 28

3.2.1 Modélisation des transferts sol-plante (1re partie) : sélection du meilleur extractif chimique 28

3.2.2 Modélisation des transferts sol-plante (2e partie) : prédiction sur base des concentrations dans le ray-grass . . 29

3.2.3 Modélisation des transferts sol-plante (3e partie) : prédiction de la biodisponibilité par extractions cinétiques 29

3.2.4 Modélisation des transferts sol-homme 30

I Acquisition de données dans les zones touchées par la pollution atmosphérique de proximité 31

1 Echantillonnage et collecte des données 33

1.1 Plans d'échantillonnage des sols 33

1.1.1 Principes généraux 33

1.1.2 Plan d'échantillonage pour les sols « autres que potagers » 34

1.2 Détail des points d'échantillonnage par zone 36

1.2.1 Zone de Colfontaine 36

1.2.1.1 Contexte général 36

1.2.1.2 Plan d'échantillonnage des sols 37

1.2.2 Zone de La Louvière 39

1.2.2.1 Contexte général 39

1.2.2.2 Plan d'échantillonnage des sols 40

1.2.3 Zone de Charleroi-Châtelet 42

1.2.3.1 Contexte général 42

1.2.3.2 Plan d'échantillonnage des sols 43

1.2.4 Zone d'Amay-Engis 45

1.2.4.1 Contexte général 45

1.2.4.2 Plan d'échantillonnage des sols 47

1.2.5 Zone de Seraing 49

1.2.5.1 Contexte général 49

1.2.5.2 Plan d'échantillonnage des sols 50

1.2.6 Zone de Trooz 52

1.2.6.1 Contexte général 52

1.2.6.2 Plan d'échantillonnage des sols 53

1.2.7 Zone de Verviers 55

1.2.7.1 Contexte général 55

1.2.7.2 Plan d'échantillonnage des sols 57

1.2.8 Zone d'Aubange 59

1.2.8.1 Contexte général 59

1.2.8.2 Plan d'échantillonnage des sols 60

1.3 Collecte des échantillons 62

2 Analyses chimiques **69**

2.1 Méthodes analytiques . . . 69

2.1.1 Introduction . . . 69

2.1.2 Sols . . . 69

2.1.2.1 Paramètres pédologiques . . . 69

2.1.2.2 Eléments majeurs . . . 70

2.1.2.3 Polluants inorganiques . . . 70

2.1.2.4 Polluants organiques . . . 70

2.1.3 Humus . . . 71

2.2 Limites de quantification . . . 72

2.3 Valeurs atypiques . . . 74

2.3.1 Méthodes de détection des valeurs atypiques . . . 74

2.3.2 Détection des valeurs atypiques dans les sols . . . 77

2.3.2.1 Détection univariée des valeurs aberrantes . . . 77

2.3.2.2 Détection multivariée des valeurs aberrantes . . . 78

2.4 Contrôle qualité des analyses . . . 87

2.4.1 Introduction . . . 87

2.4.2 Présence d'erreurs grossières dans les résultats . . . 88

2.4.3 Présence de valeurs anomales dans les résultats . . . 89

2.4.4 Justesse des résultats . . . 91

2.4.4.1 Estimation du biais du laboratoire 1 en prenant l'ISSeP comme base de comparaison . . . 91

2.4.4.2 Estimation du biais du laboratoire 1 en prenant l'UCL comme base de comparaison . . . 93

2.4.4.3 Estimation du biais de l'UCL en prenant l'ISSeP comme base de comparaison . . . 94

2.4.4.4 Conclusions . . . 95

2.4.5 Fidélité des résultats . . . 97

2.4.5.1 Calcul de l'incertitude élargie . . . 98

2.4.5.2 Fidélité des résultats du laboratoire 1 . . . 100

2.4.5.3 Fidélité des résultats de l'UCL . . . 102

2.4.5.4 Fidélité des résultats de l'ISSeP . . . 102

2.4.6 Valeurs mesurées et interprétation des résultats 103
2.4.6.1 Résultats pour le laboratoire 1 104
2.4.6.2 Résultats pour UCL 104
2.4.6.3 Résultats pour ISSeP 104
2.4.6.4 Conclusion 104
2.4.7 Erreur aléatoire de la mesure des polluants organiques 105
2.4.7.1 Calcul de l'incertitude élargie 105

3 La base de données POLLUSOL 2 109

3.1 Introduction 109
3.2 Format et structure 109
3.3 Contenu des tables 110
3.3.1 Commentaire général 110
3.3.2 Table de localisation 110
3.3.3 Tables relatives aux points de prélèvement 111
3.3.4 Tables relatives aux horizons 111
3.3.5 Tables relatives aux échantillons 112
3.3.6 Tables relatives aux résultats analytiques 112
3.3.6.1 Commentaires généraux 112
3.3.6.2 Analyses systématiques 113
3.3.6.3 Analyses spécifiques 114
3.3.7 Tables relatives à la détection de valeurs aberrantes 115
3.3.7.1 Outliers univariés 115
3.3.7.2 Outliers multivariés 115
3.3.7.3 Outliers spatiaux 116
3.3.8 Tables spéciales 116
3.4 Exemples de requêtes 117
3.5 Outils de recherche 118

II Présentation et traitement des données collectées 121

4 Statistiques générales par zone d'étude 123

4.1 Sols . . . 123

4.1.1 Potagers (ULg-GxABT) . . . 123

4.1.2 Sols agricoles, forestiers et de parcs . . . 123

4.1.2.1 Zone d'échantillonnage de Colfontaine . . . 136

4.1.2.2 Zone d'échantillonnage de La Louvière . . . 144

4.1.2.3 Zone d'échantillonnage de Charleroi-Châtelet . . . 152

4.1.2.4 Zone d'échantillonnage d'Amay-Engis . . . 160

4.1.2.5 Zone d'échantillonnage de Seraing . . . 168

4.1.2.6 Zone d'échantillonnage de Trooz . . . 176

4.1.2.7 Zone d'échantillonnage de Verviers . . . 184

4.1.2.8 Zone d'échantillonnage d'Aubange . . . 192

4.2 Humus forestiers . . . 200

5 Analyses statistiques et interprétations 217

5.1 Sols . . . 217

5.1.1 Introduction . . . 217

5.1.2 Méthodes . . . 219

5.1.2.1 Analyses univariées . . . 219

5.1.2.2 Analyse des corrélations . . . 221

5.1.2.3 Analyse factorielle exploratoire . . . 223

5.1.3 Résultats et interprétations . . . 229

5.1.3.1 Quel est l'effet de la profondeur sur les paramètres analysés ? . . . 229

5.1.3.2 Quel est l'effet des remblais sur les paramètres analysés ? 236

5.1.3.3 Quel est l'effet de l'occupation sur les paramètres analysés ? . . . 238

5.1.3.4 Quel est l'effet de la zone d'étude sur les paramètres analysés ? . . . 243

5.1.3.5 Quel est l'effet du type de sol sur les paramètres analysés ? 248

5.1.3.6 Quelle est l'influence des charges caillouteuses technogéniques sur les paramètres analysés ? . . . 261

5.1.3.7 Quelles sont les relations entre les paramètres analysés ? 268
5.1.3.8 Quels sont les principaux facteurs permettant d'expliquer la variabilité des données ? 284
5.1.3.9 Synthèse : quels sont les principaux mécanismes impliqués dans le contrôle des teneurs en polluants ? 308
5.2 Sols et légumes en jardins potagers (ULg-GxABT) 311
5.3 Humus 311
5.3.1 Introduction 311
5.3.2 Rapports de concentrations entre l'humus et l'horizon sous-jacent (Ah) 311
5.3.3 Prédictions des concentrations dans l'humus sur base des teneurs dans l'horizon Ah 313
5.3.4 Conclusion 314

6 Cartographie 315

6.1 Modélisation de la dispersion atmosphérique des polluants (UMons) . . 315
6.1.1 Contexte de l'étude 315
6.1.2 Méthode de calcul de la modélisation 316
6.1.3 Détermination des zones particulièrement propices aux retombées 323
6.1.4 Modélisation des auréoles de retombées autour de cheminées considérées individuellement 325
6.1.5 Conclusions 328
6.2 Cartographie des retombées atmosphériques de polluants 328
6.2.1 Méthodologie 328
6.2.1.1 Sélection de sources pour la détermination des auréoles de retombées atmosphériques unitaires 329
6.2.1.2 Calcul de l'enrichissement des sols en polluants par voie atmosphérique 330
6.2.1.3 Pondération des cheminées à l'aide de points de contrôle 335
6.2.2 Résultats 338
6.2.2.1 Paramètres du modèle et groupes de cheminées retenus 338
6.2.2.2 Qualité des modèles prédictifs 341
6.2.2.3 Carte des retombées atmosphériques de polluants . . . 343
6.3 Cartographie des polluants dans les sols 351

6.3.1 Constitution du jeu de données pour la cartographie 351
6.3.1.1 Constitution d'un premier *jeu de données de référence* (v1) 353
6.3.1.2 Suppression des valeurs atypiques 355
6.3.1.3 Ajout de points représentatifs des concentrations de fond au *jeu de données de référence v2* 356
6.3.1.4 Détection des outliers spatiaux et suppression des valeurs atypiques 358
6.3.2 Prédiction des teneurs en polluants dans les sols 361
6.3.2.1 Transformation des données 362
6.3.2.2 Régression linéaire 362
6.3.2.3 Application du modèle de régression à la Wallonie . . . 367
6.3.2.4 Analyse spatiale des résidus de la régression 370
6.3.2.5 Krigeage des résidus 372
6.3.2.6 Calcul du 95^{e} centile 375
6.3.2.7 Transformation inverse des résultats 375
6.3.2.8 Détermination des zones où l'interpolation est possible 378
6.3.3 Validation des cartes de teneurs estimées 381
6.3.3.1 Principe et exemple pour le cuivre 381
6.3.3.2 Statistiques descriptives de la capacité prédictive des cartes produites 383
6.3.4 Présentation des résultats cartographiques 388
6.3.4.1 Cartes des concentrations attendues dans les sols (cartes « A3 ») 388
6.3.4.2 Cartes de l'incertitude sur la valeur prédite (cartes « A4 »)389
6.3.4.3 Cartes de concentrations dans les sols aux points d'échantillonnage (cartes « A5 ») 391
6.3.4.4 Cartes de concentrations dans les sols par rapport aux normes du Décret « sols » (cartes « A6 ») 391
6.4 L'outil INFO-FONDS 399
6.4.1 Transcription des résultats cartographiques dans l'outil 399
6.4.2 Documentation de l'outil et manuel d'utilisation 400

7 Typologie des situations en zone de PAP (remblais et sols naturels) 403

7.1 Introduction . . . 403

7.2 Identification des scories . . . 404

7.2.1 Introduction . . . 404

7.2.2 Définition . . . 404

7.2.3 Revue bibliographique . . . 404

7.2.4 Échantillons analysés . . . 407

7.2.5 Identification des échantillons . . . 407

7.2.6 Critères d'identification de terrain . . . 407

7.2.7 Teneurs en polluants inorganiques dans les échantillons . . . 409

7.3 Sélection des critères pour la typologie des situations . . . 413

7.3.1 Sols de remblais . . . 413

7.3.1.1 Matériaux de remblais . . . 413

7.3.1.2 Influence de la localisation . . . 419

7.3.1.3 Influence de l'occupation . . . 422

7.3.2 Sols naturels . . . 425

7.3.2.1 Horizons profonds . . . 425

7.3.2.2 Horizons de surface . . . 425

7.4 Etablissement de la typologie des situations . . . 428

7.4.1 Introduction . . . 428

7.4.2 Horizons profonds . . . 428

7.4.3 Horizons de surface . . . 431

7.5 Statistiques selon les classes de la typologie . . . 433

7.5.1 Introduction . . . 433

7.5.2 Valeurs moyennes . . . 435

7.5.2.1 Horizons profonds . . . 435

7.5.2.2 Horizons de surface . . . 445

7.5.3 Gammes de variations . . . 464

7.5.3.1 Horizons profonds . . . 464

7.5.3.2 Horizons de surface . . . 473

7.6 Commentaires et discussions . . . 492

7.6.1 Mise au point . . . 492
7.6.2 Région d'Aubange . . . 492
7.6.2.1 Commentaires généraux . . . 492
7.6.2.2 Horizons profonds . . . 492
7.6.2.3 Horizons de surface . . . 493
7.6.3 Région du Hainaut . . . 495
7.6.3.1 Commentaires généraux . . . 495
7.6.3.2 Horizons profonds . . . 495
7.6.3.3 Horizons de surface . . . 496
7.6.4 Région de Liège . . . 497
7.6.4.1 Commentaires généraux . . . 497
7.6.4.2 Horizons profonds . . . 498
7.6.4.3 Horizons de surface . . . 499
7.6.5 Synthèse . . . 500

III Développement d'outils d'aide à la maîtrise des risques 505

8 Biodisponibilité et bioaccessibilité des polluants 507
8.1 Extractions séquentielles . . . 507
8.1.1 Introduction . . . 507
8.1.2 Matériaux et méthodes . . . 507
8.1.2.1 Sélection de sols . . . 507
8.1.2.2 Méthode . . . 507
8.1.2.3 Limites de quantification et incertitude . . . 508
8.1.2.4 Calculs des fractions . . . 509
8.1.2.5 Compartiment résiduel . . . 509
8.1.3 Résultats et discussion . . . 510
8.1.3.1 Statistiques descriptives . . . 510
8.1.3.2 Influence des teneurs « Eau régale » sur les teneurs dans les différents compartiments. . . . 516
8.1.3.3 Influence des teneurs en éléments majeurs et des paramètres pédologiques sur les fractions dans les différents compartiments. . . . 517

8.1.3.4 Relations avec la pollution . . . 522
8.1.3.5 Relations avec les charges d'origine technogéniques . . . 525
8.1.3.6 Influence des classes de sols, selon la typologie des situations . . . 525
8.1.4 Synthèse . . . 530
8.2 Création d'une base de données bibliographiques sur les transferts sol/plante (ULg-GxABT) . . . 532
8.3 Etude de l'impact du facteur variété sur les teneurs en contaminants dans les légumes (ULg-GxABT) . . . 532
8.4 Etude de l'intérêt d'éplucher les légumes (ULg-GxABT) . . . 532
8.5 Etude de l'impact de différents amendements sur la mobilité des polluants dans le sol et sur leur transfert vers les plantes potagères (ULg-GxABT) . . . 532
8.6 Modélisation des transferts sol-plante (1re partie) : sélection du meilleur extractif chimique . . . 533
8.6.1 Introduction . . . 533
8.6.2 Matériel et méthodes . . . 533
8.6.2.1 Sélection des sols . . . 533
8.6.2.2 Extractions sélectives . . . 534
8.6.2.3 Culture de ray-grass . . . 534
8.6.2.4 Détection des valeurs atypiques . . . 536
8.6.2.5 Limites de quantification et incertitudes relatives . . . 537
8.6.3 Résultats et discussion . . . 538
8.6.3.1 Statistiques descriptives . . . 538
8.6.3.2 Relations extractifs / ray-grass . . . 546
8.6.3.3 Relations extractifs / légumes . . . 547
8.6.3.4 Choix de l'extractif pour la modélisation des transferts sol-plante dans le cadre de cette convention . . . 549
8.6.4 Outil d'aide à la gestion . . . 550
8.6.4.1 Résultats de l'analyse « Eau régale » disponibles . . . 550
8.6.4.2 Résultats de l'analyse « Eau régale » non disponibles . 551
8.7 Modélisation des transferts sol-plante (2e partie) : prédiction des teneurs dans le ray-grass . . . 553
8.7.1 Introduction . . . 553

8.7.2 Matériel et méthodes 553
8.7.2.1 Modélisation 553
8.7.2.2 Extrapolation 555
8.7.3 Résultats et discussion 558
8.7.3.1 Modélisation 558
8.7.3.2 Extrapolation 561
8.7.4 Outil de gestion 564
8.8 Modélisation des transferts sol-plante (3e partie) : prédiction de la biodisponibilité par extractions cinétiques 565
8.8.1 Introduction 565
8.8.2 Matériel et méthodes 565
8.8.2.1 Sélections de sols 565
8.8.2.2 Extraction 565
8.8.2.3 Modélisation de la cinétique d'extraction 565
8.8.3 Résultats et discussions 566
8.8.3.1 Statistiques descriptives 566
8.8.3.2 Prédiction des teneurs dans le Ray-Grass 567
8.8.4 Outil de gestion 569
8.9 Modélisation des transferts sol-plante (4e partie) : prédiction des teneurs dans les légumes (ULg-GxABT) 570
8.10 Modélisation des transferts sol-plante (5e partie) : prédiction des teneurs dans les légumes à partir des stades précoces (ULg-GxABT) 570
8.11 Modélisation des transferts sol-homme 571
8.11.1 Introduction 571
8.11.2 Matériel et méthodes 571
8.11.2.1 Sélection des sols 571
8.11.2.2 Détermination des teneurs bioaccessibles 571
8.11.2.3 Limites de quantification et erreurs relatives 572
8.11.2.4 Calcul de la bioaccessibilité 574
8.11.2.5 Détection des valeurs atypiques 574
8.11.3 Résultats et discussions 575
8.11.3.1 Statistiques descriptives 575

8.11.3.2 Influence des classes de sols, selon la typologie des situations 577
8.11.3.3 Prédictions 579
8.11.3.4 Outil de gestion 584

Conclusions et Perspectives **587**

Annexes **593**

Annexe 1 : Cartes réalisées comme support à l'analyse des composantes de l'environnement pour la préparation des plans d'échantillonnage dans les huit zones d'étude 593

Annexe 2 : Concentration en polluant dans les horizons de surface et dans les horizons profonds des sols des huit zones d'échantillonnage par rapport aux valeurs normatives du décret sols 651

Annexe 3 : Résultats d'analyses statistiques 721

Annexe 4 : Résultats cartographiques 917

Annexe 5 : Concentration moyenne en polluant par commune 1069

Annexe 6 : Manuel d'utilisation de l'outil informatique INFO-FONDS 1081

Annexe 7 : Clé d'identification de scories 1107

Annexe 8 : Fiches descriptives des catégories de scories 1117

Glossaire

Abbréviations générales

PAP : pollution atmosphérique de proximité.

CP : Comité de Pilotage du projet POLLUSOL 2

CTSS : Comité Technique de Suivi Scientifique du projet POLLUSOL 2

Décret « sols » : Décret wallon relatif à la gestion des sols (M.B. 18.02.2009 - add. 06.03.2009 - entrée en vigueur le 18.05.2009)

Zones, secteurs et communes :

Secteur : le projet POLLUSOL 2 vise à caractériser les sols et les eaux souterraines des *secteurs* wallons touchés par la PAP.

Zone d'étude : partie d'un secteur touché par les PAP, qui sera étudié plus particulièrement dans POLLUSOL 2. Un des objectifs de POLLUSOL 2 est de cartographier les sols et les eaux souterraines de *8 zones représentatives* de secteurs de Wallonie touchés par la PAP.

Commune : pour les sols, les zones représentatives correspondent à une *commune* (par ex : Seraing ou Colfontaine) ou plusieurs parties de *communes* (par ex : Charleroi et Châtelet). Pour les eaux souterraines, les zones échantillonnées sont un peu plus larges que les limites des *communes* afin de prendre en compte (notamment) la géologie des aquifères. Par facilité, les zones échantillonnées sont appelées par le nom de la *commune* (ou des *communes*) concernée(s) par le volet sol du projet.

AE : zone d'échantillonnage d'Amay-Engis

AU : zone d'échantillonnage d'Aubange

CO : zone d'échantillonnage de Colfontaine

CH : zone d'échantillonnage de Charleroi-Châtelet

LL : zone d'échantillonnage de La Louvière

SE : zone d'échantillonnage de Seraing

TR : zone d'échantillonnage de Trooz

VE : zone d'échantillonnage de Verviers

Equipes de recherche impliquées dans le projet :

- **UCL** : Université catholique de Louvain (UCL), groupe de recherche en sciences du sol et géochimie de l'environnement de l'Earth and Life Institute (ELI) ;
- **ULg-AQUAPÔLE** : Université de Liège, Geo^3- Hydrogéologie et Géologie de l'Environnement ;
- **ULg-GxABT** : Université de Liège, Gembloux Agro-Bio Tech, Unité de Science du Sol ;
- **UMons** ou FPMs : Université de Mons, Faculté Polytechnique, Service fluides-machines.

Laboratoires en charges des analyses de sol :

- **Laboratoire 1** : laboratoire mandaté par SPAQuE pour l'analyse des différents paramètres inscrits dans la convention « Pollusol 2 ». Les analyses effectuées sont :
  - les paramètres généraux : les matières organiques (MO), l'argile, le pH KCl et les 5 éléments majeurs (Al, Ca, Mg, Mn et Fe) ;
  - les paramètres inorganiques : 16 contaminants (As, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Sn, Tl, Zn) et les cyanures (cyanures libres, non-chlorodestructibles et cyanures totaux) ;
  - les paramètres organiques : les BTEX, le styrène, les 16 HAP et leur somme, les huiles minérales C10-C40 et leur somme et les composés organo-halogénés extractibles.
- **Laboratoire 2** : laboratoire qui a établi les bilans de fertilité et conseils en fumure pour chaque jardin potager. Les analyses effectuées sont : les matières organiques (MO), le pH KCl et les teneurs disponibles extractibles à l'acétate d'ammonium-EDTA (pH 4,65) pour Ca, Mg, K et P.

Abbréviations pour les paramètres pédologiques et les polluants organiques

Paramètres pédologiques

Argile : fraction granulométrique < 2 µm (%)

CE : Conductivité électrique (µS/cm)

Corg : Carbone organique (g C/kg MS)

MS : Matière sèche (%)

MF : Matière fraîche (%)

OM : Matière organique (%)

Polluants organiques

Ace : Acénaphtène

Acyl : Acénaphtylène

Ant : Anthracène

BaA : Benzo[a]anthracène

BaP : Benzo[a]pyrène

BbF : Benzo[b]fluoranthène

Ben : Benzène

BghiP : Benzo[g,h,i]pérylène

BkF : Benzo[k]fluoranthène

BTEX : Somme des concentrations des BTEX (Ben+Tolu+EBen+oXyl+mpXyl)

Chrys : Chrysène

CN lib : Cyanures libres

CN ncd : Cyanures non chloro-destructibles. CN_ncd est la différence entre CN_tot et CN_lib.

CN tot : Cyanures totaux

dBahA : Dibenzo[a,h]anthracène

EBen : Ethyl-Benzène

EOX : Composés organo-halogénés extractibles

Fla : Fluoranthène

Fle : Fluorène

HAP : Hydrocarbure aromatique polycyclique

HAP10 : Somme des concentrations des 10 HAP prioritaires selon le VROM [1]

HAP16 : Somme des concentrations des 16 HAP prioritaires selon l'US-EPA [2]

HTP : Huiles minérales

HTP10a12 : Huiles minérales : fraction C10 - C12

HTP12a16 : Huiles minérales : fraction C12 - C16

HTP16a21 : Huiles minérales : fraction C16 - C21

HTP21a30 : Huiles minérales : fraction C21 - C30

HTP30a35 : Huiles minérales : fraction C30 - C35

HTP35a40 : Huiles minérales : fraction C35 - C40

HTP tot : Indice hydrocarbure C10-C40 (somme des fractions C10 à C40)

I123cdP : Indeno(1,2,3-c,d)pyrène

1. Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer
2. U.S. Environmental Protection Agency.

IP : Indice Phénol

mpXyl : m,p-Xylène

Naph : Naphtalène

oXyl : o-Xylène

Phen : Phénanthrène

Pyr : Pyrène

Styr : Styrène

Tolu : Toluène

Xyl tot : Xylènes totaux

Méthodes et abbréviations statistiques

Abbréviations pour les statistiques descriptives

LQ : Limite de quantification. Elle correspond au seuil en dessous duquel aucune valeur numérique n'est donnée, car le laboratoire estime que l'imprécision relative de la mesure sous ce seuil est trop grande [3].

n obs : nombre de résultats analytiques ;

n manq. : nombre de résultats analytiques manquant ;

Coeff. var. : coefficient de variation des résultats analytiques (rapport entre l'écart-type et la moyenne) ;

Min. : minimum des résultats analytiques ;

perc10 : 10^{e} centile des résultats analytiques (ou premier décile) ;

perc25 : 25^{e} centile des résultats analytiques (ou premier quartile) ;

Médiane : médiane des résultats analytiques (ou percentile 50) ;

perc75 : 75^{e} centile des résultats analytiques (ou troisième quartile) ;

perc90 : 90^{e} centile des résultats analytiques (ou neuvième décile) ;

Max. : maximum des résultats analytiques ;

Ecart int. quart. : écart inter-quartile (différence entre le troisième quartile et le premier quartile) des résultats analytiques ;

Out. Uni H. : le premier chiffre (à gauche de « / ») renseigne le nombre de valeurs détectées comme outlier univarié haut, le second chiffre (à droite de « / ») renseigne le nombre de valeurs sur lesquelles a été possible la détection d'outlier univarié ;

3. Dans le cas des analyses de sols fournies par le laboratoire 1, un tiers (environ) des résultats analytiques ont été fournis avec une limite de quantification multipliée par un coefficient de sécurité. Cette limite de quantification "de rapportage" est donc plus élevée que leur limite de quantification analytique.

Out. Uni B. : le premier chiffre (à gauche de « / ») renseigne le nombre de valeurs détectées comme outlier univarié bas, le second chiffre (à droite de « / ») renseigne le nombre de valeurs sur lesquelles a été possible la détection d'outlier univarié ;

Out. Multi. : le premier chiffre (à gauche de « / ») renseigne le nombre de valeurs détectées comme outlier multivarié, le second chiffre (à droite de « / ») renseigne le nombre de valeurs sur lesquelles a été possible la détection d'outlier multivarié.

Statistiques et test fréquemment utilisés dans le rapport

Centile (parfois aussi appelé percentile) : valeur qui divise un jeu de données en 100 parties égales. La médiane est le 50^{e} centile, et les premiers et troisièmes quartiles sont respectivement les 25^{e} et 75^{e} centile.

Coefficient de corrélation (r) ou coefficient de corrélation linéaire : le coefficient de corrélation renseigne sur le degré de dépendance linéaire entre les deux variables. Le coefficient prend une valeur comprise entre -1 et 1. Plus le coefficient est proche des valeurs extrêmes -1 et 1, plus la corrélation entre les variables est forte. On considère généralement comme significative une corrélation inférieure à -0.5 ou supérieure à 0.5. Dans ce rapport, la méthode utilisée pour le calcul des coefficients de corrélation est la méthode de Pearson.

Coefficient de corrélation robuste : coefficient de corrélation qui est peu influencé par la présence de valeurs extrêmes (outliers). Dans ce rapport, les corrélations robustes ont été calculé par la méthode du "Minimum Covariance Determinant" (MCD) de Rousseeuw [4] à l'aide de l'algorithme “FAST-MCD” de Rousseeuw et Van Driessen [5].

Coefficient de détermination (R^2) : coefficient utilisé pour donner une appréciation de la capacité prédictive d'un modèle de régression linéaire. Il représente la proportion de la variabilité de la variable dépendante expliquée par le modèle. Le coefficient a une valeur est comprise entre 0 et 1 : plus le R^2 est proche de 1, meilleur est la prédiction par le modèle.

MAD ou Mean Absolute Deviation : le MAD d'un jeu de données est une mesure de la dispersion de celui-ci ; il s'agit de la médiane de l'écart en valeur absolue entre les données et leur médiane [6]. Le MAD est un estimation robuste de la dispersion, car contrairement à la déviation standard, la valeur de la médiane est peu affectée par la présence de valeurs extrêmes.

Médiane : la médiane d'un jeu de données est une mesure de la tendance centrale de celui-ci ; c'est la valeur du milieu quand le jeu de données est trié par ordre croissant. La médiane est souvent utilisée dans ce rapport comme estimateur

4. Rousseeuw PJ. Least median of squares regression. J Amn Statist Assoc 1984, 79 : 871–880.

5. Rousseeuw, P.J. and Van Driessen, K. (1999), “A Fast Algorithm for the Minimum Covariance Determinant Estimator,” Technometrics, 41, 212–223.

6. On multiplie ensuite cette valeur (= « la médiane de l'écart en valeur absolue entre les données et leur médiane ») par 1.4826 pour rendre la MAD comparable à la déviation standard d'une distribution normale.

robuste de la tendance centrale, car contrairement à la moyenne, la valeur de la médiane est peu affectée par la présence de valeurs extrêmes.

Modéle de régression linéaire : modèle de prédiction d'une variable expliquée par une ou plusieurs variables explicatives. Le modèle de régression est dit « linéaire » car l'hypothèse de départ est que la relation entre les variables explicatives et la variable expliquée est de type linéaire. Dans le cadre de ce rapport, les modèles de régression linéaire sont estimés par la méthode des moindres carrés : l'ajustement des paramètres du modèle se fait par la minimisation de la somme des carrés des écarts entre les valeurs prédites et les valeurs observées.

Outliers : les valeurs atypiques, aberrantes, ou outliers [7] correspondent à « des observations qui semblent dévier de manière importante des autres observations de la population de laquelle elles proviennent ; ces observations semblent être inconsistantes avec le reste des données, en relation avec un modèle supposé connu » [8].

Quartile : le premier quartile, le second quartile (= médiane) et le troisième quartile sont les trois valeurs qui divisent un jeu de données en 4 parties égales.

Rang : lorsque l'on trie un jeu de données selon certain critères (par ex : par ordre croissant), un rang est le nombre affecté à une donnée individuelle selon son ordre dans le jeu de données trié. La première donnée d'un jeu de données trié a pour rang 1, la deuxième 2, etc.

Régression linéaire : *cf.* modéle de régression linéaire

Robuste : une statistique est robuste si elle est peu influencée par la présence de valeurs extrêmes (outliers). Par exemple, la médiane et la MAD sont des estimateurs robustes respectivement de la tendance centrale et de la dispersion d'un jeu de données.

Stepwise (regression de type « stewise ») : lorsque l'on effectue une regression multiple (prédiction d'une variable expliquée par plusieurs variables explicatives), la régression stepwise est une procédure qui vise l'établissement d'un modèle prédictif basé sur la (ou les) variable(s) explicative(s) qui influence(nt) le plus la variable expliquée.

Student (test de Student ou t-test) : test paramétrique (qui suppose donc que les échantillons sont distribués suivant une loi normale) de comparaison de moyennes basé sur la distribution de Student. Le test suppose que les observations sont indépendantes et identiquement distribuées.

7. Les trois termes « atypiques », « aberrantes », et « outliers » sont communément utilisés indistinctement pour exprimer la même réalité conceptuelle.

8. Everitt BS. (2002). The Cambridge dictionary of statistics. 2nd ed.Cambridge, UK : University Press, Second Edition, 410 p.

Résumé

La partie « sols » du projet POLLUSOL 2 a pour objectifs principaux la cartographie des concentrations de fond dans les sols des zones touchées par des pollutions atmosphériques de proximité (PAP), et le développement de stratégies de gestion des sols touchés par la pollution.

1 Acquisition de données dans les zones touchées par la pollution atmosphérique de proximité

Des sols et des litières forestières de huit zones urbaines et péri-industrielles de Wallonie ont été collectés. Ces huit zones d'étude recouvrent totalement ou partie les territoires des communes dont elles portent le nom : Colfontaine, La Louvière, Charleroi-Châtelet, Amay-Engis, Seraing, Trooz, Verviers et Aubange. Ces zones ont été choisies pour représenter les différents contextes pédogéologiques et hydrogéologiques des principaux bassins industriels wallons.

Le plan d'échantillonnage des sols des huit zones comprend 398 potagers et 398 autres sols. Dans les potagers, un échantillon composite a été prélevé à la tarière manuelle dans l'horizon de surface. Pour les autres sols, un échantillon ponctuel a été prélevé dans l'horizon de surface et dans un horizon profond (entre 50cm et 100cm de profondeur) à l'aide d'une sondeuse à percussion.

L'horizon de surface du sol et les différents horizons rencontrés en profondeur aux points d'échantillonnage ont fait l'objet d'une description et d'une détermination des éventuels artéfacts rencontrés. Les échantillons de sols prélevés ont été analysés pour 17 éléments traces métalliques (ETM), 33 composés traces organiques, 6 paramètres physico-physiques et 5 éléments majeurs.

Dans les 398 potagers échantillonnés (ULg-GxABT), 1341 échantillons de légumes ont été prélevés (dans la mesure du possible, un légume feuille, un légume racine, un légume tubercule et un légume-fruit) et analysés pour 16 ETM et 16 composés traces organiques. Finalement, 82 échantillons d'humus ont été prélevés dans les sols forestiers échantillonnés.

Les résultats d'analyses de sols, de légumes et d'eaux souterraines ont été soumis à une série de tests statistiques visant à supprimer les valeurs atypiques (non représen-

tatives). Les analyses des éléments majeurs et des ETM dans les sols ont fait l'objet d'un contrôle qualité qui a permis d'estimer l'occurrence d'erreurs grossières, de valeurs anomales et la fidélité des résultats des analyses.

Les enquêtes de terrains réalisées sur les sites échantillonnés, les sols et les artefacts rencontrés, et les résultats d'analyses de sols, de légumes, et d'humus forestiers ont été consignés dans une base de données.

2 Présentation et traitement des données collectées

Les données collectées ont été analysées à l'aide de différentes méthodes statistiques afin de mettre en évidence les principaux facteurs permettant d'expliquer les concentrations trouvées dans les sols, les légumes et les eaux souterraines. Ces analyses ont permis la mise en place de cartographie des concentrations de fond dans les sols et les eaux souterraines, et l'établissement d'une typologie des situations rencontrées dans les sols wallons touchés par la PAP. Les principaux résultats de ces travaux sont présentés dans les sections qui suivent.

2.1 Résultats pour les sols

2.1.1 Analyse statistique des résultats

Les résultats d'analyses de sols non représentatifs des 8 zones d'étude ont été écartés, en appliquant une série de procédures de détection et suppression des valeurs atypiques. Les résultats considérés comme rprésentatifs ont ensuite été interprétés au moyen de méthodes statistiques univariées, de régressions multiples, d'analyses des corrélations et d'analyse factorielle exploratoire.

Certains ETM et composés traces organiques (CrVI, Tl, Ben, EBen, oXyl, mpXyl, Xyltot, BTEX, Styr, Acyl, HTP35a40 et EOX) n'ont pas été étudiés car plus de 70% des résultats sont inférieurs aux limites de quantification dans les horizons de surface.

Pour les autres paramètres mesurés, les analyses statistiques nous ont permis de dégager les principaux paramètres explicatifs permettant d'expliquer la variabilité des teneurs mesurées.

As et Mo : Dans les horizons de surface et de profondeur des sols de remblais et naturels, les teneurs en As et Mo dépendent principalement des teneurs en oxydes et hydroxydes de fer. Elles sont nettement plus élevées dans les sols de la zone d'Aubange par rapport au reste de la Wallonie (As), ou par rapports aux autres zones d'études (Mo) [9].

Dans les horizons de surface, les retombées atmosphériques pourraient induire une faible augmentation des teneurs en As, principalement dans les zones d'étude

9. Nous ne disposons pas de données en dehors des zones d'étude.

de la province de Liége.
Dans les horizons profonds des remblais, les teneurs en As pourraient être associées à l'abondance de schistes houillers et de scories de combustion du charbon (mâchefer).

Co, Cr, Ni et Be : Dans les horizons de surface et de profondeur des sols de remblais et naturels, les teneurs en Co, Cr, Ni et Be dépendent presqu'exclusivement des teneurs naturelles en silicates ferro-magnésiens. Nous observons des teneurs relativement élevées dans certains groupes de sols de la zone d'Aubange. Les pratiques culturales dans les potagers pourraient également induire un faible enrichissement Co, Cr et Ni.

Ba et Cu : Dans les horizons de surface, les teneurs en Ba et Cu sont nettement plus élevées dans les potagers que dans les autres types de sols, y compris les pelouses adjacentes. Ces observations suggèrent un impact des pratiques culturales spécifiquement liées aux potagers. De plus, les teneurs en Ba et Cu sont plus élevées dans les sols de remblais que dans les sols naturels, et sont influencées par l'abondance de déchets de construction (Ba), de schistes houillers (Ba et Cu) et de scories de combustion du charbon (Cu).
En profondeur, les teneurs en Ba et Cu dans les sols naturels seraient liées à des minéraux argileux et riches en fer et sont plus faibles que dans les remblais. Les teneurs en Ba dans les remblais dépendent de l'abondance de déchets de construction.

Cd : En surface, les teneurs en Cd dépendraient essentiellement des retombées atmosphériques. Les zones à proximité des anciennes fonderies de zinc sont les plus touchées (Amay-Engis et Trooz).
Les teneurs en Cd dans les horizons profonds sont généralement inférieures à la limite de quantification, sauf dans les sols de remblais. Les teneurs en Cd dans les couches de remblais profonds sont liées à l'abondance de déchets de construction et probablement à la présence de terre provenant d'horizons de surface ayant accumulé des retombées atmosphériques.

Zn : En surface, les teneurs en Zn dépendraient principalement des retombées atmosphériques. Les zones à proximité des anciennes fonderies de zinc sont les plus touchées (Amay-Engis et Trooz). Les teneurs en Zn sont élevées dans les potagers par rapport aux autres occupations et par rapport aux pelouses des mêmes jardins, ce suggère un apport liés à des pratiques culturales associées aux potagers. Dans les zones moins affectées par les retombées, les teneurs en Zn seraient également influencées par l'abondance naturelle de minéraux riches en fer.
En profondeur, les teneurs en Zn dans les sols naturels sont plus faibles que dans les remblais, et sont principalement influencées par la richesse naturelle en minéraux ferrifères. Les teneurs en Zn dans les remblais sont liées à l'abondance de déchets de construction et probablement à la présence de terre provenant d'horizons de surface ayant accumulé des retombées atmosphériques.

Pb : En surface, les teneurs en Pb sont fortement liées à l'abondance de matière orga-

nique et sont donc nettement plus élevées sous forêt que sous culture ou prairie. Les retombées atmosphériques influencent également les teneurs en Pb, surtout à proximité des anciennes fonderies de zinc (Amay-Engis et Trooz). Les teneurs en Pb sont plus élevées dans les potagers que dans les cultures et prairie, mais pas par rapport aux pelouses adjacentes. L'enrichissement en Pb des potagers par rapport aux sols agricoles ne serait donc pas liée aux pratiques culturales spécifiques en potager, mais plutôt au fait que les potagers sont situés en moyenne à plus faible distance des sources émettrices de Pb que les sols agricoles.
En profondeur, les teneurs en Pb dans les sols naturels sont plus faibles que dans les remblais et sont principalement liées à l'abondance de minéraux riches en fer. Les teneurs en Pb dans les remblais dépendent de l'abondance de déchets de construction et probablement à la présence de terre provenant d'horizons de surface riches en matières organique et/ou ayant reçu des retombées atmosphériques.

Hg, Sb et Sn : En surface, les teneurs en Hg, Sb et Sn sont liées à la richesse en matière organique et sont donc plus élevées sous forêt que sous culture ou prairie. Les retombées atmosphériques influencent également ces teneurs en, surtout à proximité des grands centres sidérurgiques de Seraing (Hg, Sb et Sn) et Charleroi (Hg). Les pratiques culturales dans les potagers pourraient également induire un enrichissement en Hg, Sb et Sn.
Les teneurs en Hg, Sb et Sn dans les horizons profonds sont généralement inférieures à la limite de quantification, sauf dans les sols de remblais. Dans ces couches de remblais, les teneurs en Hg, Sb et Snsont liées à l'abondance de déchets de construction, de charbon (pour Sn uniquement) et probablement à la présence de terre provenant d'horizons de surface riches en matières organique et/ou ayant reçu des retombées.

HAP : En surface, les teneurs en HAP sont fortement liées à la teneur en matière organique et affectés par les retombées atmosphériques, surtout à proximité des grands centres sidérurgiques (Charleroi et Seraing).
Les teneurs en HAP dans les horizons profonds sont généralement inférieures à la limite de quantification, sauf dans les sols de remblais. Dans ces couches de remblais profonds, les teneurs en HAP sont liées à l'abondance de déchets de construction, de schiste houiller et probablement à la présence de terre provenant d'horizons de surface riches en matières organique et/ou ayant reçu des retombées atmosphériques.

Cyanures et Indice Phénol : En surface, les teneurs en CN et IP sont fortement liées à la teneur en matière organique et présentent des teneurs plus élevées en forêt. Toutefois, les niveaux de teneurs observés sont très bas et le lien observé avec la matière organique pourraient être attribués à des interférences analytiques avec les molécules humiques naturelles.

Se, HTP et Tolu : Aucun facteur explicatif n'a pu être mis en évidence, probablement en raison de l'erreur aléatoire de mesure très élevée pour ces trois paramètres.

2.1.2 Cartographie des retombées atmosphériques d'ETM et de composés traces organiques (UCL et UMons)

La collaboration entre les équipes de l'UCL et de UMons dans le cadre du projet a permis la mise au point de cartes de retombées atmosphériques d'ETM et de composés traces organiques.

Ces cartes ont été établies grâce à une méthodologie en cinq étapes :

1. Sélection de 125 cheminées parmi les cheminées figurant dans la base de données « sources historiques de pollution » de SPAQuE ;
2. Détermination des caractéristiques de l'auréole de retombées atmosphériques autour de chacune des 125 cheminées prise isolément, en attribuant une émission cumulée identique à chacune d'elles ;
3. Calcul de l'enrichissement du sol attribuable aux retombées atmosphériques uniquement, et ceci pour le plus grand nombre possible de points analysés au cours des études POLLUSOL 1 et 2 (appelés « points de contrôle » dans la suite) ;
4. Estimation de la contribution de chacune des cheminées à l'enrichissement calculé aux points de contrôle. Cette contribution (coefficient de pondération) a été calculée pour chaque cheminée et chaque paramètre (ETM et composés traces organiques) au moyen de régressions modélisant les enrichissements en polluants aux points de contrôle à l'aide d'une combinaison linéaire de l'ensemble des auréoles de retombées ;
5. Pour chaque paramètre, calcul de l'enrichissement du aux retombées atmosphériques en tout point de la Région wallonne par addition de l'ensemble des auréoles de pollution des cheminées en leur appliquant les coefficients de pondération.

Les modèles spatiaux des retombées atmosphériques historiques ont pu être été établis pour le zinc, le plomb, le cadmium, le cuivre, le mercure et les HAP. Les modèles prédictifs pour le Zn et le Cd donnent de bons résultats (environ 65% de la variabilité expliquée par le modèle), celui du Pb donne des résultats moyens (environ 45% de la variabilité expliquée par le modèle), tandis que les modèles prédictifs du Cu, Hg et HAP sont moins fiables (environ 25% de la variabilité expliquée par le modèle). Le résultat de ces modèles prédictifs a permis de réaliser, pour chacun de ces 5 ETM et pour les HAP, des cartes de l'enrichissement lié aux retombées atmosphériques dans l'horizon de surface du sol en tout point de la Wallonie.

2.1.3 Cartographie des concentrations de fond dans les sols

Dans le cadre de la présente convention, un modèle prédictif des concentrations de fond dans les sols a été mis au point grâce à la collaboration de l'équipe de l'UCL avec le Dr P. Goovaerts (PGeostat LLC, Michigan, USA). Ce modèle prédictif se base sur l'occupation du sol, le type de substrat pédogéologique, les retombées atmosphériques (*cf.* section précédente) et les propriétés de dépendance spatiale des concentrations entre elles.

Afin d'établir le modèle prédictif, un jeu de données contenant des résultats d'analyse géoréférencés représentatifs des concentrations de fond en Wallonie a été constitué à partir des points d'échantillonnage des projets POLLUSOL 1 et 2. Les outliers univariés, multivariés et spatiaux ont été supprimés de ce jeu de données.

L'application du modèle prédictif a l'ensemble de la Wallonie a permis de réaliser des cartes de concentration attendues dans les sols et des cartes d'incertitudes sur la prédiction en tout point de la Wallonie. Les cartes d'incertitudes renseignent la concentration qui a une probabilité inférieure à 5 chances sur 100 d'être dépassée.

Le modèle prédictif établi donne des très bons résultats pour les ETM suivants : As, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, Zn. Pour ces éléments, les données se prêtent à une très bonne prédiction spatiale : l'erreur absolue moyenne d'estimation est de l'ordre de 25% de la moyenne des points connus. Le modèle de prédiction spatiale présente un gain en précision d'environ 100% en terme d'erreur absolue moyenne d'estimation par rapport à l'utilisation de la valeur de la moyenne régionale comme prédiction en tout point. Pour les HAP, Sn, le toluène, les cyanures et l'indice phénol, le modèle donne de bons résultats : les données se prêtent à une assez bonne prédiction spatiale. L'erreur absolue moyenne d'estimation est de l'ordre de 50% de la moyenne des points connus, et le modèle de prédiction spatiale présente un gain en précision d'environ 60% en terme d'erreur absolue moyenne d'estimation par rapport à l'utilisation de la valeur de la moyenne régionale comme prédiction en tout point. Pour les autres ETM et composés traces organiques (huiles minérales, BTEX, Tl, CrVI et Se), les données ne se prêtent pas à une prédiction spatiale.

Les prédictions obtenues sont valables sur l'ensemble de la Wallonie, en ce compris les zones urbaines et péri-industrielles), mais uniquement pour les sols naturels et les remblais présentant des concentrations semblables aux sols naturels voisins. L'effet des matériaux technogéniques dans les remblais n'est pas pris en compte, car il n'existe pas d'information concernant la répartition spatiale des matériaux de remblais à l'échelle de la Région wallonne.

2.1.4 Typologie des situations rencontrées dans les sols wallons touchés par la PAP

La description des premiers sols composés de remblais a mis en évidence la nécessité d'identifier les déchets caillouteux d'origine anthropiques (technogéniques) rencontrés dans les sols urbains. Une attention toute particulière a été portée à l'identification des scories. Une campagne de récolte, d'analyse et d'identification de 94 échantillons a été menée. Elle a abouti à la mise au point d'une clef pour la détermination des scories sur le terrain. L'identification et la quantification des charges technogéniques dans tous les sols échantillonnés a permis la définition de classes de matériaux de remblais.

Ensuite, sur base des analyses statistiques, des classes de sols ont été constituées par la combinaison des principaux facteurs influençant les concentrations de fond. Pour les

horizons de surface, ces facteurs sont : la région (zone d'Aubange, zones du Hainaut et zones de Liège), l'occupation du sol, le caractère naturel ou remblais du sol, la lithologie et la classe de remblais (dépendant de la nature des charges caillouteuses rencontrées). Pour les horizons profonds, ces critères sont : la région (zone d'Aubange, zones du Hainaut et zones de Liège), le caractère remblais ou naturel du sol, la lithologie et la classe de remblais (dépendant de la nature des charges caillouteuses rencontrées). L'ensemble des échantillons de sols analysés a été classé selon ces critères. Les valeurs moyennes et les gammes de variation pour chacune de ces classes ont été calculées pour chacun des ETM et composés traces organiques étudiés. Ces statistiques permettent d'estimer les concentrations en ETM et composés traces organiques attendues dans un sol en fonction de la classe typologique à laquelle il se rapporte. Cette approche permet de tenir compte de facteurs explicatifs pour lesquels nous ne disposons pas d'information spatiale à l'échelle wallonne (type de remblais, présence de différents matériaux technogéniques, etc.). Ces estimations tiennent compte de la région (région d'Aubange, région de Liège, région de Charleroi), mais ne permettent pas des tenir compte des variations de retombées au sein de ces régions. Elles sont donc valables uniquement dans les huit zones d'étude et à proximité.

3 Développement d'outils d'aide à la maîtrise des risques

3.1 Extractions chimiques séquentielles

La détermination de la spéciation des métaux et du risque de relargage des concentrations de fond dans l'environnement des sols des huit zones d'étude a été réalisée au moyen d'extractions chimiques séquentielles selon la méthode définie par le BCR (Bureau Communautaire de Référence, Commission Européenne). Des extractions chimiques séquentielles ont été réalisées sur 210 échantillons de sols.

Les résultats de ces extractions nous ont permis de mettre en évidence des comportements très différents selon les métaux. En particulier, nous avons montré que les fractions résistantes aux trois extractions du protocole BCR sont largement dominantes pour As, Cr et Ni. A l'opposé, Cd et dans une moindre mesure Zn sont essentiellement présents sous forme échangeable et liée à des molécules organiques, dont une proportion importante est adsorbée à la surface des oxydes. Enfin, Cu et Pb sont essentiellement liés de manière stable (complexes) aux molécules organiques. Ces analyses ont confirmé que les concentrations très élevées en As, Co, Cr et Ni à Aubange sont liées à la présence naturelle de minéraux ferrifères. Elles ont en outre mis en lumière que les fractions les plus solubles de As et Zn sont plus élevées dans les potagers que dans les autres sols.

3.2 Biodisponibilité et bioaccessibilité des ETM

Les équipes de recherche de l'ULg-GxABT et de l'UCL se sont concertées pour élaborer un programme de recherche commun afin de développer des outils d'aide à la gestion des sols touchés par les PAP. L'UCL a pris en charge la réalisation des expérimentations visant à étudier le potentiel de mobilité des métaux dans le sol, et les risques de transfert de ces ETM vers les végétaux et les êtres humains. ULg-GxABT s'est chargé de mettre en place trois expérimentations complémentaires qui visent d'une part à améliorer les outils de prédiction des transferts sols-plantes et d'autre part à expérimenter des techniques de gestion applicables aux potagers.

3.2.1 Modélisation des transferts sol-plante (1re partie) : sélection du meilleur extractif chimique

La prédiction des concentrations en éléments traces métalliques dans les plantes à partir d'une analyse de sol (biodisponibilité) est généralement effectuée via des extractions chimiques. Le choix de la méthode est délicat, car aucune d'entre elles n'est valable pour tous les métaux dans toutes les situations. Il n'existe à ce jour aucune méthode de référence établie en Région wallonne pour la mesure des risques de transfert des ETM vers les plantes. Ce travail a pour objectif de déterminer la méthode la plus adaptée dans le contexte des sols soumis aux PAP en Région wallonne pour 9 ETM (As, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Sb et Zn). A cette fin, nous avons cultivé du ray-grass italien

(Lolium multiflorum) en condition contrôlées sur 96 échantillons de sols de surface et mesuré les teneurs dans ces plantes. Les teneurs dans le ray-grass cultivés in-vitro et les légumes récoltés dans les potagers correspondants ont été comparées aux résultats de quatre méthodes considérées comme de référence en Europe ou Amérique du Nord ($CaCl_2$, EDTA, DTPA et Mehlich3).

Parmi les 4 extractifs étudiés, aucun ne permet de prédire les concentrations biodisponibles en Co et Cr. Si l'on considère les autres ETM, le réactif le plus intéressant est le $CaCl_2$. Le DTPA donne les meilleurs résultats pour Cd, Cu et Zn, mais ne convient pas du tout pour As, en raison d'une limite de quantification trop élevée.

3.2.2 Modélisation des transferts sol-plante (2^e partie) : prédiction sur base des concentrations dans le ray-grass

Le ray-grass italien (Lolium multiflorum) est considéré comme une plante de référence pour tester la biodisponibilité des ETM. Du ray-grass italien a été cultivé en phytotron sur chacun des 96 sols (cf. ci-dessus), et les concentrations en ETM ont été mesurées dans le ray-grass pour 9 ETM (As, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Sb et Zn). L'objectif est d'établir des modèles de prédictions de la concentration en ETM dans les végétaux à partir d'analyses effectuées dans les sols. Les modèles se basent sur les concentrations extraites à l'eau régale (méthode de référence en Région wallonne, employée pour analyser tous les échantillons de sol de POLLUSOL 2), ou celle au $CaCl_2$, ou encore la combinaison des deux, en intégrant dans les modèles des variables quantitatives et qualitatives additionnelles (pH, occupation, retombées atmosphériques, *etc.*).

Les concentrations en Cr, Ni, Pb et Sb n'ont pas pu être modélisées de façon satisfaisante. La valeur prédite pour ces éléments est donc égale à la moyenne de nos mesures, assortie d'une estimation de l'incertitude sur la prédiction (intervalle de confiance à 95%). Pour les autres ETM, nous avons mis au point des modèles prédictifs basés sur les concentrations extraites à l'Eau régale et les résultats de l'extraction $CaCl_2$ pour l'élément concerné, sur les concentrations en éléments majeurs et sur les paramètres pédologiques et l'occupation du sol. Les modèles obtenus permettent d'expliquer 39% de la variabilité pour Co, 55% pour As, 78% pour Cu, 91% pour Zn et 95% pour Cd.

3.2.3 Modélisation des transferts sol-plante (3^e partie) : prédiction de la biodisponibilité par extractions cinétiques

A titre exploratoire, des extractions cinétiques ont été réalisées sur 20 sols parmi les 96 sols de l'expérience « sélection du meilleur extractif chimique » (*cf.* point précédent) afin de tester l'intérêt de cette méthode pour prédire la biodisponibilité d'un ETM. L'extraction cinétique réalisée a consisté à mettre en contact durant des temps croissant (2 min, 5 min, 20 min, 3 heures, 8 heures et 24 heures) une quantité de sol avec une solution d'EDTA et de doser les ETM présents dans le liquide à chaque temps.

Les extractions cinétiques donnent des prédictions de biodisponibilité valables pour As, Cd, Cu et Zn, mais qui ne sont pas meilleures que les prédictions basées sur les extractions sélectives et « Eau régale ».

3.2.4 Modélisation des transferts sol-homme

La mesure de l'exposition de l'homme aux contaminants des sols par ingestion directe a été réalisée en appliquant à des sols provenant des huit zones d'étude le test de bioaccessibilité mis au point par le groupe BARGE (Bioavaibility Research Group Europe). Les analyses de bioaccessibilité permettent d'estimer la proportion de chaque métal qui est soluble dans l'estomac et l'intestin en cas d'ingestion de particules de sol (exprimée en pourcentage de la concentration « Eau régale »). Un total de 237 échantillons d'horizons de surface a été sélectionné sur les 8 zones de l'étude, en ciblant les occupations impliquant des risques d'ingestion liés à la consommation de légumes ou aux jeux d'enfants (122 potagers, 37 forêts, et 78 parcs). La bioaccessibilité de huit ETM a été mesurée sur ces sols : As, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn.

Comme la méthode BARGE est coûteuse et longue, nous avons mis au point des modèles permettant de prédire la bioaccessibilité en se basant sur la concentration en ETM correspondant dans le sol, sur les concentrations en éléments majeurs, sur les paramètres pédologiques, sur les classes de la typologie et sur la présence d'artéfacts. Ces modèles prédictifs n'ont pas permis d'améliorer la précision de la prédiction de façon claire par rapport l'utilisation d'une valeur de prédiction unique par ETM, égale à la moyenne des valeurs de la bioaccessibilité mesurée dans les 237 échantillons. Ce résultat est lié à la faible variabilité des valeurs mesurées au sein cette population de sols. Dès lors, l'outil de gestion proposé est basé sur les moyennes et les 95^{e} centiles de nos résultats. Au stade gastrique, les valeurs moyennes sont élevées pour Cd (81%), Pb (56%) et Zn (45%), intermédiaires pour Cu (31%) et Co (27%) et basses pour As (19%), Ni (13%) et Cr (6%). Au stade intestinal, les valeurs moyennes sont légèrement plus élevées qu'au stade gastrique pour As, mais nettement plus basses pour les autres éléments.

Première partie

Acquisition de données dans les zones touchées par la pollution atmosphérique de proximité

Chapitre 1

Echantillonnage et collecte des données

1.1 Plans d'échantillonnage des sols

1.1.1 Principes généraux

Le projet POLLUSOL 1 a réalisé une cartographie des teneurs habituelles dans les sols agricoles ou forestiers de la Région wallonne. Cette cartographie considérait les sols éloignés des sources de pollutions connues (bassins industriels, agglomérations urbaines) et excluait tout sol anthropique (technosols ou anthroposols) et les sols formés sur des matériaux alluvionnaires. Le projet POLLUSOL 2 s'intéresse plus particulièrement aux sols qui ont été exclus de la convention POLLUSOL 1 : il vise la détermination des concentrations de fond des zones potentiellement affectées par des pollutions atmosphériques de proximité (PAP).

Le plan d'échantillonnage du projet POLLUSOL 2 vise à caractériser les sols des secteurs touchés par la PAP, et à établir la cartographie de 8 zones représentatives au sein de ces secteurs. Les cartes réalisées seront ajoutées à l'outil cartographique INFO-FONDS.

Dans les zones touchées par les PAP, les teneurs en polluants dans les sols présentent une variabilité considérablement plus élevée que dans les sols restés proches de l'état naturel (c'est-à-dire les sols de POLLUSOL 1). Cette variabilité est liée à quatre facteurs déterminants :

1. Le type de sol qui va favoriser la rétention et l'accumulation en surface des polluants ou, au contraire, leur mobilité verticale.
2. L'intensité et la nature de la pollution atmosphérique, qui dépendent de la position géographique du sol analysé (plus ou moins grande distance par rapport aux sources de polluants).

3. Les apports exogènes (présence ou non de remblais et type de matériau de remblai).
4. L'utilisation du sol : dans un sol de culture, il y a dilution de la teneur en polluant lors du labour par incorporation mécanique de l'horizon de surface dans un plus grand volume de sol ; dans un sol sous forêt, il peut y avoir accumulation de polluant dans les horizons de surface riches en matière organique ; dans un potager, il peut y avoir accumulation en polluants par apports répétés de fumiers ou de compost chargés en polluants à cause de la présence plus forte de ceux-ci dans l'environnement. Dans une pelouse urbaine ou une friche, les conditions pourront encore être différentes ; par exemple, on peut être en présence d'une mince couverture de « terre végétale » récemment épandue sur un remblai ou un sol plus ancien touché par la PAP.

Pour les huit zones prioritaires sélectionnées, la convention POLLUSOL 2 a prévu une provision de 800 points d'échantillonnage. La superficie visée pour la cartographie sur les huit zones a été estimée sur base de cette provision globale de 800 points, afin d'obtenir une cartographie d'une précision comparable en tenant compte de notre connaissance « à priori » du contexte industriel et pédogéologique de chacune des zones [1]. La table 1.1 présente les superficies cartographiées et le nombre de points nécessaires à cette cartographie pour chacune des huit zones. Il s'agit des superficies et des nombres de points d'échantillonnage prévisionnels. A l'issue de la phase d'échantillonnage, les superficies cartographiées n'ont pas changé mais le nombre de points par zone a légèrement varié, en fonction des conditions de terrains et des autorisations de prélèvement reçues. Le détail du nombre de points effectivement échantillonné par zone est donné dans la section 1.2.

La moitié des points échantillonnés pour les sols sont des points d'échantillonnage de sols et de légumes en potagers. L'élaboration du plan d'échantillonnage pour les sols et les légumes en jardins potagers est traité dans le chapitre 1 du rapport final partie « jardins potagers », aux pages 11 à 22. Le plan d'échantillonnage des sols « autres que potagers » est présenté à la section 1.1.2.

1.1.2 Plan d'échantillonage pour les sols « autres que potagers »

Une étude détaillée du milieu physique et naturel de chacune des zones a été réalisée afin de construire le plan d'échantillonnage des sols. En annexe 1 se trouvent les cartes réalisées comme support à l'analyse des composantes de l'environnement. Il s'agit notament des cartes :

- de la topographie (relief, de l'hydrographie, des éléments constitutifs du paysage, du réseau du chemin de fer et du réseau routier) ;

1. En effet, nous nous attendons à retrouver des teneurs en polluants dans les sols qui varient beaucoup plus sur de courtes distances lorsque le contexte est fortement urbanisé et industrialisé, et (dans une moindre mesure) lorsque le contexte pédogéologique n'est pas constant sur la zone étudiée. Pour chaque zone, le nombre de points par km² dépendra donc de son caractère urbanisé et industrialisé et de la variabilité de son contexte pédogéologique.

TABLE 1.1 – Estimation de la superficie cartographiée et du nombre de points projetés pour chacune des huit zones (communes).

Commune	**Superficie cartographiée (km²)**	**Points**
Charleroi - Châtelet	50	200
Colfontaine	14	70
Seraing	35	120
Trooz	23	70
Verviers	25	70
Amay-Engis	38	100
La Louvière	24	100
Aubange	30	70
TOTAL 8 zones	**239**	**800**

- de la pédologie et de la présence de sols artificiels sur base des indications de la « Carte Numérique des Sols de Wallonie » (CNSW) et de la carte des terrils de la DGARNE ;
- de l'occupation du sol, établie sur base des informations de la « Carte d'Occupation du Sol de Wallonie » (COSW) ;
- de la localisation des industries de la base de données « Sources historiques de pollutions » de SPAQuE.

Pour chacune des zones, le plan d'échantillonnage tient compte de quatre occupations (utilisation) du sol : sol de jardin, sol agricole, sol de forêt et « autres types de sol » (friche, parc, pelouse, etc.). Dans chacune de ces occupations du sol, des technosols (remblais, terrain remanié, etc.) peuvent être présents. La position des points d'échantillonnage prend en compte également les autorisations obtenues pour le prélèvement d'échantillons de sol.

Environ 15% des points sur chaque zone ont été positionnés à la fin de la campagne afin de compléter les plans d'échantillonnage par le prélèvement de sols (agricole, forestier) inaccessibles avec la sondeuse à percussion. De plus, pour les trois zones de la première campagne, des sols sur pelouses ont été prélevés à des endroits ou les potagers présentent des teneurs élevées dans les légumes et dans les sols.

Les sols situés autour des piézomètres 2" qui forment les alignements sont échantillonnés préférentiellement. Ces points situés autour des alignements font partie du dispositif expérimental mis au point pour tenter de relier la qualité de l'eau souterraine superficielle à la qualité des sols qui la surmonte, et ceci, grâce à une modélisation

exploratoire des flux le long des transects en utilisant des modèles hydrodynamiques. Ils sont localisés dans l'axe du transect, sur des sols situés en amont des piézomètres du point de vue hydrogéologique.

Au plan d'échantillonnage de sol correspond une stratégie d'analyse prévue par la convention. Le nombre d'analyses qui ont été effectuées par point de prélèvement de sol dépend du type de sol. Pour les sols avec accès difficile pour la sondeuse à percussion (qui ont été échantillonné à la tarière), il n'y a qu'un échantillon de sol de surface qui a été prélevé et analysé. Pour les autres types de sol, un second échantillon est prélevé en profondeur et envoyé au laboratoire pour analyse. De plus, pour les sols forestiers, l'horizon organique (litière) est prélevé et analysé.

1.2 Détail des points d'échantillonnage par zone

1.2.1 Zone de Colfontaine

1.2.1.1 Contexte général

La zone de Colfontaine comprend les 13.8 km² de la commune. Colfontaine est située dans le Hainaut, dans le secteur du « Couchant de Mons ». Au nord, entouré de terrils, se trouve le village de Wasmes. A l'ouest, Warquignies est situé dans un environnement plus rural, alors que Pâturages, à l'est, se trouve dans la partie la plus urbanisée de la commune. Le sud de la commune est occupé par un massif forestier, avec le Bois l'Évêque à l'ouest et le Bois de Colfontaine à l'est.

Au niveau géologique, la zone est constituée de trois ensembles. A l'extrémité sud, se trouvent des psammites de la Formation de Fooz limités au nord par la Faille du Midi (1er ensemble), au nord de laquelle se trouvent le terrain houiller qui a fait l'objet d'une exploitation très importante (2^{e} ensemble) et qui est formé de grès, schistes et veines de houille faillés et plissés lors de l'orogenèse varisque. Vers le nord, en discordance et formant globalement un synclinal dont seul le flanc sud est présent, se trouvent les terrains mésozoïques à dominante crayeuse (3^{e} ensemble). Ils sont à leur tour recouverts en discordance par des sédiments cénozoïques d'âge landénien formés principalement de sables glauconifères.

Les sols agricoles (prairie et culture) représentent 28.5 % de la commune. La forêt et les milieux semi-naturels (terrils recolonisés) 26.7 %. Les sols forestiers sont principalement des sols limoneux à drainage naturel modéré ou imparfait. On retrouve aussi des sols forestiers sur des sols limoneux peu caillouteux, ou sur des sols à charge caillouteuse schisteuse, schisto-gréseuse ou gréseuse. Au nord de la commune, les sols de prairie et de culture sont des sols limoneux ou sablo-limoneux à drainage naturel favorable. Dans le reste de la zone, les sols de prairie et de culture sont sur sol limoneux à drainage naturel modéré ou imparfait. Plus de 30 % des sols de prairie et de culture se trouvent sur sols artificiels ou non cartographiés à la CNSW.

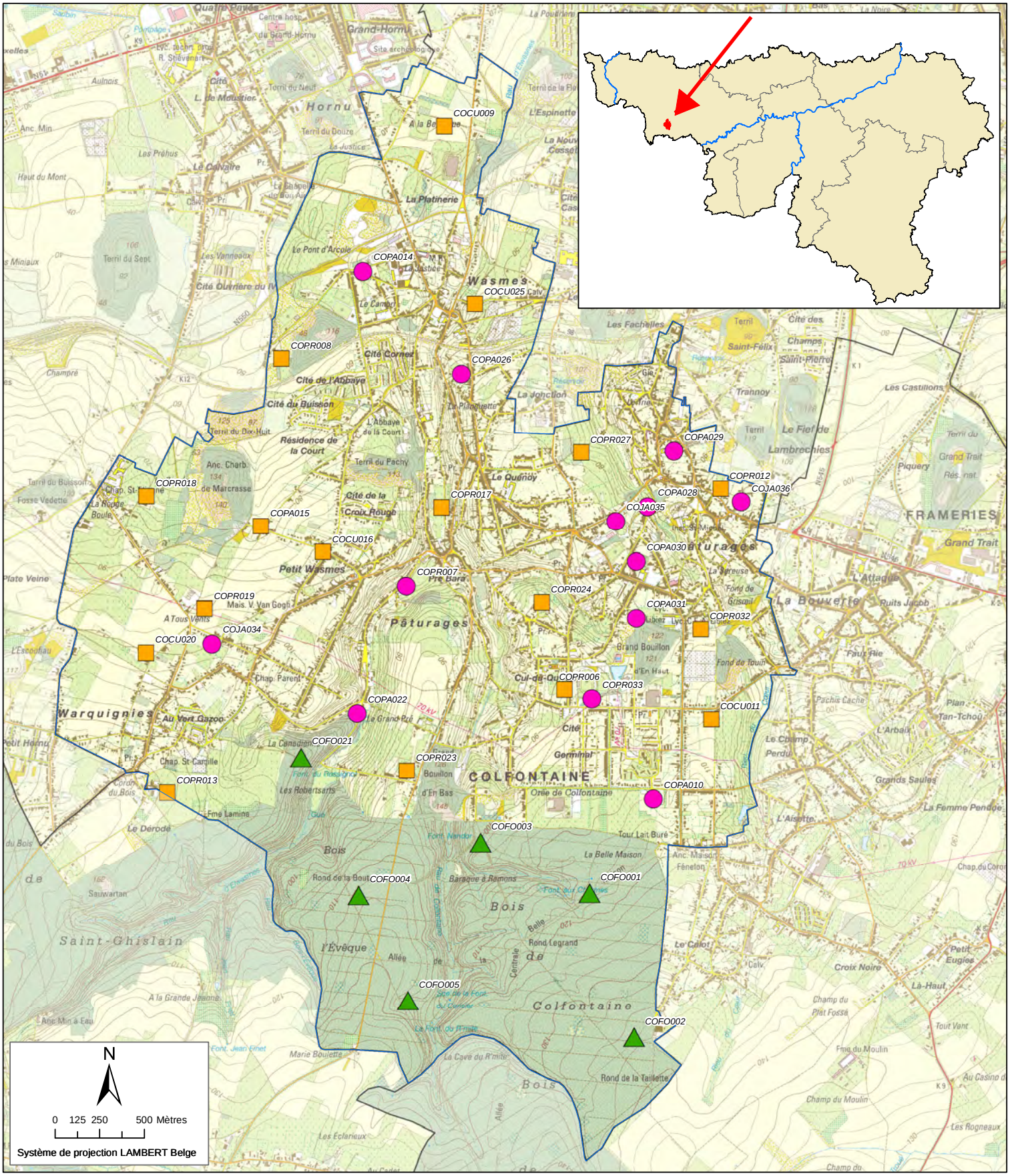
Colfontaine, comme les autres communes du secteur, a été fortement marqué par l'activité industrielle liée à l'extraction du charbon : extraction de la houille et agglomération, cokeries et carbochimie. La commune est parsemée de puits de mine de charbon, et 4.1 % de la surface de la zone est occupée par des terrils (56 ha) composés principalement de schistes et de grès houillers.

1.2.1.2 Plan d'échantillonnage des sols

Le plan d'échantillonnage pour Colfontaine est présenté dans la table 1.3. La moitié des points d'échantillonnage (35) concerne la campagne de prélèvement de sols de potagers. Trente-six points d'échantillonnage de sols ont été positionnés pour permettre une bonne représentativité des différents types de sols retrouvés sur la zone. La carte A1a localise les points d'échantillonnage de sols « autres que potagers ».

TABLE 1.3 – Plan d'échantillonnage pour Colfontaine

Type de sol	**Nbr. de points**
Sol de potager	35
Sol agricole	19
Sol de forêt	6
Sol de parc/divers	11
TOTAL	**71**



Carte A1a : Zone de Colfontaine
Localisation des points d'échantillonnage de sol (autres que potagers)

Projet POLLUSOL 2

Légende

Point d'échantillonnage de sol :

- Sol agricole
- Sol de forêt
- Sol de parc ou de jardin

Autre :

- Périmètre de la zone d'étude
- Limites communales

Données sources :
- Fond de plan : Carte topographique 1:10.000 (Origine : IGN)
- Limites administratives et fleuves (Origine : ArcWallonie, Walphot)

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

Réalisation : UCL - Earth and Life Institute - Environmental Sciences (ELIE)

UCL Université catholique de Louvain

EARTH & LIFE INSTITUTE

1.2.2 Zone de La Louvière

1.2.2.1 Contexte général

La zone de La Louvière comprend 24 km² du territoire communal situé au sud du canal Albert et à l'est de la N55. La Louvière est située dans le Hainaut, dans le secteur de La Louvière. La partie nord-est de la zone, plus urbanisée, comprend le coeur de la ville de La Louvière. La partie nord-ouest et le centre sont occupés par des îlots urbains entourés de terrils. La partie sud comprenant les villages d'Haine-Saint-Paul, Haine-Saint-Pierre et Saint-Vaast est plus rurale, avec une occupation du sol dominée par l'agriculture.

La zone est située au bord nord du bassin mésozoïque de Mons. Ses terrains appartiennent à quatre entités géologiques superposées :

- En profondeur, les terrains les plus anciens (Paléozoïque) sont constitués de schistes et de grès qui appartiennent au Bassin houiller du Centre. Ces roches plissées et faillées contiennent les veines de houille qui ont été autrefois exploitées par les Charbonnages de La Louvière-Sars-Longchamps ;
- Au-dessus des couches paléozoïques reposent en discordance les couches restées à l'horizontale du Crétacé (Mésozoïque). Ces couches sont constituées de terrains déposés d'abord dans un milieu continental (sables et argiles du Wealdien), puis par une mer ayant couvert la région à partir du Turonien (marnes et craies du Crétacé supérieur). Ces couches sont faiblement inclinées vers le sud-ouest, en direction du cœur du bassin de Mons ;
- Le troisième ensemble ne subsiste que sous la forme de lambeaux et regroupe des terrains cénozoïques essentiellement sableux du Landénien et argilo-sableux de l'Yprésien ;
- En surface les limons du Pleistocène-Holocène, soulignés à leur base par un niveau de silex, recouvrent l'ensemble de ces lithologies.

Les sables et argiles cénozoïques recouvrent l'essentiel de la partie nord-est et le centre de la zone. Dans la partie nord-ouest, qui est entaillée par une vallée décrivant un méandre (ruisseau du Thiriau du Luc), affleurent les sables wealdiens, les marnes et les craies mésozoïques. Dans la partie sud de la zone, entaillée par la vallée est-ouest de la Haine, affleurent essentiellement les craies mésozoïques, recouvertes encore localement par des lambeaux de sables et argiles cénozoïques.

Les sols limoneux à drainage naturel favorable se trouvent sur les craies et les sols limoneux à drainage naturel modéré ou imparfait sur les formations de marnes cénozoïques [2] . Des sols limoneux à drainage naturel assez pauvre à très pauvre se rencontrent localement sur les couches argilo-sableuses cénozoïques [3].

Les sols agricoles (prairie et culture) représentent 31.8 % de la zone, la forêt et les milieux semi-naturels (terrils recolonisés) 8.4 %. En réalité, il y a très peu de sols

2. Formation de Haine St Paul et de Ville-Pommeroeul et Thivencelles.
3. Formatione de Carnières.

forestiers. Il s'agit surtout de végétation arbustive en mutation et de terrils recolonisés. Les vrais sols forestiers (un peu plus de 1 % de la zone) se trouvent dans des petits bosquets localisés au centre et au sud de la zone. La plupart des sols agricoles sont des sols limoneux à drainage naturel favorable . On retrouve aussi un grand nombre de prairies et de cultures sur sols artificiels ou non cartographiés.

La Louvière a été fortement marquée par l'activité industrielle liée à l'extraction du charbon (extraction de la houille, agglomération, cokeries et carbochimie), ainsi que par l'activité industrielle liée à la sidérurgie (hauts fourneaux et aciéries).

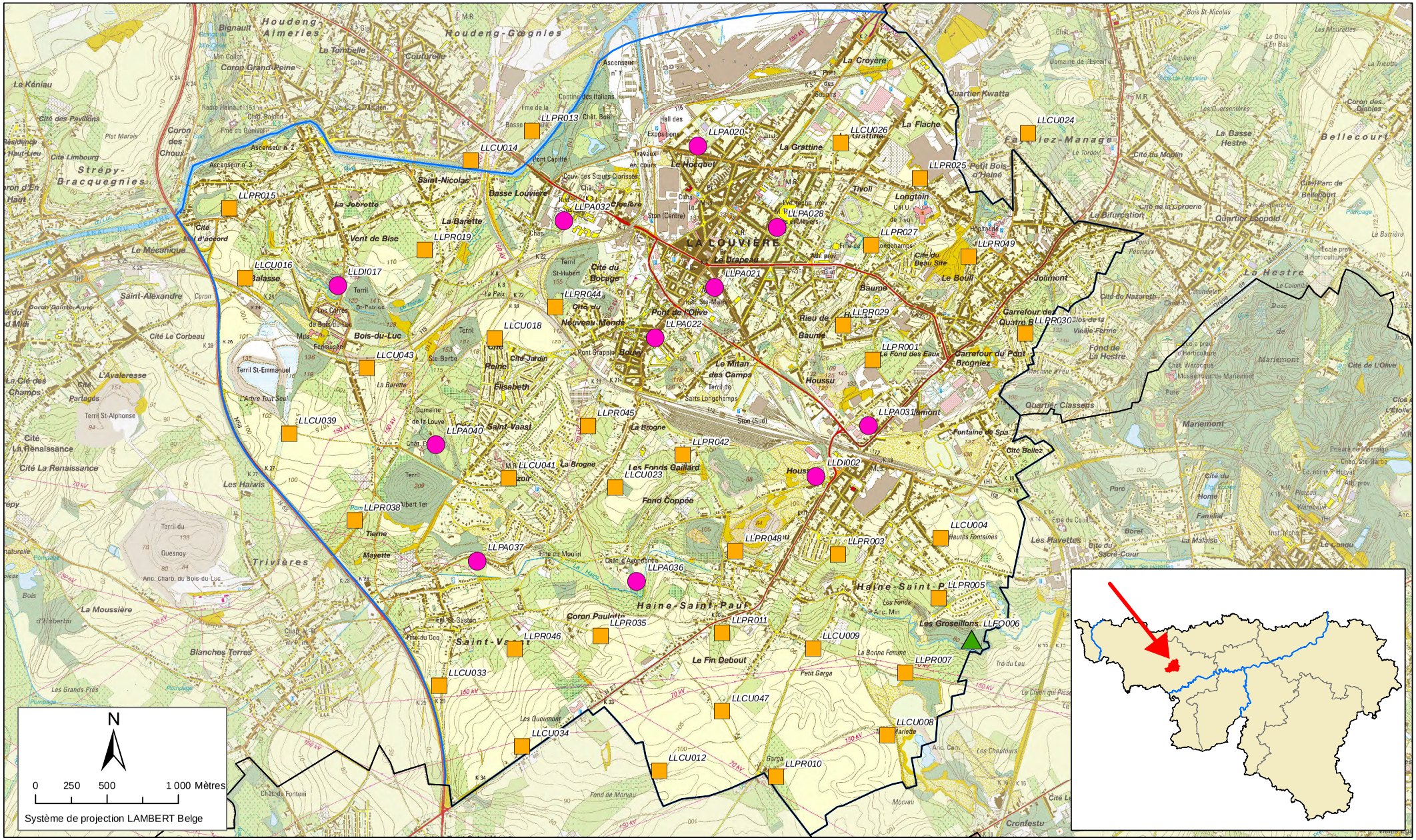
Selon la carte des sols (CNSW), 4.7 % de la surface de la zone est occupée par des terrils (114 ha). Les terrils que l'on retrouve à La Louvière sont principalement composés de schistes et de grès houillers. Une bonne partie des sols de la zone ont été artificialisés ou ont été affectés par la présence d'un terril ou d'un crassier à proximité (retombées de matériaux et de poussières). C'est sur la partie sud de la zone que l'on retrouve la majorité des sols peu remaniés et éloignés de terrils et crassiers. C'est là aussi que l'on retrouve la plupart des 48 hectares de sols cartographiés comme « fosse d'extraction » (craie et argiles pour briqueterie) sur la zone.

1.2.2.2 Plan d'échantillonnage des sols

Le plan d'échantillonnage pour La Louvière est présenté dans la table 1.5. La moitié des points d'échantillonnage (51) concerne la campagne de prélèvement de sols de potagers. L'autre moitié des points d'échantillonnage de sols ont été positionnés pour permettre une bonne représentativité des différents types de sols retrouvés sur la zone. La carte A1b localise les points d'échantillonnage de sols « autres que potagers ».

Table 1.5 – Plan d'échantillonnage pour La Louvière

Type de sol	**Nbr. de points**
Sol de potager	51
Sol agricole	37
Sol de forêt	1
Sol de parc/divers	11
TOTAL	**49**


N
0 250 500 1 000 Mètres
Système de projection LAMBERT Belge
LA LOUVIÈRE
Haine-Saint-Paul
Haine-Saint-P
Saint-Vaast
Houdeng-Gœgnies
Houdeng-Aimeries
Strépy-Bracquegnies
Trivières
Saint-Nicolas
Saint-Alexandre
Bois-du-Luc
Basse Louvière
Cité du Bocage
Cité du Nouveau Monde
Pont de l'Olive
Le Mitan des Camps
Les Fonds Gaillard
Fond Coppée
Le Fin Debout
Coron Paulette
Les Groseillons
Quartier Kwatta
Faz-lez-Manage
Petit Bois d'Haine
Quartier Léopold
Quartier Classens
Carrefour du Pont Brogniez
Carrefour des Quatre Bras
Fond de la Hestre
Mariemont
Cité de L'Olive
Cité Bellez
Fontaine de Spa
Les Havettes
Les Chaufours
Cronfestu
Le Mécanique
Cité Le Corbeau
Cité La Renaissance
Cité Partagés
L'Avaleresse
La Cité des Champs
Les Haiwis
La Moussière
Blanches Terres
Le Kéniau
Coron Grand-Peine
Coron des Choux
Coron des Diables
Bellecourt
La Basse Hestre
La Hestre
La Bifurcation
Cité de la Corderie
Cité du Moulin
Cité du Beau Site
Cité du Home
Cité du Sacré-Cœur
Cité d'accord
Cité Jardin Reine Elisabeth
Cité Limbourg
Cité des Pavillons
Cité Haut-Lieu
Cité Familial
Cité Ste-Barbe
Cité Jolimont
Cité de Nazareth
Cité du Borgne
Cité du Bois-du-Luc
Cité Ste-Barbe
Cité du Sacré-Cœur
Cité Familial
Cité Bellez
Cité de L'Olive
Cité Jardin
Cité d'accord
Cité Limbourg
Cité des Pavillons
Cité Haut-Lieu
Cité du Bocage
Cité du Nouveau Monde
Cité du Beau Site
Cité du Home
Cité du Sacré-Cœur
Cité Familial
Cité Bellez
Cité de L'Olive
Cité Jardin Reine Elisabeth
Cité Ste-Barbe
Cité Jolimont
Cité de Nazareth
Cité de la Corderie
Cité du Moulin
Cité Le Corbeau
Cité La Renaissance
Cité Partagés
Cité des Pavillons
Cité Haut-Lieu
Cité Limbourg
Cité d'accord

1.2.3 Zone de Charleroi-Châtelet

1.2.3.1 Contexte général

La zone est située dans le Hainaut, dans le secteur de Charleroi. La zone comprend 50.7 km² et s'étend sur deux communes : (1) la partie nord-est de Charleroi, entre l'aéroport de Charleroi au nord, la N5 et la petite ceinture de Charleroi à l'ouest, la limite de la commune de Charleroi à l'est et la Sambre au sud, et (2) la commune de Châtelet, limitée au sud par la limite des calcaires du Carbonifère. Dans la partie de la zone située sur la commune de Charleroi, Ransart et Jumet au nord se situent dans un contexte moins urbanisé que Lodelinsart, Gilly et Montignies-sur-Sambre, plus proches de la Sambre. Dans la partie de la zone située sur la commune de Châtelet, le village de Bouffioulx au sud est entouré de terres agricoles. Le nord de la commune avec la Sambre qui sépare Chatelineau et Châtelet est plus urbanisé.

La partie de la zone occupée par la commune de Charleroi est celle où ont eu lieu les plus importantes exploitations de charbon en Wallonie. Le Houiller, formé de couches de grès, de schistes et de veines de houille, a subi l'orogénèse varisque. D'un point de vue structural, ces terrains houillers peuvent être divisés en deux parties. Au nord, de grandes plateures qui s'enfoncent vers le sud. Plus au sud, le Houiller est divisé par des failles qui induisent localement le renversement des couches. Tout au sud de Montignies-sur-Sambre, en discordance, nous trouvons les alluvions de cette rivière. Dans le nord, à proximité de l'aéroport de Gosselies, des placages en discordance sont constitués de terrains du Paléogène, principalement des sables de la Formation de Bruxelles.

La partie de la zone occupée par la commune de Châtelet comporte, au nord, un certain nombre de grands massifs de Houiller charriés lors de l'orogénèse varisque (massif du Gouffre, et massif du Carabinier). Plus au sud se situe le massif d'Ormont composé principalement de couches de calcaire visées en position renversée. A l'ouest de ce massif, nous pénétrons dans la partie anté-houillère du massif de Chamborgneau qui comprend des terrains calcaires frasnien au sud (Formation de Lustin) qui monte jusqu'aux calcaires du Groupe du Hoyoux (Viséen supérieur). La zone échantillonnée comprend également la bande famennienne de la Formation du Bois des Mouches, composée de grès et de siltites. Les terrains houillers sont recouverts en discordance par les alluvions de la Sambre et des ruisseaux de Gominroux (au nord) et de la Biesme (au sud). Quelques placages de sable de la Formation d'Erquelinnes (Landénien) se trouvent également au sud de la commune.

La zone est très fortement urbanisée : plus de 65 % de la zone est située sur des sols artificialisés ou non cartographiés à la carte des sols. Les sols agricoles (prairie et culture) représentent 26.2 % de la zone. Les sols forestiers (un peu plus de 2% de la zone) se concentrent au sud de la zone, avec le bois de Châtelet et la réserve naturelle Sébastopol. La plupart des sols agricoles et forestiers sont des sols limoneux à drainage naturel favorable ou modéré à imparfait. On retrouve aussi sur la commune de Châtelet des sols agricoles limono-caillouteux à charge psammitique, schisto-psammitique ou à

charge schisteuse à drainage naturel principalement favorable. Au sud de la zone, des sols agricoles limono-caillouteux à charge calcaire et à drainage naturel favorable sont situés au dessus de l'aquifère des calcaires du Carbonifère.

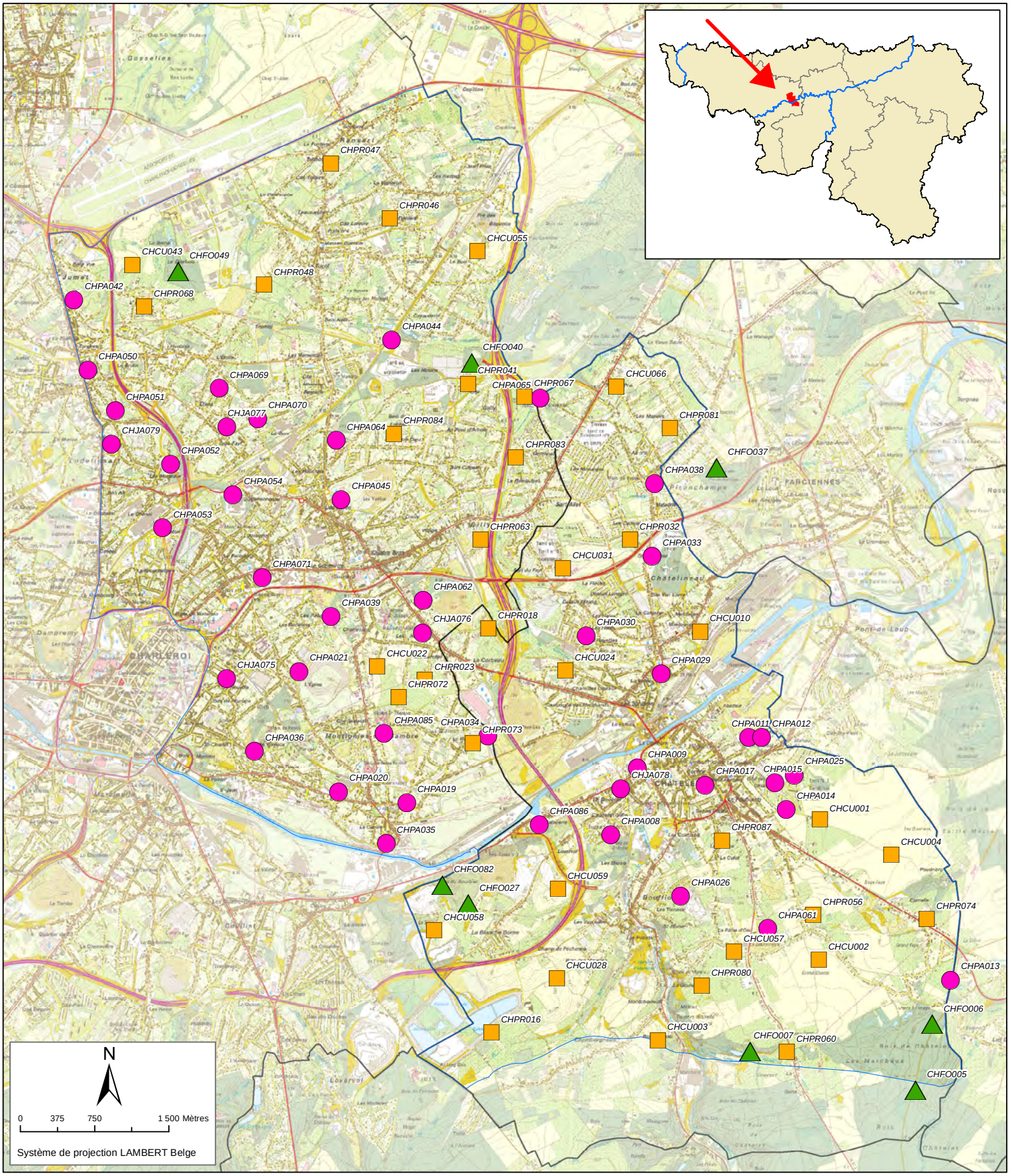
La zone d'étude, comme les autres parties du secteur de Charleroi, a été fortement marquée par l'activité industrielle liée à l'extraction du charbon (extraction de la houille et agglomération, cokeries, carbochimie et usines à gaz) et à la sidérurgie (hauts fourneaux et d'aciéries). On retrouve aussi sur la commune de Charleroi un grand nombre de verreries. Les terrils et crassiers occupent 8.4 % de la surface de la zone (283 ha), et 328 ha ont été cartographiés comme « remblais » ou « terrain remanié » sur la CNSW.

1.2.3.2 Plan d'échantillonnage des sols

Le plan d'échantillonnage pour la zone est présenté dans la table 1.7. La moitié des points d'échantillonnage concerne la campagne de prélèvement de sols de potagers. Quatre-vingt sept points d'échantillonnage de sols ont été positionnés pour permettre une bonne représentativité des différents types de sols retrouvés sur la zone. La carte A1c localise les points d'échantillonnage de sols « autres que potagers ».

TABLE 1.7 – Plan d'échantillonnage pour Charleroi-Châtelet

Type de sol	**Nbr. de points**
Sol de potager	97
Sol agricole	36
Sol de forêt	8
Sol de parc/divers	43
TOTAL	**184**



Carte A1c : Zone de Charleroi - Châtelet
Localisation des points d'échantillonnage de sol (autres que potagers)

Projet POLLUSOL 2

Légende

Point d'échantillonnage de sol :

- Sol agricole
- Sol de forêt
- Sol de parc ou de jardin

Autre :

- Périmètre de la zone d'étude
- Limites communales

Données sources :
- Fond de plan : Carte topographique 1:10.000 (Origine : IGN)
- Limites administratives et fleuves (Origine : ArcWallonie, Walphot)

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

Réalisation : UCL - Earth and Life Institute - Environmental Sciences (ELIE)

1.2.4 Zone d'Amay-Engis

1.2.4.1 Contexte général

La zone d'Amay-Engis comprend 38 km² du territoire des communes d'Amay et d'Engis. Elle est située dans la province de Liège, dans le secteur de la vallée de la Meuse. Elle est délimitée par les limites communales ou par des lignes de crête. La partie centrale de la zone, autour de la Meuse, est industrialisée et urbanisée avec Amay à l'ouest et Engis à l'est. Le reste de la zone est plus rurale, avec une occupation du sol dominée par l'agriculture et les forêts.

Toutes les roches présentes sur la zone d'Amay-Engis datent du Paléozoïque. Elles sont plissées (souvent redressées à la verticale) et faillées. Au sud de la vallée de la Meuse, les roches appartiennent à ce que l'on appelle le synclinorium de Dinant et au nord, elles appartiennent au synclinorium de Namur. Le lit de la Meuse, quant à lui, est constitué de roches qui n'appartiennent ni au synclinorium de Dinant ni à celui de Namur. Ces roches sont appelées la Bande calédonienne du Condroz (ou Bande de Sambre-et-Meuse) et sont constituée d'une remontée anticlinale du socle calédonien pincée entre les deux bassins. En s'éloignant de la Meuse (et donc de la Bande calédonienne du Condroz) vers le sud, on rencontre des couches du Paléozoïque inférieur de plus en plus jeunes appartenant au synclinorium de Dinant : Gedinien, puis Coblencien. Il s'agit de sédiments détritiques terrigènes schisto-gréseux. On y trouve notamment une formation épaisse de grès blancs, la Formation du Bois de Hausse, qui constitue la roche dure formant le bord du plateau et les pentes du flanc sud de la vallée de la Meuse La Bande calédonienne du Condroz, elle-même, est constituée de schistes. On peut donc considérer que toute la moitié sud de la zone est constituée de schistes et de grès. Le bord nord de la vallée de la Meuse est constitué de roches qui sont de plus en plus jeunes quand on se dirige vers le nord. Ce sont, successivement le Frasnien, le Famennien, le Tournaisien, le Viséen, le Houiller. Le contraste entre les roches est beaucoup plus important que dans la partie sud. Le Frasnien est calcaire, le Famennien est détritique terrigène (schistes et grès de type psammite), le Tournaisien et le Viséen sont calcaires (exploité dans les vastes carrières du Lion, du Bois des Gattes et de Flône) et le Houiller est schisto-gréseux. Le premier niveau du Houiller (le Namurien inférieur) renferme des schistes noirs riches en pyrite (ampélites) qui ont été exploités dans le passé pour la fabrication de l'alun. Dans les calcaires viséens, des filons métallifères se sont mis en place. Dans l'extrême nord-est de la zone, les couches du Houiller sont recouvertes par du Tongrien continental sous une couverture limoneuse récente.

Les sols agricoles (prairie et culture) représentent 28.4 % de la zone, la forêt et les milieux semi-naturels 33.1 %. La plupart des sols agricoles (prairies et cultures) sont des sols limoneux à drainage naturel modéré ou imparfait. Le plateau agricole à l'extrémité sud-est de la zone est constitué de grès et schistes [4] et est couvert d'un sol limoneux à drainage naturel modéré à imparfait, voir pauvre à assez pauvre. Quittant le

4. En particulier la Formation de grès blancs du Bois d'Hausse

plateau en direction de la vallée de la Meuse, on rencontre dans les pentes des forêts sur des sols limono-caillouteux à charge schisto-gréseuse ou gréseuse et à drainage naturel principalement favorable. Au bas des pentes, faisant le raccord avec la plaine alluviale de la Meuse, des sols variés sont cartographiées en complexe de sols de fond de vallons limoneux ou rocailleux. Au sud d'Engis, la vallée de la Meuse se resserre en raison de la présence d'un massif de roches plus résistantes. Les grès (psammites) du Famennien présents dans ce massif se désagrègent pour donner des sols limono-caillouteux à charge psammitique ou schisto-psammitique drainage naturel favorable. Les calcaires du Tournaisien et du Viséen également présents dans ce massif donnent des sols limono-caillouteux à charge calcaire. La plaine de la Meuse, reposant sur les schistes de la Bande calédonienne, renferme des sols limoneux à drainage naturel favorable modéré ou imparfait. Les pentes flanc nord de la vallée, constituée des calcaires tournaisiens et viséens, ainsi que le bord du plateau constitué des schistes noirs du Namurien été cartographiés pour l'essentiel en complexe non différentié de carrières, terrils, remblais et terrains remaniés ou en fosse d'extraction et ceci témoigne de l'abondance d'exploitations (carrières de calcaires, alunières et filons métallifères) présentes sur ce flanc de la vallée. A Engis, les pentes sont constituées de psammites famenniens et sont recouverts d'un sol limono-caillouteux à charge psammitique ou schisto-psammitique à drainage naturel favorable. Le plateau situé au nord de la Meuse est constitué des schistes et grès houiller sur lequel se sont superposé des dépôts de loess du Pleistocène-Holocène. On trouve des sols limoneux à drainage naturel modéré à imparfait sur les sommets, des sols limoneux ou limono-caillouteux à charge schisteuse à drainage naturel favorable sur les pentes.

La zone a été fortement marquée par l'activité industrielle liée à la métallurgie des non-ferreux. Dans une moindre mesure, le nord-ouest de la zone a pu être touché par l'activité industrielle liée à l'extraction du charbon (extraction de la houille, agglomération). On note aussi la présence d'industries chimiques le long de la Meuse.

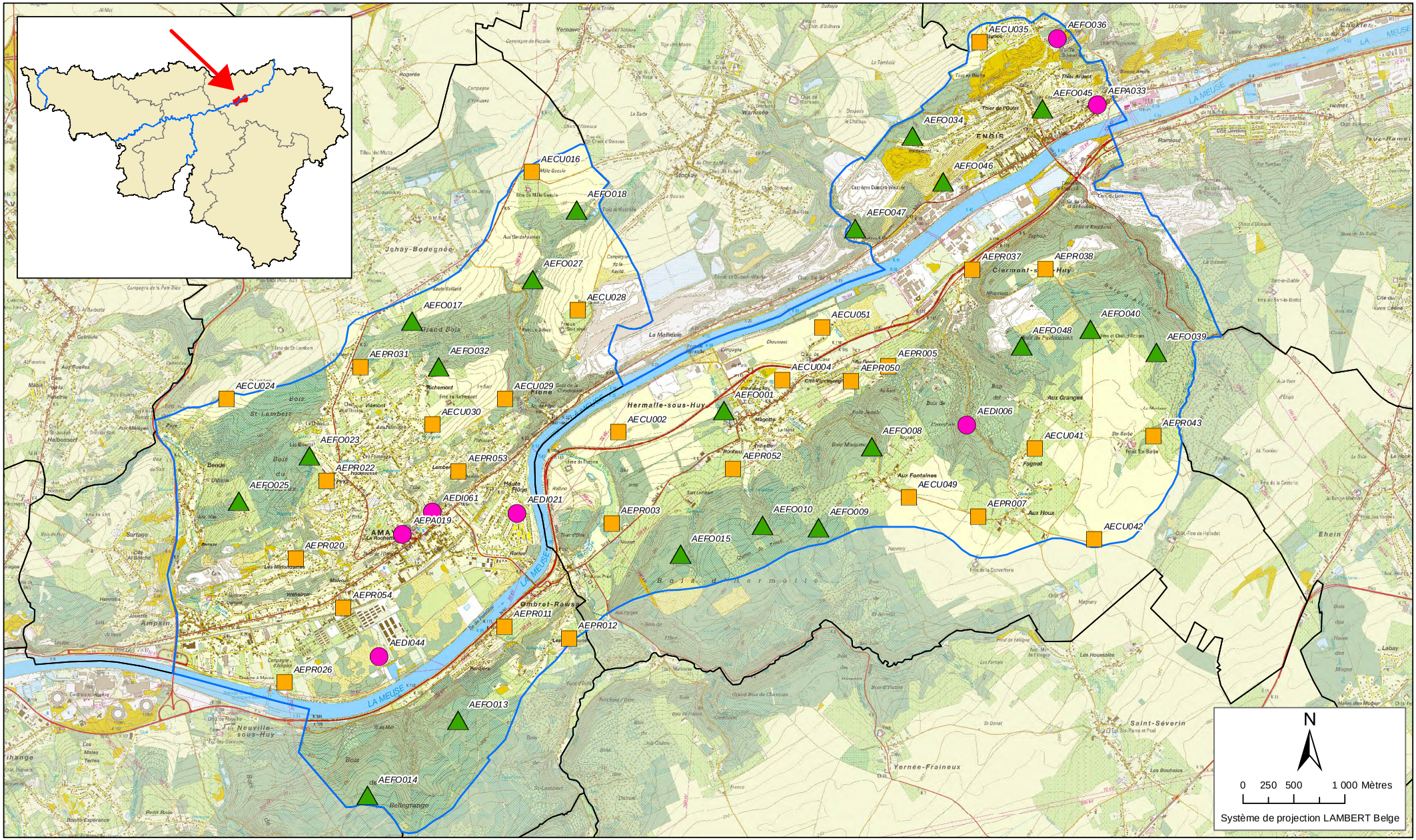
Les sols artificiels (terrils, remblais, terrains remaniés) sont localisés principalement sur les versants de la vallée de la Meuse. Au même endroit se trouvent aussi d'importantes fosses d'extraction : outre les trois grandes carrières de calcaire du Lion, du Bois des Gattes et de Flône, il y a aussi eu une exploitation intensive des schistes noir ampéliteux du Namurien pour la fabrication de l'alun. Les déchets du grillage des schistes forment d'importantes accumulations de terres et schistes rouges sous forme de terrils allongés qui jalonnent le tracé de la couche de Namurien. Enfin, différents filons de sulfures (Fe, Zn, Pb) ont été exploités dans les calcaires viséens, à Engis et à Flône.

1.2.4.2 Plan d'échantillonnage des sols

Le plan d'échantillonnage pour Amay-Engis est présenté dans la table 1.9 . La moitié des points d'échantillonnage concerne la campagne de prélèvement de sols de potagers. Cinquante-cinq points d'échantillonnage de sols ont été positionnés pour permettre une bonne représentativité des différents types de sols retrouvés sur la zone. La carte A1d localise les points d'échantillonnage de sols « autres que potagers ».

TABLE 1.9 – Plan d'échantillonnage pour Amay-Engis

Type de sol	**Nbr. de points**
Sol de potager	50
Sol agricole	28
Sol de forêt	20
Sol de parc/divers	7
TOTAL	**105**



Carte A1d : Zone d'Amay-Engis
Localisation des points d'échantillonnage de sol (autres que potagers)

Projet POLLUSOL 2

Légende

Point d'échantillonnage de sol :

- Sol agricole
- Sol de forêt
- Sol de parc ou de jardin

Autre :

- Périmètre de la zone d'étude
- Limites communales

Données sources :
- Fond de plan : Carte topographique 1:10.000 (Origine : IGN)
- Limites administratives et fleuves (Origine : ArcWallonie, Walphot)

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

Réalisation :
UCL - Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

1.2.5 Zone de Seraing

1.2.5.1 Contexte général

La zone est située dans la province de Liège, dans le secteur de Liège. La zone comprend 35.3 km² et comprend les anciennes communes de Jemeppe-sur-Meuse au nord, Seraing au centre, Ougrée à l'est et Boncelles au sud. La moitié nord de la commune, autour de la Meuse, est très industrialisée et densément peuplée. La moitié sud de la commune est plus rurale : à l'ouest, la forêt occupe près de 9 km² (le quart de la superficie de la zone), et à l'est, le village de Boncelles est entouré de parcelle agricoles.

La zone d'étude de Seraing se situe de part et d'autre de la Faille Eifelienne, qui la sépare en deux suivant une direction SO-NE. Au nord de la faille, on trouve les terrains houillers abondamment fracturés. Ils sont recouverts au nord par quelques lambeaux de terrains campano-maastrichtiens (craie de Gulpen, Secondaire terminal) recouverts éventuellement dans la partie ouest par des reliquats de sables tongriens (Formation de Grimmertingen, sables micacés fins et argileux avec graviers à la base).

Au-dessus des terrains du Houiller, la Meuse a abandonné ses alluvions sur une largeur atteignant à certains endroits 2500 m. Au sud de la Faille Eifelienne, se trouve des terrains du Dévonien inférieur formant un synclinal dont le bord est constitué par les grès verts de la Formation de Wépion et le cœur par le poudingue de la Formation de Burnot. Localement, dans les parties topographiquement élevées, ces roches dévoniennes sont recouvertes par des sables de la Formation de Boncelles (Oligocène).

La zone est fortement urbanisée : près de 60 % de la zone est située sur des sols artificialisés ou non cartographiés. Les sols agricoles (prairie et culture) représentent 10.6 % de la zone, la forêt et les milieux semi-naturels (terrils recolonisés) 29.6 %.

En partant des matériaux alluvionnaires de la Meuse pour aller vers le sud, on retrouve successivement une bande de sols limono-caillouteux à charge schisteuse, puis des sols limono-caillouteux à charge schisto-gréseuse et finalement des sols limoneux. Au nord, le Bois de l'Abbaye et le Bois de la Marchandise d'Arras sont des sols forestiers de type limono-caillouteux à charge schisto-gréseuse ou gréseuse et à drainage naturel favorable. Au sud, le bois de la Vecquée est sur sol limoneux à mauvais drainage naturel. En général, les sols agricoles sont de type limoneux à drainage naturel modéré à imparfait.

L'activité industrielle sur la zone d'étude s'est concentrée le long de la Meuse. Comme les autres parties du secteur de Liège, Seraing a été fortement marquée par l'activité industrielle liée à l'extraction du charbon (extraction de la houille et agglomération, cokeries, carbochimie et usines à gaz), et par la sidérurgie et la métallurgie des non-ferreux, avec une grande quantité de hauts fourneaux et d'aciéries. On retrouve aussi à l'ouest, en bord de Meuse, la cristallerie du Val-Saint-Lambert.

5.4 % de la surface de la zone est occupée par des terrils (190 ha), qui se compose

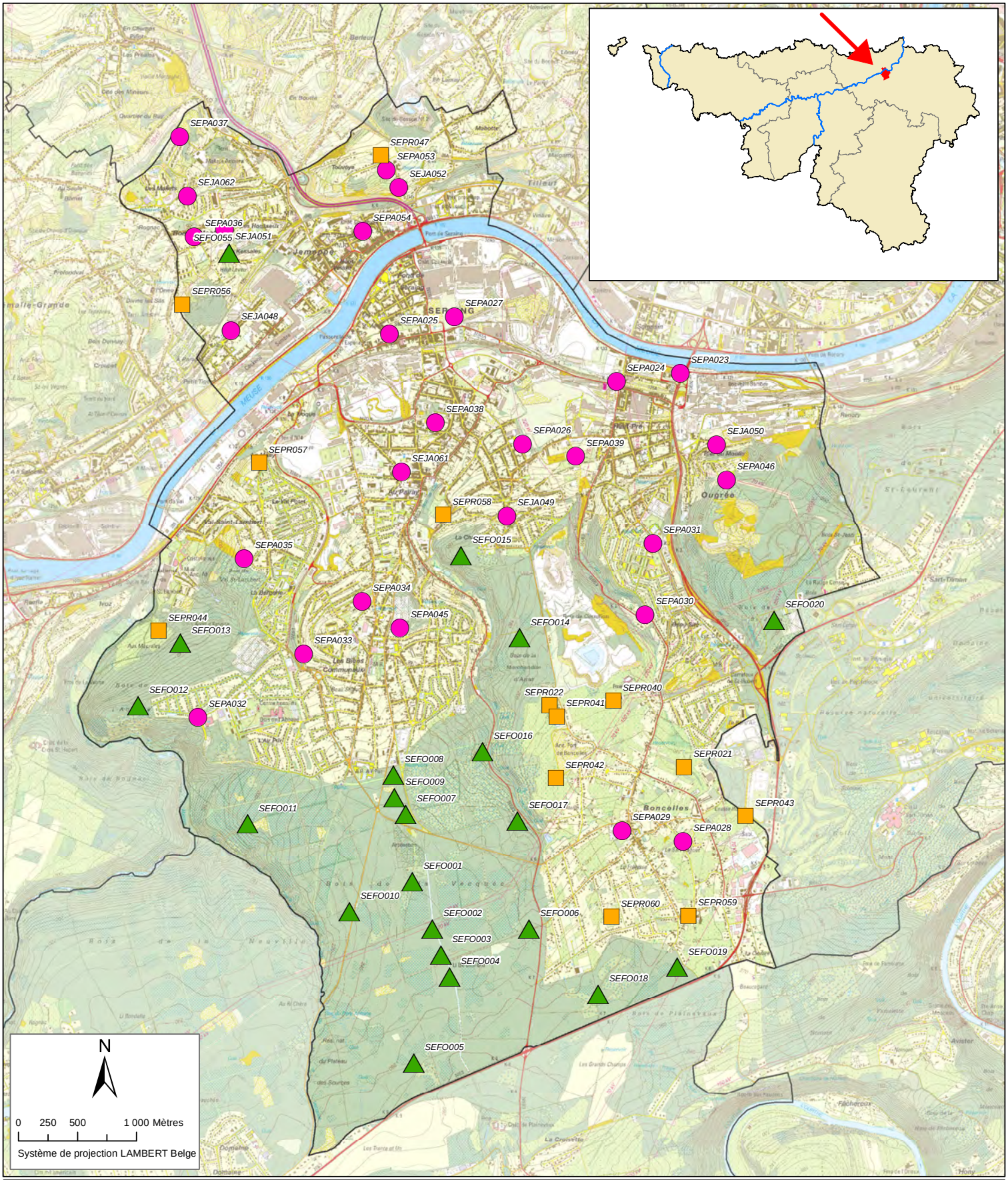
généralement de schistes houillers, mais il y a aussi des crassiers (Bois de Saint Jean, Bois de Cornillon, etc.).

1.2.5.2 Plan d'échantillonnage des sols

Le plan d'échantillonnage pour Seraing est présenté dans la table 1.11. La moitié des points d'échantillonnage concerne la campagne de prélèvement de sols de potagers. Soixante-deux points d'échantillonnage de sols ont été positionnés pour permettre une bonne représentativité des différents types de sols retrouvés sur la zone. La carte A1e localise les points d'échantillonnage de sols « autres que potagers ».

TABLE 1.11 – Plan d'échantillonnage pour Seraing

Type de sol	**Nbr. de points**
Sol de potager	60
Sol agricole	13
Sol de forêt	21
Sol de parc/divers	28
TOTAL	**122**



Carte A1e : Zone de Seraing
Localisation des points d'échantillonnage de sol (autres que potagers)

Projet POLLUSOL 2

Légende

Point d'échantillonnage de sol :

- Sol agricole
- Sol de forêt
- Sol de parc ou de jardin

Autre :

- Périmètre de la zone d'étude
- Limites communales

Données sources :
- Fond de plan : Carte topographique 1:10.000 (Origine : IGN)
- Limites administratives et fleuves (Origine : ArcWallonie, Walphot)

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

Réalisation : UCL - Earth and Life Institute - Environmental Sciences (ELIE)

1.2.6 Zone de Trooz

1.2.6.1 Contexte général

La zone de Trooz, d'une superficie de 24.2 km², est située dans la province de Liège dans le secteur de la vallée de la Vesdre. La zone reprend la majeure partie de la commune de Trooz, à l'exception d'une partie du bois de Fraipont et du nord de la commune, dont les sols sont dérivés de substrats lithologiques qui ont été exclus de l'étude [5]). La zone est traversée par la Vesdre, le long de laquelle se trouvent 4 villages : Prayon, Trooz, Fraipont et Nessonvaux. Au sud, le village de Forêt est installé sur un plateau agricole. On trouve sur la zone principalement sols de prairie et de forêts, et quelques sols de culture généralement localisés au sud-ouest de la zone et sur les versants moins escarpés.

Les roches présentes sur la zone s'étendent du Dévonien inférieur au Carbonifère inférieur. Ces roches plissées et faillées par l'orogénèse hercynienne appartiennent à une unité appelée de Massif de la Vesdre au sein d'une structure appelée le synclinorium de Verviers. La carte géologique de la zone, qui est traversée d'est en ouest par la Vesdre, présente une série de bandes longitudinales. Au nord de la Vesdre, en direction de la crête du Pays de Herve, les bandes sont constituées principalement de grès (psammites) et schistes Famennien. Au sud de la Vesdre, les bandes appartiennent aux contreforts du massif gréso-schisteux ardennais et sont constituées des formations du Dévonien inférieur. Entre ces deux reliefs résistants, la vallée de la Vesdre coïncide avec les formations schisto-calcaires du Dévonien moyen et supérieur (Givetien-Frasnien). Localement, ces formations sont recouvertes par des sables cénozoïques. Une liaison très étroite existe entre les sols et les formations géologiques, la plupart des sols ayant une charge caillouteuse reflétant de façon directe la nature des roches sous-jacente. Au nord de la Vesdre, la présence dans le sous-sol des psammites du Famennien est reflétée par la nature limono-caillouteux à charge psammitique des sols. Au sud de la Vesdre, les roches carbonatées du Dévonien moyen à supérieur se traduisent généralement par des sols limono-caillouteux à charge calcaire. La bande de roches détritiques schisto-gréseuses du Dévonien inférieur donne des sols limono-caillouteux à charge gréseuse ou schisto-gréseuse dont le drainage dépend des pentes.

Les sols agricoles (principalement des prairies) représentent 39.2 % de la zone, la forêt et les milieux semi-naturels 36.3 %. Comme signalé précédemment, les sols sont limono-caillouteux à charge psammitique ou schisto-psamitique au nord, et à charge calcaire ou à charge schisto-gréseuse ou gréseuse au centre et au sud. Au centre de la zone, le long de la Vesdre, on trouve aussi quelques hectares de sols de forte pente et de fond de vallée, ainsi que des sols limono-caillouteux à charge schisteuse. On trouve aussi quelques parcelles de sols limoneux à drainage favorable ou modéré à imparfait

5. Les sols du bois de Fraipont formés sur la formation du bois d'Auss ont été exclus. De même, les sols du nord de la commune de Trooz formés sur la formation (groupe) de Bistain. Par ailleurs, des petites parties de la commune d'Olne et de Chaudfontaine ont été ajoutées. Ces choix ont été effectués afin de faciliter l'interprétation et la cartographie des résultats.

bien répartis sur toute la zone : ces sols sont généralement occupés par l'agriculture. Les sols forestiers sont généralement situés sur les sols limono-caillouteux des versants escarpés.

La zone a été marquée par l'activité industrielle liée à la métallurgie des non-ferreux (usine de Prayon). Dans une moindre mesure, le nord-ouest de la zone a pu être touché par l'activité industrielle liée à l'extraction du charbon (extraction de la houille, agglomération).

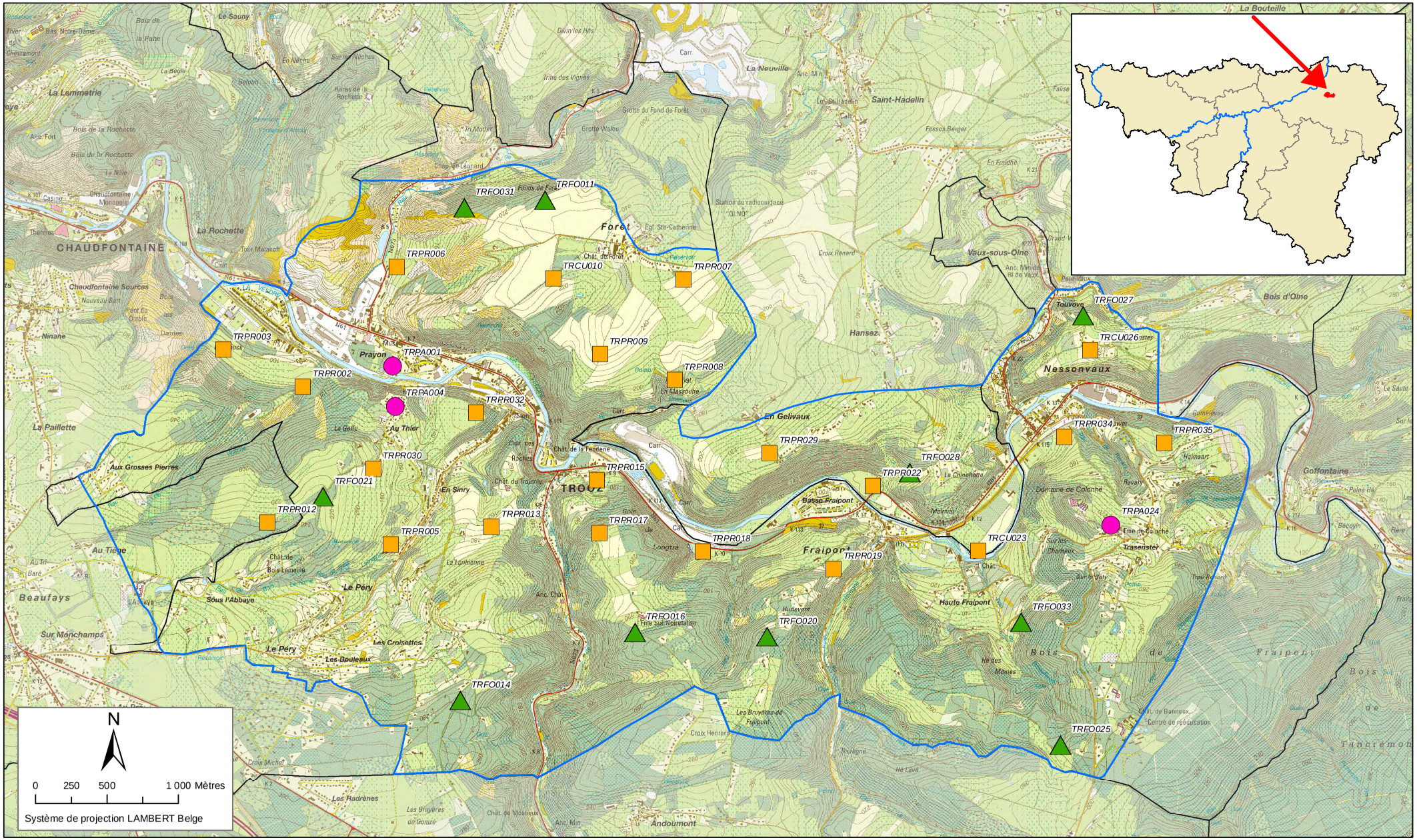
Il n'y a pas beaucoup de sols artificiels (terrils, remblais, terrains remaniés) sur la zone. Les remblais et terrains remaniés que l'on retrouve sont concentrés le long de la Vesdre et à Prayon. Dans la zone d'étude, l'extraction a concerné les minerais de fer et l'exploitation de certains niveaux calcaires ou gréseux à des fins ornementales ou industrielles. A l'heure actuelle, seules deux carrières sont encore en activité (carrières de Trooz et carrière de Bay-Bonnet). Dans la zone de Trooz, les gisements Pb-Zn sont absents. Une petite exploitation artisanale de sulfures et de limonite se trouvait au contact des Formations de Pépinster et de Névremont ou Lustin (hématite oolithique de la Formation de Presles) au sud du village de Fraipont. A Forêt, un gîte de limonite sous le calcaire a été exploité en profondeur.

1.2.6.2 Plan d'échantillonnage des sols

Le plan d'échantillonnage pour Trooz est présenté dans la table 1.13. La moitié des points d'échantillonnage concerne la campagne de prélèvement de sols de potagers. Trente-cinq points d'échantillonnage de sols ont été positionnés pour permettre une bonne représentativité des différents types de sols retrouvés sur la zone. La carte A1f localise les points d'échantillonnage de sols « autres que potagers ».

TABLE 1.13 – Plan d'échantillonnage pour Trooz

Type de sol	**Nbr. de points**
Sol de potager	35
Sol agricole	22
Sol de forêt	10
Sol de parc/divers	3
TOTAL	**70**



Carte A1f : Zone de Trooz
Localisation des points d'échantillonnage de sol (autres que potagers)

Projet POLLUSOL 2

Légende

Point d'échantillonnage de sol :

- Sol agricole
- Sol de forêt
- Sol de parc ou de jardin

Autre :

- Périmètre de la zone d'étude
- Limites communales

Données sources :
- Fond de plan : Carte topographique 1:10.000 (Origine : IGN)
- Limites administratives et fleuves (Origine : ArcWallonie, Walphot)

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

Réalisation :
UCL - Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

1.2.7 Zone de Verviers

1.2.7.1 Contexte général

La zone de Verviers, d'une superficie de 25.5 km², est située dans la province de Liège dans le secteur de Verviers. La zone reprend la plupart de la commune de Verviers, à l'exception d'une partie au nord de la commune (Petit-Rechain) et au sud (Transvaal), dont les sols sont situés sur des substrats lithologiques qui ont été exclus de l'étude [6]. Au nord-ouest de la zone, l'agglomération urbaine de Verviers est traversée par la Vesdre, tandis que l'est (Stembert) et le centre (Ensival à l'ouest, Heusy et Beau-Vallon à l'est) de la zone est plus rurale, avec de l'habitat dispersé. Le sud est plus agricole, avec un paysage de bocage qui borde quelques imposants massifs forestiers situés sur la limite de la zone d'étude.

La zone montre des formations géologiques dont l'allure générale est parallèle au cours de la Vesdre mais qui, dans le détail, ont un tracé rendu complexe par la présence de nombreux plis et failles (failles de chevauchement orientées ENE-OSO et failles transversales orientées NNW-SSE). Les roches présentes sur la zone s'étendent du Dévonien inférieur au Dévonien supérieur. Ces roches plissées et faillées par l'orogénèse hercynienne appartiennent à une unité appelée de Massif de la Vesdre au sein d'une structure appelée le synclinorium de Verviers. La zone peut être divisée en trois parties. Dans la partie au nord de la Vesdre, les formations sont constituées principalement de grès (psammites) et schistes Famennien (Formation de Houdimont à Formation de Montfort et d'Evieux). Au centre de la zone, les méandres de la Vesdre se situent dans les schistes de la transition Frasnien-Famennien (Formation de Lambermont). La partie de la zone située au sud de la Vesdre est constituée de formations calcaires allant du Givetien au Frasnien (de la Formations de Pepinster à la Formation de Lustin). La limite sud de la zone est constituée par une bande de schistes, grès et quartzites du Dévonien inférieur (Formation de Nonceveux, Solières et d'Acoz), ainsi que le coin sud-ouest de la zone. Localement, ces formations sont recouvertes par des sables cénozoïques ou, à proximité de la vallée de la Vesdre, d'alluvions anciennes correspondant à d'anciennes terrasses de la Vesdre.

Les sols agricoles (principalement des prairies) représentent 41.3 % de la zone, la forêt et les milieux semi-naturels 5.6 %. Une liaison très étroite existe entre les sols et les formations géologiques, la plupart des sols ayant une charge caillouteuse reflétant de façon directe la nature des roches sous-jacente. La succession des sols est décrite du nord vers le sud. A l'extrême nord de la zone, la présence dans le sous-sol des psammites famenniennes de la Formation de Montfort et d'Evieux est reflétée par la nature limono-caillouteux à charge psammitique des sols. Les formations essentiellement schisteuses de Hodimont, d'Esneux et de Souverain-Pré donnent des sols limono-caillouteux à charge schisteuse. Au sud de la Vesdre, les formations carbonatées de Nevremont, Roux, Lustin et Aisemont sont surmontées par des sols limono-caillouteux à charge calcaire ou

6. Ces choix ont été effectués afin de faciliter l'interprétation et la cartographie des résultats.

contenant du calcaire et à drainage naturel quasi-exclusivement favorable ou, lorsque les pentes sont très faibles, par des sols limoneux peu caillouteux à drainage naturel principalement modéré à assez pauvre. Au sud de la zone les formations gréseuses ou quartzitiques du Dévonien inférieur (Formations de Nonceveux, de Solières et d'Acoz) et la formation schisto-gréseuse de Pépinster donnent des sols limono-caillouteux à charges schisteuses, schisto-gréseuses ou gréseuse et à drainage naturel favorable. Lorsque les pentes sont faibles, ils peuvent être recouverts localement de sols limoneux peu caillouteux (5% à 15%) à drainage naturel favorable, modéré ou assez pauvre. Enfin, les sols limoneux (non caillouteux) forment quelques plages occupées par l'agriculture localisées principalement dans le coin nord-est de la zone, sur les plateaux formés sur les formations calcaires.

La zone a été marquée par l'activité industrielle liée à l'industrie textile. Dans une moindre mesure, l'est de la zone a pu être touché par l'activité industrielle liée à la sidérurgie (extraction de minerai à Stembert, hauts-fourneaux à Dolhain).

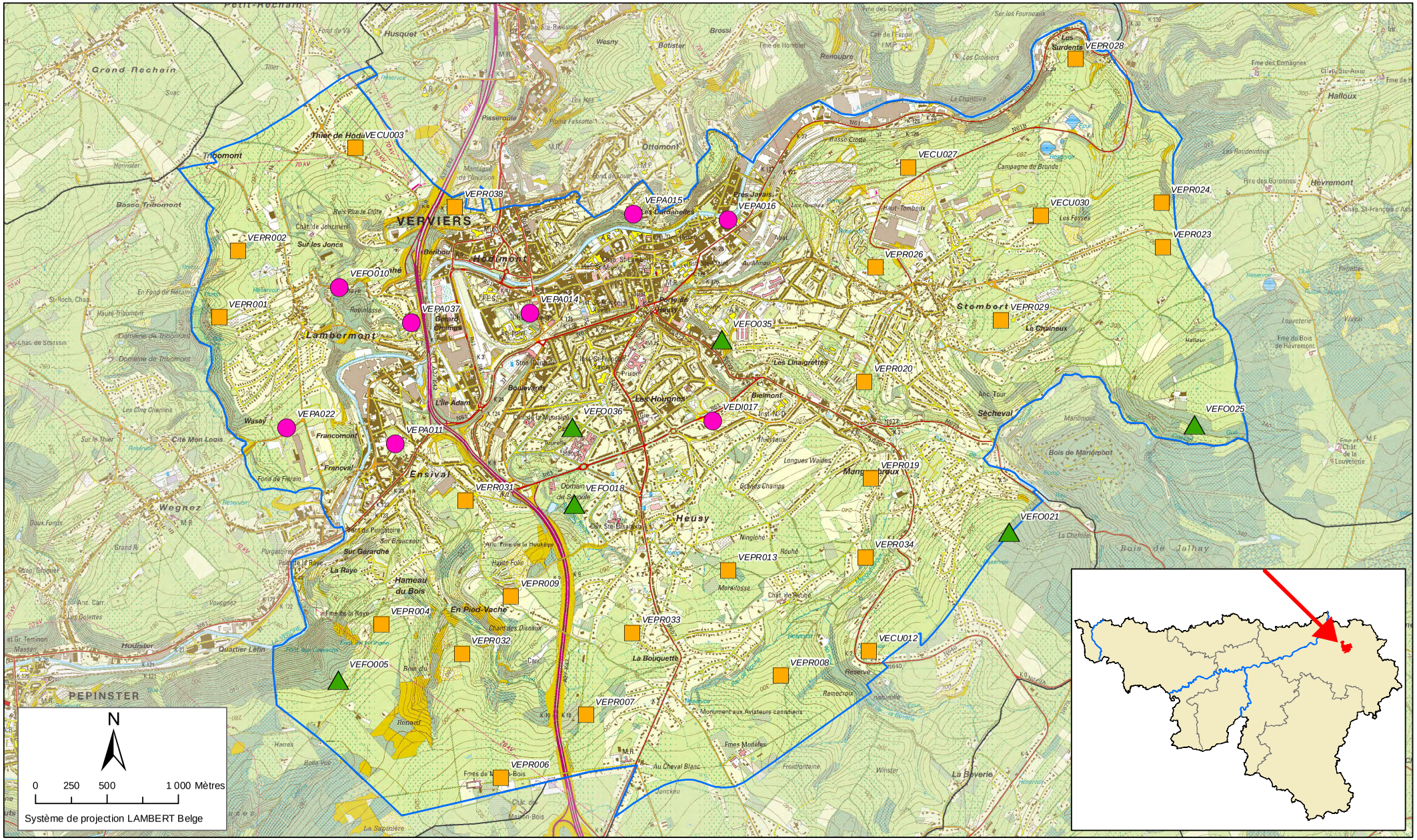
Il y a quelques sols artificiels (remblais, terrains remaniés) répartis sur la moitié nord de la zone. Dans la zone d'étude, l'extraction a concerné les minerais de Pb et Zn et l'exploitation de calcaires. Les calcaires des Formations de Névremont et de Lustin ont été largement exploités pour la construction (pierre de taille) et éventuellement pour la production de la chaux. A l'est et au nord-est de Verviers, les nombreuses plages cartographiées comme fosses d'extraction dans la carte des sols et qui se retrouvent sur toute l'étendue de ces formations correspondent très probablement à ces anciennes carrières. A Stembert, un gisement apparemment filonien de Pb et Zn est situé dans des calcaires de la Formation de Lustin (Dejonghe, Ladeuze et Jans, 1993). Il est surmonté en surface par un chapeau de fer constitué d'argiles et de sables limonitiques localement plombifère et zincifère. Le gisement a été exploité depuis au moins depuis le XVe siècle jusqu'en 1860. Une prospection géochimique de détail a été menée en 1979 afin de mettre en évidence d'éventuelles anomalies. Celles qui seront détectées se révèleront être d'origine anthropique. L'emplacement du puits principal correspond vraisemblablement avec la plage cartographiée en terrains remaniés au lieu dit Les Roches. D'autres gisements de faible dimension existaient : dans le Domaine de Séroule, au Château de Rouhé (où se trouve également une zone cartographiée en terrains remaniés, sur la carte des sol), à Mangombroux, près de l'usine à gaz (voir ancienne carte géologique).

1.2.7.2 Plan d'échantillonnage des sols

Le plan d'échantillonnage pour Verviers est présenté dans la table 1.15. La moitié des points d'échantillonnage concerne la campagne de prélèvement de sols de potagers. Trente-huit points d'échantillonnage de sols ont été positionnés pour permettre une bonne représentativité des différents types de sols retrouvés sur la zone. La carte A1g localise les points d'échantillonnage de sols « autres que potagers ».

TABLE 1.15 – Plan d'échantillonnage pour Verviers

Type de sol	**Nbr. de points**
Sol de potager	35
Sol agricole	24
Sol de forêt	6
Sol de parc/divers	8
TOTAL	**73**



Carte A1g : Zone de Verviers
Localisation des points d'échantillonnage de sol (autres que potagers)

Légende

Point d'échantillonnage de sol :

- Sol agricole
- Sol de forêt
- Sol de parc ou de jardin

Autre :

- Périmètre de la zone d'étude
- Limites communales

Données sources :
- Fond de plan : Carte topographique 1:10.000 (Origine : IGN)
- Limites administratives et fleuves (Origine : ArcWallonie, Walphot)

Projet POLLUSOL 2

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

Réalisation :
UCL - Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

1.2.8 Zone d'Aubange

1.2.8.1 Contexte général

La zone de Aubange, d'une superficie de 29.9 km^2, est située dans la province du Luxembourg dans le secteur de la Lorraine belge (région sidérurgique gaumaise). La zone reprend la plupart de la commune d'Aubange, à l'exception d'une partie au nord-ouest de la commune (Rachecourt) et au sud-ouest (Bois Haut et carrières d'Halanzy), dont les sols sont dérivés de substrats lithologiques qui ont été exclus de l'étude [7]. A l'est, située au confluent de la Messancy et de la Chiers, Athus est située sur la partie la plus urbanisée et industrialisée de la zone. Le reste de la zone est essentiellement agricole, avec à l'ouest Halenzy et Bettincourt et au centre, Aix-sur-Cloie et Aubange.

La zone appartient à la Lorraine Belge qui, géologiquement, constitue la marge nord du bassin de Paris. Les roches sédimentaires qui s'y sont déposées datent du Mésozoïque (Jurassique). Les couches n'ont pas été plissées, mais elles sont toutefois faiblement inclinées vers le sud-est (pendage de 1° à 5°). Les formations sont donc de plus en plus jeunes à mesure que l'on se dirige vers le sud. L'allure des couches ainsi que la nature contrastée des roches a déterminé un paysage typique de cuestas : relief asymétrique engendré par l'existence de couches résistantes (calcaires et grès) légèrement inclinées interrompues par un abrupt créé par l'érosion. Les couches étant inclinées vers le sud-est, le dos de la couche dure se trouve vers le sud et les abrupts sont situés vers le nord. Les dépressions soulignent le passage des couches plus argileuses.

Les sols agricoles représentent 60.1 % de la zone, la forêt et les milieux semi-naturels 12.0 %. La Formation d'Aubange de grès, grès calcaires et argiles est recouverte de sols cartographiés en sols limono-caillouteux à charge de grès argilo-calcaire et à drainage naturel favorable à imparfait (moitié nord-ouest de la zone). De rares plages de sols limon-caillouteux à charge calcaire figurent également. Dans le fond des vallons qui entaillent le relief, les sols comportent moins ou pas de charge caillouteuse et sont cartographiés en sols limoneux peu caillouteux à drainage naturel principalement modéré à imparfait. La Formation essentiellement argileuse de Grancourt est recouverte par des sols argileux à drainage naturel favorable à imparfait à assez pauvre à très pauvre (moitié sud-est de la zone). Dans le coin sud-ouest de la zone, les sols sur la formation de Grancourt ont une nature plus variée, probablement à cause des pentes plus fortes et de la présence, au sud, de l'abrupt formé par les roches calcaires de la formation de Mont-Saint-Martin et les niveaux d'où était extrait le minerai de fer.

La zone a été marquée par l'activité industrielle liée à l'industrie textile. Dans une moindre mesure, l'est de la zone a pu être touché par l'activité industrielle liée à la sidérurgie (extraction de minerai à Stembert, Hauts-Fourneaux à Dolhain).

Il y a quelques sols artificiels (remblais, terrains remaniés) principalement localisés au sud-est, dans la zone industrielle d'Athus. Au niveau des fosses d'extraction, les grès

7. De plus, une petite partie au nord-est a été (Guerlange) a été exclue, et une petite partie de la commune de Messancy enclavée dans la commune d'Aubange (village de Longeau) a été inclue. Ces choix ont été effectués afin de faciliter l'interprétation et la cartographie des résultats.

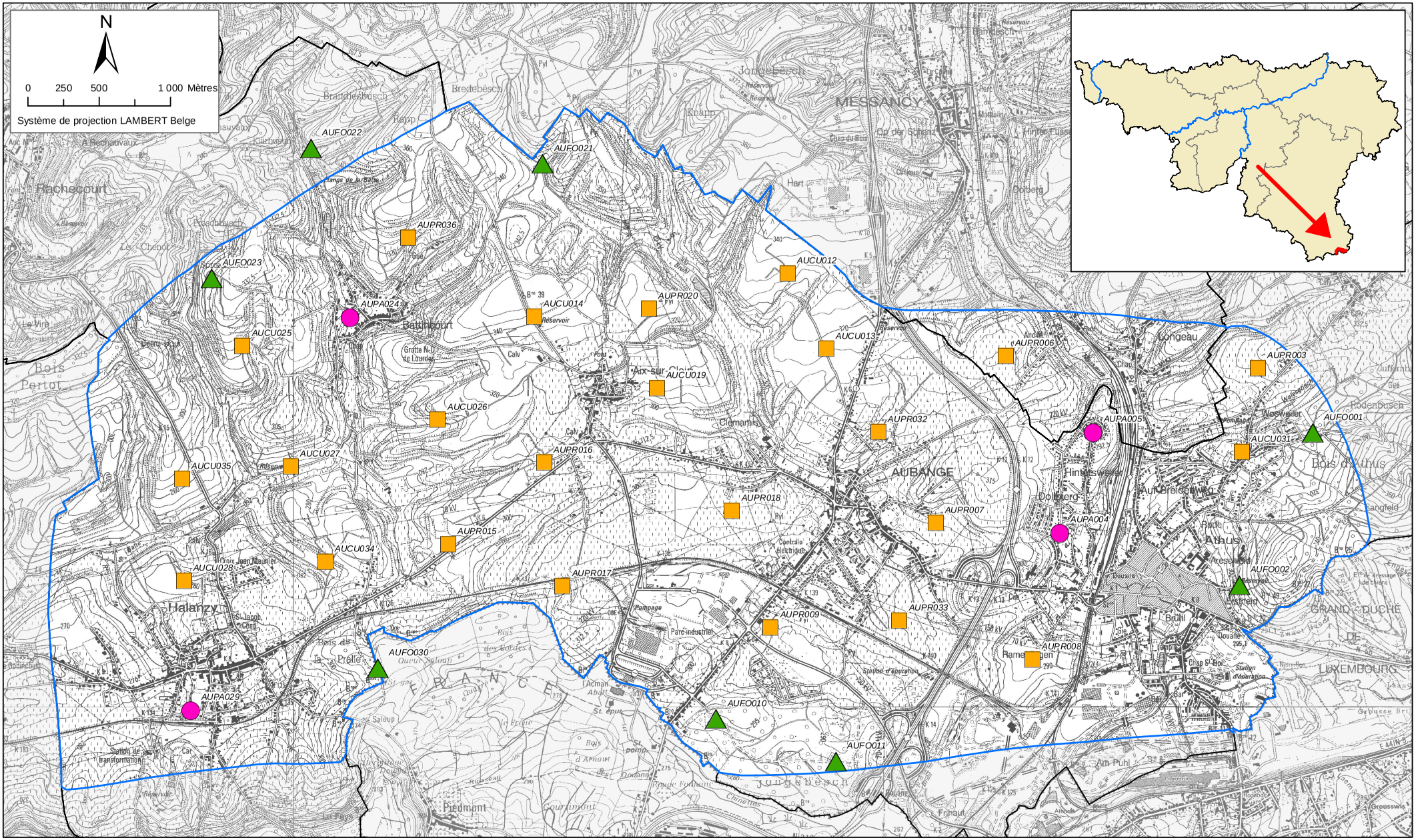
calcaires de la Formation d'Aubange ont été utilisés localement dans la construction. Les «schistes carton» de la Formation de Grandcourt ont été exploités localement à Aubange pour en extraire du gaz, des huiles et du goudron. Le minerai de fer oolithique de la Formation de Mont-Saint-Martin (minette) a été intensément exploité dans la région d'Athus-Aubange.

1.2.8.2 Plan d'échantillonnage des sols

Le plan d'échantillonnage pour Aubange est présenté dans la table 1.17 . La moitié des points d'échantillonnage concerne la campagne de prélèvement de sols de potagers. Trente-six points d'échantillonnage de sols ont été positionnés pour permettre une bonne représentativité des différents types de sols retrouvés sur la zone. La carte A1h localise les points d'échantillonnage de sols « autres que potagers ».

TABLE 1.17 – Plan d'échantillonnage pour Aubange

Type de sol	**Nbr. de points**
Sol de potager	35
Sol agricole	24
Sol de forêt	8
Sol de parc/divers	4
TOTAL	**71**



Carte A1h : Zone d'Aubange
Localisation des points d'échantillonnage de sol (autres que potagers)

Projet POLLUSOL 2

Légende

Point d'échantillonnage de sol :

- Sol agricole
- Sol de forêt
- Sol de parc ou de jardin

Autre :

- Périmètre de la zone d'étude
- Limites communales

Données sources :
- Fond de plan : Carte topographique 1:10.000 (Origine : IGN)
- Limites administratives et fleuves (Origine : ArcWallonie, Walphot)

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

Réalisation :
UCL - Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

1.3 Collecte des échantillons

La démarche poursuivie par l'UCL pour la collecte des échantillons de sols comporte les étapes suivantes :

Etapes relatives à la préparation de la campagne :

1. Recherche d'informations cartographiques utiles pour la réalisation des plans d'échantillonnage : il s'agit notamment de l'occupation du sol, de la géologie et de la pédologie des zones étudiées. Cette étape a été complétée par des visites de terrain, afin de confronter les informations récoltées à la réalité de terrain et pour récolter les informations non disponibles, comme par exemple la nature et la répartition géographique des matériaux de remblais que l'on retrouve dans les zones de PAP.
2. Réalisation d'un plan d'échantillonnage optimal pour chaque zone : c'est un plan d'échantillonnage idéal, qui ne prend pas en compte la possibilité réelle de prélever du sol sur telle ou telle parcelle (cette possibilité restant liée à une autorisation à recevoir du propriétaire de la parcelle). Les rencontres avec les autorités communales et la campagne de communication se sont déroulées en parallèle à la conception des plans d'échantillonage optimaux.
3. Demande des autorisations pour aller prélever sur les parcelles visées par les plans d'échantillonage optimal. Dans la mesure du possible, les parcelles appartenant au secteur public (Commune, Région, CPAS, etc.) qui répondaient aux caractéristiques des points repris sur les plans d'échantillonage optimaux ont été sélectionnées. En général, 60 % des points sols sont situées sur des parcelles appartenant au secteur public. Pour les autres points, il a été nécessaire de rechercher les propriétaires afin de solliciter leur accord pour prélever sur leur parcelle [8]. Retrouver le propriétaire des parcelles visées, et obtenir son accord pour le prélèvement n'était pas toujours possible. Le plan d'échantillonage établi dépendait donc des autorisations obtenues pour prélever du sol sur les parcelles sélectionnées.
4. Organisation pratique de la campagne. Un test a été organisé avec le foreur pour valider la technique de forage, et nous sommes procurés l'équipement nécessaire pour l'ouverture des gaines de PVC [9] qui contiennent les carottes de sol et à la conservation des échantillons [10]. Nous avons aussi préparé les informations adéquates pour que le foreur puisse réaliser la recherche des impétrants. La campagne de collecte d'échantillons de sols a pu alors démarrer.

Etapes relatives à la collecte d'échantillons de sols :

1. Contact avec le foreur une dizaine de jours à l'avance pour convenir des points à échantillonner. Pour ces points, la recherche d'impétrants doit avoir été effectuée par le foreur avant de procéder au forage. Nous prenons alors rendez-vous avec le

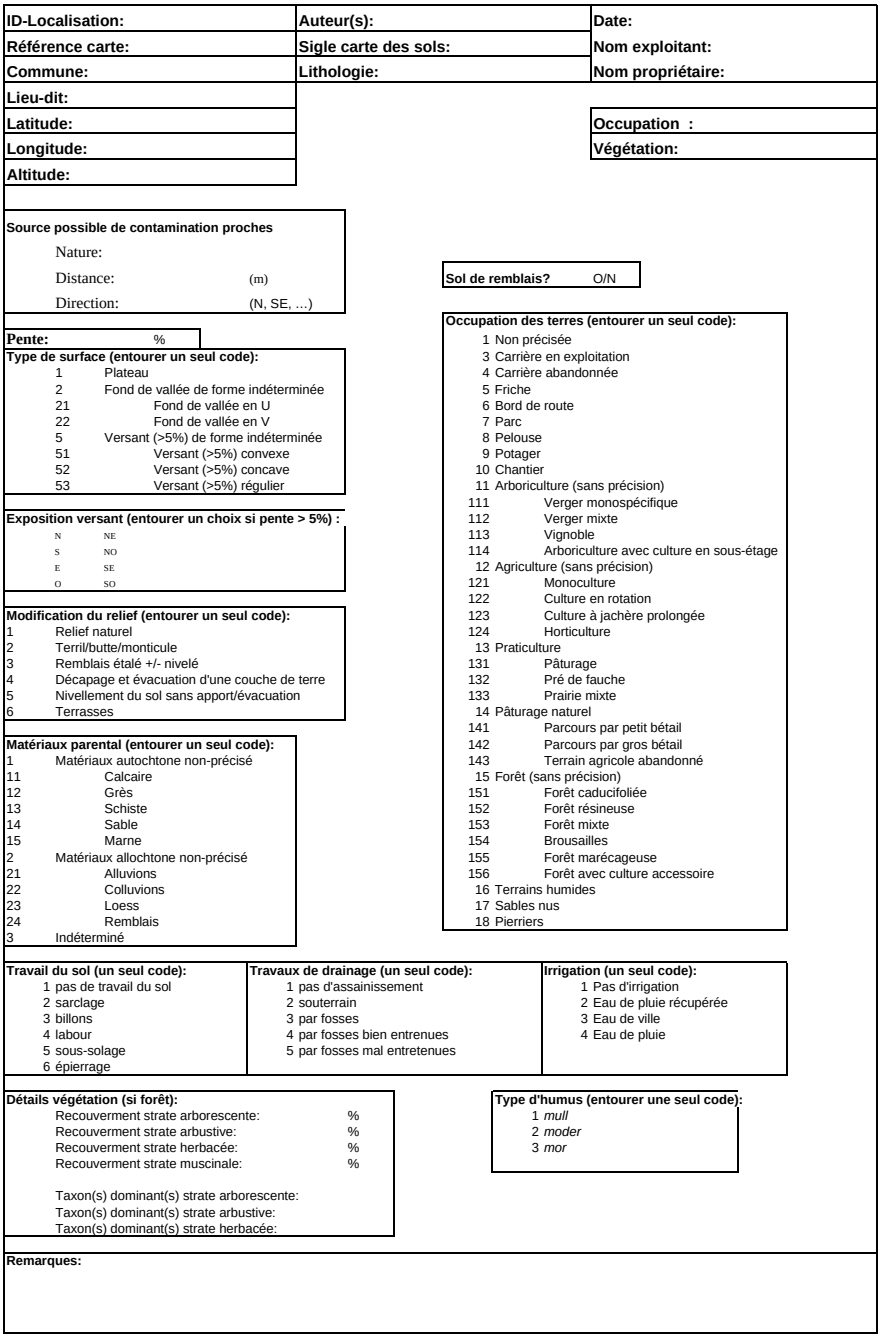
8. N.B. : La campagne de communication a été efficace pour la recherche de potagers, mais n'a donné presque aucun résultat pour la recherche de volontaires sur les autres types de sols.
9. Disqueuse à profondeur de coupe calibrée munie d'une aspiration et d'un filtre à poussières
10. Bacs de congélation

propriétaire de la parcelle à la date convenue. Le matériel de terrain est préparé (GPS, fiche de terrain, tarrière, sachets plastiques pour prélever des échantillons, scories ou charge caillouteuse non identifiée, trousse d'identification des scories).

2. Une fois sur le terrain (figures 1.1, 1.2), nous déterminons le point précis où sera réalisé le forage (en accord avec le foreur) et prenons note de la localisation à l'aide du GPS. Les informations utiles pour l'interprétation des résultats sont ensuite rassemblées dans une fiche de terrain (figures 1.3 et 1.4). Pour les sols forestiers, des échantillons de litières sont prélevés, et lorsque le premier horizon minéral est trop peu épais, celui-ci est prélevé à la tarrière à main. Si nous rencontrons des scories ou d'autres artefacts aux alentours des points de prélèvements, ceux-ci sont identifiés (dans la mesure du possible) et des échantillons sont prélevés.
3. La méthode de forage est une méthode par percussion. Un tube PVC opaque de 10 cm de diamètres, protégé par gaine et une couronne en acier est enfoncé par percussion dans le sol jusqu'à une profondeur de 100 cm, si possible (selon la charge et la nature de la charge caillouteuse). Une carotte de sol très peu perturbée est ensuite remontée à la surface à l'intérieur du tube PVC.
4. Le soir du prélèvement, les carottes de sol sont stockées dans un congélateur à une température inférieure à -20° jusqu'au moment de l'ouverture du tube PVC. Lors de l'ouverture (figure 1.6), on procède à l'identification et la description du profil de sol prélevé : horizons rencontrés, texture, nature des charges caillouteuses, etc.). Des échantillons de sols sont alors prélevés dans la carotte en prenant bien soin d'éviter la partie en contact avec le PVC. Chaque échantillon est homogénéisé dans un sac en polyethylène et séparé en deux sous-échantillons. Le premier prélèvement sert à la constitution d'un échantillon frais pour l'analyse des polluants organiques par le laboratoire de SPAQuE. Une fois constitués, les échantillons frais sont immédiatement rangés dans un congélateur dans l'attente d'être repris (le jour même ou le lendemain) par le laboratoire pour être analysés. Le second prélèvement permet la préparation d'échantillons de sols sec par séchage, broyage et tamisage à 2mm du sol prélevé. Ces échantillons seront utilisés d'une part pour l'analyse des propriétés pédologiques, des éléments majeurs et traces par le laboratoire de SPAQuE, et d'autre part pour les différentes expérimentations de l'UCL prévues par le volet 3 du projet.

FIGURE 1.1 – Photo du premier prélèvement d'échantillon, sur un sol de culture à Châtelet.

FIGURE 1.2 – Prélèvement de sol en forêt à Seraing : la sondeuse à percussion (de type Geoprobe) reprise sur la photo est celle qui est utilisée habituellement par le foreur mandaté par SPAQuE pour le prélèvement d'échantillons de sol pour POLLUSOL 2.



ID-Localisation: | **Auteur(s):** | **Date:**

Référence carte: | **Sigle carte des sols:** | **Nom exploitant:**

Commune: | **Lithologie:** | **Nom propriétaire:**

Lieu-dit:

Latitude: | **Occupation :**

Longitude: | **Végétation:**

Altitude:

Source possible de contamination proches

Nature:

Distance: (m)

Direction: (N, SE, ...)

Sol de remblais? O/N

Pente: %

Type de surface (entourer un seul code):

1 Plateau
2 Fond de vallée de forme indéterminée
21 Fond de vallée en U
22 Fond de vallée en V
5 Versant (>5%) de forme indéterminée
51 Versant (>5%) convexe
52 Versant (>5%) concave
53 Versant (>5%) régulier

Exposition versant (entourer un choix si pente > 5%) :

N NE
S NO
E SE
O SO

Modification du relief (entourer un seul code):

1 Relief naturel
2 Terril/butte/monticule
3 Remblais étalé +/- nivelé
4 Décapage et évacuation d'une couche de terre
5 Nivellement du sol sans apport/évacuation
6 Terrasses

Matériaux parental (entourer un seul code):

1 Matériaux autochtone non-précisé
11 Calcaire
12 Grès
13 Schiste
14 Sable
15 Marne
2 Matériaux allochtone non-précisé
21 Alluvions
22 Colluvions
23 Loess
24 Remblais
3 Indéterminé

Occupation des terres (entourer un seul code):

1 Non précisée
3 Carrière en exploitation
4 Carrière abandonnée
5 Friche
6 Bord de route
7 Parc
8 Pelouse
9 Potager
10 Chantier
11 Arboriculture (sans précision)
111 Verger monospécifique
112 Verger mixte
113 Vignoble
114 Arboriculture avec culture en sous-étage
12 Agriculture (sans précision)
121 Monoculture
122 Culture en rotation
123 Culture à jachère prolongée
124 Horticulture
13 Praticulture
131 Pâturage
132 Pré de fauche
133 Prairie mixte
14 Pâturage naturel
141 Parcours par petit bétail
142 Parcours par gros bétail
143 Terrain agricole abandonné
15 Forêt (sans précision)
151 Forêt caducifoliée
152 Forêt résineuse
153 Forêt mixte
154 Brousailles
155 Forêt marécageuse
156 Forêt avec culture accessoire
16 Terrains humides
17 Sables nus
18 Pierriers

Travail du sol (un seul code):

1 pas de travail du sol
2 sarclage
3 billons
4 labour
5 sous-solage
6 épierrage

Travaux de drainage (un seul code):

1 pas d'assainissement
2 souterrain
3 par fosses
4 par fosses bien entrenues
5 par fosses mal entretenues

Irrigation (un seul code):

1 Pas d'irrigation
2 Eau de pluie récupérée
3 Eau de ville
4 Eau de pluie

Détails végétation (si forêt):

Recouvrement strate arborescente: %
Recouvrement strate arbustive: %
Recouvrement strate herbacée: %
Recouvrement strate muscinale: %

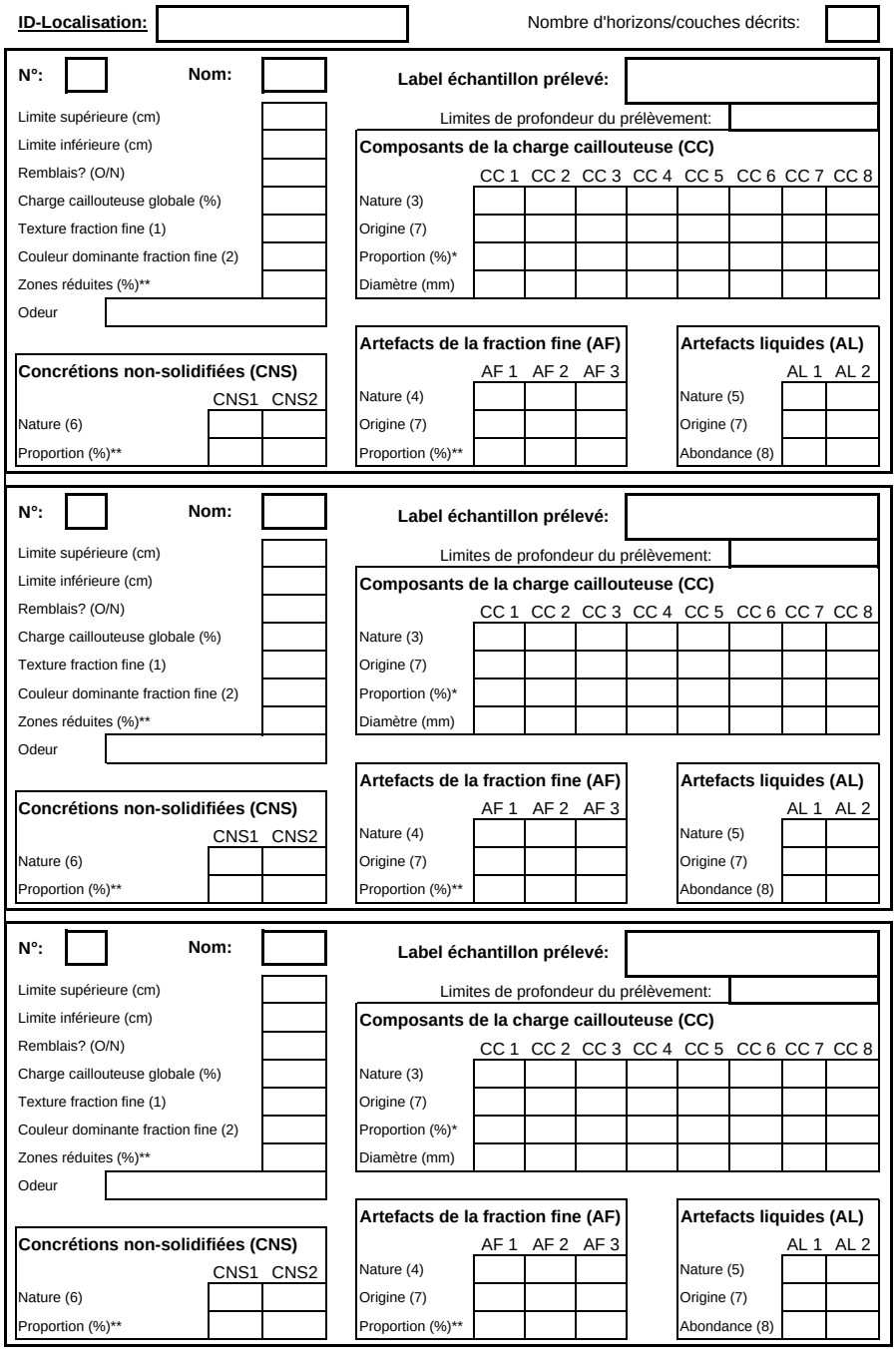
Taxon(s) dominant(s) strate arborescente:
Taxon(s) dominant(s) strate arbustive:
Taxon(s) dominant(s) strate herbacée:

Type d'humus (entourer une seul code):

1 *mull*
2 *moder*
3 *mor*

Remarques:

FIGURE 1.3 – Fiche de terrain utilisée pour le prélèvement d'échantillons de sol (recto).



ID-Localisation: Nombre d'horizons/couches décrits:

N°: **Nom:** **Label échantillon prélevé:**

Limites de profondeur du prélèvement:

Limite supérieure (cm)	
Limite inférieure (cm)	
Remblais? (O/N)	
Charge caillouteuse globale (%)	
Texture fraction fine (1)	
Couleur dominante fraction fine (2)	
Zones réduites (%)**	
Odeur	

Composants de la charge caillouteuse (CC)

	CC 1	CC 2	CC 3	CC 4	CC 5	CC 6	CC 7	CC 8
Nature (3)								
Origine (7)								
Proportion (%)*								
Diamètre (mm)								

Concrétions non-solidifiées (CNS)

	CNS1	CNS2
Nature (6)		
Proportion (%)**		

Artefacts de la fraction fine (AF)

	AF 1	AF 2	AF 3
Nature (4)			
Origine (7)			
Proportion (%)**			

Artefacts liquides (AL)

	AL 1	AL 2
Nature (5)		
Origine (7)		
Abondance (8)		

N°: **Nom:** **Label échantillon prélevé:**

Limites de profondeur du prélèvement:

Limite supérieure (cm)	
Limite inférieure (cm)	
Remblais? (O/N)	
Charge caillouteuse globale (%)	
Texture fraction fine (1)	
Couleur dominante fraction fine (2)	
Zones réduites (%)**	
Odeur	

Composants de la charge caillouteuse (CC)

	CC 1	CC 2	CC 3	CC 4	CC 5	CC 6	CC 7	CC 8
Nature (3)								
Origine (7)								
Proportion (%)*								
Diamètre (mm)								

Concrétions non-solidifiées (CNS)

	CNS1	CNS2
Nature (6)		
Proportion (%)**		

Artefacts de la fraction fine (AF)

	AF 1	AF 2	AF 3
Nature (4)			
Origine (7)			
Proportion (%)**			

Artefacts liquides (AL)

	AL 1	AL 2
Nature (5)		
Origine (7)		
Abondance (8)		

N°: **Nom:** **Label échantillon prélevé:**

Limites de profondeur du prélèvement:

Limite supérieure (cm)	
Limite inférieure (cm)	
Remblais? (O/N)	
Charge caillouteuse globale (%)	
Texture fraction fine (1)	
Couleur dominante fraction fine (2)	
Zones réduites (%)**	
Odeur	

Composants de la charge caillouteuse (CC)

	CC 1	CC 2	CC 3	CC 4	CC 5	CC 6	CC 7	CC 8
Nature (3)								
Origine (7)								
Proportion (%)*								
Diamètre (mm)								

Concrétions non-solidifiées (CNS)

	CNS1	CNS2
Nature (6)		
Proportion (%)**		

Artefacts de la fraction fine (AF)

	AF 1	AF 2	AF 3
Nature (4)			
Origine (7)			
Proportion (%)**			

Artefacts liquides (AL)

	AL 1	AL 2
Nature (5)		
Origine (7)		
Abondance (8)		

FIGURE 1.4 – Fiche de terrain utilisée pour le prélèvement d'échantillons de sol (verso).

FIGURE 1.5 – Carottes de sol prélevées à Châtelet. Les carottes prélevées, d'un diamètre de 10cm, se trouvent dans une gaine en PVC opaque fermée solidement de façon à ce qu'il n'y ait pas de mélange entre les horizons de sol durant le transport.

FIGURE 1.6 – Ouverture d'une carotte de sol. Toutes les carottes de sols ouvertes sont photographiées avant de procéder à l'identification des horizons (ou remblais) rencontrés et de prélever les échantillons au sein de la carotte.

Chapitre 2

Analyses chimiques

2.1 Méthodes analytiques

2.1.1 Introduction

Les protocoles détaillés restant la propriété des laboratoires, seuls les principes analytiques qui ont été communiqués à l'UCL sont présentés dans ce chapitre. Le terme « teneur » est utilisé pour désigner la concentration en phase solide.

2.1.2 Sols

Les analyses de caractérisation des sols et des teneurs en polluants ont été réalisées par le laboratoire mandaté par SPAQuE (laboratoire 1). Les analyses des paramètres pédologiques, des éléments majeurs et des polluants inorganiques sont réalisés sur des échantillons préparés à l'UCL (séchage à l'air, destruction des agrégats, tamisage à 2 mm). Les analyses des paramètres pédologiques sont réalisées sur les échantillons frais, stockés au congélateur dans des bocaux en verre foncé entre le moment du prélèvent et de l'envoi (maximum 2 jours).

2.1.2.1 Paramètres pédologiques

– La **teneur en matières organiques (MO)**, exprimée en pourcentage de la matière sèche (% *ou* g/100g MS). Cette teneur a été mesurée par une méthode gravimétrique (combustion à 550°C) pour les potagers des zones CO, CH et SE. Pour les autres échantillons de sols, ce paramètre est dérivé de la teneur en carbone organique (Corg) en appliquant un facteur de conversion de 0.172 [1].

1. Si l'on calcule ce coefficient en effectuant le rapport des résultats des deux paramètres pour chaque échantillon, on n'obtient pas un résultat exactement égal à 0.172, en raison des arrondis qui ont été appliqués aux deux paramètres.

- La **teneur en carbone organique (Corg)**, exprimée en g/kg MS. Cette teneur a été dérivée de la mesure de MO pour les potagers des zones CO, CH et SE, en appliquant un facteur de conversion de 1/0.172 (*cf.* note de bas de page). Pour les autres échantillons de sols, ce paramètre à été mesuré par oxydation par voie humide, selon une méthode inspirée de la méthode classiques dite de « Walkey & Black ».
- La **teneur en argile (Arg)**, exprimée en pourcentage de la matière sèche (% ou g/100g MS). Ce paramètre a été mesuré par une méthode de sédimentation inspirée de la méthode « de la pipette de Robinson » (équivalent à NEN 5753).
- Le **pH KCl (pH_KCl)**.
- Le **pH H_2O (pH_H2O)** (conforme à ISO 10390). Ce paramètre n'a pas été mesuré sur les sols de potagers des zones CO, CH et SE.
- Le **pH $CaCl_2$ (pH_$CaCl_2$)**. Ce paramètre a été mesuré uniquement sur les sols de potagers des zones CO, CH et SE.

2.1.2.2 Eléments majeurs

- les teneurs en **Al**, **Ca**, **Mg**, **Mn** et **Fe**, exprimées en mg/kg de matière sèche (mg/kg MS). Ces éléments ont été extraits par une attaque « Eau régale ». Les teneurs obtenues sont donc des teneurs « pseudo-totales », car cette méthode ne permet pas de dissoudre les minéraux les plus stables. Les concentrations dans les extraits ont été dosées par spectrométrie de masse (ICP-MS, conforme à ISO 17294-2).

2.1.2.3 Polluants inorganiques

- les teneurs en **As**, **Ba**, **Be**, **Cd**, **Co**, **Cr**, **Cu**, **Hg**, **Mo**, **Ni**, **Pb**, **Sb**, **Se**, **Sn**, **Tl** et **Zn**, exprimées en mg/kg de matière sèche (mg/kg MS). Ces éléments ont été extraits par une attaque « Eau régale ». Les teneurs obtenues sont donc des teneurs « pseudo-totales », car cette méthode ne permet pas de dissoudre les minéraux les plus stables. Les concentrations dans les extraits ont été dosées par spectrométrie de masse (ICP-MS, conforme à ISO 17294-2).
- la teneur en **chrome hexavalent (CrVI)**, exprimée en mg par kg de matière sèche (mg/kg MS). Ce paramètre est mesuré par spectrophotométrie UV/visible après digestion alkaline et chromatographie ionique (conforme à EN 15192).

2.1.2.4 Polluants organiques

- les teneurs en composés aromatiques monocycliques : **benzène (Ben)**, **toluène (Tolu)**, **éthylbenzène (EBen)**, **ortho-Xylène (oXyl)** et **méta-xylène + para-xylène (mpXyl)**, exprimées en mg/kg de matière sèche (mg/kg MS). Ces teneurs sont mesurées par sprectrométrie de masse, après chromatographie gazeuse (conforme à NEN 6981). **Xyl_tot** est la somme de oXyl et mpXyl. **BTEX** est la somme de Ben, Tolu, EBen, oXyl et mpXyl.

- la teneur en **styrène (styr)**, exprimée en mg/kg de matière sèche (mg/kg MS). Cette teneur est mesurées par sprectrométrie de masse avec détecteur par ionisation de flamme, après chromatographie gazeuse (conforme à NEN-EN-ISO 10301).
- les teneurs en **Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)**, exprimées en mg/kg de matière sèche (mg/kg MS). La liste des HAP et leurs abréviations sont présentés dans le glossaire. Ces composés sont mesurés par chromatographie liquide haute pression (HPLC) (conforme à NEN 6977). HAP16 est la somme des 16 HAP mesurés (norme EPA, USA). HAP10 est la somme de Naph, Phen, Ant, Fla, Chrys, BaA, BaP, BkF, BghiP et I123cdP (norme VROM, Pays Bas).
- les teneurs **hydrocarbures pétroliers totaux (HTP)**, exprimées en mg par kg de matière sèche (mg/kg MS) selon les différentes fractions : **C10-C12 (HTP10a12)**, **C12-C16 (HTP12a16)**, **C16-C21 (HTP16a21)**, **C21-C30 (HTP21a30)**, **C30-C35 (HTP30a35)** et **C35-C40 (HTP35a40)**. Ces teneurs sont mesurées par chromatographie en phase gazeuse (GC). HTP_tot est la somme de ces fractions
- la teneur en composés **organo-halogénés extractibles (EOX)**, exprimée en mg par kg de matière sèche (mg/kg MS). Ce paramètre est mesuré par microcoulométrie.
- la teneur en **cyanures totaux (CN_tot)**, exprimée en mg par kg de matière sèche (mg/kg MS). Ce paramètre est déterminé par spectrométrie (conforme à NEN-ISO 17380).
- la teneur en **cyanures libres (CN_lib)**, exprimée en mg par kg de matière sèche (mg/kg MS). Ce paramètre est déterminé par spectrométrie (conforme à NEN-ISO 17380). La teneur en cyanure non chloro-destructible (CN_ncd) est calculée par différence en CN_tot et CN_lib.
- la teneur en **cyanures totaux selon la procédure EPA (CN_tot_EPA)**, exprimée en mg par kg de matière sèche (mg/kg MS). Ce paramètre a été mesuré par distilation. Il a été déterminé par erreur (analyse non demandée) sur un nombre très limité d'échantillons. La teneur en **thiocyanate (SCN)** est calculé par différence entre CN_tot_EPA et CN_tot
- l'**indice phénol (IP)**, exprimé en mg par kg de matière sèche (mg/kg MS). Ce paramètre est mesuré par spectrométrie.

2.1.3 Humus

Les échantillons de l'horizon holorganique des forêts (humus) ont été envoyés frais au laboratoire d'analyse mandaté par SPAQuE (laboratoire 2). Etant donné qu'il s'agit d'échantillons très hétérogènes (superpositions de différents stades de décomposition des feuilles/aiguilles), ils ont été lyophilisés et broyés (lames de titane) avant analyse. Les analyses effectuées sont :

- les teneurs en 9 éléments inorganiques (**As, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Sb, et**

Zn), déterminées par digestion totale dans un four micro-onde (150 bar/250°C) de l'échantillon d'humus avec HNO_3 concentré. Les résultats ont été reçu en mg par kg de matière fraîche (mg/kg MF), mais convertis en mg par kg de matière sèche (mg/kg MS) avant d'être stockés dans la base de données.
- les teneurs en 16 **HAP**, mesurée par HPLC après extraction avec un mélange composé d'eau distillée, d'acétone, de cyclohéxane et d'acétate d'éthyl. Les résultats ont été reçu en mg/kg de matière fraîche (mg/kg MF), mais convertis en mg/kg de matière sèche (mg/kg MS) avant d'être stockés dans la base de données.

2.2 Limites de quantification

La limite de quantification pour un paramètre correspond à la valeur mesurée en dessous de laquelle le laboratoire d'analyse considère que l'incertitude relative sur la mesure devient trop élevée.

Dans un premier temps, nous avons avons reçu les résultats analytiques censurés par rapport à un seuil de rapportage. Il s'agit d'une pratique courante dans les laboratoires d'analyses, qui consiste à définir pour chaque paramètre un seuil de rapportage plus élevé que la limite de quantification analytique, et à ne pas fournir de résultats chiffrés en dessous de ce seuil de rapportage. Le but de l'opération est de minimiser les problèmes de répétabilité pour les valeurs proches de leur limite de quantification analytique.

Dans le cadre de cette convention, les valeurs situées entre la limite de quantification analytique et ce seuil de rapportage nous intéressaient, étant donné que de nombreux paramètres présentaient une proportion très élevée de valeurs censurées. Nous avons donc demandé au laboratoire d'analyse les valeurs situées sous cette limité de rapportage. Nous les avons obtenues pour la majorité des sols, mais pas pour tous. Dès lors, pour certains échantillons, les résultats ne sont disponibles que sous la forme « censurée ». Dans la base de données, ces échantillons sont identifiés par un « OUI » dans la colonne « Cens_org » de la table SOLS_ANA_ORG ou « Cens_inorg » de la table SOLS_ANA_INORG. Nous avons traité ces résultats comme si le seuil de rapportage était une limite de quantification : « limite de quantification de rapportage ». Les limites de quantification analytiques (LQ) et de rapportage (LR) sont présentées dans la table 8.49.

	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	CrVI	Cu	Hg
LQ	1	1.5	0.3	0.1	0.1	0.3	0.03	1	0.03
LR	10	5	1	0	2	1	0.1	3	0.1

	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	Tl	Zn
LQ	1.5	0.7	1	0.7	0.7	1.5	1.5	3
LR	5	2	3	2	2	5	5	10

	Ben	Tolu	EBen	oXyl	mpXyl	Xyl_tot	BTEX	Styr
LQ	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.05	0.003
LR	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.1

	Naph	Acyl	Ace	Fle	Phen	Ant	Fla	Pyr	BaA
LQ	0.003	0.015	0.003	0.003	0.003	0.0002	0.003	0.003	0.003
LR	0.01	0.05	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01

	Chrys	BbF	BkF	BaP	dBahA	BghiP	I123cdP	HAP16	HAP10
LQ	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.0572	0.0272
LR	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.195	0.095

	HTP10a12	HTP12a16	HTP16a21	HTP21a30	HTP30a35	HTP35a40	HTP_tot
LQ	1.5	3	3	3	3	3	16.5
LR	3	5	6	12	6	6	38

	EOX	IP	CN_tot	CN_tot_EPA	CN_lib	CN_ncd	SCN
LQ	0.3	0.003	0.5	nd	0.3	0.5	nd
LR	0.1	0.01	1	1	1	1	1

TABLE 2.1 – Limites de quantification analytiques (LQ) et de rapportage (LR) pour les polluants organiques et inorganiques.

2.3 Valeurs atypiques

Les valeurs atypiques, aberrantes, ou outliers [2] correspondent à "des observations qui semblent dévier de manière importante des autres observations de la population de laquelle elles proviennent ; ces observations semblent être inconsistantes avec le reste des données, en relation avec un modèle supposé connu" [3]. La détection des valeurs atypiques est une des tâches principales de l'analyse d'un jeu de données environnementales. Les observations atypiques déforment l'information obtenue à partir des données brutes et rendent inopérantes l'utilisation des procédures classiques de traitement multivarié et spatial du jeu de données.

Le choix d'écarter une observation et d'utiliser une méthode plutôt qu'une autre pour arriver au diagnostique appartient en premier lieu à l'expert en charge de l'interprétation du jeu de données. C'est pourquoi, dans le cadre du projet POLLUSOL 2, chaque équipe de recherche a utilisé les méthodes les plus appropriées au jeu de données qu'il a constitué et traité en vue de répondre aux objectifs de la convention.

Dans le cadre de ce rapport, trois catégories de valeurs aberrantes ont été considérées :

1. les valeurs aberrantes univariées (d'amplitude), qui sont des observations trop élevées ou trop basses comparées à leur population d'origine ;
2. les valeurs aberrantes multivariées (relationnelles), qui sont les observations non conformes aux relations multivariées existantes au sein du jeu de données ;
3. les valeurs aberrantes spatiales, qui sont des observations qui s'écartent fortement des valeurs voisines, compte tenu des corrélations spatiales existant entre les observations. Ce point sera traité dans le Chapitre 6, section « Cartographie des sols » de ce rapport.

2.3.1 Méthodes de détection des valeurs atypiques

Détection univariée des valeurs aberrantes

Soit un groupe d'observation x_1, x_2,..., x_n appartenant à une même population X. Une observation x_i peut être déclarée aberrante si elle s'écarte considérablement du reste de la population. Dans le cadre de ce rapport, cet écart est exprimé à l'aide d'une grandeur qui sert à mesurer la dispersion des données : la déviation absolue moyenne par rapport à la médiane (« Mean Absolute Deviation » ou MAD) :

$E = \frac{x_i - médiane(X)}{MAD(X)}$ avec $MAD(X) = 1.4826 * médiane\,(|médiane(X) - X|)$

Cette méthode se base sur la médiane, qui est une estimation robuste de la moyenne, et la MAD, estimation robuste de la déviation standard. La constante 1.4826 est un

2. Les trois termes « atypiques », « aberrantes », et « outliers » sont communément utilisés indistinctement pour exprimer la même réalité conceptuelle.

3. Everitt BS. (2002). The Cambridge dictionary of statistics. 2nd ed.Cambridge, UK : University Press, Second Edition, 410 p.

facteur correctif qui rend la MAD comparable à la déviation standard d'une distribution normale. Cette méthode robuste reste opérationnelle pour la détection univariée de valeurs aberrantes d'une distribution contenant jusqu'à 50% de valeurs extrêmes. Comme lorsque l'écart E est exprimé en déviation standard par rapport à la moyenne, une observation sera déclarée aberrante lorsque E prend une valeur de 2 à 3 (selon l'appréciation de l'expert, en fonction de l'objectif scientifique poursuivi).

Détection multivariée de valeurs aberrantes

Soit un jeu de données X de n observations et de p dimensions :

X $= (x_1, x_2, ..., x_n)^T$, avec $x_i = (x_{i1}, x_{i2}, ..., x_{ip})$la $i^{ème}$ observation.

La recherche de valeurs aberrantes multivariées se base sur le fait qu'il peut y avoir une observation particulière x_i pour laquelle aucun des éléments $x_{i1}, x_{i2}, ..., x_{ip}$ n'est surprenant pour sa distribution marginale, mais c'est son ensemble d'éléments pour une même observation qui semble étonnamment distant du reste du groupe principal de données. Pour déterminer cette distance, on va se baser sur la structure multivariée des données (relations entre toutes les variables $(x_1, x_2, ..., x_n)$. La mesure utilisée ici pour caractériser la structure multivariée de X est la matrice de covariance sous l'hypothèse de normalité des variables. Celle-ci permet le calcul des distances multivariées (ou distances de Mahalanobis) de chaque observation par rapport au centre de la structure multivariée de données.

Les mesures classiques de position et de dispersion de la distribution sont :
- la moyenne : $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} x_i$ et
- la matrice de covariance : $\Sigma_X = \sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x}) (x_i - \bar{x})^T / (n-1)$.

La distance multivariée ou de Mahalanobis (D_M) d'une observation est calculée de la façon suivante :
- $D_M(x_i) = \sqrt{(x_i - \bar{x})^T \Sigma_X^{-1} (x_i - \bar{x})}$

Cependant, la présence de quelques valeurs aberrantes dans la matrice de données X rend ces mesures inappropriées [4]. C'est pourquoi nous avons utilisé une estimation robuste du centre de la distribution et de sa dispersion donnés par la méthode du "Minimum Covariance Determinant" (MCD) de Rousseeuw [5]. Pour le calcul de cette mesure, l'algorithme “FAST-MCD” de Rousseeuw et Van Driessen [6] a été utilisé. Le calcul des distances multivariées basé sur la méthode du MCD devient alors robuste et adéquat pour la détection des valeurs aberrantes.

Les variables $x_1, x_2, ..., x_n$ étant distribuées selon la loi normale, la distribution des D_M des observations de X suivra une distribution χ^2 à p degrés de liberté. On peut donc calculer les percentiles de la distribution des D_M, et ces percentiles permettront

4. P.J. Rousseeuw, M. Hubert. Robust statistics for outlier detection WIREs Data Min. Knowl. Disc., 1 (1) (2011), pp. 73–79

5. Rousseeuw PJ. Least median of squares regression. J Amn Statist Assoc 1984, 79 : 871–880.

6. Rousseeuw, P.J. and Van Driessen, K. (1999), “A Fast Algorithm for the Minimum Covariance Determinant Estimator,” Technometrics, 41, 212–223.

de fixer des bornes de distances maximum d'une observation par rapport au centre de la structure multivariée de données. Par exemple, si l'on prend le percentile 99 de la distribution des D_M ($P99$), 99% de l'ensemble des observations de X devrait avoir une $D_M(x_i) \leq P99$. Une observation x_i avec une $D_M(x_i) > P99$ est très peu probable, elle aurait en effet moins de 1% de chance d'occurrence.

Avec cette méthode, une observation x_i sera déclarée aberrante lorsque $D_M(x_i)$ prend une valeur supérieure au percentile 95 à 99 (selon l'appréciation de l'expert) de la distribution des D_M.

2.3.2 Détection des valeurs atypiques dans les sols

2.3.2.1 Détection univariée des valeurs aberrantes

Les 49725 analyses portant sur les échantillons de sols de la base de données POLLUSOL 2 ont été traitées pour la détection d'outliers univariés. La première étape a été de diviser les observations en sous-ensembles cohérents de résultats analytiques. Dix-neuf sous-ensembles ont été créés :

- les sols de potagers et de jardin groupés par zone prioritaire (8 sous-ensembles) ;
- les sols horizons de surface des remblais (1 sous-ensemble) et les autres horizons de remblais (1 sous-ensemble) ;
- les horizons de surface des sols forestiers de la province de Liège (1 sous-ensemble) et du Hainaut (1 sous-ensemble) ;
- les horizons de surface des sols agricoles de la province de Liège (1 sous-ensemble) et du Hainaut (1 sous-ensemble) ;
- les horizons de surface des sols agricoles et forestiers d'Aubange (1 sous-ensemble) ;
- les horizons profonds des sols agricoles et forestiers groupés par grande famille lithologique : CO-LL-CH (1 sous-ensemble) , AE-SE (1 sous-ensemble) , TR-VE (1 sous-ensemble) , AU (1 sous-ensemble).

Chaque sous-ensemble a ensuite été divisé en 60 groupes par paramètre analytique (Fe, Cd, BaP, % argile, etc.). La détection des valeurs aberrantes des 49725 données a donc été réalisée sur 19 sous-ensembles divisés en 60 groupes, soit sur 1140 populations univariées.

Pour chaque population, l'objectif est de mettre en évidence les (éventuelles) valeurs qui paraissent suspectes parce qu'elles s'écartent d'une façon importante des autres valeurs de la population. La méthode utilisée est une méthode robuste basée sur la médiane et la MAD de chaque population.

La figure 2.1 représente le schéma décisionnel qui a été suivi. Les trapèzes représentent des étapes où une action (calcul, etc.) est effectuée, et les losanges reprennent les étapes conditionnelles (réponse à une question par oui ou non). La décision finale de classification se trouve dans les quatre rectangles colorés en bas du schéma : l'analyse A est outlier univarié bas ou haut (les deux rectangles rouges), A n'est pas outlier univarié (le rectangle vert) ou la détection d'outlier univarié est impossible (le rectangle violet). Les étapes reprises dans les losanges sont commentées dans le texte qui suit (*cf.* numéros en bleus de la figure 2.1) :

1. **“>7 valeurs Aq dans le groupe ?”**. Une analyse est quantifiée Aq si elle n'est pas une limite de reportage ou une limite de quantification. S'il n'y a pas assez de valeurs quantifiées dans un groupe, nous avons estimé que la détection d'outlier univarié est impossible pour ce groupe. Le nombre minimal de valeurs quantifiées a été fixé à huit. Si la détection d'outlier univarié est possible pour ce groupe, les valeurs non quantifiées (limite de reportage ou limite de quantification) sont remplacées par 0.7 fois la valeur de la limite pour la suite de l'algorithme.

2. **“A n’est pas une analyse OM, pH, CE, %argile ?”**. Les distributions des groupes pour les paramètres OM, pH, CE, et %argile présentent généralement une forme proche d’une distribution normale, tandis que tous les autres paramètres présentent généralement une distribution log-normale. Si A n’est pas une analyse OM, pH, CE, %argile, la transformation logarithmique des valeurs qui suivent une distribution log-normale va « corriger » les distributions pour les faire tendre vers une distribution normale, ce qui est plus adapté à la méthode utilisée ici pour la détection d’outliers univariés.
3. **“E < -2.576 ?”** et **“E > 2.576 ?”**. Si l’écart par rapport à la médiane dépasse 2.576 MAD, une analyse A est déclarée « outlier univarié ». A est « outlier univarié bas » si elle est inférieure à la médiane - 2.576*MAD, et « outlier univarié haut » si elle est supérieure à la médiane + 2.576*MAD. Si on prend pour hypothèse que la distribution du groupe est parfaitement gaussienne, le critère revient à déclarer une A “outlier univarié” si elle a moins de 0.5 % de chance d’occurrence.

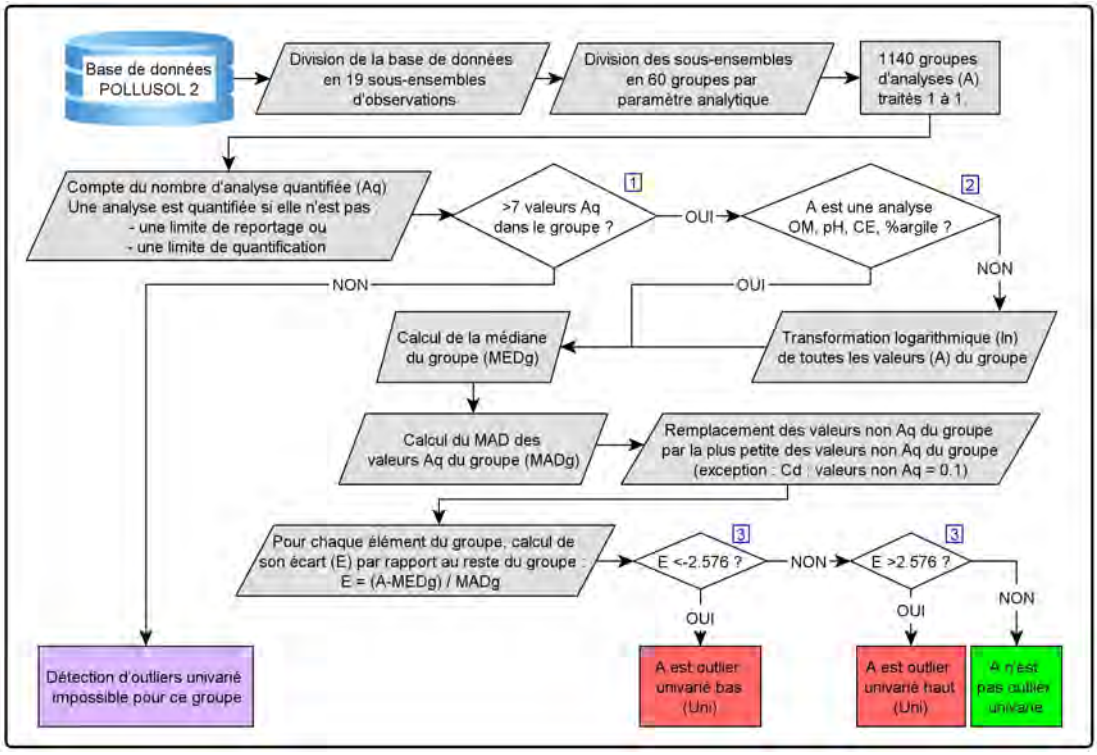


FIGURE 2.1 – Arbre décisionnel pour la détection des outliers univariés

2.3.2.2 Détection multivariée des valeurs aberrantes

Les 49725 analyses portant sur les échantillons de sols de la base de données POLLUSOL 2 ont été traitées pour la détection d’outlier multivarié. Les résultats analytiques provenant de la base de données POLLUSOL 2 ont été extraits sous la forme d’une matrice (X) comportant 1105 observations sur 60 paramètres analytiques (60

dimensions) :

X $= (x_1, x_2, ..., x_{1105})^T$, avec $x_i = (x_{i1}, x_{i2}, ..., x_{i60})$ les résultats analytiques obtenus sur la $i^{ème}$ observation et $x_j = (x_{1j}, x_{2j}, ..., x_{1105j})^T$ les résultats obtenus pour le $j^{ème}$ paramètre analytique.

x_i correspond à un échantillon de sol pour lequel on a généralement effectué la mesure de 60 paramètres (certains résultats analytiques peuvent être manquants). Nous appellerons "analyse" (A) un des résultats analytiques (x_{i1} par exemple) obtenus sur l'échantillon de sol ou observation x_i.

La détection des outliers multivariés a été réalisée en deux étapes : (1) la détection des valeurs aberrantes en bivarié, et (2) la classification des analyses en outltier mutivarié :

La première étape consiste à examiner la cohérence d'une analyse au sein d'un ensemble d'observation possédant une structure multivariée. Pour cela, le sous-ensemble multivarié de 60 dimensions va être décomposé en 1170 combinaisons bivariées (matrice de deux dimensions contenant le même nombre d'observations que son sous-ensemble). La cohérence d'une analyse A d'un paramètre (ex. : x_{i1}) sera ensuite examinée successivement dans chacune des 59 combinaisons bivariées dans laquelle A peut se trouver (ex. : $x_{i1} - x_{i2}$, $x_{i1} - x_{i3}$, ..., $x_{i1} - x_{i60}$). Il s'agira donc de tester la cohérence d'une paire d'analyse A-A* d'une même observation (ex. : $x_{i1} - x_{i2}$) par rapport aux autres paires du même ensemble d'observation (ex. : $x_{11} - x_{12}$ par rapport à $x_{21} - x_{22}$,$x_{31} - x_{32}$,$x_{41} - x_{42}$, $x_{51} - x_{52}$, $x_{61} - x_{62}$ et $x_{71} - x_{72}$). Cette première étape a pour résultat de mettre en évidence les couples d'analyse A-A* outliers bivariés. Une analyse A peut donc ressortir jusqu'à 59 fois comme outlier bivarié (par exemple, x_{i1} peut potentiellement ressortir comme outlier bivarié avec $x_{i2}, ..., x_{i60}$).

La seconde étape vise à déterminer si une analyse A est outlier multivarié. Pour cela, le principe général de notre méthode est de regarder le nombre de fois ou A est outlier bivarié avec une autre analyse (A*). De plus, des éléments d'appréciation basé sur la structure du jeu de données (par exemple : la corrélation robuste entre un couple de paramètres x_j) vont être pris en compte afin de déterminer si oui ou non une analyse A est outlier multivarié.

1ère étape : Détection des outliers bivariés

La figure 2.2 reprend le détail du schéma décisionnel qui a été suivi pour la première étape. Les trapèzes représentent des étapes où une action (calcul, etc.) est effectuée, et les losanges reprennent les étapes conditionnelles (réponse à une question par oui ou non). La décision finale de classification se trouve dans les quatre rectangles colorés en bas du schéma : la paire d'analyses A-A* est outlier bivarié modéré ou évident (les

deux rectangles rouges), A-A* n'est pas outlier bivarié (le rectangle vert) ou la détection d'outlier bivarié est impossible (le rectangle violet).

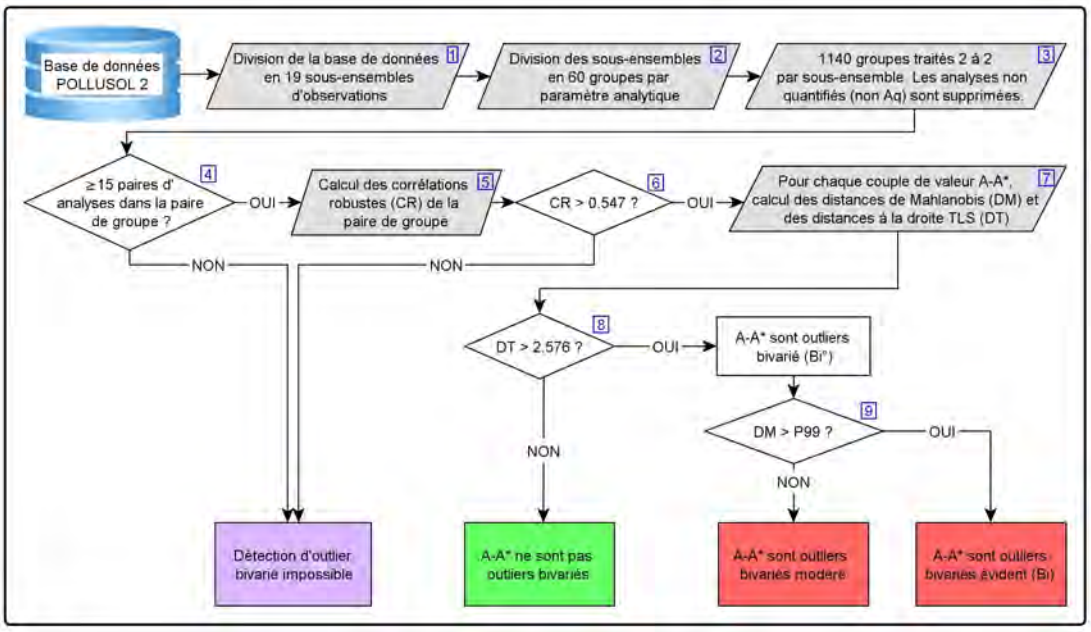


FIGURE 2.2 – Arbre décisionnel pour la détection des outliers bivariés

Les numéros en bleu de la figure 2.2 font référence aux commentaires donnés dans le texte qui suit :

1. La première opération effectuée est de diviser la matrice X en 19 sous-ensembles cohérents.
   Sous-ensemble cohérent $= (x_1, x_2, ..., x_n)^T$, avec $x_i = (x_{i1}, x_{i2}, ..., x_{i60})$ les résultats analytiques obtenus sur la $i^{ème}$ observation, $x_j = (x_{1j}, x_{2j}, ..., x_{nj})^T$ les résultats obtenus pour $j^{ème}$ paramètre analytique et n le nombre d'observation du sous-ensemble cohérent.
2. Comme lors de la détection d'outlier univarié, dix-neuf sous-ensembles sont créés et chaque sous-ensemble est ensuite divisé en 60 groupes (x_j) par paramètre analytique.
3. Les groupes sont traités deux à deux par paire de groupes (GRpar $= (x_j, x_{j'})^T$) au sein de chacun des 19 sous-ensembles. Les analyses non quantifiées (valeur correspondant à une limite de reportage ou à une limite de quantification) sont supprimées du jeu de données.
4. On compte ensuite au sein des GRpar le nombre de couples d'analyse A-A*. Si le nombre de couples est inférieur à 15, alors la détection d'outlier bivarié n'est pas possible (insuffisance de données pour la méthode de détection d'outliers bivariés utilisée), sinon on continue l'algorithme.
5. La corrélation robuste entre les deux groupes (représentant chacun un paramètre analytique) de GRpar est calculée à partir de la matrice de covariance obtenue

par la méthode du "Minimum Covariance Determinant" (MCD) de Rousseeuw [7]. Le coefficient de corrélation robuste (CR) entre les deux paramètres de GRpar donne le niveau de dépendance linéaire des deux paramètres. Nous avons estimé que l'efficacité des méthodes de détection d'outliers bivariés que nous utilisons dans la suite de l'arbre de décision dépend du bon niveau de corrélation linéaire entre les deux paramètres de GRpar.

6. Un CR supérieur à 0.547 a été considéré comme un bon niveau de dépendance linéaire (cela correspond à un coefficient de détermination (r^2) de 0.3 entre les deux variables). Si ce critère n'est pas respecté, l'application de nos méthodes de détection d'outliers bivariés est impossible pour le GRpar.

7. On calcule pour chaque couple de valeur A-A* la *distance de Mahalanobis* (DM) basé sur la méthode du MCD. La méthode du MCD fournit aussi le sous-jeu de données qui minimise la matrice de covariance (qui est le sous-jeu de données que l'on suppose exempt d'outliers multivariés). A l'aide de ce sous-jeu de données, on peut calculer la droite de régression orthogonale [8] robuste liant les deux paramètres analytiques de GRpar. On calcule ensuite la *distance orthogonale* (DO) de chaque paire A-A* à cette droite.
   La distance à la droite de régression orthogonale robuste (DO) a été utilisée comme critère déterminant pour estimer si un couple de valeur A-A* est outlier bivarié. En effet, la distance de Mahalanobis ne prend pas en compte les relations naturelles qui peuvent exister entre des paramètres sol. Par exemple, si l'on trouve beaucoup de fer, on retrouvera généralement beaucoup d'argile. Un couple de points fer-argile peut se trouver très loin de la position du centre du noyau du jeu de données bivarié fer-argile que l'on traite (et donc avoir une DM très élevée), tout en présentant des valeurs “logiques” au regard des lois naturelles de corrélation qui lient le fer et l'argile. Nous avons estimé ici que la droite de régression orthogonale représente bien les “lois de variations naturelles” que l'on retrouve entre des paramètres analytiques du sol. Pour chaque distribution de DO par GRpar, la MAD est calculée comme unité de distance à la droite.

8. Une *distance à la droite de régression orthogonale robuste exprimée en MAD* ($DT = \frac{DO}{MAD(GRpar)}$) supérieure à 2.576 est le seuil fixé pour déterminer un couple de valeur A-A* est outlier bivarié. Si la distribution des DT est parfaitement gaussienne, le critère revient à décider qu'un couple de valeur A-A* est **outlier bivarié** (Bi°) s'il a moins de 0.5 % de chance d'occurrence.

9. La distance de Mahalanobis (DM) a ensuite été utilisée pour détecter les **outliers bivariés évidents** (Bi) parmi les outlier bivarié (Bi°). On a pris le percentile 99 de la distribution des DM ($P99$) comme critère : un couple de valeur A-A* est outlier bivarié évident (Bi) si $DM > P99$. Cela signifie couple de valeur A-A*

7. Rousseeuw PJ. Least median of squares regression. J Amn Statist Assoc 1984, 79 : 871–880.

8. Contrairement à la régression classique, la droite trouvée est celle qui minimise les écarts orthogonaux. Ce n'est pas la droite qui prédit le mieux la variable en Y par la variable en X, mais celle qui prédit de façon équivalente la variable en Y par la variable en X et la variable en X par la variable en Y.

ayant moins de 1% de chance d'occurrence par rapport aux DM et moins de 0.5 % de chance d'occurrence par rapport aux DT sera déclaré **outlier bivarié évident** (Bi). Ce critère ($DM > P99$) permet de prendre en compte la plus grande probabilité d'occurrence de paire de points au niveau du centre du noyau bivarié de GRpar. En effet, si les deux paramètres de GRpar suivent une distribution gaussienne, il y aura une plus grande probabilité d'occurrence de couple de valeur A-A* au niveau du centre du noyau bivarié. La probabilité de classer un couple de valeur A-A* en outlier bivarié est donc plus importante pour les couples situés près du noyau bivarié du fait même des caractéristiques des distributions des paramètres. Un couple ayant DT > 2.576 avec une $DM < P99$ ne respecte pas les "lois de variations naturelles" mais respecte la structure bivariée de GRpar. C'est pourquoi, dans l'arbre de décision (figure 2.2), un couple outlier bivarié situé à une $DM < P99$ est qualifié d'**outlier bivarié modéré**.

La figure 2.3 illustre graphiquement la méthode et ce que nous avons défini comme outlier bivarié modéré et outlier bivarié évident. Le graphique reprend les observations d'un sous-ensemble bivarié GRpar composé des résultats analytiques pour As (en abscisse) et Al (en ordonnée). Chaque point du graphique représente une paire d'analyses A-A*. La droite noire en trait continu est la droite de régression orthogonale représentant la « loi de variation naturelle » liant l'Al et l'As. Les droites en pointillé sont les bornes supérieure et inférieure de distance à la droite de régression orthogonale robuste (2.576 MAD). L'ellipse en rouge est la limite qui correspond au percentile 99 de la distribution bivariée As-Al ($DM = P99$).
L'étoile identifiée par TRFO031 est un outlier bivarié évident : il est situé à une distance à la droite de régression orthogonale robuste de plus de 2.576 MAD, et il est situé à l'extérieur de l'ellipse reprenant 99% de la distribution bivariée As-Al ($DM > P99$).
Les deux croix en "X" avec les étiquettes TRFOFO033 et TRFOFO028 sont des outliers bivariés modérés : ils sont situés à une distance à la droite de régression orthogonale robuste de plus de 2.576 MAD, et ils sont situés à l'intérieur de l'ellipse reprenant 99% de la distribution bivariée As-Al ($DM < P99$).
N.B. La grande croix en « + » labellisé VEFO005 n'est pas un outlier, car il répond à la « loi de variation naturelle » liant Al et As (DT < 2.576 MAD). Cependant, il est situé à l'extérieur de l'ellipse reprenant 99% de la distribution bivariée As-Al ($DM > P99$).

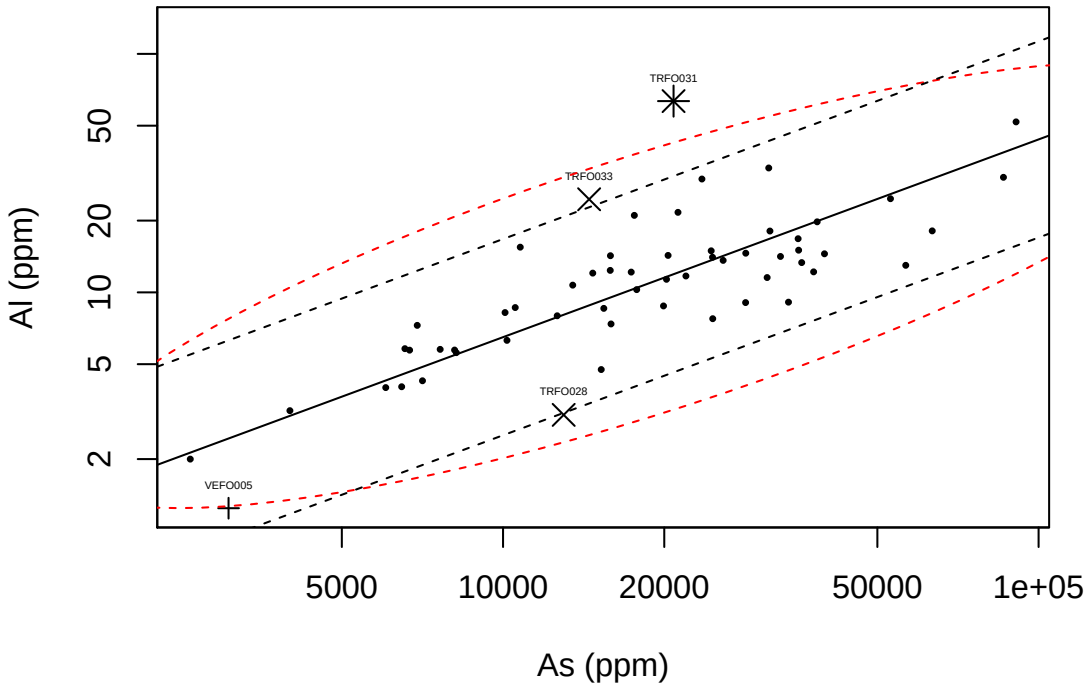


FIGURE 2.3 – Illustration des critères et des résultats obtenus par la méthode utilisée pour la détection des outliers bivariés. Les points reprennent les résultats pour l'Al et l'As d'un sous-ensemble. La droite noire en trait continu est la droite de régression orthogonale robuste Al - As et les droites en pointillé sont les bornes supérieure et inférieure de distance à cette droite (2.576 MAD). L'ellipse en rouge est la limite correspondant au percentile 99 de la distribution bivariée As-Al ($DM = P99$). L'étoile labellisée TRFO031 est un outlier bivarié évident et les deux croix en "X" labellisées TRFOFO033 et TRFOFO028 sont des outliers bivariés modérés.

2ndétape : Détection des outliers multivariés

Les figures 2.4 et 2.5 reprennent le détail du schéma décisionnel qui a été suivi pour la seconde étape. Celle-ci a pour objectif de déterminer si oui ou non une analyse (A) est outlier multivarié. L'algorithme de classification mis au point se base sur trois passages successifs pour l'interprétation des résultats de la classification en outlier bivarié (voir texte qui précède). Lors du premier passage, on va déterminer les outliers multivariés les plus évidents. Dans le second passage, on va prendre en compte l'information obtenue lors du premier passage pour préciser les critères de classification. Par exemple, si A est outlier bivarié avec un A* qui a déjà été classé comme outlier multivarié, il est probable que le caractère atypique du couple A-A* provienne de l'analyse A*, et le fait que A sorte comme outlier bivarié dans le couple A-A* n'est pas un bon argument pour penser que A est outlier multivarié. Le troisième passage est presque équivalent au second passage, à l'exception qu'il se base sur les résultats de la classification des premier et second passages pour classer en définitive chaque analyse.

Dans le premier passage (figures 2.4), on va déterminer si A est outlier multivarié sur base de conditions très strictes. Pour cela, on va compter le nombre de fois (ncor) où A est corrélé à un autre paramètre (A*) avec CR > 0.547 ainsi que le nombre de fois (nBi) ou A est outliers bivarié évident à un A* . Le compte n'est effectif que si l'A* avec lequel A est outlier bivarié et/ou A est corrélé n'a pas été classé en outlier univarié (pour la classification en outlier univarié, voir la sous-section 2.3.2.1). Si ncor est strictement supérieur à 3 et nBi/ncor est strictement supérieur à 0.66, A est classé comme outlier multivarié. Le premier critère signifie qu'un paramètre doit être corrélé suffisamment de fois à un autre paramètre (ncor>3) pour que l'on puisse déterminer les outliers multivariés au sein des résultats analytiques obtenus sur celui-ci (A). Autrement dit, sans "bonne" structure multivariée du jeu de données, il n'y a pas lieu de détecter les outliers multivariés. Le second critère signifie qu'un A doit ressortir comme outlier bivarié évident plus de deux tiers des fois ou une structure bivariée significative a été mise en évidence (nBi/ncor > 0.66).

Par exemple, si dans un sous-ensemble cohérent d'analyse, le Cd est bien corrélé (CR > 0.547) avec le Zn, le Pb, le Fe, l'As et le Sb, ncor sera équivalent à 5. Dans ce sous-ensemble, une analyse A de Cd ressort comme outlier bivarié évident avec A* = Zn, Pb, As et Sb, et aucun des A* n'est outlier univarié. Dès lors, nBi = 4 et nBi/ncor = 0.8. Selon notre arbre décisionnel, avec ncor > 3 et nBi /ncor > 0.66, A sera classé outlier multivarié.

Dans le second et le troisième passage (figure 2.5), on va déterminer si A est outlier multivarié sur base de conditions moins strictes. Pour cela, on va utiliser les mêmes indicateurs que précédemment (compte du nombre de fois ou A est corrélé à un autre paramètre (A*) avec CR > 0.547 (ncor2), outlier bivarié évident à un A* (nBi2) en ajoutant le compte du nombre de fois ou A est outlier bivarié à un A* (nBi°2). Ces indicateurs ont un 2 dans leur nom car ils sont différents de ceux utilisés au premier passage : cette fois-ci, on ne prend pas en compte les A* avec lequel A est outlier

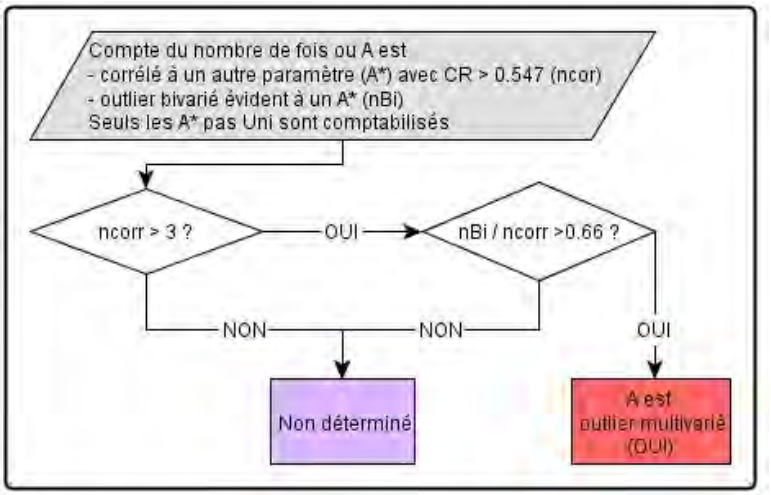


FIGURE 2.4 – Arbre décisionnel pour la classification des outliers multivariés : premier passage

bivarié et/ou A est corrélé qui n'ont pas été classés en outlier univarié (*cf.* sous-section 2.3.2.1) *et* multivarié au passage précédent. Dans le second passage, on prend donc en compte les outliers multivariés déterminés dans le premier passage pour le calcul de ces trois indicateurs. De même, dans le troisième passage, on prend en compte les outliers multivariés détectés dans les deux premiers passages.

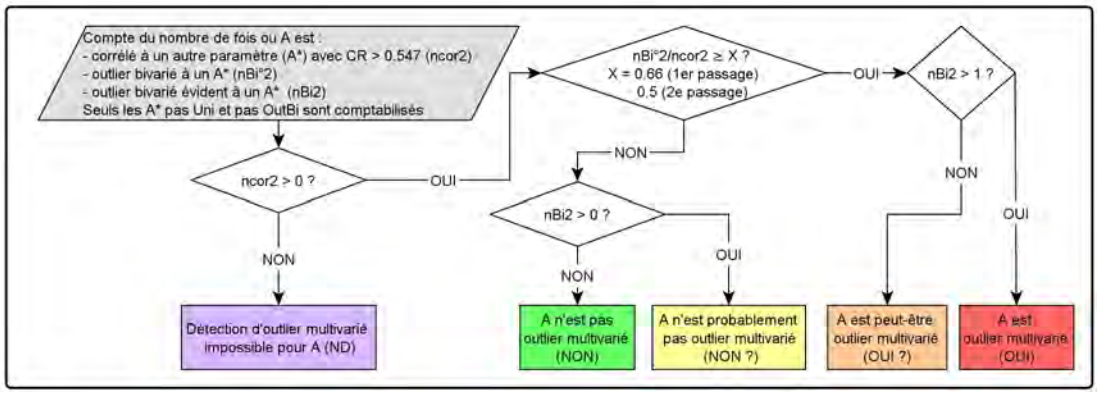


FIGURE 2.5 – Arbre décisionnel pour la classification des outliers multivariés : second et troisième passages

A partir de ces trois indicateurs (ncor2, nBi2 et nBi°2), trois critères de classification ont été utilisés (cf. losanges de la figure 2.5) :

1. ncor2 > 0 : le paramètre est-il corrélé avec d'autres paramètres ? Ce critère est utilisé pour déterminer s'il y a une bonne structure multivariée des données. Si A n'est jamais bien corrélé à un autre paramètre (A*), alors on a estimé que la méthode de détection d'outlier utilisée n'était pas valable et efficace. Toutes les analyses appartenant au même paramètre sont alors classées en "ND" : "Détection d'outlier multivarié impossible".

2. nBi°2 /ncor≥ (...). Pour ce critère, l'explication est la même que le critère "nBi / ncor " du premier passage. Cependant, ici nous prenons tous les outliers bivariés (nBi°2 = outlier bivarié modéré + outlier bivarié évident) en numérateur dans le rapport, et plus uniquement les outliers bivariés évident.
3. nBi2 > (...) : l'analyse A est-elle outlier bivarié évident avec un A* ? Ce critère est déterminant pour la classification : en effet, nous avons estimé que pour que A puisse être classée comme outlier multivarié, il fallait qu'elle sorte plus d'une fois comme outlier bivarié évident avec un A*.

Les critères et les seuils utilisés (ncor2 > 0 par exemple) pour la classification en outlier multivarié ont un caractère arbitraire. De nombreux autres critères et seuils ont été testés et l'arbre de décision présenté ici a été choisi après examen approfondi des résultats de classification. Cet arbre de décision n'est pas à prendre comme une vérité absolue, adaptée à tous les jeux de données possibles, mais comme le meilleur résultat auquel nous sommes arrivés pour détecter les outliers multivariés sur le jeu de données "sol" de POLLUSOL 2.

La décision finale de classification est celle obtenue après le troisième passage dans l'arbre de décision (*cf.* cinq rectangles colorés de la figure 2.5) :

- la détection d'outlier multivarié est impossible pour A (le rectangle violet), codé par « ND » dans la table « outliers multivariés » de la base de données POLLUSOL 2 ;
- A n'est pas outlier multivarié (le rectangle vert), codé par « NON » dans la table « outliers multivariés » de la base de données POLLUSOL 2 ;
- A n'est probablement pas outlier multivarié (le rectangle jaune), codé par « NON ? » dans la table « outliers multivariés » de la base de données POLLUSOL 2 ;
- A est peut-être outlier multivarié (le rectangle orange), codé par « OUI ? » dans la table « outliers multivariés » de la base de données POLLUSOL 2 ;
- A est outlier multivarié (le rectangle rouge), codé par « OUI » dans la table « outliers multivariés » de la base de données POLLUSOL 2.

2.4 Contrôle qualité des analyses

2.4.1 Introduction

SPAQuE a confié à l'ISSeP la mission d'effectuer le contrôle de qualité des analyses réalisées dans le cadre du projet scientifique POLLUSOL 2. Les sols utilisés pour ce contrôle sont un sol de référence provenant du BRGM [9] et 8 sols provenant des campagnes A ou B qui ont été sélectionnés pour représenter la diversité des situations rencontrées (différentes occupations du sol, différents niveaux de teneurs en matière organique, différentes gammes de teneurs en polluants, etc.). Chacun des neuf sols introduits dans le contrôle qualité a été analysé trois fois par le laboratoire 1, l'UCL et l'ISSeP. En outre, nous disposons pour huit des neuf sols, d'une quatrième l'analyse effectuée par laboratoire 1, puisque ces sols ont été extraits des campagnes d'analyses A ou B. Les paramètres analysés sont les propriétés pédologiques (MS, Corg, pH et argile), les concentrations en éléments majeurs (Al, Ca, Fe, Mg et Mn) et en éléments traces (As, Ba, Be, Cd, Co, Cr, CrVI, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Sn et Zn). L'ISSeP signale avoir effectué ses analyses de l'Al, Ca, Fe, Mg et Ba par « absorption alcaline », ce qui n'est pas la même méthode que le laboratoire 1 et l'UCL (extraction à l'eau régale). Pour un sol (le matériel de référence), l'ISSeP n'a pas analysé les éléments majeurs. Enfin, l'ISSeP n'a pas fourni de résultats d'analyse pour la MS, l'argile et le CrVI. Certains éléments traces (Ba, Be, CrVI, Hg, Mo, Se et Sn) n'ont pas été analysés par l'UCL, qui ne dispose pas de l'équipement adéquat pour réaliser la mesure.

Justesse et fidélité sont deux notions souvent employées dans les références internationales (norme ISO 5725) pour exprimer la qualité des résultats analytiques. La « justesse » mesure la proximité entre la moyenne arithmétique des résultats d'un nombre suffisant d'essais et la valeur de référence (vraie ou acceptée). Donner la justesse d'une mesure revient à caractériser l'erreur systématique ou biais. La « fidélité » fait référence à la proximité des résultats obtenus en appliquant à plusieurs reprises le procédé expérimental dans des conditions déterminées. Donner la fidélité d'une mesure revient à caractériser l'erreur aléatoire.

Un troisième type d'erreur de mesure est considéré pour caractériser la qualité d'une mesure : la présence ou non d'une erreur que l'on peut qualifier de grossière. Il s'agit d'une erreur (en général importante) survenant exceptionnellement pour une raison précise, connue ou inconnue (faute de manipulation, inversion d'échantillons, etc.).

Ces informations nous semblent indispensables pour conférer un caractère scientifiquement fondé aux traitements statistiques ultérieurs, à l'interprétation des résultats de POLLUSOL 2 et la comparaison avec les résultats de l'étude POLLUSOL 1. Nous avons donc entrepris d'effectuer nous-mêmes l'analyse statistique des résultats obtenus dans la campagne d'analyse du contrôle de qualité.

9. Le BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières) est l'établissement public français spécialiste des applications des sciences de la Terre pour gérer les ressources et les risques du sol et du sous-sol.

Afin de bien distinguer les différents types d'erreurs (biais, erreur aléatoire et erreur grossière), la fidélité et la justesse des résultats ont été déterminées après écartement des erreurs grossières.

Il convient de garder présent à l'esprit que dans le cadre du contrôle qualité, les laboratoires ont pu rencontrer et mesurer des valeurs extrêmes (outlier, anomalie). La présence de valeurs extrêmes au sein d'échantillon qui n'étaient pas suspectes d'en contenir peut s'expliquer par l'hétérogénéité du sol et le protocole de la méthode analytique (mesure basée sur la prise d'un sous-échantillon de quelques grammes). La valeur extrême mesurée est due généralement à un effet de pépite, ce dernier dépendant de la granulométrie de l'échantillon et de la taille et de la broyabilité des particules porteuses de l'élément mesuré. Les valeurs anomales ont été écartées pour la détermination de la justesse et de la fidélité des laboratoires, car leur présence ne relève pas de la qualité intrinsèque de la mesure réalisée par le laboratoire.

2.4.2 Présence d'erreurs grossières dans les résultats

Une erreur «grossière» a été détectée dans les résultats du laboratoire 1. Comme tous les sols transmis à laboratoire 1 pour le contrôle de qualité (sauf l'échantillon de sol de référence), le sol AEFO015SC1 (n° dans POLLUSOL 2) a été analysé quatre fois : une première fois lors de la campagne d'analyse POLLUSOL 2 et trois fois pour le contrôle de qualité. L'une de ces trois analyses pose problème. Cette analyse problématique porte le n° AEFO056SD1, qui est le n° d'échantillon fictif sous lequel cet échantillon a été transmis à laboratoire 1 (voir table ci-dessous). Les résultats de cette analyse ne correspondent pas aux trois autres répétitions du même sol. Les teneurs sont en effet environ 60% plus faibles que dans les 3 autres échantillons similaires. Il peut s'agir par exemple d'une inversion d'échantillon, lors de la manipulation en laboratoire. Cela pourrait aussi résulter d'une erreur de pesée de la prise par laboratoire 1 avant extraction à l'eau régale étant donné la sous-estimation systématique d'environ 60% pour les éléments extraits à l'eau régale et l'absence de sous-estimation pour l'argile et le Corg (ces deux dernières mesures se font sur une prise différente). On note également que le pH est manquant pour cet échantillon. À titre d'illustration, la table 2.2 présente les quatre résultats de mesure de Al, Ca, Fe, Mg, As et Zn réalisé sur le même sol (n° POLLUSOL : ID_E_SOL = AEFO015SC1) par laboratoire 1 (n° d'échantillons fictifs : ID_CQ = AEFO056SD1, AUPA037SD1 et TRFO036SC1). Le résultat problématique est surligné en jaune (résultat d'analyse obtenu par laboratoire 1 sur le n° d'échantillon fictif AEFO056SD1). Nous avons décidé d'écarter cette erreur grossière pour effectuer l'analyse de la justesse et de la fidélité des mesures décrite dans ce qui suit.

Pour l'UCL et l'ISSeP, aucune erreur grossière n'a été observée.

TABLE 2.2 – Résultats d'analyse de Al, Ca, Fe, Mg As et Zn obtenus par laboratoire 1 sur l'échantillon de sol AEFO015SC1. Les résultats obtenus sur le n° d'échantillon fictif AEFO056SD1 surligné en jaune a été détecté comme « erreur grossière ».

ID_E_SOL	ID_CQ	Al	Ca	Fe	Mg	As	Zn
AEFO015SC1	AEFO056SD1	5000	560	9600	1100	8.7	130
AEFO015SC1	AUPA037SD1	19000	1500	24000	3200	21	330
AEFO015SC1	TRFO036SC1	18000	1700	25000	3200	22	330
AEFO015SC1	AEFO015SC1	16000	1500	24000	2900	22	310

2.4.3 Présence de valeurs anomales dans les résultats

La présence de valeur anomale s'explique par le fait que l'élément analysé ne se trouve pas sous une forme infiniment divisée dans le sol. La distribution de l'élément est hétérogène et il peut donc y avoir un effet granulométrique (« effet de pépite »). L'analyse chimique de sol s'effectue en effet sur un sous-échantillon de quelques grammes ou moins dans lequel des particules peu nombreuses, mais très riches en éléments traces peuvent se retrouver surreprésentées. Lorsque l'on est en présence de ce type de phénomène, on observe la présence d'une mesure s'écartant très fortement des autres mesures effectuées sur le même échantillon pour un ou plusieurs éléments traces (qui sont les éléments présents en forte concentration dans les particules décrites ci-dessus). Lorsque l'on recherche à caractériser la précision du laboratoire, la présence de ces valeurs anomales entraîne une très forte augmentation de la valeur de l'erreur aléatoire. Nous avons donc choisi d'écarter ces valeurs anomales pour l'analyse de la justesse et de la fidélité des mesures. Pour déterminer si une valeur doit être écartée, nous avons testé pour chaque paramètre si la suppression d'une mesure entraînait une diminution très importante de la déviation standard caractérisant l'erreur aléatoire. Une mesure entraînant (au minimum) le doublement de la déviation standard a été considérée comme anomale et a été écartée. Pour chaque paramètre, nous n'avons écarté qu'une mesure au maximum. Les mesures écartées sont reprises sur les tablex 2.3, 2.4, et 2.5. Le n° d'échantillon fictif utilisé pour le contrôle qualité est repris dans la ligne «ID_CQ» et le n° du sol dans Pollusol 2 est renseigné dans la ligne «Label ID_E_SOL». La valeur écartée est surlignée en jaune, et les valeurs mesurées pour les autres répétitions sont reprises sous cette valeur.

TABLE 2.3 – Valeurs anomales écartées pour l'ISSeP (3 sur 555) :

Paramètre	Zn	Be	Sn
ID_CQ	TRCU040SC1	AEPR058SC1	TRCU037SC1
ID_E_SOL	SEJA050SC1	AEAP033SD1	VEPO099SB1
Valeur anomale	2790	1.45	18.1
Valeur répétition (1)	1696	0.7	425
Valeur répétition (2)	1839	0.75	405

Les résultats montrent que l'échantillon **VEPO099SB1** est particulièrement hétérogène : en effet, on observe des anomalies de mesure pour deux laboratoires pour le

TABLE 2.4 – Valeurs anomales écartées pour le laboratoire 1 (6 sur 850) :

Paramètre	Ba	Cu	Hg	Mo	Pb	Sn
ID_CQ	TRPA038SC1	VEPO099SB2	AECU060SC1	TRPA038SC1	AUDI039SC1	AUDI039SC1
ID_E_SOL	AUPR007SD1	VEPO099SB1	TRPO158SB1	AUPR007SD1	VEPO099SB1	VEPO099SB2
Valeur anomale	190	1514	<0.1	4	3100	7600
Valeur répétition (1)	62	720	0.18	8.2	1200	86
Valeur répétition (2)	72	670	0.18	8.1	1100	95
Valeur répétition (3)	90	840	0.192	7.6	1401.67	34.39

TABLE 2.5 – Valeurs anomales écartées pour l'UCL (4 sur 513) :

Paramètre	As	Cu	Sb	Pb
ID_CQ	TRFO036SD1	AEFO056SC1	AUDI039SC1	AEFO056SC1
ID_E_SOL	SEJA050SC1	VEPO099SB1	VEPO099SB1	VEPO099SB1
Valeur anomale	77.4	1598	31	2308
Valeur répétition (1)	55.3	773	8	1292
Valeur répétition (2)	55.6	864	7.3	1411

Sn, le Pb, le Cu. Cet échantillon montre un effet de pépite important, probablement dû à la présence de particules dans lesquelles se concentre l'essentiel du polluant et qui se broient mal (par exemple, particules métalliques malléables qui s'aplatissent au lieu de se fragmenter).

Ces valeurs anomales représentent une variabilité due à l'échantillon, dont on souhaite s'affranchir dans le cadre de l'estimation de la qualité des analyses du laboratoire. Ces valeurs ont donc été écartées pour le calcul de la justesse et de la fidélité des résultats.

2.4.4 Justesse des résultats

La justesse d'une méthode de mesure est déterminée en comparant la valeur de référence acceptée pour un échantillon (matériau de référence) avec le niveau des résultats donnés par le laboratoire. Caractériser la justesse d'une méthode de mesure revient à quantifier la présence éventuelle d'une erreur systématique ou d'un biais. Une méthode de mesure est dite « juste » si son biais est nul.

Un échantillon de référence a été sélectionné pour le contrôle qualité, mais nous n'avons pas pu disposer des valeurs de référence pour cet échantillon pour la méthode utilisée (teneurs extraites à l'eau régale, norme ISO 11466).

Ne disposant pas de la valeur de référence pour déterminer le biais de chaque laboratoire, il reste la possibilité de déterminer les écarts entre laboratoires. De plus, pour chaque élément, il est possible de calculer les coefficients de corrélation linéaire interlaboratoire.

2.4.4.1 Estimation du biais du laboratoire 1 en prenant l'ISSeP comme base de comparaison

L'ISSeP étant le laboratoire de référence wallon, nous avons fait l'exercice de comparer les résultats analytiques obtenus par laboratoire 1 avec ceux de l'ISSeP. Les conclusions d'un tel exercice seront limitées, car les valeurs de l'ISSeP ne sont pas nécessairement les valeurs vraies. En cas de désaccord entre le laboratoire 1 et ISSeP, il ne nous sera pas possible de déterminer le laboratoire «juste». Neuf échantillons de sol ont été analysés trois fois à l'ISSeP et 4 fois à laboratoire 1. Pour chaque échantillon de sol, la moyenne obtenue sur les 3 ou 4 répétitions a été prise comme valeur mesurée par le laboratoire. Pour chaque échantillon, un biais analytique peut se calculer en effectuant la différence entre la valeur mesurée par laboratoire 1 et la valeur mesurée par le laboratoire de référence wallon. Le biais moyen et le biais médian du laboratoire 1 s'obtiennent en calculant la moyenne et la médiane des biais pour les 9 échantillons de sol. Si le biais moyen est positif, laboratoire 1 a tendance, en moyenne, à surestimer les teneurs par rapport à ISSeP. Si la médiane est positive, la valeur trouvée dans 50% des cas par laboratoire 1 dépasse la valeur trouvée dans 50% des cas par ISSeP. Le biais peut aussi s'exprimer en pourcentage de la valeur donnée par l'ISSeP. Nous avons calculé ces différents paramètres, ainsi que les coefficients de corrélations, et nous avons obtenu les résultats suivants (*cf.* table 2.6) :

i. Mesure des propriétés générales

La mesure du carbone organique présente un biais négatif (sous-estimation des concentrations) de 3% (biais moyen, exprimé en pourcentage de la valeur ISSeP) à 27% (biais médian également exprimé en pourcentage de la valeur ISSeP).

TABLE 2.6 – Estimation du biais d'laboratoire 1 en prenant l'ISSeP comme base de comparaison.

	Corrélation labo. 1-ISSeP	Biais min , max	Biais moyen	Biais médian	Biais moyen (%)	Biais médian (%)
MS (%)	/	/	/	/	/	/
Corg (g C/kg)	**0.84**	-3.8 , 0.18	-1.74	-1.36	**-2.3%**	**-27%**
pH	0.98	-0.57 , 0.083	-0.251	-0.267	-3.2%	-3.70%
Argile (%)	/	/	/	/	/	/
Al (g/kg)	0.98	1.8 , 16	6.68	5.79	**49.0%**	**36%**
Ca (g/kg)	0.99	-25 , 0.65	-5.51	-2.81	-7.1%	-13%
Fe (g/kg)	0.99	-10 , -0.8	-5.19	-4.99	-12.0%	-14%
Mg (g/kg)	0.94	-0.99 , 0.067	-0.506	-0.527	-13.0%	-15%
Mn (g/kg)	0.97	-0.83 , -0.08	-0.241	-0.138	-17.0%	-17%
As (mg/kg)	1.00	-7.8 , 52	4.95	-0.294	2.8%	-2.40%
Ba (mg/kg)	0.99	-210 , 17	-52.9	-18	**-9.2%**	**-17%**
Be (mg/kg)	0.92	-0.27 , 0.29	-0.0456	-0.0567	1.6%	-4.30%
Cd (mg/kg)	1.00	-0.33 , 0.15	-0.0217	0.0664	13.0%	2.20%
Co (mg/kg)	0.95	-6 , 0.24	-2.82	-2.67	**-15.0%**	**-18%**
Cr (mg/kg)	0.98	-20 , 5.6	-3.03	-0.992	-2.9%	-2.20%
Cu (mg/kg)	1.00	-270 , -5.2	-52.7	-28.6	**-30.0%**	**-30%**
Hg (mg/kg)	**0.55**	-1.4 , 0.033	-0.26	-0.0058	-9.5%	-3%
Mo (mg/kg)	**-0.04**	-24 , -6.8	-15.4	-14.6	**-84.0%**	**-88%**
Ni (mg/kg)	0.99	-3.8 , 2.5	0.597	1.32	2.2%	2.80%
Pb (mg/kg)	0.98	-280 , 140	-6.83	-0.064	-4.2%	-0.14%
Sb (mg/kg)	1.00	-46 , 4.8	-3.92	0.57	**68.0%**	**47%**
Se (mg/kg)	**-0.71**	-17 , 2.5	-4.77	-2.57	**76.0%**	**-60%**
Sn (mg/kg)	**-0.98**	-340 , 7.2	-36.6	0.78	**31.0%**	**28%**
Zn (mg/kg)	1.00	-270 , -12	-73.8	-39.7	-15.0%	-15%

ii. Mesure des éléments majeurs

La mesure de l'Al présente un biais positif très important (40% environ). Pour tous les autres éléments majeurs : Ca, Fe, Mg, Mn, ce biais est négatif (15% environ).

iii. Mesure des éléments traces

Les mesures de Ba, Co et Zn présentent un biais négatif de l'ordre de 15%. La mesure du Cu présente un biais négatif de l'ordre de 30%. Les mesures de Se, Mo et Sn sont problématiques : ces mesures présente un biais (positif ou négatif) très important. De plus, pour les 9 échantillons du contrôle qualité, les résultats obtenus par laboratoire 1 sont mal corrélés linéairement avec les résultats obtenus par le laboratoire de référence wallon. Pour Hg, il n'y a pas de biais clairement observable. Cependant, les résultats

du laboratoire 1 et de l'ISSeP sont faiblement corrélés (r=0.55).

2.4.4.2 Estimation du biais du laboratoire 1 en prenant l'UCL comme base de comparaison

Il est possible de comparer les résultats analytiques obtenus par laboratoire 1 avec ceux de l'UCL. En considérant l'UCL comme laboratoire de référence, nous obtenons les résultats suivants (un biais positif indique que laboratoire 1 surestime par rapport à l'UCL, *cf.* table 2.7) :

TABLE 2.7 – Estimation du biais du laboratoire 1 en prenant l'UCL comme base de comparaison.

	Corrélation labo. 1-UCL	Biais min , max	Biais moyen	Biais médian	Biais moyen (%)	Biais médian (%)
MS (%)	0.99	-1.7 , 0.91	-0.48	-0.37	-0.50%	-0.38%
Corg (g C/kg)	0.96	-1.1 , 1	-0.17	-0.43	21.00%	-9.20%
pH	0.99	-0.13 , 0.44	0.02	-0.01	0.23%	-0.13%
Argile (%)	0.99	-9.6 , 2.3	-4.37	-4.67	-21%	-26%
Al (g/kg)	0.96	-6.6 , 1.4	-3.12	-4.17	-14%	-18%
Ca (g/kg)	1.00	-7.3 , -0.093	-2.33	-0.68	-11%	-12%
Fe (g/kg)	1.00	-5.1 , 0.31	-2.52	-2.62	-6.60%	-6.10%
Mg (g/kg)	0.99	-0.56 , 0.16	-0.334	-0.41	-9%	-9%
Mn (g/kg)	1.00	-0.3 , -0.023	-0.112	-0.06	-8%	-8%
As (mg/kg)	1.00	-3.9 , 17	1.41	-0.76	-2.00%	-7.00%
Ba (mg/kg)	/	/	/	/	/	/
Be (mg/kg)	/	/	/	/	/	/
Cd (mg/kg)	0.98	-0.51 , 0.62	0.081	0.00	30%	0%
Co (mg/kg)	0.99	-0.85 , 3.7	0.788	0.33	4.20%	3.20%
Cr (mg/kg)	1.00	-4.1 , 9.7	3.3	3.28	5.60%	7.70%
Cu (mg/kg)	1.00	-75 , 1.6	-9.25	-1.51	-3%	-4%
Hg (mg/kg)	/	/	/	/	/	/
Mo (mg/kg)	/	/	/	/	/	/
Ni (mg/kg)	0.99	-1.3 , 6.3	1.82	1.22	4.20%	4.70%
Pb (mg/kg)	1.00	-220 , 17	-35.2	-1.00	1.60%	-0.18%
Sb (mg/kg)	1.00	-31 , 7.3	-2.44	0.00	13.00%	0.00%
Se (mg/kg)	/	/	/	/	/	/
Sn (mg/kg)	/	/	/	/	/	/
Zn (mg/kg)	0.99	-490 , -9.5	-93.5	-22.30	-13%	-14%

i. Mesure des propriétés générales

La mesure de l'argile (mesure non effectuée par l'ISSeP) présente un biais négatif de l'ordre de 25%.

ii. Mesure des éléments majeurs

La mesure de l'Al présente un biais négatif de 15% environ. Pour les autres éléments majeurs : Ca, Fe, Mg, Mn, ce biais est négatif de 8% environ.

iii. Mesure des éléments traces

La mesure du Zn présente un biais négatif de l'ordre de 15%.

2.4.4.3 Estimation du biais de l'UCL en prenant l'ISSeP comme base de comparaison

Selon que l'on prenne comme référence le laboratoire de référence wallon ou l'UCL, certaines mesures du laboratoire 1 présentent le même biais (Zn, éléments majeurs autres que l'Al), et d'autres des biais différents (Al, Corg, Cu). Il nous a donc paru nécessaire de calculer la justesse de l'UCL en prenant comme base de comparaison le laboratoire de référence wallon. Nous obtenons alors les résultats suivants (*cf.* table 2.8) :

i. Mesure des propriétés générales

La mesure du carbone organique présente un biais négatif (sous-estimation des concentrations) de l'ordre de 15%.

ii. Mesure des éléments majeurs

La mesure de Al présente un biais important de 70% environ. Les mesures de Fe, Mg, et Mn présentent un faible biais négatif (<10%).

iii. Mesure des éléments traces

La mesure de Co présente un biais négatif de l'ordre de 20%. La mesure de Cu présente un biais négatif de l'ordre de 30%. La mesure de Sb présente un biais positif de l'ordre de 40%.

TABLE 2.8 – Estimation du biais de l'UCL en prenant l'ISSeP comme base de comparaison.

	Corrélation UCL-ISSeP	Biais min , max	Biais moyen	Biais médian	Biais moyen (%)	Biais médian (%)
MS (%)	/	/	/	/	/	/
Corg (g C/kg)	0.92	-4.2 , 0.17	-1.57	-0.568	**-20.0%**	**-10%**
pH	0.97	-0.87 , 0.083	-0.271	-0.237	-3.4%	-3.30%
Argile (%)	/	/	/	/	/	/
Al (g/kg)	0.92	7.1 , 15	9.67	9.18	**71.0%**	**70%**
Ca (g/kg)	1.00	-18 , 0.9	-3.3	-0.617	5.1%	-4.1%
Fe (g/kg)	1.00	-6.7 , 0.4	-2.4	-2.08	-5.5%	-6.0%
Mg (g/kg)	0.97	-0.46 , 0.12	-0.169	-0.183	-3.9%	-4.6%
Mn (g/kg)	0.99	-0.52 , 0.01	-0.129	-0.07	-9.4%	-8.6%
As (mg/kg)	0.99	-6.5 , 34	3.54	0.6	5.1%	6.1%
Ba (mg/kg)	/	/	/	/	/	/
Be (mg/kg)	/	/	/	/	/	/
Cd (mg/kg)	0.99	-0.68 , 0.18	-0.103	-0.0267	-1.7%	-3.1%
Co (mg/kg)	0.95	-8.7 , -0.57	-3.6	-2.9	**-18.0%**	**-20.0%**
Cr (mg/kg)	1.00	-29 , 2.3	-6.33	-5.03	-8.1%	-9.6%
Cu (mg/kg)	1.00	-190 , -5.6	-43.5	-25.9	**-28.0%**	**-27.0%**
Hg (mg/kg)	/	/	/	/	/	/
Mo (mg/kg)	/	/	/	/	/	/
Ni (mg/kg)	0.99	-9.1 , 1.5	-1.23	-0.0667	-1.7%	-0.2%
Pb (mg/kg)	0.98	-160 , 350	28.3	-6	-4.5%	-11.0%
Sb (mg/kg)	1.00	-15 , 1.1	-1.48	0.467	**57.0%**	**31.0%**
Se (mg/kg)	/	/	/	/	/	/
Sn (mg/kg)	/	/	/	/	/	/
Zn (mg/kg)	1.00	-91 , 220	19.7	0.667	-1.7%	0.7%

2.4.4.4 Conclusions

Mesure des propriétés générales

Pour le Corg, UCL et laboratoire 1 semblent en accord, mais présentent tous deux un biais négatif (de l'ordre d'un pour cent de biais absolu) par rapport à ISSeP. Par rapport à UCL et laboratoire 1, ISSeP a donc tendance à surestimer la mesure du Corg.

La mesure de l'argile a été uniquement effectuée par UCL et laboratoire 1, et laboratoire 1 présente un biais négatif de l'ordre de 25% par rapport à l'UCL.

ii. Mesure des éléments majeurs

Par rapport à l'ISSeP, UCL et laboratoire 1 mesurent Al avec un biais positif très important. L'ISSeP présente des résultats beaucoup plus bas, alors qu'il signale avoir utilisé une méthode d'extraction plus forte (fusion alcaline) lors de la mise en solution.

Pour Ca, Fe, Mg et Mn, laboratoire 1 a un biais négatif de l'ordre 15% par rapport à l'ISSeP, et de 10% par rapport UCL. On voit donc que l'ISSeP présente les valeurs les plus hautes pour ces éléments (à l'exception du Mn). Ceci s'explique peut-être par l'utilisation d'une méthode d'extraction différente (fusion alcaline).

iii. Mesure des éléments traces

La mesure du Zn par laboratoire 1 présente un biais négatif de l'ordre de 15%, que l'on prenne l'ISSeP ou UCL comme référence.

La mesure du Ba par laboratoire 1 présente un biais négatif par rapport à ISSeP de l'ordre de 15%, mais ceci s'explique peut-être par l'utilisation d'une méthode d'extraction différente (fusion alcaline).

UCL et laboratoire 1 ne présentent pas de biais observable pour la mesure du Co, Cu et Sb, tandis qu'ils sont tous les deux biaisés (négativement pour Cu et Co et positivement pour le Sb) par rapport à ISSeP.

Les mesure de Se, Mo et Sn sont problématiques : laboratoire 1 et ISSeP ne sont pas en accord (biais et mauvaise corrélation). Pour ces éléments, les résultats de l'UCL ne sont pas disponibles.

2.4.5 Fidélité des résultats

La fidélité se réfère à l'étroitesse de l'accord entre les résultats de mesure. Les mesures exécutées sur des matériaux présumés identiques dans des circonstances présumées identiques ne donnent pas, en général, des résultats identiques. Ceci est attribué à des erreurs aléatoires inévitables, inhérentes à toute procédure de mesure. En l'absence de biais, une mesure équivaut à la valeur vraie de la grandeur mesurée plus ou moins une erreur aléatoire. Inversement, la valeur vraie doit se situer dans un intervalle de confiance centré autour de la valeur mesurée et dont la taille dépend de l'erreur aléatoire. Pour calculer l'erreur aléatoire, on prend généralement comme hypothèse que la distribution des erreurs suit une distribution normale centrée sur zéro. Pour estimer cette erreur aléatoire, l'hypothèse de normalité des erreurs a été vérifiée par le test de Shapiro-Wilk. Pour les mesures de la MS, de l'argile et du pH, cette hypothèse était vérifiée. Pour les autres mesures, cette hypothèse n'était pas toujours respectée. Ce problème a été corrigé en effectuant une transformation logarithmique (logarithme népérien) des valeurs mesurées. Les erreurs sur les paramètres transformés suivent alors bien une loi normale.

Pour caractériser l'erreur aléatoire, nous calculons la variance des mesures. À l'issue des analyses du contrôle de qualité, on dispose de 3 mesures par échantillon pour ISSeP et UCL et de 4 mesures par échantillon pour le laboratoire 1. Pour calculer la variance de l'erreur sur chaque échantillon, il suffit de calculer la variance des 3 ou 4 mesures sur ces échantillons. Cependant, plus qu'une variance de l'erreur faite par chaque labo sur les 3 ou 4 échantillons, nous voulons avoir une variance globale que fait le laboratoire sur tous les échantillons qu'il a analysé. Cette variance de l'erreur globale est appelée la variance poolée. Le calcul de la variance poolée (Sp) basée sur les répétitions de mesure nous permet de calculer un intervalle de confiance à un niveau α par rapport à chaque mesure (Yn) dans lequel doit se trouver la valeur vraie. La valeur vraie sera comprise dans l'intervalle de confiance :

$$\left[Yn - Student * \sqrt{Sp}, Yn + Student * \sqrt{Sp}\right], \text{ ou } Yn \pm Student * \sqrt{Sp},$$

Student est le quantile 1-α /2 de la distribution de Student à dl degrés de liberté et dl est le degré de liberté lié à la variance poolée (Sp). Avec le niveau de confiance alpha choisi de 0.05, *Student* prend une valeur voisine de 2.

Cette formule nous donne l'intervalle de confiance à 0.95% pour la valeur vraie dans le cas des mesures non transformées en logarithmes (MS, de l'argile et du pH), Pour ces paramètres, l'erreur de la méthode de mesure est l'erreur absolue, car sa valeur n'est pas proportionnelle à la valeur mesurée. Un ordre de grandeur de l'erreur aléatoire relative (exprimé en pourcentage) peut cependant être obtenu en divisant les bornes de l'intervalle de confiance $(Student * \sqrt{Sp})$ par la valeur moyenne des mesures du contrôle qualité.

Pour les autres paramètres, une transformation logarithmique a été effectuée. Si Yn = Ln(Xn). Une transformation inverse doit donc être effectuée pour pouvoir revenir,

après les traitements statistiques, aux valeurs naturelles. La valeur vraie sera comprise dans 95% des cas dans l'intervalle :

$$[Xn * \exp(-Student * \sqrt{Sp}), Xn * \exp(Student * \sqrt{Sp})]$$

L'erreur aléatoire prend alors la forme d'un facteur multiplicatif à appliquer à la valeur mesurée (additionner des logarithmes revient en effet à effectuer une multiplication des arguments). Cependant, ce facteur multiplicatif n'aura pas le même effet sur la borne supérieure (=l'erreur maximale) que sur la borne inférieure (=l'erreur minimale) de l'intervalle de confiance. La borne haute de l'intervalle de confiance est plus éloignée de la valeur mesurée que la borne basse de l'intervalle de confiance, car la valeur de $\exp(-Student * \sqrt{Sp})$ est toujours inférieure à $\exp(Student * \sqrt{Sp})$. Pour une analyse chimique d'un échantillon de sol de quelques grammes, ceci correspond bien à ce que l'on observe dans la réalité : lorsqu'une mesure d'élément trace est répétée un grand nombre de fois, il est plus fréquent se trouver en présence d'une mesure beaucoup plus élevée que les autres (de la même répétition) que l'inverse. L'erreur calculée sur des mesures converties en logarithme est donc une erreur proportionnelle (contrairement à l'erreur calculée à partir des valeurs naturelles). Intuitivement, une erreur proportionnelle correspond au fait que les erreurs en valeur absolue sont beaucoup plus grandes lorsqu'on mesure des valeurs élevées que lorsqu'on mesure des valeurs basses (mesurer 30 ppm au lieu de 25 ppm donne une erreur de 5 ppm ; mesurer 300 ppm au lieu de 250 ppm donne une erreur de 50 ppm). Si l'erreur est proportionnelle à la grandeur mesurée relative, c'est qu'elle se prête à être exprimé en terme d'erreur relative.

2.4.5.1 Calcul de l'incertitude élargie

L'incertitude élargie est une grandeur définissant un intervalle autour du résultat d'un mesurage, dont on puisse s'attendre à ce qu'il comprenne une fraction élevée de la distribution des valeurs qui pourraient raisonnablement être attribuées à l'échantillon. Dans notre cas, nous avons choisi de prendre un alpha de 0.05, l'incertitude élargie définit un intervalle autour du résultat d'un mesurage dont on s'attend à ce qu'il comprenne 95% des valeurs qui pourraient être attribuées à l'échantillon. Les tables 2.9 à 2.11 présentent les résultats de calcul de l'incertitude élargie pour les trois laboratoires. L'incertitude élargie définit un intervalle de confiance autour de la valeur mesurée, et la borne basse de l'intervalle de confiance peut être différente de la borne haute (*cf.* précédemment). C'est pourquoi nous avons calculé «l'incertitude élargie moyenne» qui est la moyenne arithmétique de l'incertitude élargie basse et haute. Toutes les incertitudes élargies sont exprimées en pour cent de la valeur moyenne. Quatre catégories de qualité de résultat ont été définies :

0 à 20% d'incertitude élargie : erreur aléatoire faible (couleur verte dans les tables). Les mesures sont de bonne qualité.

20 à 30% d'incertitude élargie : erreur aléatoire moyenne (couleur jaune dans les tables). Les mesures sont de qualité moyenne.

30 à 50% d'incertitude élargie : erreur aléatoire élevée (couleur orange dans les tables). Les mesures sont de faible qualité.

>50% d'incertitude élargie : erreur aléatoire très élevée (couleur rose dans les tables). Les mesures sont de mauvaise qualité.

TABLE 2.9 – Incertitude élargie du laboratoire 1.

	Nombre d'échantillon avec teneur < LQ	Incertitude élargie Borne bas	Incertitude élargie Borne haut	Incertitude élargie moyenne	Incertitude élargie moyenne CQ
MS	0	0.655 U	0.655 U	*1%*	*1%*
C.org	0	34%	51%	43%	40%
pH	0	0.474 U	0.474 U	*7%*	*6%*
Argile	0	8.9 U	8.9 U	*40%*	*47%*
Al	0	45%	82%	64%	72%
Ca	0	20%	25%	23%	26%
Fe	0	15%	18%	17%	19%
Mg	0	25%	34%	30%	33%
Mn	0	16%	20%	18%	20%
As	0	20%	25%	23%	27%
Ba	0	24%	32%	28%	27%
Be	3	34%	52%	43%	41%
Cd	1	24%	31%	28%	33%
Co	0	17%	21%	19%	21%
Cr	0	39%	65%	52%	63%
CrVI	7	54%	119%	87%	106%
Cu	0	17%	20%	18%	20%
Hg	3	27%	36%	31%	38%
Mo	2	19%	24%	22%	19%
Ni	0	19%	23%	21%	24%
Pb	0	19%	24%	21%	24%
Sb	5	53%	114%	83%	80%
Se	1	67%	203%	135%	141%
Sn	3	51%	104%	77%	75%
Zn	0	14%	17%	16%	19%

Pour le laboratoire 1, nous avons ajouté la colonne «Incertitude élargie moyenne CQ». Il s'agit des résultats du calcul de l'incertitude élargie en ne prenant que les 3 mesures effectuées sur les échantillons préparés spécialement pour le contrôle qualité. Pour rappel, pour le laboratoire 1, la plupart des mesures ont été effectuées quatre fois : une fois sur l'échantillon envoyé normalement pour le projet et trois fois sur les échantillons du contrôle qualité. Il est possible en effet que le quatrième échantillon envoyé durant la campagne ne soit pas parfaitement équivalent aux 3 sous-échantillons du contrôle qualité. Lors du contrôle qualité, un soin spécial a été apporté dans la préparation des échantillons pour réaliser trois sous-échantillons équivalents. Cependant, en comparant les résultats de la colonne « Incertitude élargie moyenne CQ » et ceux de la

TABLE 2.10 – Incertitude élargie du laboratoire UCL.

	UCL			
	Nombre d'échantillon avec teneur < LQ	Incertitude élargie Borne bas	Incertitude élargie Borne haut	Incertitude élargie moyenne
MS	0	0.777 U	0.777 U	*1%*
C.org	0	15%	17%	16%
pH	0	0.208 U	0.208 U	*3%*
Argile	0	2.94 U	2.94 U	*11%*
Al	0	7%	8%	8%
Ca	0	8%	9%	9%
Fe	0	7%	7%	7%
Mg	0	5%	6%	5%
Mn	0	7%	7%	7%
As	0	4%	4%	4%
Ba	/	/	/	/
Be	/	/	/	/
Cd	4	4%	5%	4%
Co	0	5%	6%	5%
Cr	0	7%	7%	7%
CrVI	/	/	/	/
Cu	0	6%	6%	6%
Hg	/	/	/	/
Mo	/	/	/	/
Ni	0	6%	6%	6%
Pb	0	14%	16%	15%
Sb	5	15%	18%	17%
Se	/	/	/	/
Sn	/	/	/	/
Zn	0	6%	7%	6%

colonne « Incertitude élargie moyenne », on constatera que cette précaution n'était pas nécessaire : les incertitudes élargies calculées avec uniquement les trois répétitions du contrôle qualité sont quasi équivalentes à celles calculées avec l'ensemble des résultats.

2.4.5.2 Fidélité des résultats du laboratoire 1

i. Mesure des propriétés générales

Les mesures de MS et pH ont une erreur aléatoire faible (incertitude élargie moyenne <10%). La mesure du carbone organique et de l'argile présente une forte variabilité analytique, avec une erreur aléatoire élevée de l'ordre de 40%.

TABLE 2.11 – Incertitude élargie du laboratoire ISSeP.

	ISSeP			
	Nombre d'échantillon avec teneur < LQ	Incertitude élargie Borne bas	Incertitude élargie Borne haut	Incertitude élargie moyenne
MS	/	/	/	/
C.org	0	12%	13%	12%
pH	0	0.634 U	0.634 U	*9%*
Argile	/	/	/	/
Al	0	17%	21%	19%
Ca	0	14%	17%	16%
Fe	0	16%	19%	18%
Mg	0	20%	25%	22%
Mn	0	9%	9%	9%
As	0	14%	16%	15%
Ba		17%	20%	18%
Be	0	19%	23%	21%
Cd	0	13%	15%	14%
Co	0	11%	12%	11%
Cr	0	15%	17%	16%
CrVI	/	/	/	/
Cu	0	16%	19%	18%
Hg	0	38%	62%	50%
Mo	1	72%	254%	163%
Ni	0	12%	13%	13%
Pb	0	40%	65%	52%
Sb	0	77%	335%	206%
Se	1	61%	153%	107%
Sn	2	69%	227%	148%
Zn	0	8%	9%	8%

ii. Mesure des éléments majeurs

La mesure de Al présente une erreur aléatoire très élevée, entre 45% (borne basse) et 82% (borne haute). Au contraire, Fe présente une erreur aléatoire faible. Les mesures de Ca, Mg, et Mn présentent une erreur aléatoire moyenne.

iii. Mesure des éléments traces

Les mesures de Co, Cu, Mo et Zn présentent une erreur aléatoire faible à moyenne, avec une incertitude élargie d'environ 20%.

Les mesures de As, Ba, Cd, Ni et Pb présentent une erreur aléatoire moyenne. La mesures de Be et Hg présentent une erreur aléatoire élevée.

Les mesures de Cr, CrVI, Sb, Se et Sn présentent une erreur aléatoire très élevée.

En prenant l'échelle de qualité des mesures définie ci-dessus, les mesures peuvent donc être qualifiées de bonne pour MS, pH, Fe, Cu, Mo et Zn, moyenne pour Ca, Mg, Mn, As, Co, Ba, Ni, Pb, de faible qualité pour Corg, Argile, Be, Cd, Hg et de mauvaise qualité pour Al, Cr, CrVI, Sb, Se, Sn.

2.4.5.3 Fidélité des résultats de l'UCL

Tous les résultats de l'UCL présentent une erreur aléatoire faible, avec une incertitude élargie moyenne généralement inférieure à 10%.

En prenant l'échelle de qualité des mesures définie ci-dessus, les mesures de l'UCL peuvent donc être qualifiées de bonnes.

2.4.5.4 Fidélité des résultats de l'ISSeP

i. Mesure des propriétés générales

Les mesures de Corg et pH ont une erreur aléatoire faible (incertitude élargie d'environ 10%).

ii. Mesure des éléments majeurs

La mesure de Mg présente une erreur aléatoire moyenne. Les autres éléments sont mesurés avec une erreur aléatoire faible.

iii. Mesure des éléments traces

La plupart des éléments traces sont mesurés avec une erreur aléatoire faible, à l'exception du Be (erreur aléatoire moyenne de 21%) et du Hg, Mo, Pb, Sb, Se et Sn qui présentent une incertitude élargie moyenne très élevée (50% pour le Pb et Hg, >100% pour Mo, Sb, Se et Sn).

En prenant l'échelle de qualité des mesures définie ci-dessus, les mesures peuvent donc être qualifiées de bonne pour toutes les mesures, à l'exception du Mg et Be de qualité moyenne et de Hg, Mo, Pb, Sb, Se, Sn de mauvaise qualité.

2.4.6 Valeurs mesurées et interprétation des résultats

Pour pouvoir interpréter de données de mesure, il est indispensable de prendre en compte la variabilité due à l'erreur aléatoire. Par exemple, il peut arriver que la différence entre un résultat mesuré et une valeur spécifiée soit due à une erreur aléatoire (inévitablement présente), dont l'importance soit telle qu'il n'y ait pas moyen d'établir de façon scientifiquement fondée s'il y a réellement un écart réel entre la valeur mesurée et la valeur spécifiée. Plus généralement, aucune relation ou aucun facteur explicatif concernant un paramètre donné ne peut être dégagé si la variabilité globale des résultats pour ce paramètre n'est pas nettement supérieure à la variabilité liée à l'erreur aléatoire sur sa mesure. Intuitivement, il n'y a pas moyen d'arriver à une conclusion si, dans les données, la part de la variabilité due au signal ne dépasse pas d'un niveau suffisant la part de variabilité due au bruit.

La variabilité due à l'erreur aléatoire a été calculée dans le point précédent. Il est maintenant possible de calculer si la variabilité globale des 9 échantillons du contrôle de qualité (variabilité due au fait qu'ils ont des compositions différentes) est significativement plus élevée que la variabilité due à l'erreur aléatoire. Pour répondre à cette question, une analyse de la variance (ANOVA) à un critère a été réalisée. Le modèle testé est le suivant :

$$Y_{ij=m+a_i+\varepsilon_{ij}}$$

avec :

Y_{ij} :la valeur mesurée pour l'échantillon i sur la j$^{\text{ème}}$ répétition ;

m : la moyenne générale des mesures (Y_{ij}) ;

a_i : l'effet « composition de l'échantillon i » ;

ε_{ij} :l'erreur aléatoire pour l'échantillon i sur la j$^{\text{ème}}$ répétition.

L'hypothèse testée (H0) est «Pour tout i, a_i =0», et l'hypothèse alternative (H1) est «il existe au moins un échantillon i pour lequel a_i est différent de 0». En d'autres termes, H0 peut s'énoncer : «pour chacun des échantillons, la valeur mesurée est égale à la valeur moyenne de la campagne d'analyse du contrôle de qualité, tous échantillons confondus, à laquelle s'ajoute une quantité complètement aléatoire». H1 peut s'énoncer : «il y a au moins un des échantillons pour lequel la valeur mesurée est égale à la valeur moyenne de la campagne d'analyse du contrôle de qualité, tous échantillons confondus, à laquelle s'ajoute non seulement une quantité complètement aléatoire, mais également un effet réellement dû à la composition de cet échantillon». H1 signifie que l'on peut trouver au moins un échantillon (parmi les neuf du contrôle qualité) dont la composition influence significativement la valeur mesurée, ou encore que pour au moins un échantillon, les valeurs mesurées sont significativement différentes des autres valeurs mesurées, et cette différence significative ne peut pas être imputée à l'erreur aléatoire de mesure.

Le modèle testé se base sur l'hypothèse que la distribution des erreurs ε_{ij} suit une distribution normale centrée sur zéro. Afin de respecter cette hypothèse, comme dans le

point précédent pour le calcul de l'erreur aléatoire, nous avons travaillé sur des données transformées (logarithme népérien) à l'exception des mesures de la MS, de l'argile et du pH.

2.4.6.1 Résultats pour le laboratoire 1

En prenant un niveau de signification alpha = 0.05, on ne rejette pas l'hypothèse H1 pour CrVI et Se. En étant plus restrictif, à un niveau de signification alpha = 0.01, on ne rejette pas l'hypothèse H1 pour Al, CrVI et Se. Pour ces trois paramètres, il est possible d'expliquer l'ensemble de la variabilité analytique du contrôle qualité par l'erreur aléatoire de mesure.

2.4.6.2 Résultats pour UCL

À un niveau de signification alpha = 0.01, on rejette l'hypothèse H0 pour l'ensemble des paramètres mesurés.

2.4.6.3 Résultats pour ISSeP

À un niveau de signification alpha = 0.05 et 0.01, on accepte l'hypothèse H0 pour le Mo.

2.4.6.4 Conclusion

En prenant comme hypothèse que les 9 échantillons du contrôle qualité représentent bien toute la gamme de valeur que peuvent prendre les mesures, on conclut que les valeurs mesurées de Al, CrVI et Se du laboratoire 1 peuvent être expliqués sans faire intervenir autre chose que l'erreur aléatoire de mesure (l'effet « composition de l'échantillon » sur les valeurs mesurées peut être négligé à un niveau de risque alpha=0.01). Pour CrVI nous devons nuancer cette conclusion, car les valeurs étaient supérieures au seuil de quantification que pour deux des neuf échantillons du contrôle qualité.

Pour le Mo, on ne peux pas montrer un effet « composition de l'échantillon » sur les valeurs mesurées par l'ISSeP.

2.4.7 Erreur aléatoire de la mesure des polluants organiques

Lors de la première campagne, 9 échantillons frais de sols de potagers ont été envoyés deux fois au laboratoire 1. Chaque échantillon de sol prélevé a été placé dans un seau propre, où il a été mélangé pour l'homogénéiser à l'état frais. Deux petits pots ont été prélevés dans l'échantillon frais et envoyé au laboratoire. Cette procédure a été réalisée par ULg-GxABT afin d'avoir une estimation de l'erreur aléatoire de mesure pour les sols envoyés frais en 2010. Les neuf sols envoyés en double pour analyse sont les suivants : SEPO116, SEPO117, SEPO118, SEPO119, SEPO120, SEPO121, SEPO122, SEPO123, SEPO124.

Tous les polluants organiques ont été analysés : BTEX, HAP, Huiles minérales, cyanures, composés organo-halogénés extractibles et Indice Phénol. Les résultats de mesure des concentrations en BTEX et Acyl sont presque toujours inférieurs aux limites de quantification. Pour ces polluants, nous ne pourrons pas avoir d'indication précise de l'erreur aléatoire de mesure. Pour les autres polluants, nous pourrons calculer l'erreur aléatoire de mesure à l'aide de la formule présentée à la section 2.4.5. Comme pour le calcul de l'erreur aléatoire du contrôle qualité, une transformation logarithmique a été appliquée aux valeurs mesurées. Cette transformation nous permet de respecter l'hypothèse de normalité de la distribution des erreurs.

Afin de rendre les traitements comparables à ce qui a été effectué sur les échantillons du contrôle qualité, la présence de valeur anomale a été recherchée. Notons que nous n'avons pas d'arguments fondés pour expliquer l'apparition de valeurs anomales dans le cas de la mesure des polluants organiques. Comme pour les échantillons du contrôle qualité (section 2.4.3), nous avons examiné pour chaque paramètre si la suppression d'une mesure entraînait une diminution très importante de la déviation standard caractérisant l'erreur aléatoire. Une mesure entraînant (au minimum) le doublement de la déviation standard a été considérée comme anomale et a été écartée. Pour chaque paramètre, nous n'avons écarté qu'une mesure au maximum. Ce critère nous a conduits à écarter les résultats d'analyse du Benzo[g,h,i]pérylène et de l'Indeno(1,2,3-c,d)pyrène pour l'échantillon du sol SEPO123 [10].

2.4.7.1 Calcul de l'incertitude élargie

La table 2.12 reprend les résultats de calcul de l'incertitude élargie pour le laboratoire 1. L'incertitude élargie définit un intervalle de confiance autour de la valeur mesurée, et comme une transformation logarithmique a été appliquée, la borne basse de l'intervalle de confiance peut être différente de la borne haute (*cf.* section 2.4.5). C'est pourquoi nous avons calculé « l'incertitude élargie moyenne » qui est la moyenne arithmétique de l'incertitude élargie basse et haute. Toutes les incertitudes élargies sont

10. Lorsque un échantillon est écarté pour un polluant, il n'en reste plus qu'un sur le même sol pour le calcul de la variance poolée. L'écartement d'un résultat analytique conduit donc ici à écarter tous les échantillon du sol correspondant de l'analyse de la fidélité.

exprimées en pour cent de la valeur moyenne. Les résultats seront évalués à partir des quatre catégories de qualité de résultat définies à la section 2.4.5 :

0 à 20% d'incertitude élargie : erreur aléatoire faible (couleur verte dans la table). Les mesures sont de bonne qualité.

20 à 30% d'incertitude élargie : erreur aléatoire moyenne (couleur jaune dans la table). Les mesures sont de qualité moyenne.

30 à 50% d'incertitude élargie : erreur aléatoire élevée (couleur orange dans la table). Les mesures sont de faible qualité.

>50% d'incertitude élargie : erreur aléatoire très élevée (couleur rose dans la table). Les mesures sont de mauvaise qualité.

D'une façon générale, c'est résultats sont à prendre à titre indicatif, car ils sont basés sur peu de sols (9 sols différents) et un très petit nombre de répétitions (2). Ce constat est particulièrement valable pour les valeurs indiquées en grisé dans la table : les incertitudes sont basées sur moins de 6 sols (les teneurs étant inférieures aux limites de quantifications pour plusieurs sols), ce qui nous semble insuffisant pour une estimation correcte de l'incertitude élargie.

D'une façon générale, les HAP ont une erreur aléatoire très élevée, avec une incertitude élargie autour des 70%.

Les huiles minérales ont une incertitude élargie entre 100% et 500%, les mesures peuvent donc être qualifiées de mauvaise qualité.

Avec une erreur aléatoire moyenne, IP est le polluant organique avec l'incertitude élargie moyenne la plus faible (27%).

Les cyanures présentent une incertitude élargie variable : CN_tot a une erreur aléatoire élevée, tandis que CN_lib et CN_ncd ont une erreur aléatoire très élevée. Cependant, pour CN_lib et CN_ncd, le nombre de sols avec des concentrations supérieures aux limites de quantification est trop faible pour donner une appréciation définitive de l'incertitude de mesure de ces polluants.

TABLE 2.12 – Incertitude élargie des mesures de polluants organiques du laboratoire 1. Les résultats en grisé sont indiqués à titre indicatif, car le calcul de l'incertitude est basé sur un nombre trop petit d'échantillon.

	Nombre d'échantillon avec teneur < LQ	Incertitude élargie Borne bas	Incertitude élargie Borne haut	Incertitude élargie moyenne
Naph	0	85%	552%	318%
Ace	2	52%	108%	80%
Fle	0	70%	236%	153%
Phen	0	58%	136%	97%
Ant	0	55%	121%	88%
Fla	0	53%	111%	82%
Pyr	0	53%	111%	82%
BaA	0	46%	84%	65%
Chrys	0	41%	70%	56%
BbF	0	33%	48%	41%
BkF	0	42%	71%	56%
BaP	0	36%	56%	46%
dBahA	0	30%	43%	37%
BghiP	1	44%	79%	62%
I123cdP	1	48%	91%	70%
HAP16	0	46%	86%	66%
HAP10	0	49%	95%	72%
HTP10a12	1	91%	1020%	553%
HTP12a16	5	77%	326%	201%
HTP16a21	3	86%	623%	354%
HTP21a30	0	80%	410%	245%
HTP30a35	0	63%	171%	117%
HTP35a40	6	84%	539%	311%
HTP_tot	0	63%	170%	117%
EOX	4	60%	152%	106%
IP	0	23%	30%	27%
CN_tot	1	32%	47%	40%
CN_lib	4	53%	114%	84%
CN_ncd	3	66%	197%	132%

Chapitre 3

La base de données POLLUSOL 2

3.1 Introduction

La base de données globale regroupe les informations collectées sur le terrain, la description des échantillons, les résultats analytiques et les résultats de tests de recherche de valeurs atypiques pour les eaux souterraines, les sols et les plantes étudiés au cours des campagnes POLLUSOL 1 [1] et POLLUSOL 2. Cette base de donnée commune a été conçue dans le but de permettre l'étude des liens entre des résultats analytiques variés, effectués sur des échantillons identiques ou apparentés (localisation, type de sol, *etc.*).

3.2 Format et structure

La base de données est disponible sous le format Microsoft Access 2010.

Elle comporte 5 tables relatives aux eaux souterraines, 40 tables relatives aux sols, 7 tables relatives aux végétaux (légumes, ray-grass, humus), 1 table de localisation, 27 tables « dictionnaires » (légendes des codes utilisés dans les champs d'autres tables) et 1 table de correspondance entre échantillons de légumes et échantillons de sol.

La structure générale de la base de données est représentée à la figure 3.1 [2]. La table « Localisation » constitue le noeud central de la base de donnée et fait le lien entre les tables relatives aux eaux souterraines (ESO) et aux sols (SOLS). Les tables relatives aux légumes (VEG_LEGUM) sont liés à la table reprenant les informations sur les échantillons de sols (SOL_ECH_Description) via une table de correspondance. Les tables d'analyses (ANA) et de détection des valeurs atypiques (OUT) sont liées aux

1. Uniquement les sols
2. Vu le nombre très élevé de tables, il est impossible de repésenter la structure détaillées de la base de donnée. Elle est consultable via l'outil « relations » en Access

tables de description des échantillons. D'autres tables, non représentées dans ce schéma, sont également liées aux tables relatives à la description des points de prélèvement (POINTS), des horizons (HOR) et des échantillons (ECH).

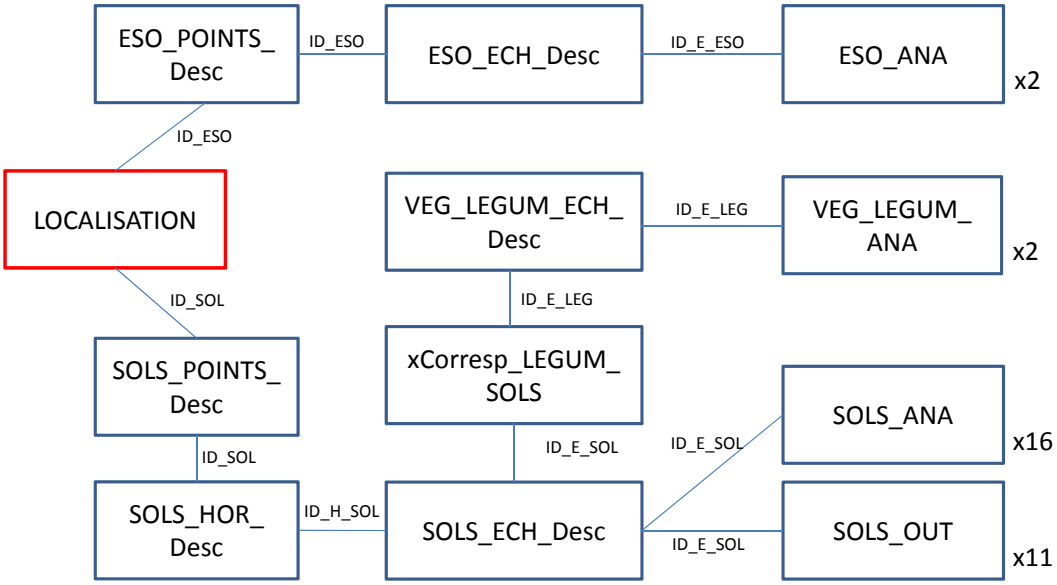


FIGURE 3.1 – Organisation des principales tables de la base de données globale avec indication des champs de jointure

3.3 Contenu des tables

3.3.1 Commentaire général

Pour l'ensemble des tables, chaque champ comporte une légende consultable en ouvrant la table en mode « création ». Dans les sections qui suivent, nous nous focaliserons sur les champs principaux et sur des commentaires concernant l'ensemble des champs de certaines tables.

3.3.2 Table de localisation

La table de localisation (« **LOCALISATION** ») constitue le lien entre les partie sols et eaux. Elle reprend les coordonnées XY (Lambert Belge 1972) de tous les points de prélèvement de sol et d'eau, le code de la zone d'étude, et les identifiants SOL et ESO (Eaux SOterraines). En cas de correspondance entre un point « sol » et un point « eau » (moins de 50 m de distance entre les deux), les deux identifiants figurent sur la même ligne, et les coordonnées XY ont été harmonisées (un seul X et un seul Y pour les deux points).

3.3.3 Tables relatives aux points de prélèvement

Les tables **ESO_POINTS_Desc** et **SOLS_POINTS_Desc** reprennent les informations principales relatives à la description des points de prélèvements. Les coordonnées XY y figurent, mais l'harmonisation entre les points sols et les points eaux correspondants n'a pas été effectuée (contrairement à la table **LOCALISATION**), afin de disposer des coordonnées précises de tous les points sols et eaux. La table **SOLS_POINTS_Desc** ne reprend que les informations qui sont disponibles aussi bien pour les potagers que pour les autres sols. Dans cette table, l'identifiant du point de prélèvement est formé par agrégation du code de la zone d'étude, du code relatif à l'occupation [3]et d'un numéro de série.

Les tables **SOLS_POINTS_Enquete_PO** (PO : Potager) et **SOLS_POINTS_Fiche_PO** sont spécifiques aux potagers, et reprennent les résultats de l'enquête téléphonique, ainsi que les informations de la fiche terrain qui concernent le point de prélèvement.

La table **SOLS_POINTS_Fiche_PAFOCUPR** est spécifique aux sols « non-potagers » (PAFOCUPR : PArc, FOrêt, CUlture, PRairie) et contient les informations de la fiche terrain qui concernent le point de prélèvement.

La table **ESO_Contact** rassemble les informations relatives à l'enquête préliminaire visant à sélectionner les points de prélèvement.

La table **SOLS_POINTS_ESTIM_RET** reprend les estimations de retombées atmosphériques en tout point, sur base des modèles de retombées atmosphériques (*cf.* Chapitre 6, section 2 : « Cartographie des retombées atmosphériques de polluants »).

3.3.4 Tables relatives aux horizons

Ces tables ne concernent que les sols.

La table **SOLS_HOR_Desc** (HOR : horizon) reprend les informations relatives à la description des horizons qui sont disponibles aussi bien pour les horizons de potagers que pour les horizons des autres sols. Certains horizons ont été regroupés lors de l'échantillonnage (« OUI » la colonne « Composite ? »), lorsqu'un horizon est trop fin ou trop caillouteux pour obtenir un volume d'échantillon suffisant.

La table **SOLS_HOR_Fiche_PO** est spécifique aux potagers, et reprend les informations de la fiche terrain qui concernent la description des horizons de sol.

La table **SOLS_HOR_Fiche_PAFOCUPR** est spécifique aux sols « non-potagers » (PArc, FOrêt, CUlture, PRairie) et contient les informations de la fiche terrain qui concernent le point de prélèvement. Certains horizons ont été regroupés lors de l'échantillonnage (« OUI » la colonne « Composite ? »), lorsqu'un horizon est trop fin ou trop caillouteux pour obtenir un volume d'échantillon suffisant.

3. dans certains cas (ré-évaluation de l'affectation de certains cas particulier), ce code ne correspond pas à celui mentionné dans la colonne « occupation » (dans ce cas c'est ce dernier qui est correct ; les identifiants n'ont pas été corrigés afin de ne pas perdre des échantillons ou des résultats analytiques

La table **SOLS_HOR_CC_Contrib** (CC : charge caillouteuse) reprend les contributions volumiques des charges caillouteuses de chaque horizon des sols « non-potagers » sur base des informations de la fiche terrain « PAFOCUPR ».

3.3.5 Tables relatives aux échantillons

Les tables **ESO_ECH_Desc**, **SOLS_ECH_Desc** et **VEG_LEGUM_Desc** reprennent les informations relatives aux échantillons d'eau, de sol et de légumes prélevés. Dans le cas des sols, un grand nombre d'horizons décrits n'ont pas été échantillonnés. Certains horizons (épais) ont été échantillonnés à deux profondeurs différentes, tandis que certains horizons (très fins) ont été réunis dans le même échantillon (*cf.* colonne « Composite » de la table SOLS_HOR_Desc). Dans la table SOLS_ECH_DESC, l'identifiant de l'échantillon est formé par agrégation de l'identifiant du point de prélèvement (table SOLS_POINT_Desc), de la lettre « S » (Sol), d'une lettre représentant la profondeur [4], et d'un chiffre représentant le numéro de la répétition du prélèvement (1 ou 2).

La table **SOLS_ECH_CC_Desc** (CC : charge caillouteuse) reprend les informations relatives à la description des charges caillouteuses observées dans les horizons des sols « PAFOCUPR ».

3.3.6 Tables relatives aux résultats analytiques

3.3.6.1 Commentaires généraux

Les tables « ANA » (analyses) reprennent les résultats analytiques.

Pour l'ensemble des résultats analytiques, un codage est utilisé pour les valeurs manquantes et pour les résultats situés sous la limite de quantification.

La valeur « -9999 » indique que le résultat est manquant.

Les valeurs situées sous la limite de quantification sont remplacées par la valeur de cette limite multipliée par « -1 ». Il ne s'agit pas de résultats négatifs, mais de limites de quantification précédées du signe « - ». Ce codage est utilisé afin de laisser à l'utilisateur le choix de filtrer ces valeurs ou de les remplacer facilement par un multiple de la limite correspondante.

Concernat les analyses de polluants organiques et inorganiques, les résultats pour certains échantillons ont été « censurés » par le laboratoire d'analyse et nous n'avons pas obtenu les résultats non censurés. Il s'agit d'une pratique courante dans les laboratoires d'analyses, qui consiste à définir pour chaque paramètre un seuil de rapportage plus élevé que la limite de quantification analytique, et à ne pas fournir de résultats

4. B : horizon de surface composite en potager ; C : horizon de surface prélevé à la sonde ; D : horizon profond de référence ; K à O : horizons intermédiaires ; U : horizons situés sous l'horizon profond de référence

chiffrés en dessous de cette limite de rapportage. Le but de l'opération est de minimiser les problèmes de répétabilité pour les valeurs proches de leur limite de quantification analytique. Les échantillons disponibles uniquement sous la forme « censurée » sont identifiés par un « OUI » dans la colonne « Cens_org » ou « Cens_inorg ». Dans ce cas, la limite de quantification utilisée n'est pas la limite de quantification « analytique », mais la limite de quantification « de rapportage » (*cf.* section 2.2). Pour les échantillons concernés, les valeurs négatives (autres que -9999) correspondent à des résultats situés sous le limite de quantifications « de rapportage » et c'est la valeur de cette limite qui figure (en négatif) dans la case correspondante.

Certains échantillons ont été soumis à des analyses répétées, indiquées par le code « OUI » dans les colonnes « Rep_... » des tables concernées. Pour chaque échantillon soumis à analyses répétées, nous avons ajouté une ligne dans la table reprenant soit la moyenne des répétitions (code « MOY » dans les colonnes « Rep_... »), soit la valeur moyenne des valeurs conservée après écartement d'une valeur erronée (code « COR » dans les colonnes « Rep_... »).

3.3.6.2 Analyses systématiques

Tous les échantillons d'eau et de légumes ont été analysés. Par contre, une partie des échantillons de sols collectés n'ont pas été analysés (horizons intermédiaires des sols « PAFOCUPR »).

Les tables **ESO_Analyses** et **ESO_valeur_mesuree** reprennent les mêmes résultats, mais sous une forme différente : une colonne par paramètre dans la première, et une ligne par combinaison « échantillon-paramètre » dans la deuxième.

Les résultats des analyses de sols sont repris dans les tables :

SOLS_ANA_PEDO : paramètres pédologiques ;

SOLS_ANA_INORG : éléments majeurs et polluants inorganiques ;

SOLS_ANA_ORG : polluants organiques.

La table **SOLS_ANA_ORG** comprend moins de lignes que les autres, car certains échantillons n'ont pas été envoyés pour l'analyse de ces polluants, en raison d'un manque de matière ou parce qu'ils concernent le contrôle qualité. Par contre, les échantillons envoyés au laboratoire pour lesquels nous n'avons par reçu de résultats sont inclus dans cette table, avec une valeur de -9999 pour l'ensemble des paramètres. Pour les points de la campagne POLLUSOL 1, seuls les HAP et les cyanures totaux sont reppris car les autres analyses effectuées ne sont pas basées sur des méthodes équivalentes.

Les résultats des analyses de légumes sont repris dans les tables :

VEG_LEGUM_ANA_Inorg : paramètres inorganiques ;

VEG_LEGUM_ANA_Org : paramètres organiques.

3.3.6.3 Analyses spécifiques

Les résultats des analyses effectuées sur les humus et dans le cadre de la mise au point d'outils d'aide à la gestion ont été compilés dans les tables :

VEG_HUMUS_ANA : résultats des analyses des échantillons d'humus (VG : végétaux [5]) prélevés sur les sols forestiers de l'étude POLLUSOL 2 ;

VEG_HUMUS_ANA_RAP : rapports entre les teneurs dans l'humus et l'horizon de surface du sol sous-jacent ;

SOLS_ANA_BIOACCESS_GA : teneurs bioaccessibles au stade gastrique (GA) ;

SOLS_ANA_BIOACCESS_IN : teneurs bioaccessibles au stade intestinal (IN) ;

SOLS_ANA_BIOACCESS_RAP_GA : bioaccessibilité (RAP : rapport, en pourcentage des teneurs « Eau régale ») au stade gastrique ;

SOLS_ANA_BIOACCESS_RAP_IN : bioaccessibilité (RAP : rapport, en pourcentage des teneurs « Eau régale ») au stade intestinal

SOLS_ANA_BIODIS_CaCl2 : teneurs extraites par $CaCl_2$ dans le cadre de l'étude de la biodisponibilité ;

SOLS_ANA_BIODIS_EDTA : teneurs extraites par EDTA dans le cadre de l'étude de la biodisponibilité ;

SOLS_ANA_BIODIS_DTPA : teneurs extraites par DTPA dans le cadre de l'étude de la biodisponibilité

SOLS_ANA_BIODIS_M3 : teneurs extraites par la méthode « Mehlich 3 » (M3) dans le cadre de l'étude de la biodisponibilité ;

SOLS_ANA_BIODIS_CINET : paramètres des équations obtenues par la méthode d'extraction cinétique dans le cadre de l'étude de la biodisponibilité ;

VEG_RG_ANA : teneurs dans les échantillons de ray-grass (RG) cultivé *in-vitro* dans le cadre de l'étude de la biodisponibilité ;

SOLS_ANA_EXTRASEQ : teneurs extraites par les 3 premiers extractifs de l'extraction séquentielle ;

SOLS_ANA_EXTRASEQ_Pourc : fractions extraites au cours des 3 premières étapes de l'extraction séquentielle, exprimées en pourcentage des teneurs « Eau régale » ;

SOLS_ANA_FERTI_Potagers : analyses complémentaires effectuées relatives à la fertilité des sols de potagers, à destination des propriétaires ;

SOLS_CC_ANA : résultats des analyses totales et minéralogiques sur les charges caillouteuses (CC).

5. Considérés comme des échantillons végétaux, car issus de la décomposition des résidus végétaux

3.3.7 Tables relatives à la détection de valeurs aberrantes

3.3.7.1 Outliers univariés

Les tables « OUT_UNI » (Outliers Univariés) reprennent les résultats de la détection univariée des valeurs atypiques.

La table **SOLS_OUT_UNI** concerne les analyses des paramètres pédologiques, des concentrations en éléments majeurs et en polluants inorganiques et organiques. Les résultats de la détection sont donnés en écart relatif par rapport à la médiane (exprimé en multiple de l'écart absolu médian par rapport à la médiane). La valeur de -9999 indique une valeur manquante pour le paramètre concerné. La valeur de -8888 indique que le test n'a pas été effectué.

La table **VEG_HUMUS_OUT** concerne les analyses des échantillons d'humus.

La table **SOLS_OUT_UNI_BIODIS** concerne les mesures dans le ray-grass et les teneurs extraites par CaCl2, EDTA, DTPA et Méhlich3 dans le cadre de la prédiction des teneurs biodisponibles.

La table **SOLS_OUT_UNI_BIOACCESS_RAP** concerne la bioaccessibilité (pourcentage des teneurs Eau régale) pour les stades gastrique et intestinal.

La table **SOLS_OUT_UNI_EXTRASEQ** concerne les teneurs extraites lors des extractions séquentielles.

Pour ces 4 tables, le code « HAUT » indique que l'écart à la médiane dépasse 2.567 fois l'écart absolu médian et est donc considéré comme atypique « haut » ; « BAS » indique que l'écart à la médiane en inférieur à -2.567 fois l'écart absolu médian et est donc considéré comme atypique « bas » ; « NON » indique que l'écart est situé entre ces deux bornes et que la mesure n'est pas donc pas atypique ; « ND » signifie que le test n'a pas été effectué ou que la valeur analytique est manquante (*cf.* section 2.3).

La table **SOLS_OUT_TYPO** (TYPO : Typologie) est un cas particulier. Elle contient les rapports entre chaque valeurs mesurées et le 95e centile de la classe de la typologie des sols à laquelle l'échantillon de sol appartient (*cf.* section 7.5). Lorsque la valeur du rapport est inférieure à 1, le symbole « <1 » est indiqué ; lorsque la valeur est comprise entre 1 et [1 + incertitude relative sur la mesure] (*cf.* section 2.4), le symbole « ~1 » est indiqué ; lorsque le rapport est supérieur à [1 + incertitude relative sur la mesure], la valeur du rapport est indiquée. Nous pouvons considérer dans ce dernier cas que la valeur est « outlier » par rapport à la typologie des sols. Pour chaque échantillon, les nombres totaux de polluants (organiques, inorganiques et la somme des deux) présentant une valeur « outliers », sont repris dans les 3 dernières colonnes.

3.3.7.2 Outliers multivariés

Les tables « OUT_MULTI » (Outliers multivariés) reprennent les résultats de la détection multivariée des valeurs atypiques.

La table **VEG_HUMUS_OUT** concerne les analyses des échantillons d'humus.

La table **SOLS_OUT_MULTI** concerne les analyses des paramètres pédologiques, des concentrations en éléments majeurs et en polluants inorganiques et organiques.

La table **SOLS_OUT_MULTI_BIODIS** concerne les mesures dans le raygrass et les teneurs extraites par CaCl2, EDTA, DTPA, et Méhlich3 dans le cadre de la prédiction des teneurs biodisponibles.

La table **SOLS_OUT_MULTI_BIOACCESS** concerne les teneurs bioaccessibles pour les stades gastrique et intestinal.

La table **SOLS_OUT_MULTI_EXTRASEQ** concerne les teneurs extraites lors des extractions séquentielles.

Les résultats repris dans les tables font référence au codage expliqué dans la section 2.3 : « OUI » si la valeur est atypique ; « OUI ? » si la valeur est peut-être atypique ; « NON ? » si la valeur n'est probablement pas atypique ; « NON » si la valeur n'est pas atypique, « ND » si le test n'a pas été effectué ou que la valeur analytique est manquante.

La table **SOLS_OUT_HUMUS** est un cas particulier, puisqu'il s'agit d'une analyse bivariée : comparaison entre les résultats d'analyse de l'humus et de l'horizon de surface du sol sous-jacent. Le code « HAUT » signifie que la mesure dans l'échantillon de sols est trop haute par rapport à ce qui est prédit sur base de l'analyse de l'humus. Le code « BAS » signifie que la mesure dans l'échantillon de sols est trop basse par rapport à ce qui est prédit sur base de l'analyse de l'humus.

3.3.7.3 Outliers spatiaux

Les résultats de ce test ne concernent que les points utilisés pour la cartographie. Pour chaque point, la valeur mesurée a été évaluée en la comparant à la valeur estimée par le modèle de prédiction spatial. L'estimation en un point est effectuée en enlevant temporairement cette valeur du jeu de donnée afin de la ré-estimer à partir des observations restantes. L'erreur entre les deux valeurs (valeur estimée - valeur mesurée) est exprimée en multiple de l'écart médian par rapport à la médiane des résidus. Ces erreurs « standardisées » sont reprises dans la table **SOLS_OUT_SPAT**. Pour la cartographie, une observation a été considérée comme outlier spatial si son erreur standardisée est <- 2.576 ou >2.576.

3.3.8 Tables spéciales

Les tables « dictionnaires » reprennent les légendes des codes utilisés dans différents champs de toutes les tables (nature des charges caillouteuses, groupes de sols, *etc.*). Dans un but de clarté, les noms de ces tables commencent par « x » (xD pour les eaux,

XLeg pour les sols) afin qu'elles se positionnent en fin de liste dans le volet « objets access ».

La table **xCorresp_LEGUM_SOLS** permet de faire le lien entre les échantillons de légumes et les échantillons de sols.

3.4 Exemples de requêtes

Nous avons inséré quelques exemples de requête qui illustrent les possibilités de croisement d'informations. Ces requêtes peuvent servir de base pour la création de requêtes ciblées par l'utilisateur. Le filtrage des outliers n'a pas été implémenté en Access, car (i) ce logiciel n'est pas adapté pour la mise en oeuvre de ce type de filtre (car les lignes contenant une valeur rejetée ne doivent pas être supprimées, mais la valeur rejetée doit être remplacée par -9999) et (ii) les modalités de filtrage doivent être définies par l'utilisateur selon la problématique traitée. Nous conseillons donc vivement à l'utilisateur d'exporter les données non filtrées, avec les résultats des détections d'outliers (*cf.* requêtes présentées ci-dessous) et de réaliser le filtrage, par exemple avec un tableur. Nous donnons un exemple de filtre dans le fichier « exemple de filtre outlier et LQ.xlsx » annexé à la base de données. La formule peut être recopiée automatiquement, afin de l'appliquer à une série de variables. Les requêtes implémentées sont les suivantes :

« SOLS_TOUT » : Cette requête reprend l'ensemble des résultats des analyses de sols pour les paramètres physiques, les éléments majeurs, les polluants inorganiques et les polluants organiques. En cas de répétition analytique, seule la moyenne des répétitions ou la valeur corrigée est incluse. Les informations relatives aux outliers univariés et multivariés sont également reprises. Les colonnes relatives aux oultliers sont exactement dans le même ordre que les colonnes relatives aux résultats analytiques. En raison du nombre d'observations plus faible pour les paramètres organiques, des cases vides sont créées par cette requête. Ces cases doivent être considérées comme des valeurs manquantes correspondant à des échantillons non envoyés pour analyse (contrairement aux -9999 qui indiquent des résultats non reçus).

« SOLS_TOUT_Surf » : Cette requête est pratiquement identique à la précédente, mais seuls les horizons de surface sont sélectionnés

« SOLS_TOUT_Carto » : Cette requête reprend l'ensemble des paramètres cartographiés pour les points sélectionnés pour le travail de cartographie. Cette requête correspond pratiquement à la version « v3 » du jeu de données mentionné dans le chapitre 6, mais comporte 6 lignes en plus [6]. Les informations relatives aux outliers univariés, multivariés et spatiaux sont également reprises.

« EAU_SOL » : Cette requête reprend les concentrations en polluants organiques et inorganiques dans les sols (tous les horizons) et dans les prélèvements d'eau pour

6. étant donné que les résultats des deux répétitions sont présentés pour les 6 sols ayant été échantillonnés en double

les ouvrages correspondants (moins de 50 m). En cas de répétition analytique pour les sols, seule la moyenne des répétitions ou la valeur corrigée est incluse. Les prélèvements effectués dans les robinets sont exclus ainsi que les échantillons filtrés.

« SOLS_LEGUMES » : Cette requête reprend les concentrations en polluants organiques et inorganiques dans les sols de potagers et dans les légumes associés à ces échantillons. En cas de répétition analytique pour les sols, seule la moyenne des répétitions ou la valeur corrigée est incluse.

« SOLS_BIOACCESS_GA » : Cette requête reprend les résultats des mesures de la bioaccessibilité au stade gastrique (teneurs bioaccessibles en mg/kg et bioaccessibilité en %), ainsi que les résultats de la détection des valeurs atypiques. En cas de répétition analytique, seule la moyenne des répétitions ou la valeur corrigée est incluse.

« SOLS_BIOACCESS_GA » : Cette requête reprend les résultats des mesures de la bioaccessibilité au stade intestinal (teneurs bioaccessibles en mg/kg et bioaccessibilité en %), ainsi que les résultats de la détection des valeurs atypiques. En cas de répétition analytique, seule la moyenne des répétitions ou la valeur corrigée est incluse.

« SOLS_BIODIS_COMPA_RG » : Cette requête reprend les résultats relatifs aux mesures de biodisponibilité pour les 96 sols de l'expérience de comparaison avec le ray-grass (teneurs dans le ray-grass, teneurs extraites par les extarctifs, paramètres des modèles courbes d'extraction cinétiques), ainsi que les résultats de la détection des valeurs atypiques. En cas de répétition analytique, seule la moyenne des répétitions ou la valeur corrigée est incluse.

« SOLS_BIODIS_toutCaCl2 » : Cette requête reprend les résultats de l'extraction $CaCl_2$ sur l'ensemble des sols analysés, ainsi que les résultats de la détection des valeurs atypiques. En cas de répétition analytique, seule la moyenne des répétitions ou la valeur corrigée est incluse.

« SOLS_EXTRASEQ » : Cette requête reprend les résultats relatifs aux extractions séquentielles (teneurs extraites en mg/kg et fractions en %), ainsi que les résultats de la détection des valeurs atypiques. En cas de répétition analytique, seule la moyenne des répétitions ou la valeur corrigée est incluse.

3.5 Outils de recherche

Un outil de recherche géocentrée est disponible dans le volet « formulaires » de la base de données. Cet outil permet d'afficher les identifiants des points de prélèvement de sols situés autour d'un point d'intérêt dont on connait les coordonnées, dans un rayon défini par l'utilisateur.

Pour les eaux souterraines, des outils de recherche plus élaborés permettant d'afficher et de filtrer les résultats en fonction de critères des recherche géolocalisées sont

disponibles dans la base de donnée spécifique aux eaux souterraines. Ces outils ne sont pas transposables aux sols étant donné que l'architecture de cette base de donnée n'a pas été conçue dans cette optique (elle a été conçue dans une optique de mise en relation de résultats analytiques).

Deuxième partie

Présentation et traitement des données collectées

Chapitre 4

Statistiques générales par zone d'étude

4.1 Sols

4.1.1 Potagers (ULg-GxABT)

Les résultats concernant les sols de potagers sont présentés dans le chapitre 4 du rapport final partie « jardins potagers », aux pages 92 à 165.

4.1.2 Sols agricoles, forestiers et de parcs

Cette section présente, par zone prioritaire, une description des résultats analytiques obtenus sur des sols agricoles, forestiers et de parcs [1]. Les valeurs atypiques (outliers univariés et multivariés) y sont également renseignées. Pour chaque zone, nous présentons séparément les résultats obtenus dans l'horizon de surface et dans l'horizon profond.

Le but de ce chapitre est de fournir une vision d'ensemble de tous les résultats analytiques obtenus lors des deux campagnes d'échantillonnage des sols. Il n'y a donc pas eu de filtrage des données par rapport aux résultats de la détection des outliers univariés et multivariés. Le seul traitement préalable appliqué aux données est le remplacement des valeurs inférieures aux LQ par 0,7 fois ces limites. Dans les tables de description des résultats analytiques, nous indiquerons les valeurs des limites de quantification et le nombre de résultats inférieurs à cette limite dans les champs suivants :

1. Les résultats analytiques obtenus sur les 15 sols de jardin ne seront pas présentés ici. Pour rappel, pour les trois zones de la première campagne, 15 sols sur pelouses ont été prélevés à des endroits ou les potagers présentent des teneurs élevées dans les légumes et dans les sols (*cf.* section 1.1.2). Contrairement aux autres sols, ces point*s* ont été sélectionnés avec une connaissance supposée des concentrations en polluant, les pelouses ayant été choisies spécifiquement à cause des teneurs élevées rencontrées dans le potager adjacent. L'écartement de ces 15 sols permet donc de rendre comparables les résultats obtenus sur chacune des huit zones. Les résultats d'analyse obtenus sur ces 15 pelouses sont présentés dans le Chapitre 9.

LQ (n) : si au moins une valeur est inférieure à la limite de quantification, la valeur de cette limite est indiquée suivie (entre parenthèse) par le nombre de résultats inférieurs à cette limite. Si plusieurs limites de quantification se rapportent au même paramètre [2], seules les observations concernées par chaque limite sont comptabilisées pour le calcul du nombre de valeurs inférieures à la limite ;

<LQ % : pourcentage de résultats analytiques inférieurs à la limite de quantification.

Afin de se faire une première opinion du niveau de teneur en polluant rencontré dans chacune des zones, les résultats analytiques sont comparés aux valeurs normatives du Décret « sols » dans les champs suivants :

LQ-VR % : pourcentage de résultats analytiques supérieurs à la limite de quantification et inférieurs à la VR du Décret « sols » [3] ;

VR-VS % : pourcentage de résultats analytiques supérieurs à la VR et inférieurs à la VS du Décret « sols » ;

VS-VI % : pourcentage de résultats analytiques supérieurs à la VS et inférieurs à la VI du Décret « sols » ;

>VI % : pourcentage de résultats analytiques supérieurs à la VI du Décret « sols ».

A titre d'illustration, les graphiques en camembert des figures 4.1, 4.2, 4.3 permettent de comparer les teneurs en Zn, As et Benzo[a]pyrène rencontrées dans les sols des huit zones d'échantillonnage par rapport aux valeurs normatives du Décret « sols ». Ce type de graphique a été réalisé pour tous les paramètres analytiques, tant pour les résultats obtenus dans les horizons de surface que pour ceux des horizons profonds (*cf.* annexe).

2. C'est le cas par exemple lorsque le laboratoire a plusieurs limites de quantification pour un même paramètre.

3. Chaque résultat analytique a été mis en relation avec les normes correspondant au type d'usage du sol. Par exemple, les résultats analytiques obtenus pour un échantillon de sol forestier a été comparé aux valeurs VR, VS, VI pour un usage de sol de type « naturel ».

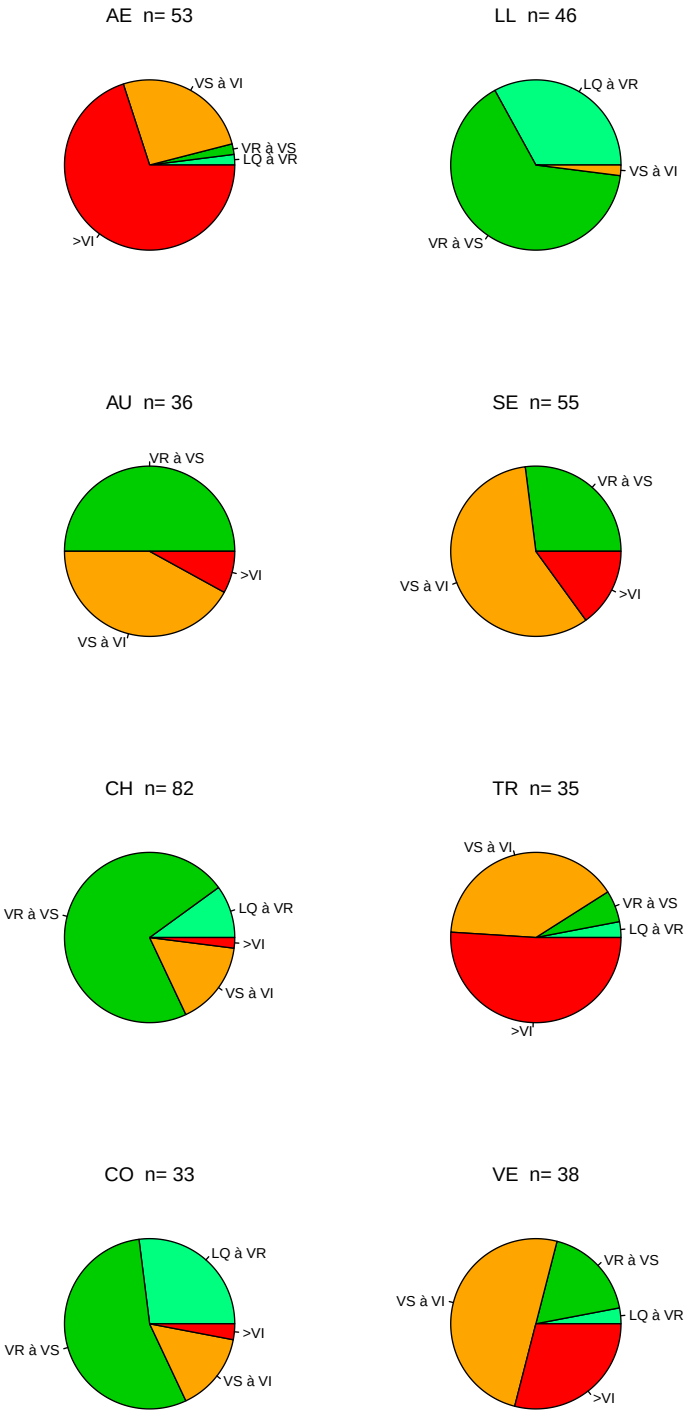


FIGURE 4.1 – Concentrations en Zn dans les horizons de surface des sols des huit zones d'échantillonnage par rapport aux valeurs normatives du Décret « sols »

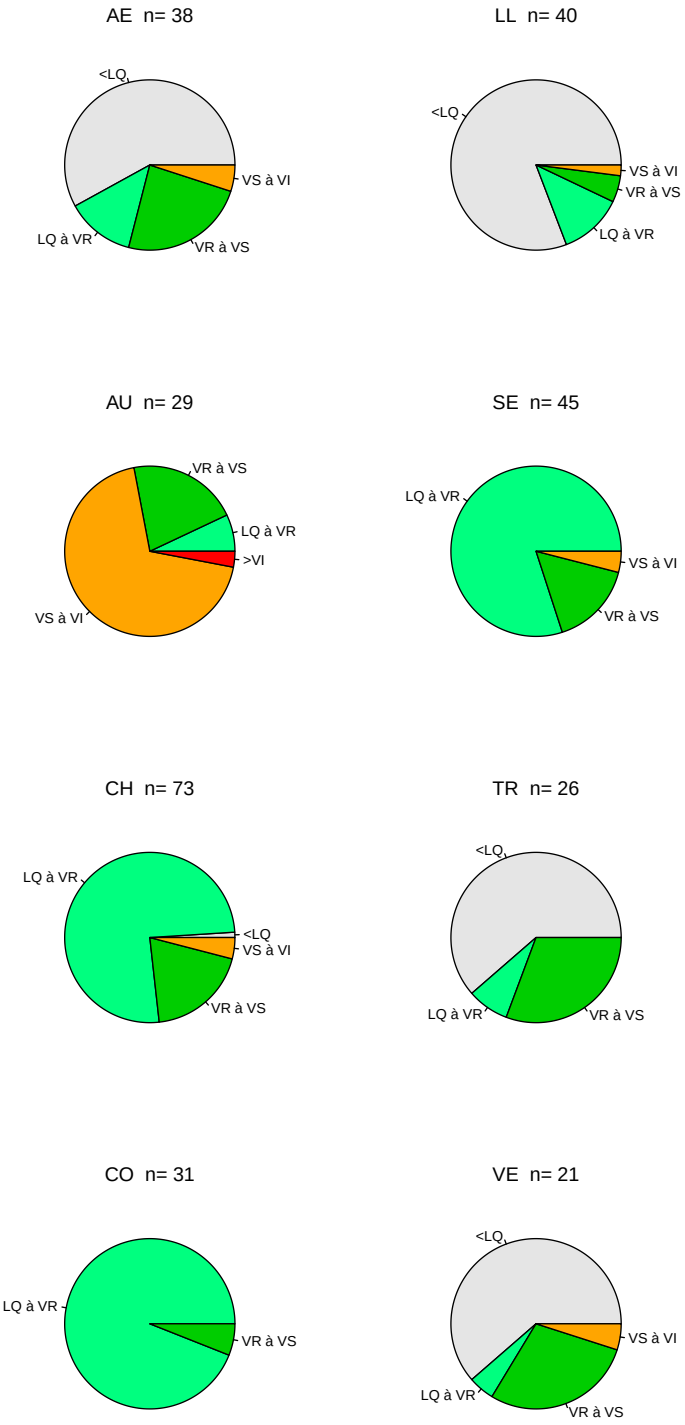


FIGURE 4.2 – Concentrations en As dans les horizons profonds des sols des huit zones d'échantillonnage par rapport aux valeurs normatives du Décret « sols ».

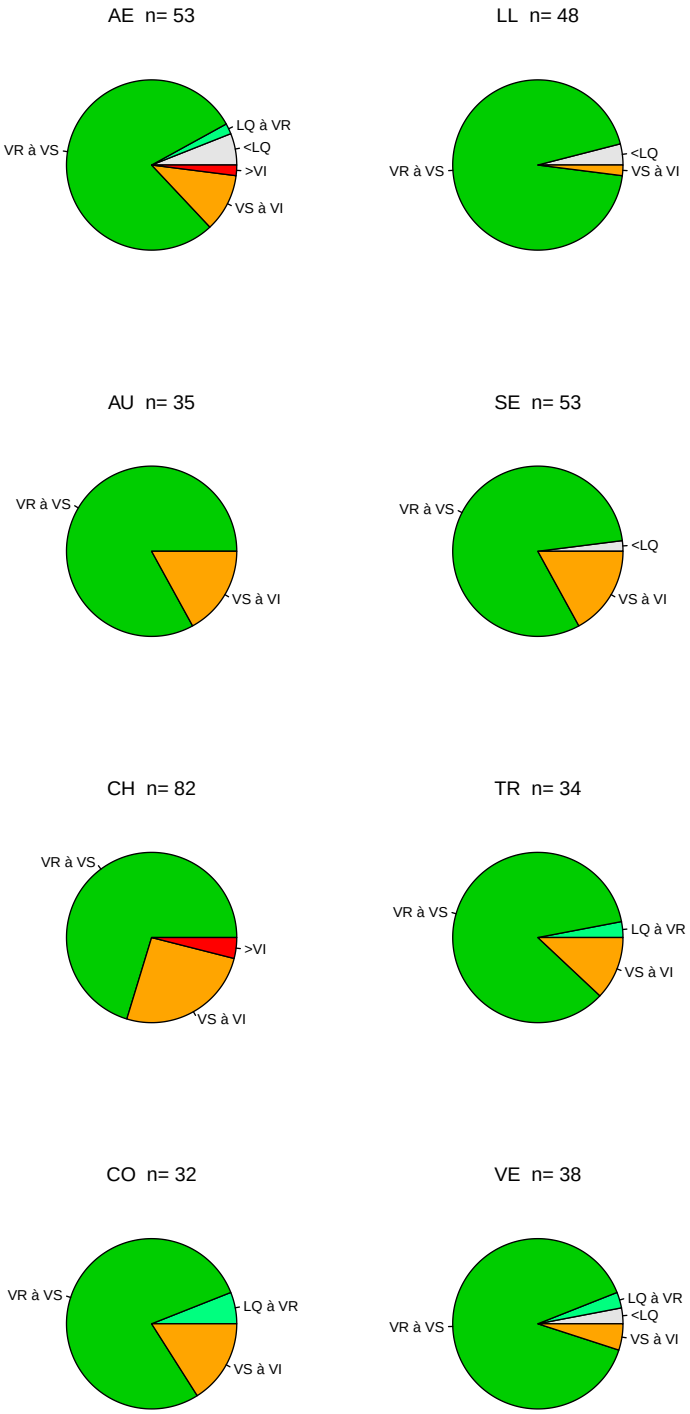


FIGURE 4.3 – Concentrations en Benzo[a]pyrène dans les horizons de surface des sols des huit zones d'échantillonnage par rapport aux valeurs normatives du Décret « sols ».

Les caractéristiques pédologiques, les concentrations en éléments inorganiques et en polluants organiques pour les huit zones d'échantillonnage sont décrites dans les tables 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8. Ces tables illustrent bien la quantité de résultats analytiques traités et les caractéristiques fort contrastées des polluants étudiés dans la présente étude.

Par rapport aux normes du Décret « sols », les concentrations retrouvées dans les sols sont généralement inférieures aux VS. Cependant, on trouve dans les horizons de suface 51% de valeurs de Zn supérieures aux VS , 32% pour le Cd et 21% pour le Pb. As, Cu, BaA, BbF, BaP et HTP10a12 ont aussi au moins 5% de valeurs supérieures aux VS dans les horizons de surface. On remarque finalement que As, Cu, Ni, Zn et HTP10a12 sont les seuls polluants avec au moins 5% de valeurs supérieures aux VS dans les horizons profonds.

Plusieurs polluants sont présents à des concentrations proches ou inférieures aux limites de quantification. Ainsi, plus de deux tiers des valeurs mesurées dans les horizons de surface sont inférieures aux limites de quantification pour CrVI, Mo, Tl, Acyl, Ben, EBen, oXyl, mpXyl, Xyl tot, BTEX, Styr, HTP30a40 et EOX.

La mesure de CNncd est manquante pour 43% des horizons de surface et pour 98% des horizons profond. Ceci s'explique par le fait que CN_ncd est la différence entre CN_tot et CN_lib : si l'un des deux termes est inférieur aux limites de quantification, la différence n'est pas calculée.

TABLE 4.1 – Propriétés générales des horizons de surface - OM, Argile : g/100g ; Corg : g C/kg MS ; CE : µS/cm.

	OM	Corg	Argile	pH KCl	pH H2O	CE
n obs	377	377	353	336	320	274
n manq.	6	6	30	47	63	109
Moyenne	7.6	44	18	5.7	6.6	110
Ecart type	5.1	30	8.1	1.3	1.2	120
Coeff. var.	0.67	0.68	0.45	0.23	0.18	1.1
Min.	0.4	3	0.14	2.7	3.4	21
perc10	2.9	17	10	3.6	4.5	45
perc25	4.2	24	13	4.8	6	61
Médiane	6.1	35	17	5.8	6.8	93
perc75	9.1	53	21	6.8	7.5	130
perc90	15	89	28	7.3	7.9	180
Max.	31	180	58	8.3	8.7	1400
Ecart int. quart.	4.9	29	8	2	1.5	69
Out. Uni. H.	19 / 376	19 / 376	17 / 352	11 / 326	11 / 320	15 / 274
Out. Uni. B.	0 / 376	0 / 376	2 / 352	1 / 326	5 / 320	0 / 274
Out. Multi.	4 / 368	4 / 368	1 / 161	2 / 308	4 / 306	6 / 254

TABLE 4.2 – Propriétés générales des horizons profonds - OM, Argile : g/100g ; Corg : g C/kg MS ; CE : µS/cm.

	OM	Corg	Argile	pH KCl	pH H2O	CE
n obs	302	302	282	273	252	233
n manq.	4	4	24	33	54	73
Moyenne	2.3	13	21	5.7	7	81
Ecart type	6.7	39	13	1.4	1.3	160
Coeff. var.	2.9	3	0.62	0.25	0.19	2
Min.	0	0	0	2.4	4.2	16
perc10	0	0	6.7	3.8	4.9	26
perc25	0.2	1	11	4.2	6	33
Médiane	0.59	3	20	5.9	7.4	49
perc75	1.4	8.4	26	6.8	8	96
perc90	5.5	32	37	7.5	8.3	150
Max.	73	420	84	11	11	2300
Ecart int. quart.	1.2	7.4	15	2.6	2	63
Out. Uni. H.	21 / 301	21 / 301	11 / 281	14 / 269	1 / 252	25 / 233
Out. Uni. B.	0 / 301	0 / 301	1 / 281	6 / 269	27 / 252	0 / 233
Out. Multi.	7 / 211	7 / 211	0 / 110	1 / 260	8 / 252	4 / 156

Table 4.3 – Concentrations en éléments inorganiques (mg/kg MS) dans les horizons de surface

	Al	Ca	Mg	Mn	Fe	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	CrVI	Cu	Hg	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	Tl	Zn
n obs	379	379	379	379	379	379	369	369	379	379	379	298	379	369	369	379	379	379	369	369	369	379
n manq.	4	4	4	4	4	4	14	14	4	4	4	85	4	14	14	4	4	4	14	14	14	4
LQ (n)						10 (81)		1 (135), 0.3 (23)	0.4 (52), 0.1 (2)	2 (8)		0.1 (85), 0.03 (135)		0.1 (92), 0.03 (8)	5 (184), 1.5 (125)	2 (1)		3.3 (8), 2 (170), 0.7 (47)	2 (117), 0.7 (10)	5 (158), 1.5 (34)	5 (199), 1.5 (170)	
<LQ %	0	0	0	0	0	21	0	43	14	2	0	74	0	27	84	0	0	59	34	52	100	0
LQ-VR %	/	/	/	/	/	32	/	/	2	/	65	26	15	1	/	50	3	/	/	/	/	9
VR-VS %	/	/	/	/	/	38	/	/	51	/	33	0	79	71	/	47	76	/	/	/	/	40
VS-VI %	/	/	/	/	/	8	/	/	30	/	2	0	6	1	/	3	8	/	/	/	/	30
>VI %	/	/	/	/	/	0	/	/	2	/	0	0	1	1	/	0	13	/	/	/	/	21
Moyenne	16000	7200	2900	860	28000	16	99	0.92	3.2	12	34	0.13	31	0.25	2.8	27	160	2.9	2.3	5.5	2.4	350
Ecart type	7200	11000	2600	830	19000	17	72	0.57	19	7	20	0.22	39	0.66	2.4	15	430	11	1.7	14	1.2	980
Coeff. var.	0.45	1.5	0.9	0.97	0.68	1.1	0.73	0.62	5.9	0.58	0.59	1.7	1.3	2.6	0.86	0.56	2.7	3.8	0.74	2.5	0.5	2.8
Min.	1200	170	77	63	4500	3.9	10	0.21	0.07	0.96	3.8	0.021	4	0.021	1	1.2	12	0.49	0.49	1	1	15
perc10	9100	1100	1300	310	16000	7	41	0.46	0.28	5.7	21	0.021	12	0.07	1	13	32	0.49	1.1	1.5	1	68
perc25	11000	2300	2000	450	19000	7	58	0.7	0.38	8	25	0.021	16	0.07	1	18	46	1	1.4	3.5	1	96
Médiane	14000	3700	2600	620	23000	11	81	0.7	0.66	10	30	0.07	24	0.15	3.5	24	75	1.4	1.4	3.5	3.5	160
perc75	18000	6700	3300	920	30000	18	110	1.1	1.9	13	37	0.11	35	0.26	3.5	33	160	1.5	3	4.7	3.5	310
perc90	24000	17000	4400	1700	44000	27	170	1.5	4.1	18	51	0.32	52	0.43	3.5	46	290	4.1	4.9	7.4	3.5	580
Max.	53000	83000	41000	6200	140000	130	690	5.3	250	84	230	2	430	8.9	23	140	5100	150	16	250	3.5	15000
Ecart int. quart.	7000	4400	1300	470	11000	11	52	0.4	1.52	5	12	0.089	19	0.19	2.5	15	114	0.5	1.6	1.2	2.5	214
Out. Uni. H.	10 / 378	17 / 378	11 / 378	10 / 378	7 / 378	13 / 368	8 / 368	4 / 326	17 / 329	4 / 378	12 / 378	51 / 240	8 / 378	8 / 290	8 / 96	4 / 378	10 / 378	15 / 284	10 / 365	12 / 260	/	14 / 378
Out. Uni. B.	5 / 378	2 / 378	5 / 378	5 / 378	4 / 378	0 / 368	2 / 368	4 / 326	1 / 329	5 / 378	3 / 378	0 / 240	3 / 378	3 / 290	14 / 96	5 / 378	4 / 378	0 / 284	0 / 365	0 / 260	/	1 / 378
Out. Multi.	4 / 377	8 / 372	6 / 374	6 / 378	5 / 378	10 / 283	5 / 368	3 / 192	8 / 297	4 / 370	3 / 371	0 / 16	8 / 378	10 / 248	1 / 18	4 / 377	11 / 378	12 / 131	1 / 108	5 / 166	/	4 / 378

TABLE 4.4 – Concentrations en éléments inorganiques (mg/kg MS) dans les horizons profonds

	Al	Ca	Mg	Mn	Fe	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	CrVI	Cu	Hg	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	Tl	Zn
n obs	304	304	304	304	304	304	297	297	304	304	304	260	304	297	297	304	304	304	297	297	297	304
n manq.	2	2	2	2	2	2	9	9	2	2	2	46	2	9	9	2	2	2	9	9	9	2
LQ (n)		50 (2)				10 (83), 1 (1)	5 (1)	1 (75), 0.3 (1)	0.4 (117), 0.1 (52), 0.01 (7)	2 (4)		0.1 (4), 0.03 (24)	3 (5)	0.1 (133), 0.03 (48)	5 (132), 1.5 (131)	2 (2)	3 (24)	3.3 (7), 2 (146), 0.7 (117)	2 (83), 0.7 (14)	5 (144), 1.5 (108)	5 (147), 1.5 (149)	10 (1)
<LQ %	0	1	0	0	0	28	0	26	58	1	0	11	2	61	89	1	8	89	33	85	100	0
LQ-VR %	/	/	/	/	/	45	/	/	17	/	45	87	42	11	/	29	64	/	/	/	/	56
VR-VS %	/	/	/	/	/	18	/	/	23	/	52	1	51	27	/	64	25	/	/	/	/	33
VS-VI %	/	/	/	/	/	10	/	/	2	/	2	2	4	1	/	5	2	/	/	/	/	6
>VI %	/	/	/	/	/	0	/	/	0	/	1	0	1	0	/	1	1	/	/	/	/	5
Moyenne	18000	9600	3700	760	32000	17	96	1.1	1.2	16	40	0.77	27	0.37	2.9	37	92	1.8	2.4	4.6	2.3	310
Ecart type	7600	24000	2300	1200	20000	31	94	0.71	14	16	35	0.9	59	3.6	3.7	28	870	6.7	2.3	11	1.2	3400
Coeff. var.	0.42	2.5	0.62	1.6	0.62	1.8	0.98	0.65	12	1	0.88	1.2	2.2	9.7	1.3	0.76	9.5	3.7	0.96	2.4	0.52	11
Min.	3000	35	190	22	4600	0.7	3.5	0.21	0.007	1.2	9.5	0.021	1.3	0.021	1	0.98	1.4	0.49	0.49	1	1	6.6
perc10	9500	390	1700	140	17000	5.8	38	0.7	0.07	6.8	22	0.07	7.8	0.021	1	18	6.5	0.49	0.86	1	1	34
perc25	13000	1300	2400	330	22000	7	57	0.7	0.12	8.8	28	0.28	11	0.045	1	23	12	0.49	1.4	1	1	44
Médiane	17000	2600	3500	480	26000	8.3	74	0.92	0.28	12	35	0.66	15	0.07	3.5	30	15	1.4	1.4	3.5	1	58
perc75	22000	4300	4400	770	35000	12	100	1.3	0.28	19	42	0.92	26	0.07	3.5	44	27	1.4	3.2	3.5	3.5	96
perc90	30000	24000	5600	1400	47000	31	150	1.7	0.68	27	54	1.5	43	0.17	3.5	59	68	1.4	5.1	4.2	3.5	190
Max.	49000	280000	31000	16000	150000	340	970	6.8	250	180	460	9.1	750	60	45	240	15000	100	25	120	6.3	60000
Ecart int. quart.	9000	3000	2000	440	13000	5	43	0.6	0.16	10.2	14	0.64	15	0.025	2.5	21	15	0.91	1.8	2.5	2.5	52
Out. Uni. H.	4 / 303	10 / 303	1 / 303	9 / 303	9 / 303	12 / 282	11 / 296	10 / 260	6 / 215	13 / 303	11 / 303	5 / 259	10 / 303	9 / 195	7 / 134	7 / 303	20 / 289	1 / 110	4 / 296	2 / 110	/	21 / 303
Out. Uni. B.	13 / 303	17 / 303	14 / 303	23 / 303	11 / 303	9 / 282	11 / 296	7 / 260	0 / 215	10 / 303	13 / 303	15 / 259	8 / 303	0 / 195	0 / 134	8 / 303	12 / 289	0 / 110	0 / 296	0 / 110	/	6 / 303
Out. Multi.	7 / 277	4 / 285	8 / 294	2 / 232	12 / 302	4 / 200	12 / 293	7 / 221	2 / 106	15 / 299	3 / 297	2 / 117	10 / 298	0 / 91	0 / 18	5 / 301	13 / 279	0 / 31	0 / 92	1 / 38	/	9 / 300

Table 4.5 – Concentrations en HAP (mg/kg MS) dans les horizons de surface

	Naph	Acyl	Ace	Fle	Phen	Ant	Fla	Pyr	BaA	Chrys	BbF	BkF	BaP	dBahA	BghiP	I123cdP	HAP16	HAP10
n obs	377	377	377	377	377	377	377	377	377	377	377	377	377	377	377	377	377	377
n manq.	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
LQ (n)	0.01 (8), 0.003 (188)	0.05 (10), 0.015 (367)	0.01 (8), 0.003 (189)	0.01 (8), 0.003 (134)	0.01 (2), 0.003 (15)	0.005 (5), 2e-04 (41)	0.01 (1), 0.003 (11)	0.01 (1), 0.003 (5)	0.01 (2), 0.003 (5)	0.003 (3)	0.01 (1), 0.003 (5)	0.01 (3), 0.003 (6)	0.01 (2), 0.003 (5)	0.01 (7), 0.003 (108)	0.01 (3), 0.003 (58)	0.01 (3), 0.003 (68)	0.2 (3), 0.057 (5)	0.095 (3), 0.027 (4)
<LQ %	52	100	52	38	5	12	3	2	2	1	2	2	2	31	16	19	2	2
LQ-VR %	43	0	26	28	51	34	1	1	2	1	1	6	1	24	2	1	/	/
VR-VS %	5	0	22	34	45	53	95	95	91	98	90	90	81	45	81	78	/	/
VS-VI %	0	0	0	0	0	1	1	2	4	0	6	1	14	1	1	2	/	/
>VI %	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	1	0	0	1	/	/
Moyenne	0.022	0.011	0.014	0.016	0.21	0.037	0.53	0.39	0.3	0.29	0.39	0.21	0.36	0.04	0.25	0.26	3.3	2.5
Ecart type	0.055	0.0039	0.073	0.06	0.57	0.15	2.1	1.7	1.7	1.6	2.5	1.6	2.6	0.26	1.9	1.8	18	14
Coeff. var.	2.5	0.35	5.2	3.8	2.7	4.1	4	4.4	5.7	5.5	6.4	7.6	7.2	6.5	7.6	6.9	5.5	5.6
Min.	0.0021	0.01	0.0021	0.0021	0.0021	0.00014	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.04	0.019
perc10	0.0021	0.01	0.0021	0.0021	0.016	0.00014	0.04	0.031	0.018	0.023	0.027	0.011	0.019	0.0021	0.0021	0.0021	0.22	0.15
perc25	0.0021	0.01	0.0021	0.0021	0.032	0.0041	0.075	0.05	0.031	0.038	0.046	0.018	0.034	0.0021	0.019	0.02	0.38	0.28
Médiane	0.0037	0.01	0.0021	0.0058	0.08	0.013	0.17	0.11	0.075	0.087	0.1	0.042	0.077	0.0083	0.051	0.059	0.93	0.68
perc75	0.02	0.01	0.0089	0.013	0.2	0.03	0.43	0.3	0.2	0.22	0.26	0.11	0.19	0.023	0.12	0.15	2.3	1.7
perc90	0.052	0.01	0.019	0.025	0.4	0.059	0.89	0.63	0.41	0.43	0.51	0.21	0.38	0.051	0.26	0.29	4.6	3.4
Max.	0.58	0.035	1.2	1	7.1	2.2	29	28	30	28	47	29	47	4.8	36	33	320	240
Ecart int. quart.	0.0179	0	0.0068	0.0109	0.168	0.0259	0.355	0.25	0.169	0.182	0.214	0.092	0.156	0.0209	0.101	0.13	1.92	1.42
Out. Uni. H.	16 / 339	/	16 / 375	13 / 375	12 / 375	17 / 340	9 / 375	10 / 375	11 / 375	9 / 375	9 / 375	14 / 375	15 / 375	18 / 375	11 / 367	10 / 353	9 / 375	6 / 375
Out. Uni. B.	0 / 339	/	0 / 375	14 / 375	18 / 375	16 / 340	15 / 375	6 / 375	6 / 375	5 / 375	8 / 375	7 / 375	8 / 375	12 / 375	26 / 367	17 / 353	7 / 375	6 / 375
Out. Multi.	4 / 147	/	7 / 158	4 / 206	4 / 358	9 / 315	1 / 349	4 / 369	1 / 368	3 / 372	5 / 369	2 / 366	3 / 368	17 / 253	4 / 301	2 / 290	2 / 367	2 / 364

TABLE 4.6 – Concentrations en HAP (mg/kg MS) dans les horizons profonds

	Naph	Acyl	Ace	Fle	Phen	Ant	Fla	Pyr	BaA	Chrys	BbF	BkF	BaP	dBahA	BghiP	I123cdP	HAP16	HAP10
n obs	298	298	298	298	298	298	298	298	298	298	298	298	298	298	298	298	298	298
n manq.	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
LQ (n)	0.01 (8), 0.003 (230)	0.05 (9), 0.015 (289)	0.01 (8), 0.003 (252)	0.01 (8), 0.003 (235)	0.01 (8), 0.003 (190)	0.005 (8), 2e-04 (181)	0.01 (8), 0.003 (203)	0.01 (8), 0.003 (200)	0.01 (8), 0.003 (209)	0.01 (8), 0.003 (153)	0.01 (8), 0.003 (194)	0.01 (8), 0.003 (221)	0.01 (8), 0.003 (212)	0.01 (8), 0.003 (227)	0.01 (8), 0.003 (229)	0.01 (8), 0.003 (235)	0.2 (8), 0.057 (212)	0.095 (8), 0.027 (202)
<LQ %	80	100	87	82	66	63	71	70	73	54	68	77	74	79	80	82	74	70
LQ-VR %	17	0	4	7	19	22	6	8	8	23	7	7	8	10	2	1	/	/
VR-VS %	2	0	8	11	14	13	22	20	16	22	21	15	15	10	18	16	/	/
VS-VI %	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0	3	0	2	1	1	0	/	/
>VI %	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	/	/
Moyenne	0.02	0.011	0.01	0.024	0.25	0.11	0.37	0.27	0.18	0.2	0.19	0.11	0.21	0.022	0.17	0.17	2.3	1.8
Ecart type	0.16	0.0042	0.084	0.26	3	1.6	3.4	2.8	1.7	2.1	1.7	1	1.9	0.19	1.8	1.5	23	18
Coeff. var.	8	0.38	8.4	11	12	15	9.2	10	9.4	10	8.9	9.1	9	8.6	11	8.8	10	10
Min.	0.0021	0.01	0.0021	0.0021	0.0021	0.00014	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.04	0.019
perc10	0.0021	0.01	0.0021	0.0021	0.0021	0.00014	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.04	0.019
perc25	0.0021	0.01	0.0021	0.0021	0.0021	0.00014	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.04	0.019
Médiane	0.0021	0.01	0.0021	0.0021	0.0021	0.00014	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.04	0.019
perc75	0.0021	0.01	0.0021	0.0021	0.008	0.0025	0.0075	0.007	0.0067	0.0076	0.01	0.0033	0.0045	0.0021	0.0021	0.0021	0.087	0.056
perc90	0.023	0.01	0.007	0.012	0.2	0.017	0.23	0.16	0.087	0.12	0.11	0.043	0.073	0.012	0.056	0.057	1.2	0.94
Max.	2.7	0.035	1.4	4.5	51	27	58	47	30	36	29	17	30	3.2	30	22	390	310
Ecart int. quart.	0	0	0	0	0.0059	0.00236	0.0054	0.0049	0.0046	0.0055	0.0079	0.0012	0.0024	0	0	0	0.047	0.037
Out. Uni. H.	11 / 105	/	2 / 105	14 / 105	14 / 261	25 / 261	8 / 236	9 / 189	5 / 105	11 / 252	23 / 261	7 / 105	3 / 105	8 / 105	12 / 105	16 / 105	8 / 105	6 / 105
Out. Uni. B.	0 / 105	/	0 / 105	0 / 105	0 / 261	0 / 261	0 / 236	0 / 189	0 / 105	0 / 252	0 / 261	0 / 105	0 / 105	0 / 105	0 / 105	0 / 105	0 / 105	0 / 105
Out. Multi.	1 / 49	/	2 / 34	2 / 46	1 / 67	2 / 62	2 / 62	2 / 62	1 / 64	2 / 113	1 / 63	1 / 58	2 / 60	2 / 50	2 / 50	0 / 46	0 / 61	0 / 66

TABLE 4.7 – Concentrations en polluants organiques autres que HAP (mg/kg MS) dans les horizons de surface

	Ben	Tolu	EBen	oXyl	mpXyl	Xyl tot	BTEX	Styr	HTP10a12	HTP12a16	HTP16a21	HTP21a30	HTP30a35	HTP35a40	HTP tot	EOX	CN tot	CN lib	CN ncd	IP
n obs	378	378	378	378	378	378	378	378	378	378	378	378	378	378	378	378	372	372	218	362
n manq.	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	11	11	165	21
LQ (n)	0.05 (10), 0.01 (335)	0.05 (9), 0.01 (163)	0.05 (10), 0.01 (346)	0.05 (10), 0.01 (320)	0.05 (10), 0.01 (263)	0.1 (10), 0.02 (311)	0.25 (10), 0.05 (251)	0.05 (10), 0.003 (321)	3 (1), 1.5 (117)	5 (10), 3 (165)	6 (10), 3 (195)	12 (10), 3 (131)	6 (8), 3 (110)	6 (10), 3 (287)	38 (10), 16 (138)	0.3 (276), 0.1 (8)	1 (9), 0.5 (106)	1 (10), 0.3 (119)	0.5 (139)	0.01 (1), 0.003 (2)
<LQ %	91	46	94	87	72	85	69	88	31	46	54	37	31	79	39	75	31	35	64	1
LQ-VR %	9	42	6	/	/	15	/	12	7	52	44	/	/	/	/	/	/	55	/	/
VR-VS %	0	12	0	/	/	0	/	0	51	2	2	/	/	/	/	/	/	9	/	/
VS-VI %	0	0	0	/	/	0	/	0	11	0	0	/	/	/	/	/	/	1	/	/
>VI %	0	0	0	/	/	0	/	0	0	0	0	/	/	/	/	/	/	0	/	/
Moyenne	0.0085	0.084	0.0085	0.0089	0.011	0.018	0.11	0.0034	5	4.3	4.4	10	7.3	3.6	30	0.39	0.88	0.52	0.51	0.077
Ecart type	0.0065	0.17	0.0057	0.0058	0.0093	0.013	0.18	0.0054	5.3	3.6	8.3	40	20	7.7	75	0.92	0.66	0.43	0.29	0.088
Coeff. var.	0.76	2	0.67	0.65	0.85	0.72	1.6	1.6	1.1	0.84	1.9	4	2.7	2.1	2.5	2.4	0.75	0.83	0.57	1.1
Min.	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.014	0.035	0.0021	1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	12	0.07	0.35	0.21	0.35	0.0021
perc10	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.014	0.035	0.0021	1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	12	0.21	0.35	0.21	0.35	0.019
perc25	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.014	0.035	0.0021	1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	12	0.21	0.35	0.21	0.35	0.03
Médiane	0.007	0.015	0.007	0.007	0.007	0.014	0.035	0.0021	3.9	3.5	2.1	4.7	4.3	2.1	22	0.21	0.7	0.4	0.35	0.049
perc75	0.007	0.068	0.007	0.007	0.013	0.014	0.091	0.0021	6.6	5	4.8	9.3	7.2	2.1	32	0.21	1.1	0.61	0.6	0.082
perc90	0.011	0.25	0.007	0.012	0.022	0.028	0.27	0.0048	10	7.6	6.9	16	12	4.4	43	0.71	1.8	1	0.86	0.16
Max.	0.088	1.7	0.046	0.042	0.094	0.11	1.7	0.035	47	26	140	750	360	94	1400	16	6.6	4.4	2.3	0.69
Ecart int. quart.	0	0.061	0	0	0.006	0	0.056	0	5.6	2.9	2.7	7.2	5.1	0	20	0	0.75	0.4	0.25	0.052
Out. Uni. H.	6 / 128	8 / 343	/	20 / 112	30 / 206	10 / 246	27 / 261	16 / 328	32 / 339	39 / 349	29 / 361	13 / 376	17 / 376	15 / 221	28 / 351	11 / 120	11 / 361	20 / 365	4 / 103	3 / 360
Out. Uni. B.	0 / 128	0 / 343	/	0 / 112	0 / 206	0 / 246	0 / 261	0 / 328	2 / 339	0 / 349	0 / 361	0 / 376	0 / 376	0 / 221	0 / 351	14 / 120	0 / 361	1 / 365	0 / 103	9 / 360
Out. Multi.	0 / 14	0 / 137	/	0 / 17	2 / 59	2 / 25	0 / 100	/	0 / 49	4 / 172	2 / 117	3 / 220	5 / 224	0 / 36	0 / 174	/	0 / 187	1 / 221	2 / 57	3 / 206

TABLE 4.8 – Concentrations en polluants organiques autres que HAP (mg/kg MS) dans les horizons profonds

	Ben	Tolu	EBen	oXyl	mpXyl	Xyl tot	BTEX	Styr	HTP10a12	HTP12a16	HTP16a21	HTP21a30	HTP30a35	HTP35a40	HTP tot	EOX	CN tot	CN lib	CN ncd	IP
n obs	298	298	298	298	298	298	298	298	298	298	298	298	298	298	298	298	298	298	6	298
n manq.	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	300	8
LQ (n)	0.05 (9), 0.01 (263)	0.05 (8), 0.01 (205)	0.05 (9), 0.01 (283)	0.05 (9), 0.01 (266)	0.05 (9), 0.01 (251)	0.1 (9), 0.02 (269)	0.25 (9), 0.05 (245)	0.05 (9), 0.003 (266)	3 (2), 1.5 (65)	5 (8), 3 (142)	6 (8), 3 (183)	12 (8), 3 (210)	6 (8), 3 (173)	6 (9), 3 (254)	38 (8), 16 (196)	0.3 (283), 0.1 (9)	1 (9), 0.5 (276)	1 (9), 0.3 (280)	0.5 (6)	0.01 (9), 0.003 (166)
<LQ %	91	71	98	92	87	93	85	92	22	50	64	73	61	88	68	98	96	97	100	59
LQ-VR %	8	25	2	/	/	7	/	8	9	49	34	/	/	/	/	/	/	3	/	/
VR-VS %	0	3	0	/	/	0	/	0	59	1	2	/	/	/	/	/	/	0	/	/
VS-VI %	0	0	0	/	/	0	/	0	9	0	0	/	/	/	/	/	/	0	/	/
>VI %	0	0	0	/	/	0	/	0	0	0	0	/	/	/	/	/	/	0	/	/
Moyenne	0.0095	0.042	0.008	0.0082	0.01	0.018	0.072	0.0033	5	4.2	4.1	7.1	4.5	2.9	23	0.22	0.38	0.23	0.35	0.006
Ecart type	0.011	0.16	0.0049	0.005	0.011	0.014	0.16	0.0056	4.9	7	7	42	15	6	70	0.14	0.14	0.099	0	0.014
Coeff. var.	1.2	3.8	0.61	0.61	1.1	0.78	2.2	1.7	0.98	1.7	1.7	5.9	3.3	2.1	3	0.64	0.37	0.43	0	2.3
Min.	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.014	0.035	0.0021	1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	12	0.07	0.35	0.21	0.35	0.0021
perc10	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.014	0.035	0.0021	1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	12	0.21	0.35	0.21	0.35	0.0021
perc25	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.014	0.035	0.0021	1.9	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	12	0.21	0.35	0.21	0.35	0.0021
Médiane	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.014	0.035	0.0021	3.7	3.1	2.1	2.1	2.1	2.1	12	0.21	0.35	0.21	0.35	0.0021
perc75	0.007	0.015	0.007	0.007	0.007	0.014	0.035	0.0021	6	4.5	4.2	3.8	3.9	2.1	22	0.21	0.35	0.21	0.35	0.0059
perc90	0.011	0.09	0.007	0.01	0.017	0.015	0.16	0.0033	10	6.4	7	8.7	6.2	3.8	32	0.21	0.35	0.21	0.35	0.011
Max.	0.13	2.4	0.035	0.035	0.12	0.14	2.5	0.035	35	110	100	700	250	92	1200	1.8	1.9	0.76	0.35	0.21
Ecart int. quart.	0	0.008	0	0	0	0	0	0	4.1	2.4	2.1	1.7	1.8	0	10	0	0	0	0	0.0038
Out. Uni. H.	1 / 105	6 / 202	/	2 / 12	4 / 105	3 / 105	9 / 105	2 / 105	18 / 269	16 / 293	16 / 296	11 / 237	15 / 261	5 / 105	12 / 296	/	2 / 105	/	/	21 / 296
Out. Uni. B.	0 / 105	0 / 202	/	0 / 12	0 / 105	0 / 105	0 / 105	0 / 105	4 / 269	0 / 293	0 / 296	0 / 237	0 / 261	0 / 105	7 / 296	/	0 / 105	/	/	0 / 296
Out. Multi.	1 / 18	0 / 33	/	/	0 / 16	0 / 15	0 / 39	0 / 15	0 / 56	0 / 72	2 / 68	0 / 43	3 / 81	0 / 16	2 / 54	/	/	/	/	0 / 39

4.1.2.1 Zone d'échantillonnage de Colfontaine

Les caractéristiques pédologiques, les concentrations en éléments inorganiques et en polluants organiques de la zone d'échantillonnage de Colfontaine sont décrites dans les tables 4.9, 4.10, 4.11, 4.12, 4.13, 4.14, 4.15 et 4.16.

Les concentrations en CrVI, Sb, Mo et Tl sont généralement inférieures aux limites de quantification tant dans les horizons de surface que dans les horizons profonds (chiffres donnés dans la 4^{e} ligne des tables 4.11 et 4.12). Les concentrations en polluants inorganiques dépassent rarement les VS et VI du Décret « sols ».

Les concentrations en HAP sont fréquemment inférieures aux limites de quantification dans les horizons profonds (de l'ordre de 70%, chiffres donnés dans la 4^{e} ligne de la table 4.14). Dans les horizons de surface (*cf.* table 4.13), les concentrations en HAP sont presque toujours quantifiées (à l'exception de l'Acyl, de l'Ace et du dBahA) mais sont presque toujours inférieures au VS du Décret « sols » (à l'exception du BaP : 16% des mesures dépassent les VS).

Les concentrations en BTEX et en composés organo-halogénés extractibles sont fréquemment inférieures aux limites de quantification, et ce tant dans les horizons de surface que dans les horizons profonds des sols de la zone (chiffres donnés dans la 4^{e} ligne des tables 4.15 et 4.16). On trouve des huiles minérales, des cyanures et des phénols à des concentrations faibles (presque toujours inférieures aux VS, chiffres donnés dans les lignes 5 à 8 des tables 4.15 et 4.16).

TABLE 4.9 – Propriétés générales des horizons de surface des sols de la zone d'échantillonnage de Colfontaine - OM, Argile : g/100g ; Corg : g C/kg MS ; CE : µS/cm.

	OM	Corg	Argile	pH KCl	pH H2O	CE
n obs	33	33	33	33	33	33
n manq.	0	0	0	0	0	0
Moyenne	11	62	15	5.8	6.6	120
Ecart type	5.4	31	6.2	1.3	1.3	69
Coeff. var.	0.49	0.5	0.41	0.22	0.2	0.57
Min.	2.7	15	6.6	3.3	3.8	22
perc10	4.1	24	9.4	3.5	4.2	48
perc25	6.3	37	12	5	6.2	74
Médiane	9.6	56	13	6	6.8	110
perc75	15	90	17	6.9	7.5	160
perc90	19	110	21	7.4	8.1	200
Max.	21	120	42	7.5	8.2	340
Ecart int. quart.	8.7	53	5	1.9	1.3	86
Out. Uni. H.	8 / 33	8 / 33	1 / 33	1 / 33	1 / 33	3 / 33
Out. Uni. B.	0 / 33	0 / 33	0 / 33	0 / 33	1 / 33	0 / 33
Out. Multi.	1 / 33	1 / 33	/	0 / 26	1 / 27	1 / 27

TABLE 4.10 – Propriétés générales des horizons profonds des sols de la zone d'échantillonnage de Colfontaine - OM, Argile : g/100g ; Corg : g C/kg MS ; CE : µS/cm.

	OM	Corg	Argile	pH KCl	pH H2O	CE
n obs	31	31	31	31	30	31
n manq.	0	0	0	0	1	0
Moyenne	3.1	18	15	6.2	7.5	79
Ecart type	5.4	31	14	1.4	1	58
Coeff. var.	1.7	1.7	0.93	0.23	0.13	0.73
Min.	0	0	4.7	3.3	5	19
perc10	0	0	7.1	3.8	5.7	26
perc25	0	0	8.6	5.5	7.1	32
Médiane	0.25	1.5	11	6.6	7.8	52
perc75	3.1	18	16	7.3	8.1	130
perc90	12	69	25	7.7	8.5	160
Max.	19	110	84	8	8.8	260
Ecart int. quart.	3.1	18	7.4	1.8	1	98
Out. Uni. H.	2 / 31	2 / 31	1 / 31	0 / 31	0 / 30	3 / 31
Out. Uni. B.	0 / 31	0 / 31	0 / 31	0 / 31	3 / 30	0 / 31
Out. Multi.	1 / 17	1 / 17	/	0 / 30	0 / 30	0 / 25

TABLE 4.11 – Concentrations en éléments inorganiques (mg/kg MS) dans les horizons de surface des sols de la zone d'échantillonnage de Colfontaine

	Al	Ca	Mg	Mn	Fe	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	CrVI	Cu	Hg	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	Tl	Zn
n obs	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33
n manq.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LQ (n)								0.3 (3)	0.1 (1)			0.03 (23)			1.5 (28)			0.7 (11)	0.7 (1)	1.5 (7)	1.5 (33)	
<LQ %	0	0	0	0	0	0	0	9	3	0	0	70	0	0	85	0	0	33	3	21	100	0
LQ-VR %	/	/	/	/	/	97	/	/	12	/	67	30	27	3	/	36	3	/	/	/	/	27
VR-VS %	/	/	/	/	/	3	/	/	85	/	33	0	61	97	/	64	91	/	/	/	/	55
VS-VI %	/	/	/	/	/	0	/	/	0	/	0	0	12	0	/	0	3	/	/	/	/	15
>VI %	/	/	/	/	/	0	/	/	0	/	0	0	0	0	/	0	3	/	/	/	/	3
Moyenne	15000	8600	2800	460	20000	8.5	160	0.9	0.42	11	32	0.063	34	0.2	1.2	25	83	0.98	2	5.8	1	110
Ecart type	4000	11000	710	130	5300	1.9	100	0.37	0.22	3.5	7.8	0.073	23	0.11	0.4	9.1	86	0.72	1.2	6.3	0	85
Coeff. var.	0.27	1.3	0.25	0.28	0.27	0.22	0.62	0.41	0.52	0.32	0.24	1.2	0.68	0.55	0.33	0.36	1	0.73	0.6	1.1	0	0.77
Min.	8400	480	1400	230	13000	5.7	19	0.21	0.07	3.1	19	0.021	7.7	0.045	1	8.2	24	0.49	0.49	1	1	34
perc10	11000	600	1900	290	15000	6.4	26	0.26	0.13	5.2	22	0.021	9.5	0.084	1	12	27	0.49	0.96	1	1	43
perc25	12000	3300	2300	360	16000	7.3	62	0.71	0.29	7.6	26	0.021	13	0.13	1	18	36	0.49	1.1	1.8	1	62
Médiane	15000	5400	2800	450	19000	8.2	130	0.9	0.4	11	31	0.021	30	0.16	1	26	57	0.85	1.5	4	1	95
perc75	17000	9700	3100	530	22000	9.3	220	1.1	0.53	13	36	0.095	41	0.26	1	33	92	1.1	3.3	7.1	1	120
perc90	21000	20000	4000	580	31000	11	310	1.4	0.76	15	41	0.2	78	0.38	1.7	36	190	1.5	3.8	14	1	250
Max.	26000	56000	4200	880	34000	16	400	1.6	1	17	57	0.28	89	0.43	3	43	460	4.4	4.7	32	1	420
Ecart int. quart.	5000	6400	800	170	6000	2	158	0.39	0.24	5.4	10	0.074	28	0.13	0	15	56	0.61	2.2	5.3	0	58
Out. Uni. H.	0 / 33	1 / 33	0 / 33	0 / 33	0 / 33	0 / 33	2 / 33	0 / 27	0 / 33	1 / 33	0 / 33	7 / 27	1 / 33	0 / 33	1 / 8	0 / 33	0 / 33	0 / 26	0 / 33	1 / 33	/	0 / 33
Out. Uni. B.	0 / 33	1 / 33	0 / 33	0 / 33	0 / 33	0 / 33	0 / 33	0 / 27	1 / 33	0 / 33	0 / 33	0 / 27	0 / 33	0 / 33	0 / 8	0 / 33	0 / 33	0 / 26	0 / 33	0 / 33	/	0 / 33
Out. Multi.	0 / 33	0 / 33	0 / 32	0 / 33	0 / 33	0 / 27	0 / 33	0 / 27	0 / 27	0 / 33	0 / 33	/	1 / 33	0 / 27	/	0 / 33	0 / 33	0 / 15	0 / 7	0 / 24	/	0 / 33

TABLE 4.12 – Concentrations en éléments inorganiques (mg/kg MS) dans les horizons profonds des sols de la zone d'échantillonnage de Colfontaine

	Al	Ca	Mg	Mn	Fe	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	CrVI	Cu	Hg	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	Tl	Zn
n obs	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31
n manq.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LQ (n)								0.3 (1)	0.1 (14)			0.03 (4)		0.03 (5)	1.5 (28)			0.7 (27)	0.7 (2)	1.5 (25)	1.5 (31)	
<LQ %	0	0	0	0	0	0	0	3	45	0	0	13	0	16	90	0	0	87	6	81	100	0
LQ-VR %	/	/	/	/	/	94	/	/	45	/	45	87	61	42	/	39	77	/	/	/	/	81
VR-VS %	/	/	/	/	/	6	/	/	10	/	55	0	35	42	/	58	19	/	/	/	/	16
VS-VI %	/	/	/	/	/	0	/	/	0	/	0	0	3	0	/	3	3	/	/	/	/	3
>VI %	/	/	/	/	/	0	/	/	0	/	0	0	0	0	/	0	0	/	/	/	/	0
Moyenne	18000	9300	4600	430	24000	8.2	120	0.97	0.12	11	34	0.3	21	0.06	1.3	30	31	0.59	2.1	1.7	1	56
Ecart type	5600	15000	5000	130	6200	3.1	120	0.41	0.078	5.8	9.2	0.38	19	0.048	0.87	14	56	0.3	1.5	1.8	0	36
Coeff. var.	0.31	1.6	1.1	0.3	0.26	0.38	1	0.42	0.65	0.53	0.27	1.3	0.9	0.8	0.67	0.47	1.8	0.51	0.71	1.1	0	0.64
Min.	3500	680	560	130	5900	1.4	20	0.21	0.07	4	10	0.021	1.9	0.021	1	4.8	4.6	0.49	0.49	1	1	12
perc10	11000	1200	2500	200	18000	4.5	47	0.59	0.07	7.4	24	0.021	8	0.021	1	19	10	0.49	0.78	1	1	34
perc25	13000	2200	2900	360	19000	6.2	58	0.76	0.07	8.5	26	0.1	11	0.033	1	22	12	0.49	1.2	1	1	39
Médiane	17000	3600	3700	440	24000	8.2	81	0.87	0.11	9.2	35	0.17	13	0.043	1	27	13	0.49	1.4	1	1	45
perc75	21000	16000	4400	500	27000	9.5	110	1	0.14	12	41	0.28	27	0.061	1	31	23	0.49	2.9	1	1	54
perc90	25000	19000	5800	580	33000	11	290	1.4	0.23	23	45	0.82	53	0.13	1.6	56	65	1.1	4.7	4.8	1	100
Max.	31000	79000	31000	700	38000	18	570	2.5	0.37	31	51	1.8	93	0.23	5.4	68	290	1.7	5.9	9.1	1	210
Ecart int. quart.	8000	13800	1500	140	8000	3.3	52	0.24	0.07	3.5	15	0.18	16	0.028	0	9	11	0	1.7	0	0	15
Out. Uni. H.	0 / 31	3 / 31	1 / 31	0 / 31	0 / 31	0 / 30	2 / 31	0 / 30	0 / 31	1 / 31	0 / 31	0 / 31	1 / 31	0 / 31	0 / 18	0 / 31	1 / 31	0 / 17	0 / 31	0 / 17	/	1 / 31
Out. Uni. B.	2 / 31	2 / 31	2 / 31	0 / 31	1 / 31	2 / 30	0 / 31	1 / 30	0 / 31	0 / 31	2 / 31	7 / 31	1 / 31	0 / 31	0 / 18	1 / 31	0 / 31	0 / 17	0 / 31	0 / 17	/	0 / 31
Out. Multi.	0 / 31	1 / 31	1 / 31	0 / 17	0 / 31	0 / 31	0 / 31	2 / 30	0 / 15	0 / 31	0 / 31	0 / 16	0 / 31	0 / 25	0 / 3	0 / 31	0 / 31	0 / 4	0 / 19	0 / 6	/	1 / 31

TABLE 4.13 – Concentrations en HAP (mg/kg MS) dans les horizons de surface des sols de la zone d'échantillonnage de Colfontaine

	Naph	Acyl	Ace	Fle	Phen	Ant	Fla	Pyr	BaA	Chrys	BbF	BkF	BaP	dBahA	BghiP	I123cdP	HAP16	HAP10
n obs	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33
n manq.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LQ (n)	0.003 (10)	0.015 (33)	0.003 (19)	0.003 (11)		2e-04 (1)	0.003 (1)					0.003 (1)		0.003 (13)	0.003 (2)	0.003 (1)		
<LQ %	30	100	58	33	0	3	3	0	0	0	0	3	0	39	6	3	0	0
LQ-VR %	61	0	21	33	33	30	0	0	0	0	0	9	6	18	3	0	/	/
VR-VS %	9	0	21	33	67	67	97	94	97	100	94	88	79	42	91	94	/	/
VS-VI %	0	0	0	0	0	0	0	6	3	0	3	0	15	0	0	3	/	/
>VI %	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	/	/
Moyenne	0.027	0.01	0.0082	0.0091	0.23	0.022	0.38	0.29	0.16	0.2	0.22	0.081	0.13	0.012	0.11	0.12	2	1.5
Ecart type	0.031	0	0.015	0.0087	0.26	0.024	0.54	0.39	0.21	0.26	0.3	0.11	0.17	0.014	0.19	0.15	2.6	1.9
Coeff. var.	1.1	0	1.8	0.96	1.1	1.1	1.4	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4	1.3	1.2	1.7	1.2	1.3	1.3
Min.	0.0021	0.01	0.0021	0.0021	0.017	0.00014	0.0021	0.017	0.011	0.012	0.015	0.0021	0.0036	0.0021	0.0021	0.0021	0.09	0.054
perc10	0.0021	0.01	0.0021	0.0021	0.032	0.0033	0.041	0.032	0.017	0.029	0.026	0.008	0.014	0.0021	0.008	0.021	0.24	0.18
perc25	0.0021	0.01	0.0021	0.0021	0.078	0.0083	0.12	0.087	0.05	0.07	0.075	0.025	0.04	0.0021	0.039	0.039	0.68	0.51
Médiane	0.019	0.01	0.0021	0.0065	0.16	0.015	0.25	0.19	0.11	0.13	0.16	0.057	0.089	0.0086	0.064	0.077	1.4	1.1
perc75	0.038	0.01	0.0086	0.012	0.28	0.024	0.45	0.39	0.22	0.26	0.27	0.1	0.17	0.014	0.13	0.14	2.6	1.9
perc90	0.083	0.01	0.02	0.021	0.51	0.046	0.64	0.51	0.3	0.35	0.38	0.14	0.26	0.033	0.19	0.29	3.2	2.3
Max.	0.12	0.01	0.085	0.042	1.3	0.13	2.9	2.1	1.2	1.5	1.7	0.62	0.88	0.062	1.1	0.82	14	10
Ecart int. quart.	0.0359	0	0.0065	0.0099	0.202	0.0157	0.33	0.303	0.17	0.19	0.195	0.075	0.13	0.0119	0.091	0.101	1.92	1.39
Out. Uni. H.	1 / 31	/	1 / 32	0 / 32	0 / 32	0 / 32	0 / 32	0 / 32	0 / 32	0 / 32	0 / 32	0 / 32	0 / 32	1 / 32	0 / 32	0 / 32	0 / 32	0 / 32
Out. Uni. B.	0 / 31	/	0 / 32	0 / 32	0 / 32	2 / 32	1 / 32	0 / 32	0 / 32	0 / 32	0 / 32	1 / 32	1 / 32	0 / 32	1 / 32	1 / 32	0 / 32	0 / 32
Out. Multi.	0 / 18	/	1 / 11	0 / 17	1 / 32	0 / 26	0 / 26	0 / 32	0 / 32	1 / 32	0 / 32	0 / 31	2 / 32	0 / 16	0 / 26	0 / 26	0 / 32	0 / 32

TABLE 4.14 – Concentrations en HAP (mg/kg MS) dans les horizons profonds des sols de la zone d'échantillonnage de Colfontaine

	Naph	Acyl	Ace	Fle	Phen	Ant	Fla	Pyr	BaA	Chrys	BbF	BkF	BaP	dBahA	BghiP	I123cdP	HAP16	HAP10
n obs	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31
n manq.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LQ (n)	0.003 (23)	0.015 (31)	0.003 (28)	0.003 (28)	0.003 (21)	2e-04 (22)	0.003 (22)	0.003 (23)	0.003 (22)	0.003 (21)	0.003 (23)	0.003 (25)	0.003 (24)	0.003 (27)	0.003 (27)	0.003 (27)	0.057 (23)	0.027 (22)
<LQ %	74	100	90	90	68	71	71	74	71	68	74	81	77	87	87	87	74	71
LQ-VR %	26	0	3	3	13	16	6	3	10	6	3	6	6	3	0	0	/	/
VR-VS %	0	0	6	6	19	13	23	23	19	26	23	13	16	10	13	13	/	/
VS-VI %	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	/	/
>VI %	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	/	/
Moyenne	0.0084	0.01	0.0048	0.0031	0.04	0.0034	0.038	0.028	0.019	0.03	0.024	0.0087	0.014	0.0076	0.011	0.013	0.25	0.18
Ecart type	0.014	0	0.011	0.0037	0.074	0.008	0.089	0.063	0.039	0.056	0.047	0.017	0.033	0.023	0.025	0.036	0.49	0.37
Coeff. var.	1.7	0	2.3	1.2	1.8	2.4	2.3	2.2	2.1	1.9	2	2	2.4	3	2.3	2.8	2	2.1
Min.	0.0021	0.01	0.0021	0.0021	0.0021	0.00014	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.04	0.019
perc10	0.0021	0.01	0.0021	0.0021	0.0021	0.00014	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.04	0.019
perc25	0.0021	0.01	0.0021	0.0021	0.0021	0.00014	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.04	0.019
Médiane	0.0021	0.01	0.0021	0.0021	0.0021	0.00014	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.04	0.019
perc75	0.0045	0.01	0.0021	0.0021	0.02	0.00061	0.0035	0.0088	0.0074	0.012	0.0069	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.12	0.047
perc90	0.04	0.01	0.0044	0.0063	0.18	0.015	0.22	0.17	0.11	0.13	0.13	0.044	0.058	0.011	0.049	0.052	1.3	0.98
Max.	0.045	0.01	0.061	0.021	0.27	0.037	0.33	0.23	0.14	0.22	0.17	0.07	0.16	0.12	0.1	0.18	1.8	1.3
Ecart int. quart.	0.0024	0	0	0	0.0179	0.00047	0.0014	0.0067	0.0053	0.0099	0.0048	0	0	0	0	0	0.08	0.028
Out. Uni. H.	0 / 16	/	0 / 16	0 / 16	0 / 30	0 / 30	0 / 30	0 / 16	0 / 16	0 / 30	0 / 30	0 / 16	0 / 16	1 / 16	0 / 16	0 / 16	0 / 16	0 / 16
Out. Uni. B.	0 / 16	/	0 / 16	0 / 16	0 / 30	0 / 30	0 / 30	0 / 16	0 / 16	0 / 30	0 / 30	0 / 16	0 / 16	0 / 16	0 / 16	0 / 16	0 / 16	0 / 16
Out. Multi.	0 / 8	/	1 / 3	0 / 3	0 / 9	0 / 7	0 / 7	1 / 8	1 / 9	0 / 10	0 / 8	0 / 6	1 / 7	0 / 4	0 / 4	0 / 4	0 / 7	0 / 9

TABLE 4.15 – Concentrations en polluants organiques autres que HAP (mg/kg MS) dans les horizons de surface des sols de la zone d'échantillonnage de Colfontaine

	Ben	Tolu	EBen	oXyl	mpXyl	Xyl tot	BTEX	Styr	HTP10a12	HTP12a16	HTP16a21	HTP21a30	HTP30a35	HTP35a40	HTP tot	EOX	CN tot	CN lib	CN ncd	IP
n obs	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	23	33
n manq.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0
LQ (n)	0.01 (26)	0.01 (1)	0.01 (33)	0.01 (26)	0.01 (13)	0.02 (21)	0.05 (6)	0.003 (23)	1.5 (17)	3 (8)	3 (5)	3 (4)	3 (3)	3 (22)	16 (6)	0.3 (25)	0.5 (7)	0.3 (8)	0.5 (10)	
<LQ %	79	3	100	79	39	64	18	70	52	24	15	12	9	67	18	76	21	24	43	0
LQ-VR %	21	70	0	/	/	36	/	30	6	67	76	/	/	/	/	/	/	67	/	/
VR-VS %	0	27	0	/	/	0	/	0	39	9	9	/	/	/	/	/	/	9	/	/
VS-VI %	0	0	0	/	/	0	/	0	3	0	0	/	/	/	/	/	/	0	/	/
>VI %	0	0	0	/	/	0	/	0	0	0	0	/	/	/	/	/	/	0	/	/
Moyenne	0.0086	0.18	0.007	0.0079	0.015	0.02	0.2	0.003	3.5	7.9	7.6	11	7.8	3	38	0.76	1	0.57	0.59	0.076
Ecart type	0.0033	0.22	0	0.0019	0.011	0.011	0.22	0.0014	3.5	6.2	5.6	8.1	4.5	2.1	24	2.8	0.57	0.31	0.24	0.098
Coeff. var.	0.38	1.2	0	0.24	0.73	0.55	1.1	0.47	1	0.78	0.74	0.74	0.58	0.7	0.63	3.7	0.57	0.54	0.41	1.3
Min.	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.014	0.035	0.0021	1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	12	0.21	0.35	0.21	0.35	0.011
perc10	0.007	0.021	0.007	0.007	0.007	0.014	0.035	0.0021	1	2.1	2.1	2.1	2.5	2.1	12	0.21	0.35	0.21	0.35	0.022
perc25	0.007	0.04	0.007	0.007	0.007	0.014	0.057	0.0021	1	3	4.2	4.9	5.5	2.1	20	0.21	0.54	0.26	0.35	0.032
Médiane	0.007	0.088	0.007	0.007	0.012	0.014	0.12	0.0021	1	5.8	5.9	8.8	7.1	2.1	32	0.21	0.96	0.49	0.54	0.044
perc75	0.007	0.23	0.007	0.007	0.021	0.023	0.25	0.0039	4.7	11	9.2	16	9.1	3.4	53	0.28	1.5	0.83	0.84	0.069
perc90	0.015	0.64	0.007	0.012	0.029	0.033	0.67	0.0054	9.6	19	16	26	14	4.9	76	0.54	1.9	1	0.96	0.22
Max.	0.019	0.82	0.007	0.013	0.052	0.065	0.87	0.0072	13	26	27	30	25	13	100	16	2.1	1.3	1	0.46
Ecart int. quart.	0	0.19	0	0	0.014	0.009	0.193	0.0018	3.7	8	5	11.1	3.6	1.3	33	0.07	0.96	0.57	0.49	0.037
Out. Uni. H.	1 / 19	2 / 32	/	2 / 6	5 / 29	3 / 26	3 / 32	1 / 26	3 / 27	13 / 26	5 / 26	0 / 32	0 / 32	2 / 22	3 / 32	1 / 7	2 / 32	5 / 32	1 / 10	0 / 32
Out. Uni. B.	0 / 19	0 / 32	/	0 / 6	0 / 29	0 / 26	0 / 32	0 / 26	0 / 27	0 / 26	0 / 26	0 / 32	0 / 32	0 / 22	0 / 32	0 / 7	0 / 32	0 / 32	0 / 10	1 / 32
Out. Multi.	0 / 3	0 / 20	/	0 / 3	1 / 11	0 / 6	0 / 20	/	0 / 3	0 / 20	0 / 22	0 / 23	0 / 24	0 / 5	0 / 22	/	0 / 16	0 / 16	0 / 9	0 / 13

TABLE 4.16 – Concentrations en polluants organiques autres que HAP (mg/kg MS) dans les horizons profonds des sols de la zone d'échantillonnage de Colfontaine

	Ben	Tolu	EBen	oXyl	mpXyl	Xyl tot	BTEX	Styr	HTP10a12	HTP12a16	HTP16a21	HTP21a30	HTP30a35	HTP35a40	HTP tot	EOX	CN tot	CN lib	CN ncd	IP
n obs	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	1	31
n manq.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	0
LQ (n)	0.01 (30)	0.01 (16)	0.01 (30)	0.01 (22)	0.01 (28)	0.02 (28)	0.05 (24)	0.003 (30)	1.5 (5)	3 (8)	3 (15)	3 (20)	3 (6)	3 (24)	16 (16)	0.3 (31)	0.5 (30)	0.3 (30)	0.5 (1)	0.003 (17)
<LQ %	97	52	97	71	90	90	77	97	16	26	48	65	19	77	52	100	97	97	100	55
LQ-VR %	3	42	3	/	/	10	/	3	3	71	48	/	/	/	/	/	/	3	/	/
VR-VS %	0	6	0	/	/	0	/	0	77	3	3	/	/	/	/	/	/	0	/	/
VS-VI %	0	0	0	/	/	0	/	0	3	0	0	/	/	/	/	/	/	0	/	/
>VI %	0	0	0	/	/	0	/	0	0	0	0	/	/	/	/	/	/	0	/	/
Moyenne	0.0075	0.052	0.0072	0.0083	0.0088	0.016	0.075	0.0021	4.5	6.6	5.4	4.8	4.5	2.4	24	0.21	0.35	0.21	0.35	0.0055
Ecart type	0.0029	0.11	0.0013	0.0025	0.0065	0.0086	0.11	0.00017	2.7	6.2	4.9	4.8	2	0.63	19	0	0.028	0.021	/	0.0059
Coeff. var.	0.39	2.1	0.18	0.3	0.74	0.54	1.5	0.081	0.6	0.94	0.91	1	0.44	0.26	0.79	0	0.08	0.1	/	1.1
Min.	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.014	0.035	0.0021	1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	12	0.21	0.35	0.21	0.35	0.0021
perc10	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.014	0.035	0.0021	1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	12	0.21	0.35	0.21	0.35	0.0021
perc25	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.014	0.035	0.0021	3	2.1	2.1	2.1	3.1	2.1	12	0.21	0.35	0.21	0.35	0.0021
Médiane	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.014	0.035	0.0021	4.4	4.8	3.1	2.1	4.2	2.1	12	0.21	0.35	0.21	0.35	0.0021
perc75	0.007	0.048	0.007	0.01	0.007	0.014	0.035	0.0021	5.1	7.2	7	6.1	6.3	2.1	29	0.21	0.35	0.21	0.35	0.008
perc90	0.007	0.17	0.007	0.011	0.0095	0.019	0.17	0.0021	8.3	15	12	14	7.5	3.7	48	0.21	0.35	0.21	0.35	0.012
Max.	0.023	0.53	0.014	0.019	0.034	0.053	0.59	0.0031	14	32	22	18	9.9	4.1	96	0.21	0.5	0.33	0.35	0.031
Ecart int. quart.	0	0.041	0	0.003	0	0	0	0	2.1	5.1	4.9	4	3.2	0	17	0	0	0	0	0.0059
Out. Uni. H.	0 / 16	0 / 30	/	1 / 6	0 / 16	0 / 16	1 / 16	0 / 16	0 / 29	7 / 30	4 / 30	0 / 30	1 / 30	0 / 16	1 / 30	/	0 / 16	/	/	3 / 30
Out. Uni. B.	0 / 16	0 / 30	/	0 / 6	0 / 16	0 / 16	0 / 16	0 / 16	0 / 29	0 / 30	0 / 30	0 / 30	0 / 30	0 / 16	0 / 30	/	0 / 16	/	/	0 / 30
Out. Multi.	0 / 1	0 / 6	/	/	0 / 2	0 / 2	0 / 7	0 / 1	0 / 11	0 / 12	1 / 16	0 / 8	0 / 22	0 / 6	0 / 13	/	/	/	/	0 / 6

4.1.2.2 Zone d'échantillonnage de La Louvière

Les caractéristiques pédologiques, les concentrations en éléments inorganiques et en polluants organiques de la zone d'échantillonnage de La Louvière sont décrites dans les tables 4.17, 4.18, 4.19, 4.20, 4.21, 4.22, 4.23 et 4.24.

Les concentrations en As, Be, Hg, Mo, Sb, Sn et Tl sont généralement inférieures aux limites de quantification tant dans les horizons de surface que dans les horizons profonds (plus de 70% des analyses inférieures aux LQ, chiffres donnés dans la 4^{e} ligne des tables 4.19 et 4.20). Les concentrations en polluants inorganiques dépassent rarement les VS et VI du Décret « sols ».

Les concentrations en HAP sont généralement inférieures aux limites de quantification dans les horizons profonds (de l'ordre de 80%, chiffres donnés dans la 4^{e} ligne de la table 4.22). Dans les horizons de surface (*cf.* table 4.21), les concentrations en HAP sont généralement quantifiées (à l'exception du Naph, de l'Acyl, de l'Ace et du Fle) mais sont presque toujours inférieures au VS du Décret « sols ».

Les concentrations en BTEX et les composés organo-halogénés extractibles sont fréquemment inférieures aux limites de quantification, et ce tant dans les horizons de surface que dans les horizons profonds des sols de la zone (de l'ordre de 90%, chiffres donnés dans la 4^{e} ligne des tables 4.23 et 4.24). De même, les huiles minérales et les cyanures se trouvent généralement (de l'ordre de 70% des résultats analytiques) à des concentrations inférieures aux limites de quantification (à l'exception de HTP10a12 présent à des concentrations faibles au regard des valeurs normatives). L'indice phénol (IP, dernière colonne des tables 4.23 et 4.24) médian des horizons de surface est de 0.032 mg/kg MS tandis qu'en profondeur, 69% des résultats sont inférieurs aux limites de quantification.

TABLE 4.17 – Propriétés générales des horizons de surface des sols de la zone d'échantillonnage de La Louvière - OM, Argile : g/100g ; Corg : g C/kg MS ; CE : µS/cm.

	OM	Corg	Argile	pH KCl	pH H2O	CE
n obs	49	49	44	37	15	3
n manq.	0	0	5	12	34	46
Moyenne	5.3	31	17	5.9	7.2	66
Ecart type	2.8	16	5	0.89	0.67	17
Coeff. var.	0.53	0.52	0.29	0.15	0.093	0.26
Min.	2.2	13	1.8	4.6	6.3	46
perc10	2.4	14	11	4.7	6.4	46
perc25	3.2	19	14	5.1	6.6	46
Médiane	4.6	27	17	5.9	7.2	73
perc75	6.2	36	20	6.5	7.9	78
perc90	10	58	23	7.2	8.3	78
Max.	14	79	30	7.6	8.7	78
Ecart int. quart.	3	17	6	1.4	1.3	32
Out. Uni. H.	1 / 49	1 / 49	0 / 44	0 / 35	0 / 15	0 / 3
Out. Uni. B.	0 / 49	0 / 49	1 / 44	0 / 35	0 / 15	0 / 3
Out. Multi.	0 / 44	0 / 44	/	0 / 34	1 / 15	0 / 2

TABLE 4.18 – Propriétés générales des horizons profonds des sols de la zone d'échantillonnage de La Louvière - OM, Argile : g/100g ; Corg : g C/kg MS ; CE : µS/cm.

	OM	Corg	Argile	pH KCl	pH H2O	CE
n obs	42	42	38	27	7	3
n manq.	0	0	4	15	35	39
Moyenne	2.4	14	20	6	8.1	33
Ecart type	9.1	52	8.3	0.85	0.21	19
Coeff. var.	3.8	3.7	0.42	0.14	0.026	0.58
Min.	0	0	0.7	3.9	7.8	16
perc10	0.03	0.6	9.3	4.9	7.8	16
perc25	0.2	1	16	5.4	8	16
Médiane	0.45	3	21	6	8.2	31
perc75	0.8	4	24	6.8	8.3	53
perc90	4.9	28	29	7.1	8.4	53
Max.	59	340	43	7.6	8.4	53
Ecart int. quart.	0.6	3	8	1.4	0.3	37
Out. Uni. H.	1 / 42	1 / 42	1 / 38	0 / 25	0 / 7	0 / 3
Out. Uni. B.	0 / 42	0 / 42	0 / 38	0 / 25	0 / 7	0 / 3
Out. Multi.	1 / 15	1 / 15	/	0 / 23	0 / 7	0 / 2

TABLE 4.19 – Concentrations en éléments inorganiques (mg/kg MS) dans les horizons de surface des sols de la zone d'échantillonnage de La Louvière

	Al	Ca	Mg	Mn	Fe	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	CrVI	Cu	Hg	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	Tl	Zn
n obs	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	10	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46
n manq.	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	39	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
LQ (n)						10 (37)		1 (45)	0.4 (27)	2 (2)		0.1 (4)		0.1 (33)	5 (46)			2 (45)	2 (19)	5 (45)	5 (46)	
<LQ %	0	0	0	0	0	80	0	98	59	4	0	40	0	72	100	0	0	98	41	98	100	0
LQ-VR %	/	/	/	/	/	4	/	/	0	/	70	60	24	0	/	80	20	/	/	/	/	33
VR-VS %	/	/	/	/	/	13	/	/	41	/	30	0	74	28	/	20	80	/	/	/	/	65
VS-VI %	/	/	/	/	/	2	/	/	0	/	0	0	2	0	/	0	0	/	/	/	/	2
>VI %	/	/	/	/	/	0	/	/	0	/	0	0	0	0	/	0	0	/	/	/	/	0
Moyenne	13000	4200	2700	440	20000	8.8	66	0.71	0.37	8.4	31	0.22	20	0.096	3.5	19	39	1.4	3.4	3.6	3.5	83
Ecart type	2900	2100	680	110	4500	6.3	16	0.059	0.13	2.6	6.6	0.19	12	0.061	0	5.8	22	0.12	1.9	0.35	0	34
Coeff. var.	0.22	0.5	0.25	0.25	0.23	0.72	0.24	0.083	0.35	0.31	0.21	0.86	0.6	0.64	0	0.31	0.56	0.086	0.56	0.097	0	0.41
Min.	5500	1600	1200	130	9400	7	29	0.7	0.28	1.4	18	0.07	6.4	0.07	3.5	8.6	12	1.4	1.4	3.5	3.5	34
perc10	9100	2300	2000	310	14000	7	45	0.7	0.28	5.6	24	0.07	9.8	0.07	3.5	12	20	1.4	1.4	3.5	3.5	46
perc25	11000	2800	2300	390	16000	7	56	0.7	0.28	7.4	26	0.07	14	0.07	3.5	15	25	1.4	1.4	3.5	3.5	58
Médiane	13000	3500	2600	460	20000	7	66	0.7	0.28	8.6	30	0.2	18	0.07	3.5	19	32	1.4	3.7	3.5	3.5	74
perc75	15000	4800	3200	500	23000	7	76	0.7	0.44	9.1	35	0.29	22	0.11	3.5	23	47	1.4	5.1	3.5	3.5	95
perc90	16000	7100	3700	530	26000	13	89	0.7	0.58	11	39	0.64	31	0.14	3.5	25	66	1.4	5.8	3.5	3.5	130
Max.	20000	11000	4400	800	29000	48	110	1.1	0.78	20	50	0.66	69	0.4	3.5	42	140	2.2	7.1	5.9	3.5	190
Ecart int. quart.	4000	2000	900	110	7000	0	20	0	0.16	1.7	9	0.22	8	0.04	0	8	22	0	3.7	0	0	37
Out. Uni. H.	0 / 46	0 / 46	0 / 46	0 / 46	0 / 46	1 / 46	0 / 46	0 / 31	0 / 19	0 / 46	2 / 46	6 / 10	1 / 46	0 / 13	0 / 5	0 / 46	0 / 46	0 / 15	0 / 45	0 / 46	/	0 / 46
Out. Uni. B.	1 / 46	0 / 46	1 / 46	2 / 46	1 / 46	0 / 46	2 / 46	0 / 31	0 / 19	2 / 46	0 / 46	0 / 10	2 / 46	0 / 13	0 / 5	2 / 46	0 / 46	0 / 15	0 / 45	0 / 46	/	0 / 46
Out. Multi.	0 / 46	0 / 46	0 / 46	0 / 46	0 / 46	1 / 9	0 / 46	0 / 1	0 / 18	0 / 44	2 / 45	/	1 / 46	1 / 12	/	0 / 46	0 / 46	0 / 1	0 / 18	0 / 1	/	1 / 46

TABLE 4.20 – Concentrations en éléments inorganiques (mg/kg MS) dans les horizons profonds des sols de la zone d'échantillonnage de La Louvière

	Al	Ca	Mg	Mn	Fe	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	CrVI	Cu	Hg	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	Tl	Zn
n obs	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	19	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
n manq.	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	23	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
LQ (n)						10 (32)	5 (1)	1 (34)	0.4 (38)	2 (2)		0.1 (2)	3 (2)	0.1 (37)	5 (40)	2 (2)	3 (11)	2 (40)	2 (14)	5 (38)	5 (40)	10 (1)
<LQ %	0	0	0	0	0	80	2	85	95	5	0	11	5	92	100	5	28	100	35	95	100	2
LQ-VR %	/	/	/	/	/	12	/	/	0	/	48	89	52	0	/	45	62	/	/	/	/	85
VR-VS %	/	/	/	/	/	5	/	/	2	/	50	0	42	8	/	48	10	/	/	/	/	8
VS-VI %	/	/	/	/	/	2	/	/	2	/	0	0	0	0	/	2	0	/	/	/	/	2
>VI %	/	/	/	/	/	0	/	/	0	/	2	0	0	0	/	0	0	/	/	/	/	2
Moyenne	16000	6900	3500	460	25000	8.7	65	0.84	0.34	11	37	0.58	17	0.09	3.5	25	20	1.4	4.3	4.3	3.5	90
Ecart type	5100	10000	1300	420	17000	6.3	27	0.56	0.31	16	26	0.25	18	0.09	0	20	41	0	4	4.2	0	260
Coeff. var.	0.32	1.4	0.37	0.91	0.68	0.72	0.42	0.67	0.91	1.5	0.7	0.43	1.1	1	0	0.8	2	0	0.93	0.98	0	2.9
Min.	3200	740	860	22	7600	7	3.5	0.7	0.28	1.4	11	0.07	2.1	0.07	3.5	1.4	2.1	1.4	1.4	3.5	3.5	7
perc10	8100	2400	1700	79	14000	7	35	0.7	0.28	6.2	23	0.07	6.4	0.07	3.5	12	2.1	1.4	1.4	3.5	3.5	26
perc25	13000	2800	2400	310	18000	7	48	0.7	0.28	7.4	29	0.47	9	0.07	3.5	18	2.1	1.4	1.4	3.5	3.5	34
Médiane	16000	3400	3600	430	22000	7	63	0.7	0.28	9.4	34	0.6	12	0.07	3.5	23	13	1.4	3.5	3.5	3.5	43
perc75	19000	4200	4600	520	27000	7	80	0.7	0.28	11	38	0.73	15	0.07	3.5	28	16	1.4	5.9	3.5	3.5	51
perc90	22000	20000	5000	720	32000	11	93	1.1	0.28	12	43	0.95	33	0.07	3.5	34	31	1.4	7.1	3.5	3.5	74
Max.	23000	45000	7100	2800	120000	46	150	4.2	2.1	110	190	0.99	100	0.61	3.5	140	260	1.4	25	30	3.5	1700
Ecart int. quart.	6000	1400	2200	210	9000	0	32	0	0	3.6	9	0.26	6	0	0	10	13.9	0	4.5	0	0	17
Out. Uni. H.	0 / 40	3 / 40	0 / 40	1 / 40	1 / 40	1 / 27	0 / 40	1 / 26	1 / 40	1 / 40	1 / 40	0 / 19	0 / 40	0 / 40	0 / 14	1 / 40	1 / 32	0 / 15	1 / 40	0 / 15	/	2 / 40
Out. Uni. B.	3 / 40	1 / 40	2 / 40	4 / 40	3 / 40	0 / 27	3 / 40	0 / 26	0 / 40	2 / 40	2 / 40	1 / 19	2 / 40	0 / 40	0 / 14	4 / 40	0 / 32	0 / 15	0 / 40	0 / 15	/	1 / 40
Out. Multi.	1 / 40	0 / 31	0 / 38	0 / 15	2 / 39	0 / 8	1 / 39	1 / 6	0 / 1	1 / 38	0 / 38	0 / 2	0 / 38	0 / 3	/	1 / 38	1 / 29	/	0 / 4	0 / 2	/	2 / 38

TABLE 4.21 – Concentrations en HAP (mg/kg MS) dans les horizons de surface des sols de la zone d'échantillonnage de La Louvière

	Naph	Acyl	Ace	Fle	Phen	Ant	Fla	Pyr	BaA	Chrys	BbF	BkF	BaP	dBahA	BghiP	I123cdP	HAP16	HAP10
n obs	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48
n manq.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
LQ (n)	0.01 (7), 0.003 (23)	0.05 (9), 0.015 (39)	0.01 (7), 0.003 (24)	0.01 (7), 0.003 (19)	0.01 (2)	0.005 (5), 2e-04 (4)	0.01 (1)	0.01 (1)	0.01 (2)		0.01 (1)	0.01 (3)	0.01 (2)	0.01 (6), 0.003 (14)	0.01 (3), 0.003 (6)	0.01 (3), 0.003 (10)	0.2 (3)	0.095 (3)
<LQ %	62	100	65	54	4	19	2	2	4	0	2	6	4	42	19	27	6	6
LQ-VR %	35	0	27	38	75	52	0	2	0	0	0	2	0	29	2	2	/	/
VR-VS %	2	0	8	8	21	29	98	96	96	100	98	92	94	29	79	71	/	/
VS-VI %	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	/	/
>VI %	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	/	/
Moyenne	0.009	0.015	0.0069	0.0063	0.084	0.012	0.16	0.11	0.071	0.084	0.096	0.037	0.07	0.0091	0.042	0.052	0.84	0.61
Ecart type	0.016	0.0097	0.017	0.0097	0.11	0.024	0.18	0.14	0.11	0.098	0.11	0.048	0.095	0.011	0.055	0.067	1.1	0.79
Coeff. var.	1.8	0.65	2.5	1.5	1.3	2	1.1	1.3	1.5	1.2	1.1	1.3	1.4	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3
Min.	0.0021	0.01	0.0021	0.0021	0.007	0.00014	0.007	0.0068	0.007	0.011	0.007	0.007	0.007	0.0021	0.0021	0.0021	0.14	0.066
perc10	0.0021	0.01	0.0021	0.0021	0.023	0.0014	0.04	0.026	0.019	0.025	0.028	0.011	0.018	0.0021	0.0021	0.0021	0.2	0.15
perc25	0.0021	0.01	0.0021	0.0021	0.033	0.0035	0.07	0.039	0.029	0.037	0.045	0.016	0.031	0.0021	0.013	0.007	0.36	0.26
Médiane	0.0043	0.01	0.0026	0.0045	0.05	0.0057	0.094	0.065	0.037	0.051	0.056	0.021	0.038	0.0066	0.026	0.035	0.47	0.34
perc75	0.0087	0.01	0.007	0.007	0.088	0.013	0.17	0.11	0.07	0.092	0.1	0.036	0.068	0.011	0.047	0.069	0.86	0.63
perc90	0.022	0.035	0.0089	0.0093	0.17	0.024	0.36	0.24	0.14	0.16	0.19	0.074	0.13	0.02	0.082	0.12	1.7	1.2
Max.	0.11	0.035	0.12	0.068	0.7	0.16	1.1	0.81	0.7	0.63	0.72	0.31	0.57	0.068	0.32	0.39	6.7	4.9
Ecart int. quart.	0.0066	0	0.0049	0.0049	0.055	0.0095	0.1	0.071	0.041	0.055	0.055	0.02	0.037	0.0089	0.034	0.062	0.5	0.37
Out. Uni. H.	0 / 47	/	1 / 48	0 / 48	0 / 48	0 / 43	0 / 48	0 / 48	0 / 48	0 / 48	0 / 48	0 / 48	0 / 48	0 / 48	0 / 48	0 / 44	0 / 48	0 / 48
Out. Uni. B.	0 / 47	/	0 / 48	0 / 48	2 / 48	4 / 43	1 / 48	0 / 48	1 / 48	0 / 48	1 / 48	1 / 48	1 / 48	0 / 48	9 / 48	9 / 44	1 / 48	1 / 48
Out. Multi.	0 / 18	/	2 / 16	0 / 21	0 / 46	1 / 38	0 / 46	2 / 47	0 / 46	0 / 48	1 / 47	0 / 45	0 / 46	2 / 27	1 / 38	0 / 34	0 / 45	0 / 45

TABLE 4.22 – Concentrations en HAP (mg/kg MS) dans les horizons profonds des sols de la zone d'échantillonnage de La Louvière

	Naph	Acyl	Ace	Fle	Phen	Ant	Fla	Pyr	BaA	Chrys	BbF	BkF	BaP	dBahA	BghiP	I123cdP	HAP16	HAP10
n obs	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
n manq.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LQ (n)	0.01 (8), 0.003 (29)	0.05 (9), 0.015 (33)	0.01 (8), 0.003 (30)	0.01 (8), 0.003 (30)	0.01 (8), 0.003 (25)	0.005 (8), 2e-04 (24)	0.01 (8), 0.003 (26)	0.01 (8), 0.003 (27)	0.01 (8), 0.003 (27)	0.01 (8), 0.003 (15)	0.01 (8), 0.003 (22)	0.01 (8), 0.003 (28)	0.01 (8), 0.003 (27)	0.01 (8), 0.003 (28)	0.01 (8), 0.003 (25)	0.01 (8), 0.003 (27)	0.2 (8), 0.057 (27)	0.095 (8), 0.027 (24)
<LQ %	88	100	90	90	79	76	81	83	83	55	71	86	83	86	79	83	83	76
LQ-VR %	10	0	0	0	12	14	2	5	5	29	7	5	5	5	5	0	/	/
VR-VS %	2	0	10	10	10	10	17	12	7	17	17	10	10	10	17	17	/	/
VS-VI %	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	5	0	2	0	0	0	/	/
>VI %	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	/	/
Moyenne	0.014	0.016	0.0097	0.011	0.12	0.022	0.2	0.14	0.086	0.082	0.073	0.047	0.07	0.0099	0.044	0.048	0.98	0.73
Ecart type	0.047	0.01	0.026	0.028	0.46	0.078	0.79	0.52	0.3	0.28	0.23	0.18	0.23	0.024	0.14	0.16	3.4	2.6
Coeff. var.	3.4	0.62	2.7	2.5	3.8	3.5	4	3.7	3.5	3.4	3.2	3.8	3.3	2.4	3.2	3.3	3.5	3.6
Min.	0.0021	0.01	0.0021	0.0021	0.0021	0.00014	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.04	0.019
perc10	0.0021	0.01	0.0021	0.0021	0.0021	0.00014	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.04	0.019
perc25	0.0021	0.01	0.0021	0.0021	0.0021	0.00014	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.04	0.019
Médiane	0.0021	0.01	0.0021	0.0021	0.0021	0.00014	0.0021	0.0021	0.0021	0.0051	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.04	0.019
perc75	0.007	0.01	0.007	0.007	0.007	0.0035	0.007	0.007	0.007	0.007	0.0071	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.14	0.066
perc90	0.031	0.035	0.023	0.022	0.34	0.052	0.51	0.39	0.2	0.21	0.21	0.091	0.27	0.022	0.15	0.12	2.7	2
Max.	0.29	0.035	0.16	0.15	2.7	0.4	4.8	3	1.6	1.5	1	1.1	1.2	0.13	0.7	0.74	19	15
Ecart int. quart.	0.0049	0	0.0049	0.0049	0.0049	0.00336	0.0049	0.0049	0.0049	0.0049	0.005	0.0049	0.0049	0.0049	0.0049	0.0049	0.1	0.047
Out. Uni. H.	2 / 15	/	1 / 15	3 / 15	2 / 42	1 / 42	2 / 42	0 / 15	0 / 15	0 / 42	5 / 42	1 / 15	0 / 15	1 / 15	2 / 15	3 / 15	1 / 15	1 / 15
Out. Uni. B.	0 / 15	/	0 / 15	0 / 15	0 / 42	0 / 42	0 / 42	0 / 15	0 / 15	0 / 42	0 / 42	0 / 15	0 / 15	0 / 15	0 / 15	0 / 15	0 / 15	0 / 15
Out. Multi.	0 / 5	/	0 / 4	0 / 4	0 / 7	0 / 6	1 / 7	0 / 6	0 / 7	0 / 19	0 / 8	0 / 6	0 / 7	0 / 6	0 / 6	0 / 5	0 / 6	0 / 7

TABLE 4.23 – Concentrations en polluants organiques autres que HAP (mg/kg MS) dans les horizons de surface des sols de la zone d'échantillonnage de La Louvière

	Ben	Tolu	EBen	oXyl	mpXyl	Xyl tot	BTEX	Styr	HTP10a12	HTP12a16	HTP16a21	HTP21a30	HTP30a35	HTP35a40	HTP tot	EOX	CN tot	CN lib	CN ncd	IP
n obs	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	19	48
n manq.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	30	1
LQ (n)	0.05 (9), 0.01 (27)	0.05 (9), 0.01 (22)	0.05 (9), 0.01 (37)	0.05 (9), 0.01 (37)	0.05 (9), 0.01 (39)	0.1 (9), 0.02 (37)	0.25 (9), 0.05 (37)	0.05 (9), 0.003 (39)	3 (1), 1.5 (6)	5 (9), 3 (12)	6 (9), 3 (21)	12 (9), 3 (13)	6 (8), 3 (25)	6 (9), 3 (35)	38 (9), 16 (19)	0.3 (38), 0.1 (8)	1 (9), 0.5 (18)	1 (9), 0.3 (17)	0.5 (15)	0.01 (1)
<LQ %	75	65	96	96	100	96	96	100	15	44	62	46	69	92	58	96	56	54	79	2
LQ-VR %	25	35	4	/	/	4	/	0	10	54	38	/	/	/	/	/	/	46	/	/
VR-VS %	0	0	0	/	/	0	/	0	71	2	0	/	/	/	/	/	/	0	/	/
VS-VI %	0	0	0	/	/	0	/	0	4	0	0	/	/	/	/	/	/	0	/	/
>VI %	0	0	0	/	/	0	/	0	0	0	0	/	/	/	/	/	/	0	/	/
Moyenne	0.013	0.02	0.013	0.013	0.012	0.025	0.064	0.0083	5	3.9	3.7	4.9	3.2	3.6	20	0.19	0.61	0.42	0.42	0.043
Ecart type	0.011	0.019	0.011	0.011	0.011	0.022	0.056	0.013	2.6	2.5	2.2	2.5	1.5	6.6	8.7	0.06	0.27	0.2	0.13	0.032
Coeff. var.	0.85	0.95	0.85	0.85	0.92	0.88	0.88	1.6	0.52	0.64	0.59	0.51	0.47	1.8	0.43	0.32	0.44	0.48	0.31	0.74
Min.	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.014	0.035	0.0021	1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	12	0.07	0.35	0.21	0.35	0.007
perc10	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.014	0.035	0.0021	1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	12	0.07	0.35	0.21	0.35	0.015
perc25	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.014	0.035	0.0021	2.4	2.4	2.1	2.1	2.1	2.1	12	0.21	0.35	0.21	0.35	0.02
Médiane	0.007	0.011	0.007	0.007	0.007	0.014	0.035	0.0021	5.8	3.5	3.4	4.1	2.1	2.1	19	0.21	0.6	0.39	0.35	0.032
perc75	0.013	0.035	0.007	0.007	0.007	0.014	0.035	0.0021	6.6	4.2	4.2	7.6	4.2	4.1	27	0.21	0.7	0.66	0.35	0.062
perc90	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.07	0.17	0.035	7.6	4.7	5.6	8.4	4.4	4.2	29	0.21	1.2	0.7	0.68	0.087
Max.	0.035	0.11	0.035	0.035	0.035	0.07	0.17	0.035	14	18	13	9.9	8.1	48	48	0.38	1.3	0.81	0.77	0.14
Ecart int. quart.	0.006	0.028	0	0	0	0	0	0	4.2	1.8	2.1	5.5	2.1	2	15	0	0.35	0.45	0	0.042
Out. Uni. H.	2 / 22	0 / 48	/	2 / 2	0 / 16	0 / 47	0 / 48	0 / 47	4 / 41	3 / 47	1 / 47	0 / 48	0 / 48	3 / 18	0 / 48	0 / 2	0 / 48	1 / 48	0 / 8	0 / 48
Out. Uni. B.	0 / 22	0 / 48	/	0 / 2	0 / 16	0 / 47	0 / 48	0 / 47	0 / 41	0 / 47	0 / 47	0 / 48	0 / 48	0 / 18	0 / 48	1 / 2	0 / 48	0 / 48	0 / 8	2 / 48
Out. Multi.	0 / 4	0 / 8	/	/	/	/	0 / 2	/	0 / 1	1 / 26	1 / 17	0 / 25	0 / 15	0 / 1	0 / 19	/	0 / 18	0 / 19	0 / 3	0 / 11

TABLE 4.24 – Concentrations en polluants organiques autres que HAP (mg/kg MS) dans les horizons profonds des sols de la zone d'échantillonnage de La Louvière

	Ben	Tolu	EBen	oXyl	mpXyl	Xyl tot	BTEX	Styr	HTP10a12	HTP12a16	HTP16a21	HTP21a30	HTP30a35	HTP35a40	HTP tot	EOX	CN tot	CN lib	CN ncd	IP
n obs	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	0	42
n manq.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42	0
LQ (n)	0.05 (9), 0.01 (23)	0.05 (8), 0.01 (30)	0.05 (9), 0.01 (33)	0.05 (9), 0.01 (33)	0.05 (9), 0.01 (32)	0.1 (9), 0.02 (33)	0.25 (9), 0.05 (32)	0.05 (9), 0.003 (33)	3 (2), 1.5 (3)	5 (8), 3 (14)	6 (8), 3 (21)	12 (8), 3 (24)	6 (8), 3 (26)	6 (9), 3 (32)	38 (8), 16 (25)	0.3 (33), 0.1 (9)	1 (9), 0.5 (33)	1 (9), 0.3 (33)		0.01 (9), 0.003 (20)
<LQ %	76	90	100	100	98	100	98	100	12	52	69	76	81	98	79	100	100	100	/	69
LQ-VR %	24	7	0	/	/	0	/	0	5	48	29	/	/	/	/	/	/	0	/	/
VR-VS %	0	2	0	/	/	0	/	0	74	0	2	/	/	/	/	/	/	0	/	/
VS-VI %	0	0	0	/	/	0	/	0	10	0	0	/	/	/	/	/	/	0	/	/
>VI %	0	0	0	/	/	0	/	0	0	0	0	/	/	/	/	/	/	0	/	/
Moyenne	0.014	0.025	0.013	0.013	0.013	0.026	0.076	0.0091	5.8	3.3	4.3	5.4	3.1	2.6	19	0.18	0.42	0.32	/	0.0044
Ecart type	0.011	0.073	0.012	0.012	0.012	0.023	0.088	0.014	5.3	1.4	6.3	5.3	1.5	0.89	10	0.058	0.15	0.2	/	0.0029
Coeff. var.	0.79	2.9	0.92	0.92	0.92	0.88	1.2	1.5	0.91	0.42	1.5	0.98	0.48	0.34	0.53	0.32	0.36	0.62	/	0.66
Min.	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.014	0.035	0.0021	1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	12	0.07	0.35	0.21	/	0.0021
perc10	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.014	0.035	0.0021	1.8	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	12	0.07	0.35	0.21	/	0.0021
perc25	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.014	0.035	0.0021	2.8	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	12	0.21	0.35	0.21	/	0.0021
Médiane	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.014	0.035	0.0021	5.3	3.3	2.6	2.1	2.1	2.1	12	0.21	0.35	0.21	/	0.0032
perc75	0.012	0.035	0.007	0.007	0.0086	0.014	0.07	0.0021	6.5	3.6	4.2	8.4	4.2	2.5	27	0.21	0.35	0.21	/	0.007
perc90	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.07	0.17	0.035	8.1	4.3	6	9.4	5.3	4.2	32	0.21	0.7	0.7	/	0.009
Max.	0.035	0.48	0.035	0.035	0.035	0.07	0.49	0.035	35	10	43	29	6.9	4.2	52	0.21	0.7	0.7	/	0.012
Ecart int. quart.	0.005	0.028	0	0	0.0016	0	0.035	0	3.7	1.5	2.1	6.3	2.1	0.4	15	0	0	0	/	0.0049
Out. Uni. H.	0 / 15	0 / 42	/	/	0 / 15	0 / 15	1 / 15	0 / 15	3 / 39	1 / 42	2 / 42	3 / 42	2 / 42	0 / 15	3 / 42	/	0 / 15	/	/	1 / 42
Out. Uni. B.	0 / 15	0 / 42	/	/	0 / 15	0 / 15	0 / 15	0 / 15	0 / 39	0 / 42	0 / 42	0 / 42	0 / 42	0 / 15	0 / 42	/	0 / 15	/	/	0 / 42
Out. Multi.	0 / 4	/	/	/	/	/	0 / 1	/	0 / 3	0 / 11	1 / 13	0 / 6	0 / 8	/	0 / 9	/	/	/	/	/

4.1.2.3 Zone d'échantillonnage de Charleroi-Châtelet

Les caractéristiques pédologiques, les concentrations en éléments inorganiques et en polluants organiques de la zone d'échantillonnage de Charleroi-Châtelet sont décrites dans les tables 4.25, 4.26, 4.27, 4.28, 4.29, 4.30, 4.31 et 4.32.

Les concentrations en Mo et Tl sont généralement inférieures aux limites de quantification tant dans les horizons de surface que dans les horizons profonds (> 80 % des analyses < LQ, chiffres donnés dans la 4^{e} ligne des tables 4.27 et 4.28). De plus, 79% des analyses du CrVI dans les horizons de surface sont inférieurs aux LQ et les analyses du Sb et du Sn sont généralement inférieures aux LQ en profondeur (75% pour le Sb et 67% pour le Sn). Les concentrations en polluants inorganiques dépassent rarement les VS et VI du Décret « sols ».

Plus de 50% des analyses d'HAP sont inférieures aux limites de quantification dans les horizons profonds des sols de Charleroi-Châtelet (chiffres donnés dans la 4^{e} ligne de la table 4.30). Dans les horizons de surface (*cf.* table 4.29), les concentrations en HAP sont généralement supérieures aux limites de quantification mais sont presque toujours inférieures au VS du Décret « sols » à l'exception du BaP (30% des mesures dépassent les VS), du BbF (21% des mesures dépassent les VS) et du BaA (16% des mesures dépassent les VS).

Les concentrations en BTEX et en composés organo-halogénés extractibles sont fréquemment inférieures aux limites de quantification, et ce tant dans les horizons de surface que dans les horizons profonds des sols de la zone (de l'ordre de 70%, chiffres donnés dans la 4^{e} ligne des tables 4.31 et 4.32). On trouve des huiles minérales, des cyanures et des phénols à des concentrations faibles (généralement inférieures aux LQ en profondeur, et presque toujours inférieures aux VS, chiffres donnés dans les lignes 3 à 8 des tables 4.31 et 4.32).

TABLE 4.25 – Propriétés générales des horizons de surface des sols de la zone d'échantillonnage de Charleroi-Châtelet - OM, Argile : g/100g ; Corg : g C/kg MS ; CE : µS/cm.

	OM	Corg	Argile	pH KCl	pH H2O	CE
n obs	82	82	72	82	81	72
n manq.	0	0	10	0	1	10
Moyenne	6.9	40	15	6.2	7.1	130
Ecart type	3.5	20	5.5	1.2	0.96	210
Coeff. var.	0.51	0.5	0.37	0.19	0.14	1.6
Min.	1.8	10	3.4	2.7	4.2	21
perc10	3.2	18	8.2	4.5	6.1	46
perc25	4.5	26	11	5.5	6.6	60
Médiane	6.5	37	15	6.5	7.2	88
perc75	8.1	47	18	7.1	7.8	120
perc90	12	70	21	7.5	8.1	180
Max.	21	120	37	8.3	8.4	1400
Ecart int. quart.	3.6	21	7	1.6	1.2	60
Out. Uni. H.	2 / 82	2 / 82	1 / 72	2 / 82	2 / 81	4 / 72
Out. Uni. B.	0 / 82	0 / 82	0 / 72	0 / 82	0 / 81	0 / 72
Out. Multi.	1 / 81	1 / 81	/	1 / 74	0 / 73	3 / 65

TABLE 4.26 – Propriétés générales des horizons profonds des sols de la zone d'échantillonnage de Charleroi-Châtelet - OM, Argile : g/100g ; Corg : g C/kg MS ; CE : µS/cm.

	OM	Corg	Argile	pH KCl	pH H2O	CE
n obs	73	73	63	72	73	63
n manq.	0	0	10	1	0	10
Moyenne	4.9	28	17	6	7.2	79
Ecart type	11	61	11	1.5	1.2	56
Coeff. var.	2.2	2.2	0.65	0.25	0.17	0.71
Min.	0	0	2.1	2.4	4.4	17
perc10	0.095	0.55	4.1	3.7	5	29
perc25	0.21	1.2	8.8	4.5	6.5	37
Médiane	1.1	6.6	15	6.5	7.8	60
perc75	5.2	30	23	7.3	8.1	110
perc90	13	73	29	7.7	8.4	150
Max.	73	420	52	8.3	9.1	290
Ecart int. quart.	4.99	28.8	14.2	2.8	1.6	73
Out. Uni. H.	13 / 73	13 / 73	3 / 63	0 / 72	0 / 73	6 / 63
Out. Uni. B.	0 / 73	0 / 73	0 / 63	4 / 72	16 / 73	0 / 63
Out. Multi.	4 / 41	4 / 41	/	0 / 66	3 / 73	0 / 45

TABLE 4.27 – Concentrations en éléments inorganiques (mg/kg MS) dans les horizons de surface des sols de la zone d'échantillonnage de Charleroi-Châtelet

	Al	Ca	Mg	Mn	Fe	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	CrVI	Cu	Hg	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	Tl	Zn
n obs	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82
n manq.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LQ (n)								0.3 (5)	0.1 (1)			0.03 (65)		0.03 (8)	1.5 (66)			0.7 (34)	0.7 (9)	1.5 (14)	1.5 (82)	
<LQ %	0	0	0	0	0	0	0	6	1	0	0	79	0	10	80	0	0	41	11	17	100	0
LQ-VR %	/	/	/	/	/	68	/	/	5	/	61	21	13	1	/	48	0	/	/	/	/	10
VR-VS %	/	/	/	/	/	32	/	/	91	/	38	0	85	89	/	52	94	/	/	/	/	72
VS-VI %	/	/	/	/	/	0	/	/	2	/	1	0	1	0	/	0	6	/	/	/	/	16
>VI %	/	/	/	/	/	0	/	/	0	/	0	0	0	0	/	0	0	/	/	/	/	2
Moyenne	15000	10000	3400	780	25000	11	110	0.96	0.55	11	36	0.075	29	0.18	1.3	26	83	0.91	1.7	3.4	1	140
Ecart type	6200	16000	4600	760	9500	4.1	90	0.72	0.34	3.6	25	0.13	20	0.12	0.55	10	65	0.81	1.4	2.3	0	93
Coeff. var.	0.41	1.6	1.4	0.97	0.38	0.37	0.82	0.75	0.62	0.33	0.69	1.7	0.69	0.67	0.42	0.38	0.78	0.89	0.82	0.68	0	0.66
Min.	2900	390	250	63	4500	3.9	10	0.21	0.07	0.96	3.8	0.021	4	0.021	1	1.2	28	0.49	0.49	1	1	15
perc10	9500	1300	1600	360	16000	7.3	53	0.47	0.27	6.7	21	0.021	13	0.026	1	15	34	0.49	0.49	1	1	67
perc25	12000	2800	2100	510	20000	8.3	68	0.65	0.38	8.3	27	0.021	17	0.094	1	19	41	0.49	0.96	1.7	1	82
Médiane	14000	4600	2600	600	24000	10	91	0.83	0.47	10	31	0.021	26	0.15	1	24	64	0.75	1.4	3.1	1	120
perc75	17000	9900	3400	770	28000	13	120	1	0.63	13	38	0.021	32	0.26	1	30	96	0.99	1.7	4.2	1	160
perc90	22000	23000	5300	990	38000	17	180	1.3	0.9	16	52	0.29	46	0.39	1.8	44	170	1.5	2.9	6.4	1	320
Max.	41000	83000	41000	5600	62000	24	690	5.3	2.4	20	230	0.61	140	0.49	3.8	53	320	6.9	11	13	1	440
Ecart int. quart.	5000	7100	1300	260	8000	4.7	52	0.35	0.25	4.7	11	0	15	0.166	0	11	55	0.5	0.74	2.5	0	78
Out. Uni. H.	4 / 82	8 / 82	5 / 82	6 / 82	2 / 82	1 / 82	3 / 82	3 / 73	5 / 82	2 / 82	6 / 82	13 / 74	2 / 82	1 / 75	2 / 17	0 / 82	3 / 82	2 / 59	1 / 80	0 / 82	/	3 / 82
Out. Uni. B.	3 / 82	1 / 82	3 / 82	2 / 82	1 / 82	0 / 82	0 / 82	3 / 73	0 / 82	2 / 82	2 / 82	0 / 74	0 / 82	1 / 75	0 / 17	2 / 82	0 / 82	0 / 59	0 / 80	0 / 82	/	0 / 82
Out. Multi.	1 / 82	2 / 82	4 / 79	4 / 82	1 / 82	0 / 74	2 / 82	3 / 73	2 / 74	1 / 82	1 / 79	/	1 / 82	1 / 67	/	1 / 82	2 / 82	1 / 33	0 / 23	1 / 60	/	1 / 82

TABLE 4.28 – Concentrations en éléments inorganiques (mg/kg MS) dans les horizons profonds des sols de la zone d'échantillonnage de Charleroi-Châtelet

	Al	Ca	Mg	Mn	Fe	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	CrVI	Cu	Hg	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	Tl	Zn
n obs	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73
n manq.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LQ (n)						1 (1)			0.1 (27)			0.03 (16)		0.03 (20)	1.5 (59)			0.7 (55)	0.7 (9)	1.5 (49)	1.5 (73)	
<LQ %	0	0	0	0	0	1	0	0	37	0	0	22	0	27	81	0	0	75	12	67	100	0
LQ-VR %	/	/	/	/	/	75	/	/	36	/	53	77	32	12	/	34	64	/	/	/	/	58
VR-VS %	/	/	/	/	/	19	/	/	27	/	45	1	64	60	/	66	34	/	/	/	/	33
VS-VI %	/	/	/	/	/	4	/	/	0	/	1	0	4	0	/	0	1	/	/	/	/	7
>VI %	/	/	/	/	/	0	/	/	0	/	0	0	0	0	/	0	0	/	/	/	/	3
Moyenne	17000	15000	3200	610	26000	12	100	1.2	0.25	13	33	0.53	33	0.18	1.3	32	46	0.8	1.6	4.1	1	110
Ecart type	7600	38000	1600	650	9100	13	120	0.84	0.61	8.2	12	0.52	35	0.35	0.56	13	90	1.2	1.5	9.1	0	220
Coeff. var.	0.45	2.5	0.5	1.1	0.35	1.1	1.2	0.7	2.4	0.63	0.36	0.98	1.1	1.9	0.43	0.41	2	1.5	0.94	2.2	0	2
Min.	3000	59	550	24	4600	0.7	11	0.3	0.07	1.2	9.5	0.021	1.3	0.021	1	0.98	1.4	0.49	0.49	1	1	6.6
perc10	8600	650	1600	53	15000	4.2	35	0.62	0.07	5.1	19	0.021	10	0.021	1	18	11	0.49	0.49	1	1	32
perc25	11000	1600	2000	250	21000	6.5	57	0.8	0.07	8.4	24	0.14	13	0.021	1	23	13	0.49	0.86	1	1	40
Médiane	16000	3100	3100	520	25000	8.8	76	0.97	0.12	11	33	0.48	22	0.063	1	29	18	0.49	1.2	1	1	56
perc75	21000	9200	4100	680	31000	11	120	1.3	0.23	16	41	0.73	40	0.16	1	39	46	0.6	2	2.4	1	90
perc90	29000	42000	5100	1000	40000	18	150	1.6	0.5	25	46	1.1	61	0.37	2	53	93	1.4	2.8	8.9	1	200
Max.	36000	280000	9700	4100	55000	96	970	6.8	5.2	43	75	2.6	210	2.2	3.5	65	690	10	13	54	1	1600
Ecart int. quart.	10000	7600	2100	430	10000	4.5	63	0.5	0.16	7.6	17	0.59	27	0.139	0	16	33	0.11	1.14	1.4	0	50
Out. Uni. H.	2 / 73	2 / 73	0 / 73	4 / 73	3 / 73	2 / 72	2 / 73	2 / 73	3 / 73	6 / 73	3 / 73	2 / 73	6 / 73	3 / 73	1 / 39	1 / 73	3 / 73	0 / 41	1 / 73	0 / 41	/	6 / 73
Out. Uni. B.	2 / 73	7 / 73	4 / 73	11 / 73	4 / 73	3 / 72	4 / 73	3 / 73	0 / 73	6 / 73	4 / 73	4 / 73	1 / 73	0 / 73	0 / 39	2 / 73	2 / 73	0 / 41	0 / 73	0 / 41	/	2 / 73
Out. Multi.	3 / 73	2 / 73	2 / 73	2 / 41	1 / 73	1 / 66	5 / 73	2 / 73	0 / 45	8 / 73	0 / 69	0 / 26	2 / 73	0 / 49	0 / 11	3 / 73	0 / 73	0 / 15	0 / 39	0 / 23	/	1 / 73

TABLE 4.29 – Concentrations en HAP (mg/kg MS) dans les horizons de surface des sols de la zone d'échantillonnage de Charleroi-Châtelet

	Naph	Acyl	Ace	Fle	Phen	Ant	Fla	Pyr	BaA	Chrys	BbF	BkF	BaP	dBahA	BghiP	I123cdP	HAP16	HAP10
n obs	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82
n manq.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LQ (n)	0.003 (20)	0.015 (82)	0.003 (14)	0.003 (5)	0.003 (2)	2e-04 (2)								0.003 (17)	0.003 (3)	0.003 (3)		
<LQ %	24	100	17	6	2	2	0	0	0	0	0	0	0	21	4	4	0	0
LQ-VR %	66	0	37	21	16	7	0	0	0	0	0	1	0	9	0	0	/	/
VR-VS %	10	0	46	73	82	85	96	94	84	98	79	95	71	67	93	89	/	/
VS-VI %	0	0	0	0	0	5	4	5	12	1	16	2	26	2	2	4	/	/
>VI %	0	0	0	0	0	0	0	1	4	1	5	1	4	1	1	4	/	/
Moyenne	0.052	0.01	0.042	0.043	0.55	0.11	1.5	1	0.9	0.84	1.1	0.67	1.1	0.12	0.78	0.77	9.7	7.3
Ecart type	0.1	0	0.15	0.12	1.1	0.32	4.4	3.3	3.6	3.3	5.3	3.3	5.4	0.55	4	3.7	37	28
Coeff. var.	1.9	0	3.6	2.8	2	2.9	2.9	3.3	4	3.9	4.8	4.9	4.9	4.6	5.1	4.8	3.8	3.8
Min.	0.0021	0.01	0.0021	0.0021	0.0021	0.00014	0.035	0.025	0.016	0.02	0.023	0.0089	0.014	0.0021	0.0021	0.0021	0.17	0.12
perc10	0.0021	0.01	0.0021	0.0045	0.063	0.0096	0.12	0.09	0.064	0.07	0.079	0.031	0.057	0.0021	0.029	0.032	0.66	0.5
perc25	0.0053	0.01	0.0044	0.009	0.14	0.019	0.26	0.17	0.12	0.15	0.14	0.066	0.12	0.007	0.07	0.078	1.5	1.1
Médiane	0.02	0.01	0.0097	0.015	0.21	0.033	0.45	0.29	0.21	0.22	0.25	0.11	0.19	0.024	0.14	0.15	2.3	1.7
perc75	0.048	0.01	0.02	0.029	0.43	0.073	0.93	0.68	0.4	0.43	0.47	0.21	0.37	0.051	0.26	0.27	4.7	3.6
perc90	0.11	0.01	0.057	0.088	1.1	0.2	2.3	1.4	0.86	1	0.95	0.58	1.1	0.13	0.71	0.77	11	7.9
Max.	0.58	0.01	1.2	1	7.1	2.2	29	28	30	28	47	29	47	4.8	36	33	320	240
Ecart int. quart.	0.0427	0	0.0156	0.02	0.29	0.054	0.67	0.51	0.28	0.28	0.33	0.144	0.25	0.044	0.19	0.192	3.2	2.5
Out. Uni. H.	8 / 80	/	5 / 82	5 / 82	2 / 82	4 / 82	3 / 82	2 / 82	3 / 82	2 / 82	2 / 82	4 / 82	4 / 82	6 / 82	4 / 82	6 / 81	3 / 82	3 / 82
Out. Uni. B.	0 / 80	/	0 / 82	0 / 82	2 / 82	2 / 82	0 / 82	0 / 82	0 / 82	0 / 82	0 / 82	0 / 82	0 / 82	0 / 82	3 / 82	2 / 81	0 / 82	0 / 82
Out. Multi.	2 / 56	/	3 / 62	1 / 69	1 / 80	1 / 72	0 / 74	2 / 82	0 / 82	0 / 82	2 / 82	1 / 82	0 / 82	2 / 61	0 / 71	0 / 71	1 / 82	1 / 82

TABLE 4.30 – Concentrations en HAP (mg/kg MS) dans les horizons profonds des sols de la zone d'échantillonnage de Charleroi-Châtelet

	Naph	Acyl	Ace	Fle	Phen	Ant	Fla	Pyr	BaA	Chrys	BbF	BkF	BaP	dBahA	BghiP	I123cdP	HAP16	HAP10
n obs	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69
n manq.	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
LQ (n)	0.003 (46)	0.015 (69)	0.003 (56)	0.003 (44)	0.003 (34)	2e-04 (35)	0.003 (38)	0.003 (36)	0.003 (38)	0.003 (26)	0.003 (35)	0.003 (41)	0.003 (40)	0.003 (42)	0.003 (46)	0.003 (48)	0.057 (38)	0.027 (37)
<LQ %	67	100	81	64	49	51	55	52	55	38	51	59	58	61	67	70	55	54
LQ-VR %	26	0	3	13	19	23	6	9	10	20	3	7	6	20	1	1	/	/
VR-VS %	7	0	16	23	32	25	39	35	28	42	38	32	28	17	29	23	/	/
VS-VI %	0	0	0	0	0	1	0	4	7	0	6	1	6	1	3	1	/	/
>VI %	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	3	0	0	4	/	/
Moyenne	0.024	0.01	0.0084	0.02	0.18	0.046	0.43	0.26	0.2	0.2	0.27	0.15	0.32	0.024	0.2	0.32	2.7	2.1
Ecart type	0.054	0	0.02	0.091	0.49	0.23	1.4	0.8	0.67	0.66	0.94	0.55	1.3	0.087	0.78	1.4	9.1	7.2
Coeff. var.	2.2	0	2.4	4.5	2.7	5	3.3	3.1	3.4	3.3	3.5	3.7	4.1	3.6	3.9	4.4	3.4	3.4
Min.	0.0021	0.01	0.0021	0.0021	0.0021	0.00014	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.04	0.019
perc10	0.0021	0.01	0.0021	0.0021	0.0021	0.00014	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.04	0.019
perc25	0.0021	0.01	0.0021	0.0021	0.0021	0.00014	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.04	0.019
Médiane	0.0021	0.01	0.0021	0.0021	0.0049	0.00014	0.0021	0.0021	0.0021	0.0044	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.04	0.019
perc75	0.018	0.01	0.0021	0.008	0.16	0.012	0.12	0.09	0.048	0.084	0.056	0.021	0.049	0.0068	0.032	0.034	0.86	0.67
perc90	0.076	0.01	0.011	0.039	0.51	0.056	0.63	0.58	0.45	0.38	0.3	0.19	0.35	0.039	0.13	0.19	3.7	2.7
Max.	0.26	0.01	0.11	0.75	3.3	1.9	7.1	4.7	4	4.2	5.1	3.3	7.5	0.56	4.3	9.4	49	39
Ecart int. quart.	0.0159	0	0	0.0059	0.1579	0.01186	0.1179	0.0879	0.0459	0.0819	0.0539	0.0189	0.0469	0.0047	0.0299	0.0319	0.82	0.651
Out. Uni. H.	7 / 38	/	0 / 38	6 / 38	5 / 69	6 / 69	3 / 69	2 / 38	3 / 38	3 / 69	10 / 69	4 / 38	2 / 38	3 / 38	5 / 38	7 / 38	4 / 38	3 / 38
Out. Uni. B.	0 / 38	/	0 / 38	0 / 38	0 / 69	0 / 69	0 / 69	0 / 38	0 / 38	0 / 69	0 / 69	0 / 38	0 / 38	0 / 38	0 / 38	0 / 38	0 / 38	0 / 38
Out. Multi.	1 / 21	/	1 / 13	1 / 23	0 / 27	1 / 26	1 / 26	0 / 27	0 / 27	0 / 42	1 / 27	1 / 26	1 / 26	1 / 23	1 / 22	0 / 21	0 / 28	0 / 28

TABLE 4.31 – Concentrations en polluants organiques autres que HAP (mg/kg MS) dans les horizons de surface des sols de la zone d'échantillonnage de Charleroi-Châtelet

	Ben	Tolu	EBen	oXyl	mpXyl	Xyl tot	BTEX	Styr	HTP10a12	HTP12a16	HTP16a21	HTP21a30	HTP30a35	HTP35a40	HTP tot	EOX	CN tot	CN lib	CN ncd	IP
n obs	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	81	81	49	82
n manq.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	33	0
LQ (n)	0.01 (74)	0.01 (10)	0.01 (78)	0.01 (65)	0.01 (44)	0.02 (65)	0.05 (33)	0.003 (67)	1.5 (48)	3 (50)	3 (50)	3 (27)	3 (10)	3 (55)	16 (30)	0.3 (59)	0.5 (21)	0.3 (30)	0.5 (35)	
<LQ %	90	12	95	79	54	79	40	82	59	61	61	33	12	67	37	72	26	37	71	0
LQ-VR %	10	67	5	/	/	21	/	18	5	35	35	/	/	/	/	/	/	57	/	/
VR-VS %	0	21	0	/	/	0	/	0	34	4	4	/	/	/	/	/	/	6	/	/
VS-VI %	0	0	0	/	/	0	/	0	2	0	0	/	/	/	/	/	/	0	/	/
>VI %	0	0	0	/	/	0	/	0	0	0	0	/	/	/	/	/	/	0	/	/
Moyenne	0.0089	0.13	0.0074	0.0085	0.013	0.019	0.15	0.0027	3	4.1	6.4	22	14	5.1	50	0.38	0.8	0.42	0.47	0.069
Ecart type	0.0097	0.16	0.0021	0.0044	0.011	0.014	0.17	0.0014	3.6	4.3	17	85	41	14	160	0.6	0.47	0.25	0.3	0.075
Coeff. var.	1.1	1.2	0.28	0.52	0.85	0.74	1.1	0.52	1.2	1	2.7	3.9	2.9	2.7	3.2	1.6	0.59	0.6	0.64	1.1
Min.	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.014	0.035	0.0021	1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	12	0.21	0.35	0.21	0.35	0.0063
perc10	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.014	0.035	0.0021	1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	12	0.21	0.35	0.21	0.35	0.021
perc25	0.007	0.021	0.007	0.007	0.007	0.014	0.035	0.0021	1	2.1	2.1	2.1	4.2	2.1	12	0.21	0.35	0.21	0.35	0.032
Médiane	0.007	0.067	0.007	0.007	0.007	0.014	0.081	0.0021	1	2.1	2.1	7.4	6.7	2.1	24	0.21	0.73	0.37	0.35	0.047
perc75	0.007	0.14	0.007	0.007	0.015	0.014	0.17	0.0021	3.7	4.9	5.5	12	11	3.3	35	0.31	0.98	0.51	0.51	0.074
perc90	0.0096	0.37	0.007	0.013	0.023	0.029	0.38	0.0048	7.2	7.5	9	26	20	5.6	66	0.69	1.3	0.77	0.71	0.13
Max.	0.088	0.79	0.024	0.042	0.094	0.11	0.82	0.01	20	26	140	750	360	94	1400	4.8	3.1	1.5	2	0.5
Ecart int. quart.	0	0.119	0	0	0.008	0	0.135	0	2.7	2.8	3.4	9.9	6.8	1.2	23	0.1	0.63	0.3	0.16	0.042
Out. Uni. H.	3 / 45	0 / 82	/	8 / 16	11 / 62	3 / 74	8 / 82	4 / 74	4 / 65	10 / 74	3 / 74	5 / 82	11 / 82	4 / 49	7 / 82	3 / 15	3 / 81	5 / 81	1 / 22	1 / 82
Out. Uni. B.	0 / 45	0 / 82	/	0 / 16	0 / 62	0 / 74	0 / 82	0 / 74	0 / 65	0 / 74	0 / 74	0 / 82	0 / 82	0 / 49	0 / 82	0 / 15	0 / 81	1 / 81	0 / 22	1 / 82
Out. Multi.	0 / 6	0 / 44	/	0 / 9	0 / 18	2 / 11	0 / 45	/	0 / 12	3 / 31	1 / 30	2 / 50	2 / 59	0 / 19	0 / 47	/	0 / 43	0 / 42	0 / 6	1 / 33

TABLE 4.32 – Concentrations en polluants organiques autres que HAP (mg/kg MS) dans les horizons profonds des sols de la zone d'échantillonnage de Charleroi-Châtelet

	Ben	Tolu	EBen	oXyl	mpXyl	Xyl tot	BTEX	Styr	HTP10a12	HTP12a16	HTP16a21	HTP21a30	HTP30a35	HTP35a40	HTP tot	EOX	CN tot	CN lib	CN ncd	IP
n obs	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	2	69
n manq.	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	71	4
LQ (n)	0.01 (62)	0.01 (33)	0.01 (67)	0.01 (65)	0.01 (52)	0.02 (61)	0.05 (48)	0.003 (57)	1.5 (28)	3 (43)	3 (46)	3 (50)	3 (36)	3 (61)	16 (52)	0.3 (67)	0.5 (63)	0.3 (66)	0.5 (2)	0.003 (40)
<LQ %	90	48	97	94	75	88	70	83	41	62	67	72	52	88	75	97	91	96	100	58
LQ-VR %	10	48	3	/	/	12	/	17	16	36	30	/	/	/	/	/	/	4	/	/
VR-VS %	0	4	0	/	/	0	/	0	42	1	3	/	/	/	/	/	/	0	/	/
VS-VI %	0	0	0	/	/	0	/	0	1	0	0	/	/	/	/	/	/	0	/	/
>VI %	0	0	0	/	/	0	/	0	0	0	0	/	/	/	/	/	/	0	/	/
Moyenne	0.01	0.085	0.0073	0.0074	0.012	0.018	0.11	0.0024	3.1	3.5	3.9	7	5	3.2	22	0.24	0.38	0.22	0.35	0.0064
Ecart type	0.012	0.3	0.0017	0.002	0.016	0.018	0.31	0.00077	3.1	3.1	4.5	19	12	6.2	40	0.16	0.13	0.062	0	0.012
Coeff. var.	1.2	3.5	0.23	0.27	1.3	1	2.8	0.32	1	0.89	1.2	2.7	2.4	1.9	1.8	0.67	0.34	0.28	0	1.9
Min.	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.014	0.035	0.0021	1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	12	0.21	0.35	0.21	0.35	0.0021
perc10	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.014	0.035	0.0021	1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	12	0.21	0.35	0.21	0.35	0.0021
perc25	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.014	0.035	0.0021	1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	12	0.21	0.35	0.21	0.35	0.0021
Médiane	0.007	0.012	0.007	0.007	0.007	0.014	0.035	0.0021	2.2	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	12	0.21	0.35	0.21	0.35	0.0021
perc75	0.007	0.061	0.007	0.007	0.0086	0.014	0.084	0.0021	3.7	4.2	3.5	3.7	4	2.1	14	0.21	0.35	0.21	0.35	0.0059
perc90	0.012	0.14	0.007	0.007	0.023	0.023	0.17	0.0038	6.3	6.2	9	16	6.7	3.5	34	0.21	0.35	0.21	0.35	0.01
Max.	0.066	2.4	0.02	0.023	0.12	0.14	2.5	0.0053	20	25	29	150	96	53	320	1.4	1.1	0.65	0.35	0.068
Ecart int. quart.	0	0.054	0	0	0.0016	0	0.049	0	2.7	2.1	1.4	1.6	1.9	0	2	0	0	0	0	0.0038
Out. Uni. H.	0 / 38	5 / 69	/	1 / 3	2 / 38	2 / 38	3 / 38	2 / 38	1 / 56	1 / 69	1 / 69	2 / 69	6 / 69	3 / 38	3 / 69	/	1 / 38	/	/	4 / 69
Out. Uni. B.	0 / 38	0 / 69	/	0 / 3	0 / 38	0 / 38	0 / 38	0 / 38	0 / 56	0 / 69	0 / 69	0 / 69	0 / 69	0 / 38	0 / 69	/	0 / 38	/	/	0 / 69
Out. Multi.	0 / 7	0 / 20	/	/	0 / 8	0 / 8	0 / 21	0 / 6	0 / 12	0 / 18	0 / 23	0 / 14	2 / 32	0 / 4	1 / 16	/	/	/	/	0 / 16

4.1.2.4 Zone d'échantillonnage d'Amay-Engis

Les caractéristiques pédologiques, les concentrations en éléments inorganiques et en polluants organiques de la zone d'échantillonnage d'Amay-Engis sont décrites dans les tables 4.33, 4.34, 4.35, 4.36, 4.37, 4.38, 4.39 et 4.40.

Les concentrations en Be, Mo, Sb, Se, Sn et Tl sont généralement inférieures aux limites de quantification tant dans les horizons de surface que dans les horizons profonds (de l'ordre de 80 % des analyses inférieures aux LQ, chiffres donnés dans la 4^{e} ligne des tables 4.35 et 4.36). De plus, les analyses du CrVI en surface et du Cd, du Hg et de l'As en profondeur sont généralement inférieures aux LQ. Les concentrations en Cd, Pb et Zn dans les horizons de surface des sols d'Amay-Engis dépassent fréquemment les VS et VI du Décret « sols » (chiffres donnés dans les lignes 5 à 8 des tables 4.35 et 4.36). Pour le Zn, on remarque par exemple que plus de 96 % des analyses sont supérieures aux VS et 70% sont supérieures aux VI.

Les HAP sont généralement présents à des teneurs inférieures aux limites de quantification dans les horizons profonds (de l'ordre de 90% de valeurs inférieures aux LQ, chiffres donnés dans la 4^{e} ligne de la table 4.38). Dans les horizons de surface (*cf.* table 4.37), les concentrations en HAP sont presque toujours quantifiées (à l'exception des HAP « légers » : Naph, Acyl, Ace et Fle) mais sont presque toujours inférieures au VS du Décret « sols », à l'exception du BaP (13% des mesures dépassent les VS).

Pour les polluants organiques autres que les HAP, les concentrations sont généralement inférieures aux limites de quantification, et ce tant dans les horizons de surface que dans les horizons profonds (de l'ordre de 70% en surface et 90% dans les horizons profonds, chiffres donnés dans la 4^{e} ligne des tables 4.39 et 4.40). On retrouve cependant dans les horizons de surfaces des huiles minérales en C10 - C12 (HTP10a12) à des concentrations non négligeables (23% des valeurs supérieures aux VS du Décret « sols »), et des phénols à des concentrations supérieures aux LQ (la médiane des horizons de surface est de 0.045 mg/kg MS ; *cf.* 15^{e} ligne de la table 4.39).

TABLE 4.33 – Propriétés générales des horizons de surface des sols de la zone d'échantillonnage d'Amay-Engis - OM, Argile : g/100g ; Corg : g C/kg MS ; CE : µS/cm.

	OM	Corg	Argile	pH KCl	pH H2O	CE
n obs	50	50	45	44	41	33
n manq.	5	5	10	11	14	22
Moyenne	7.9	46	19	5.6	6.4	110
Ecart type	6.8	40	7.2	1.2	1.2	56
Coeff. var.	0.86	0.87	0.38	0.21	0.19	0.51
Min.	0.4	3	10	3.2	4.2	40
perc10	2.3	13	12	3.7	4.5	56
perc25	3.2	19	15	4.8	5.5	82
Médiane	5.3	31	18	5.7	6.4	110
perc75	11	63	22	6.6	7.3	120
perc90	16	97	31	7.1	7.9	190
Max.	31	180	46	7.7	8.2	300
Ecart int. quart.	7.8	44	7	1.8	1.8	38
Out. Uni. H.	2 / 49	2 / 49	3 / 44	5 / 43	4 / 41	2 / 33
Out. Uni. B.	0 / 49	0 / 49	0 / 44	1 / 43	1 / 41	0 / 33
Out. Multi.	0 / 48	0 / 48	0 / 39	1 / 42	1 / 41	1 / 29

TABLE 4.34 – Propriétés générales des horizons profonds des sols de la zone d'échantillonnage d'Amay-Engis - OM, Argile : g/100g ; Corg : g C/kg MS ; CE : µS/cm.

	OM	Corg	Argile	pH KCl	pH H2O	CE
n obs	35	35	32	32	35	28
n manq.	4	4	7	7	4	11
Moyenne	0.83	4.8	26	5.2	6.6	140
Ecart type	1.1	6.3	11	1.2	1.2	430
Coeff. var.	1.3	1.3	0.42	0.23	0.18	3.1
Min.	0	0	6.7	3.5	4.2	21
perc10	0.36	2	13	3.5	4.7	28
perc25	0.5	3	18	3.9	5.6	39
Médiane	0.7	4	26	5.5	6.8	46
perc75	0.8	5	31	6.2	7.6	72
perc90	1.1	6	46	6.6	7.9	120
Max.	6.9	40	51	6.8	8.1	2300
Ecart int. quart.	0.3	2	13	2.3	2	33
Out. Uni. H.	0 / 34	0 / 34	4 / 31	12 / 32	0 / 35	2 / 28
Out. Uni. B.	0 / 34	0 / 34	1 / 31	1 / 32	1 / 35	0 / 28
Out. Multi.	0 / 34	0 / 34	0 / 25	0 / 32	1 / 35	1 / 5

TABLE 4.35 – Concentrations en éléments inorganiques (mg/kg MS) dans les horizons de surface des sols de la zone d'échantillonnage d'Amay-Engis

	Al	Ca	Mg	Mn	Fe	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	CrVI	Cu	Hg	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	Tl	Zn
n obs	54	54	54	54	54	54	45	45	54	54	54	41	54	45	45	54	54	54	45	45	45	54
n manq.	1	1	1	1	1	1	10	10	1	1	1	14	1	10	10	1	1	1	10	10	10	1
LQ (n)						10 (19)		1 (39)	0.4 (1)	2 (1)		0.1 (26)		0.1 (16)	5 (42), 1.5 (1)			3.3 (7), 2 (34)	2 (32)	5 (32)	5 (45)	
<LQ %	0	0	0	0	0	35	0	87	2	2	0	63	0	36	96	0	0	76	71	71	100	0
LQ-VR %	/	/	/	/	/	15	/	/	0	/	76	37	11	0	/	61	0	/	/	/	/	2
VR-VS %	/	/	/	/	/	46	/	/	13	/	24	0	80	60	/	37	61	/	/	/	/	2
VS-VI %	/	/	/	/	/	4	/	/	76	/	0	0	6	0	/	2	11	/	/	/	/	26
>VI %	/	/	/	/	/	0	/	/	9	/	0	0	4	4	/	0	28	/	/	/	/	70
Moyenne	14000	8100	2900	780	22000	15	93	0.78	14	10	28	0.16	41	0.6	4	24	370	3	2.5	5.9	3.5	1000
Ecart type	4600	12000	1400	390	7400	18	81	0.21	47	4.4	7.8	0.15	77	1.8	3.1	10	910	4.9	2.7	7	0	2400
Coeff. var.	0.33	1.5	0.48	0.5	0.34	1.2	0.87	0.27	3.4	0.44	0.28	0.94	1.9	3	0.78	0.42	2.5	1.6	1.1	1.2	0	2.4
Min.	4000	780	790	150	8400	7	23	0.7	0.28	1.4	16	0.07	8.6	0.07	1	8.6	30	1.4	1.4	3.5	3.5	53
perc10	9600	1700	1400	430	15000	7	45	0.7	1.5	6.6	20	0.07	12	0.07	3.5	15	46	1.4	1.4	3.5	3.5	220
perc25	11000	2500	2000	560	17000	7	56	0.7	2.1	8	22	0.07	16	0.07	3.5	17	78	1.4	1.4	3.5	3.5	280
Médiane	13000	3800	2700	660	22000	12	66	0.7	3.3	9.4	27	0.07	24	0.14	3.5	21	120	1.4	1.4	3.5	3.5	460
perc75	16000	5500	3300	900	24000	16	86	0.7	5.7	11	34	0.26	38	0.32	3.5	26	280	2.4	2.5	5.5	3.5	760
perc90	22000	28000	4800	1400	32000	21	200	1.1	11	16	39	0.45	47	0.68	3.5	36	520	4	5.8	8.1	3.5	1600
Max.	26000	57000	7500	2200	51000	110	420	1.6	250	27	54	0.53	430	8.9	23	61	5100	28	16	38	3.5	15000
Ecart int. quart.	5000	3000	1300	340	7000	9	30	0	3.6	3	12	0.19	22	0.25	0	9	202	1	1.1	2	0	480
Out. Uni. H.	0 / 53	6 / 53	2 / 53	0 / 53	0 / 53	2 / 48	2 / 44	0 / 40	7 / 53	0 / 53	0 / 53	12 / 29	2 / 53	3 / 43	2 / 5	1 / 53	2 / 53	2 / 53	6 / 44	2 / 17	/	5 / 53
Out. Uni. B.	0 / 53	0 / 53	0 / 53	1 / 53	0 / 53	0 / 48	0 / 44	0 / 40	0 / 53	0 / 53	0 / 53	0 / 29	0 / 53	1 / 43	0 / 5	0 / 53	2 / 53	0 / 53	0 / 44	0 / 17	/	0 / 53
Out. Multi.	0 / 53	4 / 52	1 / 53	1 / 53	1 / 53	2 / 34	0 / 44	0 / 4	4 / 52	1 / 52	0 / 53	/	2 / 53	3 / 28	/	0 / 53	4 / 53	2 / 12	1 / 9	0 / 12	/	0 / 53

TABLE 4.36 – Concentrations en éléments inorganiques (mg/kg MS) dans les horizons profonds des sols de la zone d'échantillonnage de Amay-Engis

	Al	Ca	Mg	Mn	Fe	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	CrVI	Cu	Hg	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	Tl	Zn
n obs	39	39	39	39	39	39	32	32	39	39	39	32	39	32	32	39	39	39	32	32	32	39
n manq.	0	0	0	0	0	0	7	7	0	0	0	7	0	7	7	0	0	0	7	7	7	0
LQ (n)		50 (1)				10 (22)		1 (20)	0.4 (24), 0.01 (7)			0.1 (1)	3 (1)	0.1 (27)	5 (29), 1.5 (1)		3 (6)	3.3 (7), 2 (31)	2 (27)	5 (31)	5 (31)	
<LQ %	0	3	0	0	0	56	0	62	79	0	0	3	3	84	94	0	15	97	84	97	97	0
LQ-VR %	/	/	/	/	/	15	/	/	0	/	38	97	33	0	/	13	62	/	/	/	/	49
VR-VS %	/	/	/	/	/	23	/	/	18	/	62	0	59	12	/	74	21	/	/	/	/	44
VS-VI %	/	/	/	/	/	5	/	/	0	/	0	0	3	0	/	13	0	/	/	/	/	5
>VI %	/	/	/	/	/	0	/	/	3	/	0	0	3	3	/	0	3	/	/	/	/	3
Moyenne	19000	3800	3800	680	31000	12	74	0.93	6.7	15	36	0.83	33	2	3.7	40	400	2	1.8	3.9	3.6	1600
Ecart type	5200	7800	1300	540	8300	17	25	0.33	40	8.4	7.8	0.46	97	11	1.1	20	2400	3	1.2	2.2	0.49	9600
Coeff. var.	0.27	2.1	0.34	0.79	0.27	1.4	0.34	0.35	6	0.56	0.22	0.55	2.9	5.5	0.3	0.5	6	1.5	0.67	0.56	0.14	6
Min.	7700	35	1500	41	11000	3	16	0.7	0.007	5.8	20	0.07	2.1	0.07	1	13	2.1	1.4	1.4	3.5	3.5	34
perc10	12000	380	2100	130	19000	7	42	0.7	0.007	6.8	25	0.4	7.6	0.07	3.5	18	2.1	1.4	1.4	3.5	3.5	39
perc25	16000	1300	2700	360	25000	7	61	0.7	0.28	9.1	32	0.5	13	0.07	3.5	27	12	1.4	1.4	3.5	3.5	52
Médiane	19000	2200	3600	540	31000	7	69	0.7	0.28	14	36	0.74	16	0.07	3.5	33	15	1.4	1.4	3.5	3.5	70
perc75	22000	3000	4500	860	38000	12	88	1.2	0.28	19	41	0.98	20	0.07	3.5	47	23	1.4	1.4	3.5	3.5	100
perc90	25000	4500	5600	1500	43000	18	110	1.5	0.86	33	47	1.7	32	0.19	3.5	68	45	2.3	3.7	3.5	3.5	140
Max.	34000	41000	6800	2500	45000	110	140	1.6	250	41	55	1.9	620	60	9	110	15000	20	7.1	16	6.3	60000
Ecart int. quart.	6000	1700	1800	500	13000	5	27	0.5	0	9.9	9	0.48	7	0	0	20	11	0	0	0	0	48
Out. Uni. H.	1 / 38	0 / 38	0 / 38	0 / 38	0 / 38	3 / 37	1 / 31	0 / 29	1 / 10	2 / 38	0 / 38	0 / 31	2 / 38	4 / 9	1 / 6	2 / 38	5 / 38	0 / 6	0 / 31	0 / 6	/	1 / 38
Out. Uni. B.	0 / 38	1 / 38	0 / 38	2 / 38	0 / 38	1 / 37	2 / 31	0 / 29	0 / 10	0 / 38	1 / 38	0 / 31	1 / 38	0 / 9	0 / 6	0 / 38	7 / 38	0 / 6	0 / 31	0 / 6	/	0 / 38
Out. Multi.	0 / 38	0 / 37	0 / 38	0 / 38	1 / 38	0 / 16	1 / 29	0 / 12	1 / 7	2 / 38	0 / 38	0 / 3	3 / 37	0 / 1	0 / 1	0 / 38	6 / 32	0 / 1	0 / 1	/	/	3 / 38

TABLE 4.37 – Concentrations en HAP (mg/kg MS) dans les horizons de surface des sols de la zone d'échantillonnage d'Amay-Engis

	Naph	Acyl	Ace	Fle	Phen	Ant	Fla	Pyr	BaA	Chrys	BbF	BkF	BaP	dBahA	BghiP	I123cdP	HAP16	HAP10
n obs	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54
n manq.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
LQ (n)	0.01 (1), 0.003 (36)	0.05 (1), 0.015 (53)	0.01 (1), 0.003 (36)	0.01 (1), 0.003 (28)	0.003 (4)	2e-04 (10)	0.003 (4)	0.003 (1)	0.003 (2)	0.003 (1)	0.003 (2)	0.003 (3)	0.003 (3)	0.01 (1), 0.003 (18)	0.003 (13)	0.003 (15)	0.057 (3)	0.027 (2)
<LQ %	69	100	69	54	7	19	7	2	4	2	4	6	6	35	24	28	6	4
LQ-VR %	31	0	15	26	69	41	2	4	7	4	2	15	2	35	6	0	/	/
VR-VS %	0	0	17	20	24	41	91	93	85	94	89	78	80	30	69	70	/	/
VS-VI %	0	0	0	0	0	0	0	2	4	0	4	2	11	0	2	0	/	/
>VI %	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0	0	2	/	/
Moyenne	0.0094	0.011	0.0078	0.0071	0.084	0.016	0.22	0.28	0.17	0.15	0.25	0.12	0.24	0.035	0.19	0.22	2	1.4
Ecart type	0.015	0.0033	0.017	0.01	0.13	0.027	0.35	1.1	0.64	0.44	0.91	0.5	1.1	0.12	0.84	1	6.8	4.6
Coeff. var.	1.6	0.3	2.2	1.4	1.5	1.7	1.6	3.9	3.8	2.9	3.6	4.2	4.6	3.4	4.4	4.5	3.4	3.3
Min.	0.0021	0.01	0.0021	0.0021	0.0021	0.00014	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.04	0.019
perc10	0.0021	0.01	0.0021	0.0021	0.0065	0.00014	0.013	0.019	0.0095	0.014	0.017	0.006	0.011	0.0021	0.0021	0.0021	0.11	0.074
perc25	0.0021	0.01	0.0021	0.0021	0.018	0.0013	0.04	0.031	0.018	0.022	0.029	0.011	0.022	0.0021	0.0056	0.0021	0.22	0.16
Médiane	0.0021	0.01	0.0021	0.0021	0.037	0.0071	0.089	0.058	0.037	0.04	0.052	0.022	0.043	0.0057	0.031	0.028	0.44	0.33
perc75	0.0084	0.01	0.0066	0.0083	0.1	0.018	0.23	0.15	0.1	0.11	0.14	0.058	0.12	0.016	0.083	0.087	1.3	0.92
perc90	0.032	0.01	0.022	0.016	0.19	0.038	0.54	0.35	0.25	0.3	0.36	0.15	0.29	0.041	0.24	0.32	3.2	2.5
Max.	0.065	0.035	0.12	0.063	0.77	0.16	2	8.1	4.7	3.1	6.6	3.7	7.7	0.83	6.1	7.6	49	33
Ecart int. quart.	0.0063	0	0.0045	0.0062	0.082	0.0167	0.19	0.119	0.082	0.088	0.111	0.047	0.098	0.0139	0.0774	0.0849	1.08	0.76
Out. Uni. H.	1 / 53	/	3 / 53	1 / 53	2 / 53	3 / 44	0 / 53	1 / 53	1 / 53	1 / 53	2 / 53	2 / 53	2 / 53	4 / 53	2 / 53	1 / 51	1 / 53	1 / 53
Out. Uni. B.	0 / 53	/	0 / 53	6 / 53	5 / 53	3 / 44	5 / 53	1 / 53	2 / 53	2 / 53	3 / 53	3 / 53	4 / 53	4 / 53	4 / 53	2 / 51	4 / 53	3 / 53
Out. Multi.	1 / 13	/	0 / 16	0 / 24	1 / 49	3 / 43	0 / 49	0 / 52	0 / 51	1 / 52	0 / 51	0 / 50	0 / 50	6 / 35	0 / 40	0 / 38	1 / 50	1 / 50

TABLE 4.38 – Concentrations en HAP (mg/kg MS) dans les horizons profonds des sols de la zone d'échantillonnage d'Amay-Engis

	Naph	Acyl	Ace	Fle	Phen	Ant	Fla	Pyr	BaA	Chrys	BbF	BkF	BaP	dBahA	BghiP	I123cdP	HAP16	HAP10
n obs	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39
n manq.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LQ (n)	0.003 (38)	0.015 (39)	0.003 (38)	0.003 (38)	0.003 (35)	2e-04 (29)	0.003 (35)	0.003 (36)	0.003 (37)	0.003 (27)	0.003 (35)	0.003 (37)	0.003 (37)	0.003 (37)	0.003 (35)	0.003 (36)	0.057 (37)	0.027 (35)
<LQ %	97	100	97	97	90	74	90	92	95	69	90	95	95	95	90	92	95	90
LQ-VR %	3	0	3	3	10	26	5	3	0	26	5	0	0	5	0	0	/	/
VR-VS %	0	0	0	0	0	0	5	5	5	5	5	5	5	0	10	8	/	/
VS-VI %	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	/	/
>VI %	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	/	/
Moyenne	0.0023	0.01	0.0022	0.0022	0.0062	0.00077	0.01	0.0077	0.0051	0.006	0.0066	0.0037	0.0047	0.0023	0.0044	0.0046	0.076	0.046
Ecart type	0.0014	0	0.00033	0.00075	0.016	0.0019	0.036	0.024	0.013	0.015	0.019	0.007	0.011	0.0008	0.0075	0.0092	0.16	0.11
Coeff. var.	0.61	0	0.15	0.34	2.6	2.5	3.6	3.1	2.5	2.5	2.9	1.9	2.3	0.35	1.7	2	2.1	2.4
Min.	0.0021	0.01	0.0021	0.0021	0.0021	0.00014	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.04	0.019
perc10	0.0021	0.01	0.0021	0.0021	0.0021	0.00014	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.04	0.019
perc25	0.0021	0.01	0.0021	0.0021	0.0021	0.00014	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.04	0.019
Médiane	0.0021	0.01	0.0021	0.0021	0.0021	0.00014	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.04	0.019
perc75	0.0021	0.01	0.0021	0.0021	0.0021	0.00058	0.0021	0.0021	0.0021	0.0035	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.04	0.019
perc90	0.0021	0.01	0.0021	0.0021	0.0094	0.0016	0.0065	0.0021	0.0021	0.0042	0.0035	0.0021	0.0021	0.0021	0.01	0.0021	0.04	0.031
Max.	0.011	0.01	0.0042	0.0068	0.077	0.0093	0.18	0.12	0.069	0.072	0.091	0.036	0.058	0.0061	0.032	0.05	0.79	0.57
Ecart int. quart.	0	0	0	0	0	0.00044	0	0	0	0.0014	0	0	0	0	0	0	0	0
Out. Uni. H.	0 / 6	/	0 / 6	0 / 6	1 / 38	2 / 38	1 / 38	1 / 38	0 / 6	1 / 38	1 / 38	0 / 6	0 / 6	0 / 6	0 / 6	0 / 6	0 / 6	0 / 6
Out. Uni. B.	0 / 6	/	0 / 6	0 / 6	0 / 38	0 / 38	0 / 38	0 / 38	0 / 6	0 / 38	0 / 38	0 / 6	0 / 6	0 / 6	0 / 6	0 / 6	0 / 6	0 / 6
Out. Multi.	0 / 1	/	0 / 1	0 / 1	0 / 3	0 / 3	0 / 1	0 / 1	0 / 1	0 / 4	0 / 1	0 / 1	0 / 1	1 / 2	1 / 2	0 / 1	0 / 1	0 / 2

TABLE 4.39 – Concentrations en polluants organiques autres que HAP (mg/kg MS) dans les horizons de surface des sols de la zone d'échantillonnage d'Amay-Engis

	Ben	Tolu	EBen	oXyl	mpXyl	Xyl tot	BTEX	Styr	HTP10a12	HTP12a16	HTP16a21	HTP21a30	HTP30a35	HTP35a40	HTP tot	EOX	CN tot	CN lib	CN ncd	IP
n obs	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	51	51	19	54
n manq.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	4	36	1
LQ (n)	0.05 (1), 0.01 (51)	0.01 (36)	0.05 (1), 0.01 (51)	0.05 (1), 0.01 (49)	0.05 (1), 0.01 (51)	0.1 (1), 0.02 (50)	0.25 (1), 0.05 (48)	0.05 (1), 0.003 (53)	1.5 (6)	5 (1), 3 (20)	6 (1), 3 (31)	12 (1), 3 (27)	3 (32)	6 (1), 3 (48)	38 (1), 16 (25)	0.3 (39)	0.5 (26)	1 (1), 0.3 (26)	0.5 (11)	
<LQ %	96	67	96	93	96	94	91	100	11	39	59	52	59	91	48	72	51	53	58	0
LQ-VR %	4	31	4	/	/	6	/	0	2	59	41	/	/	/	/	/	/	41	/	/
VR-VS %	0	2	0	/	/	0	/	0	65	2	0	/	/	/	/	/	/	4	/	/
VS-VI %	0	0	0	/	/	0	/	0	22	0	0	/	/	/	/	/	/	2	/	/
>VI %	0	0	0	/	/	0	/	0	0	0	0	/	/	/	/	/	/	0	/	/
Moyenne	0.0077	0.021	0.0079	0.0083	0.008	0.016	0.044	0.0027	7	4.2	3.4	4.8	3.6	3.1	21	0.31	0.8	0.47	0.6	0.079
Ecart type	0.0039	0.037	0.0043	0.0048	0.005	0.0086	0.034	0.0045	4.8	3.3	1.9	4.7	3.2	4.9	13	0.23	0.97	0.63	0.46	0.082
Coeff. var.	0.51	1.8	0.54	0.58	0.62	0.54	0.77	1.7	0.69	0.79	0.56	0.98	0.89	1.6	0.62	0.74	1.2	1.3	0.77	1
Min.	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.014	0.035	0.0021	1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	12	0.21	0.35	0.21	0.35	0.0037
perc10	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.014	0.035	0.0021	1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	12	0.21	0.35	0.21	0.35	0.015
perc25	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.014	0.035	0.0021	4	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	12	0.21	0.35	0.21	0.35	0.027
Médiane	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.014	0.035	0.0021	6.2	3.3	2.1	2.6	2.1	2.1	17	0.21	0.35	0.21	0.35	0.045
perc75	0.007	0.016	0.007	0.007	0.007	0.014	0.035	0.0021	7.9	4.7	4.3	6.4	4.6	2.1	28	0.33	0.96	0.55	0.74	0.11
perc90	0.007	0.045	0.007	0.0094	0.007	0.014	0.058	0.0021	14	7.5	6	10	5.6	3.9	37	0.59	1.7	0.79	1	0.16
Max.	0.035	0.22	0.035	0.035	0.035	0.07	0.23	0.035	24	23	11	30	24	37	85	1.5	6.6	4.4	2.3	0.4
Ecart int. quart.	0	0.009	0	0	0	0	0	0	3.9	2.6	2.2	4.3	2.5	0	16	0.12	0.61	0.34	0.39	0.083
Out. Uni. H.	0 / 7	1 / 53	/	2 / 27	1 / 27	0 / 27	0 / 27	0 / 53	7 / 52	3 / 53	7 / 53	1 / 53	1 / 53	1 / 27	3 / 46	0 / 21	1 / 45	1 / 46	1 / 13	0 / 53
Out. Uni. B.	0 / 7	0 / 53	/	0 / 27	0 / 27	0 / 27	0 / 27	0 / 53	0 / 52	0 / 53	0 / 53	0 / 53	0 / 53	0 / 27	0 / 46	7 / 21	0 / 45	0 / 46	0 / 13	1 / 53
Out. Multi.	/	0 / 13	/	0 / 1	0 / 2	0 / 1	0 / 4	/	0 / 14	0 / 17	0 / 9	1 / 23	0 / 19	/	0 / 13	/	0 / 19	1 / 23	1 / 8	1 / 41

TABLE 4.40 – Concentrations en polluants organiques autres que HAP (mg/kg MS) dans les horizons profonds des sols de la zone d'échantillonnage d'Amay-Engis

	Ben	Tolu	EBen	oXyl	mpXyl	Xyl tot	BTEX	Styr	HTP10a12	HTP12a16	HTP16a21	HTP21a30	HTP30a35	HTP35a40	HTP tot	EOX	CN tot	CN lib	CN ncd	IP
n obs	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	1	39
n manq.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38	0
LQ (n)	0.01 (37)	0.01 (32)	0.01 (39)	0.01 (39)	0.01 (38)	0.02 (39)	0.05 (37)	0.003 (39)	1.5 (8)	3 (29)	3 (28)	3 (33)	3 (35)	3 (37)	16 (35)	0.3 (37)	0.5 (38)	0.3 (38)	0.5 (1)	0.003 (26)
<LQ %	95	82	100	100	97	100	95	100	21	74	72	85	90	95	90	95	97	97	100	67
LQ-VR %	5	15	0	/	/	0	/	0	8	26	28	/	/	/	/	/	/	3	/	/
VR-VS %	0	3	0	/	/	0	/	0	64	0	0	/	/	/	/	/	/	0	/	/
VS-VI %	0	0	0	/	/	0	/	0	8	0	0	/	/	/	/	/	/	0	/	/
>VI %	0	0	0	/	/	0	/	0	0	0	0	/	/	/	/	/	/	0	/	/
Moyenne	0.0072	0.024	0.007	0.007	0.0073	0.014	0.05	0.0021	4.5	2.7	3.3	3.5	2.5	2.2	14	0.25	0.37	0.22	0.35	0.0085
Ecart type	0.00082	0.089	0	0	0.0017	0	0.088	0	3.2	1.1	2.4	6.3	1.7	0.43	11	0.26	0.14	0.089	/	0.033
Coeff. var.	0.11	3.7	0	0	0.23	0	1.8	0	0.71	0.41	0.73	1.8	0.68	0.2	0.79	1	0.38	0.4	/	3.9
Min.	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.014	0.035	0.0021	1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	12	0.21	0.35	0.21	0.35	0.0021
perc10	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.014	0.035	0.0021	1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	12	0.21	0.35	0.21	0.35	0.0021
perc25	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.014	0.035	0.0021	1.9	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	12	0.21	0.35	0.21	0.35	0.0021
Médiane	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.014	0.035	0.0021	3.9	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	12	0.21	0.35	0.21	0.35	0.0021
perc75	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.014	0.035	0.0021	6	3.4	4.1	2.1	2.1	2.1	12	0.21	0.35	0.21	0.35	0.0038
perc90	0.007	0.021	0.007	0.007	0.007	0.014	0.035	0.0021	6.7	4.9	6.2	3.7	3.1	2.1	17	0.21	0.35	0.21	0.35	0.0062
Max.	0.011	0.56	0.007	0.007	0.017	0.014	0.58	0.0021	15	5.6	13	41	12	4.1	77	1.8	1.2	0.76	0.35	0.21
Ecart int. quart.	0	0	0	0	0	0	0	0	4.1	1.3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0017
Out. Uni. H.	0 / 6	1 / 6	/	/	0 / 6	0 / 6	1 / 6	0 / 6	2 / 31	0 / 38	4 / 38	1 / 6	1 / 38	0 / 6	2 / 38	/	0 / 6	/	/	2 / 38
Out. Uni. B.	0 / 6	0 / 6	/	/	0 / 6	0 / 6	0 / 6	0 / 6	0 / 31	0 / 38	0 / 38	0 / 6	0 / 38	0 / 6	0 / 38	/	0 / 6	/	/	0 / 38
Out. Multi.	/	0 / 1	/	/	/	/	0 / 1	/	/	0 / 10	0 / 3	0 / 3	0 / 1	/	0 / 2	/	/	/	/	/

4.1.2.5 Zone d'échantillonnage de Seraing

Les caractéristiques pédologiques, les concentrations en éléments inorganiques et en polluants organiques de la zone d'échantillonnage de Seraing sont décrites dans les tables 4.41, 4.42, 4.43, 4.44, 4.45, 4.46, 4.47 et 4.48.

Les concentrations en Mo et Tl sont généralement inférieures aux limites de quantification tant dans les horizons de surface que dans les horizons profonds (chiffres donnés dans la 4^{e} ligne des tables 4.43 et 4.44). De plus, 85% des analyses du CrVI dans les horizons de surface sont inférieurs aux LQ et les analyses du Sb et du Sn sont généralement (>70%) inférieures aux LQ en profondeur . Les concentrations en Cd, Pb et Zn dans les horizons de surface sont relativement élevées. En effet, 73% des horizons de surface ont des concentrations en Zn supérieures aux VS du Décret « sols » (44% pour le Pb et 35% pour le Cd ; *cf.* lignes 7 et 8 de la table 4.43).

Plus de 50% des analyses d'HAP sont inférieures aux limites de quantification dans les horizons profonds des sols de Seraing (chiffres donnés dans la 4^{e} ligne de la table 4.46). Dans les horizons de surface (*cf.* table 4.45), les concentrations en HAP sont presque toujours quantifiées (à l'exception de l'Acyl) mais sont presque toujours inférieures aux VS du Décret « sols », à l'exception du BaP (17% des mesures dépassent les VS).

Les concentrations en BTEX et en composés organo-halogénés extractibles sont fréquemment inférieures aux limites de quantification, et ce tant dans les horizons de surface que dans les horizons profonds des sols de la zone (chiffres donnés dans la 4^{e} ligne des tables 4.47 et 4.48). On trouve des huiles minérales, des cyanures et des phénols à des concentrations faibles (généralement inférieures aux LQ en profondeur, et presque toujours inférieures aux VS, chiffres donnés dans les lignes 3 à 8 des tables 4.47 et 4.48).

TABLE 4.41 – Propriétés générales des horizons de surface des sols de la zone d'échantillonnage de Seraing - OM, Argile : g/100g ; Corg : g C/kg MS ; CE : µS/cm.

	OM	Corg	Argile	pH KCl	pH H2O	CE
n obs	55	55	55	55	55	55
n manq.	0	0	0	0	0	0
Moyenne	11	64	15	5.1	6	120
Ecart type	6.9	40	6	1.6	1.5	56
Coeff. var.	0.63	0.62	0.4	0.31	0.25	0.47
Min.	0.8	4.7	0.14	3.1	3.4	34
perc10	2.9	17	9.4	3.2	4.1	48
perc25	4.8	28	11	3.5	4.4	75
Médiane	12	69	15	5.2	6.3	110
perc75	17	96	18	6.5	7.2	150
perc90	19	110	23	7.5	7.8	170
Max.	29	170	31	7.8	8.6	350
Ecart int. quart.	12.2	68	7	3	2.8	75
Out. Uni. H.	3 / 55	3 / 55	2 / 55	1 / 55	1 / 55	1 / 55
Out. Uni. B.	0 / 55	0 / 55	1 / 55	0 / 55	0 / 55	0 / 55
Out. Multi.	1 / 55	1 / 55	0 / 33	0 / 55	0 / 55	1 / 55

TABLE 4.42 – Propriétés générales des horizons profonds des sols de la zone d'échantillonnage de Seraing - OM, Argile : g/100g ; Corg : g C/kg MS ; CE : µS/cm.

	OM	Corg	Argile	pH KCl	pH H2O	CE
n obs	45	45	45	45	45	45
n manq.	0	0	0	0	0	0
Moyenne	0.75	4.3	22	5.1	6.3	89
Ecart type	1.6	9.1	9.6	1.8	1.6	87
Coeff. var.	2.1	2.1	0.44	0.35	0.25	0.98
Min.	0	0	3.3	3.5	4.2	25
perc10	0	0	7.5	3.7	4.7	32
perc25	0	0	16	3.8	5	40
Médiane	0.04	0.23	21	4	5.6	62
perc75	0.39	2.3	25	6.5	7.8	92
perc90	3.9	22	35	7.6	8.2	160
Max.	5.4	32	52	11	11	390
Ecart int. quart.	0.39	2.3	9	2.7	2.8	52
Out. Uni. H.	0 / 45	0 / 45	2 / 45	2 / 45	1 / 45	5 / 45
Out. Uni. B.	0 / 45	0 / 45	0 / 45	1 / 45	2 / 45	0 / 45
Out. Multi.	0 / 45	0 / 45	0 / 26	1 / 45	3 / 45	2 / 18

TABLE 4.43 – Concentrations en éléments inorganiques (mg/kg MS) dans les horizons de surface des sols de la zone d'échantillonnage de Seraing

	Al	Ca	Mg	Mn	Fe	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	CrVI	Cu	Hg	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	Tl	Zn
n obs	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55
n manq.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LQ (n)								0.3 (15)				0.03 (47)			1.5 (30)			0.7 (2)		5 (1), 1.5 (13)	1.5 (55)	
<LQ %	0	0	0	0	0	0	0	27	0	0	0	85	0	0	55	0	0	4	0	25	100	0
LQ-VR %	/	/	/	/	/	36	/	/	0	/	76	15	16	2	/	60	2	/	/	/	/	0
VR-VS %	/	/	/	/	/	62	/	/	65	/	24	0	82	98	/	40	55	/	/	/	/	27
VS-VI %	/	/	/	/	/	2	/	/	35	/	0	0	2	0	/	0	15	/	/	/	/	58
>VI %	/	/	/	/	/	0	/	/	0	/	0	0	0	0	/	0	29	/	/	/	/	15
Moyenne	11000	7300	2600	630	27000	15	73	0.59	1.2	8.7	29	0.078	28	0.26	1.5	23	170	10	2.6	8.7	1	250
Ecart type	4600	11000	3400	380	16000	6.6	46	0.34	0.73	3.8	7.6	0.18	17	0.16	0.56	12	110	26	1.5	33	0	170
Coeff. var.	0.42	1.5	1.3	0.6	0.59	0.44	0.63	0.58	0.61	0.44	0.26	2.3	0.61	0.62	0.37	0.52	0.65	2.6	0.58	3.8	0	0.68
Min.	4900	420	480	130	12000	5.9	17	0.21	0.28	2.6	14	0.021	9.1	0.037	1	8	22	0.49	0.92	1	1	74
perc10	6400	680	790	200	16000	7.4	26	0.21	0.39	4	20	0.021	12	0.078	1	12	50	1	1	1	1	99
perc25	8700	960	1200	280	18000	9.1	34	0.21	0.63	4.9	23	0.021	17	0.12	1	14	72	1.7	1.4	1.5	1	130
Médiane	11000	2300	1800	630	24000	15	61	0.53	1	8.9	28	0.021	22	0.23	1	20	160	3.8	2.4	3.5	1	190
perc75	13000	6300	2700	820	34000	21	100	0.88	1.8	12	33	0.021	34	0.38	1.8	31	230	7.8	3.4	6.1	1	290
perc90	16000	27000	4800	1200	37000	24	130	1.1	2.4	14	39	0.21	53	0.47	2.3	38	320	11	4.2	8.4	1	480
Max.	33000	48000	22000	1600	130000	35	240	1.3	3.2	17	51	0.84	91	0.73	3.3	70	480	150	7.9	250	1	860
Ecart int. quart.	4300	5340	1500	540	16000	11.9	66	0.67	1.17	7.1	10	0	17	0.26	0.8	17	158	6.1	2	4.6	0	160
Out. Uni. H.	1 / 55	0 / 55	3 / 55	0 / 55	2 / 55	1 / 55	0 / 55	0 / 55	0 / 55	0 / 55	0 / 55	5 / 33	0 / 55	0 / 55	1 / 25	1 / 55	0 / 55	9 / 55	0 / 55	1 / 45	/	0 / 55
Out. Uni. B.	0 / 55	0 / 55	0 / 55	0 / 55	0 / 55	0 / 55	0 / 55	1 / 55	0 / 55	1 / 55	0 / 55	0 / 33	0 / 55	0 / 55	14 / 25	0 / 55	0 / 55	0 / 55	0 / 55	0 / 45	/	0 / 55
Out. Multi.	0 / 55	0 / 55	0 / 55	0 / 55	2 / 55	0 / 55	0 / 55	0 / 33	0 / 55	1 / 55	0 / 54	/	0 / 55	1 / 55	0 / 17	3 / 55	0 / 55	8 / 53	0 / 33	3 / 41	/	0 / 55

TABLE 4.44 – Concentrations en éléments inorganiques (mg/kg MS) dans les horizons profonds des sols de la zone d'échantillonnage de Seraing

	Al	Ca	Mg	Mn	Fe	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	CrVI	Cu	Hg	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	Tl	Zn
n obs	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
n manq.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LQ (n)									0.1 (11)			0.03 (4)		0.03 (23)	1.5 (43)			0.7 (35)	0.7 (3)	1.5 (34)	1.5 (45)	
<LQ %	0	0	0	0	0	0	0	0	24	0	0	9	0	51	96	0	0	78	7	76	100	0
LQ-VR %	/	/	/	/	/	80	/	/	24	/	47	91	51	22	/	38	80	/	/	/	/	62
VR-VS %	/	/	/	/	/	16	/	/	51	/	53	0	47	24	/	62	13	/	/	/	/	24
VS-VI %	/	/	/	/	/	4	/	/	0	/	0	0	2	2	/	0	7	/	/	/	/	7
>VI %	/	/	/	/	/	0	/	/	0	/	0	0	0	0	/	0	0	/	/	/	/	7
Moyenne	15000	7300	3300	740	28000	10	91	0.91	0.42	11	36	0.86	20	0.19	1.2	29	58	5.1	2.9	7.3	1	140
Ecart type	5100	20000	1800	1100	17000	8.4	71	0.4	0.57	4.8	15	0.47	26	0.94	0.84	12	130	17	2.2	18	0	260
Coeff. var.	0.34	2.7	0.55	1.5	0.61	0.84	0.78	0.44	1.4	0.44	0.42	0.55	1.3	4.9	0.7	0.41	2.2	3.3	0.76	2.5	0	1.9
Min.	6800	120	360	37	10000	1.1	31	0.36	0.07	3.5	14	0.021	3.2	0.021	1	11	6.1	0.49	0.49	1	1	11
perc10	8500	200	1200	71	17000	3.7	43	0.55	0.07	5.9	20	0.16	7	0.021	1	17	7.1	0.49	0.79	1	1	36
perc25	12000	380	2000	270	23000	5.8	59	0.7	0.095	8.4	29	0.66	11	0.021	1	21	11	0.49	1.1	1	1	45
Médiane	15000	1300	3400	450	25000	9	71	0.86	0.2	9.9	35	0.87	14	0.021	1	26	13	0.49	2.7	1	1	60
perc75	17000	2900	4000	780	30000	10	91	0.97	0.43	14	40	1	20	0.056	1	34	19	0.49	4	1.7	1	83
perc90	20000	23000	5100	1500	36000	20	150	1.3	1.4	19	48	1.6	32	0.16	1	49	160	15	5.9	23	1	340
Max.	37000	100000	9900	6700	120000	44	430	2.8	2.4	23	95	2.1	180	6.3	6.4	63	560	100	9.4	110	1	1300
Ecart int. quart.	5000	2520	2000	510	7000	4.2	32	0.27	0.335	5.6	11	0.34	9	0.035	0	13	8	0	2.9	0.7	0	38
Out. Uni. H.	0 / 45	0 / 45	0 / 45	3 / 45	2 / 45	1 / 45	3 / 45	0 / 45	0 / 38	0 / 45	2 / 45	1 / 45	0 / 45	1 / 29	1 / 20	0 / 45	4 / 45	1 / 18	0 / 45	1 / 18	/	3 / 45
Out. Uni. B.	3 / 45	0 / 45	4 / 45	5 / 45	1 / 45	3 / 45	1 / 45	1 / 45	0 / 38	0 / 45	2 / 45	1 / 45	1 / 45	0 / 29	0 / 20	0 / 45	3 / 45	0 / 18	0 / 45	0 / 18	/	1 / 45
Out. Multi.	2 / 45	0 / 45	4 / 45	0 / 45	4 / 45	3 / 45	1 / 45	1 / 45	1 / 34	1 / 45	0 / 45	0 / 12	3 / 45	0 / 9	0 / 2	0 / 45	1 / 45	0 / 10	0 / 28	1 / 6	/	1 / 45

TABLE 4.45 – Concentrations en HAP (mg/kg MS) dans les horizons de surface des sols de la zone d'échantillonnage de Seraing

	Naph	Acyl	Ace	Fle	Phen	Ant	Fla	Pyr	BaA	Chrys	BbF	BkF	BaP	dBahA	BghiP	I123cdP	HAP16	HAP10
n obs	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53
n manq.	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
LQ (n)	0.003 (13)	0.015 (53)	0.003 (18)	0.003 (10)		2e-04 (4)			0.003 (1)		0.003 (1)	0.003 (1)	0.003 (1)	0.003 (9)	0.003 (3)	0.003 (4)	0.057 (1)	0.027 (1)
<LQ %	25	100	34	19	0	8	0	0	2	0	2	2	2	17	6	8	2	2
LQ-VR %	66	0	43	28	40	21	2	2	2	2	0	4	0	26	0	0	/	/
VR-VS %	9	0	23	53	60	72	98	98	96	98	92	94	81	57	94	92	/	/
VS-VI %	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	17	0	0	0	/	/
>VI %	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	/	/
Moyenne	0.029	0.01	0.0079	0.015	0.19	0.03	0.4	0.3	0.18	0.21	0.28	0.11	0.18	0.022	0.12	0.12	2.2	1.6
Ecart type	0.038	0	0.0091	0.017	0.2	0.032	0.41	0.34	0.19	0.19	0.29	0.11	0.2	0.029	0.16	0.15	2.3	1.6
Coeff. var.	1.3	0	1.2	1.1	1.1	1.1	1	1.1	1.1	0.9	1	1	1.1	1.3	1.3	1.2	1	1
Min.	0.0021	0.01	0.0021	0.0021	0.0066	0.00014	0.0078	0.0047	0.0021	0.0056	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.04	0.019
perc10	0.0021	0.01	0.0021	0.0021	0.036	0.002	0.081	0.058	0.028	0.039	0.047	0.017	0.029	0.0021	0.019	0.014	0.45	0.32
perc25	0.0029	0.01	0.0021	0.0048	0.064	0.0073	0.13	0.088	0.052	0.074	0.083	0.034	0.057	0.0067	0.037	0.04	0.69	0.5
Médiane	0.016	0.01	0.0057	0.011	0.14	0.019	0.27	0.19	0.13	0.16	0.18	0.074	0.13	0.013	0.082	0.08	1.6	1.1
perc75	0.029	0.01	0.0092	0.017	0.25	0.043	0.53	0.34	0.23	0.28	0.32	0.13	0.23	0.024	0.14	0.16	2.8	2
perc90	0.11	0.01	0.018	0.028	0.38	0.06	0.88	0.6	0.38	0.45	0.58	0.21	0.37	0.05	0.25	0.24	4.1	2.9
Max.	0.14	0.01	0.059	0.099	1.1	0.16	2.5	1.9	0.85	0.81	1.5	0.52	1	0.14	0.82	0.76	12	8.4
Ecart int. quart.	0.0261	0	0.0071	0.0122	0.186	0.0357	0.4	0.252	0.178	0.206	0.237	0.096	0.173	0.0173	0.103	0.12	2.11	1.5
Out. Uni. H.	3 / 53	/	1 / 53	1 / 53	3 / 53	3 / 50	0 / 53	2 / 53	2 / 53	2 / 53	1 / 53	2 / 53	2 / 53	2 / 53	1 / 53	0 / 50	1 / 53	0 / 53
Out. Uni. B.	0 / 53	/	0 / 53	2 / 53	0 / 53	1 / 50	1 / 53	1 / 53	1 / 53	1 / 53	1 / 53	1 / 53	1 / 53	4 / 53	3 / 53	0 / 50	1 / 53	1 / 53
Out. Multi.	1 / 33	/	0 / 35	1 / 43	0 / 53	1 / 49	0 / 53	0 / 53	0 / 52	1 / 53	1 / 52	1 / 52	1 / 52	2 / 44	0 / 50	0 / 49	0 / 52	0 / 51

TABLE 4.46 – Concentrations en HAP (mg/kg MS) dans les horizons profonds des sols de la zone d'échantillonnage de Seraing

	Naph	Acyl	Ace	Fle	Phen	Ant	Fla	Pyr	BaA	Chrys	BbF	BkF	BaP	dBahA	BghiP	I123cdP	HAP16	HAP10
n obs	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
n manq.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LQ (n)	0.003 (29)	0.015 (45)	0.003 (33)	0.003 (30)	0.003 (22)	2e-04 (16)	0.003 (22)	0.003 (23)	0.003 (26)	0.003 (18)	0.003 (26)	0.003 (29)	0.003 (27)	0.003 (31)	0.003 (31)	0.003 (31)	0.057 (28)	0.027 (26)
<LQ %	64	100	73	67	49	36	49	51	58	40	58	64	60	69	69	69	62	58
LQ-VR %	31	0	16	13	33	40	16	16	11	27	7	11	11	9	4	2	/	/
VR-VS %	2	0	11	20	16	22	33	31	27	31	29	22	22	20	24	27	/	/
VS-VI %	2	0	0	0	2	0	2	0	2	0	4	0	4	2	0	0	/	/
>VI %	0	0	0	0	0	2	0	2	2	2	2	2	2	0	2	2	/	/
Moyenne	0.069	0.01	0.038	0.11	1.2	0.62	1.5	1.2	0.75	0.9	0.74	0.44	0.79	0.086	0.74	0.56	9.8	7.6
Ecart type	0.4	0	0.21	0.67	7.6	4.1	8.6	7	4.4	5.4	4.3	2.6	4.5	0.47	4.5	3.3	58	45
Coeff. var.	5.8	0	5.5	6.1	6.3	6.6	5.7	5.8	5.9	6	5.8	5.9	5.7	5.5	6.1	5.9	5.9	5.9
Min.	0.0021	0.01	0.0021	0.0021	0.0021	0.00014	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.04	0.019
perc10	0.0021	0.01	0.0021	0.0021	0.0021	0.00014	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.04	0.019
perc25	0.0021	0.01	0.0021	0.0021	0.0021	0.00014	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.04	0.019
Médiane	0.0021	0.01	0.0021	0.0021	0.0044	0.0011	0.0032	0.0021	0.0021	0.0036	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.04	0.019
perc75	0.0097	0.01	0.0035	0.0054	0.076	0.0098	0.072	0.045	0.026	0.025	0.036	0.011	0.021	0.0084	0.026	0.025	0.35	0.27
perc90	0.028	0.01	0.018	0.053	0.44	0.091	0.88	0.54	0.37	0.36	0.38	0.18	0.32	0.04	0.2	0.18	3.9	3
Max.	2.7	0.01	1.4	4.5	51	27	58	47	30	36	29	17	30	3.2	30	22	390	310
Ecart int. quart.	0.0076	0	0.0014	0.0033	0.0739	0.00966	0.0699	0.0429	0.0239	0.0229	0.0339	0.0089	0.0189	0.0063	0.0239	0.0229	0.31	0.251
Out. Uni. H.	2 / 18	/	1 / 18	5 / 18	3 / 45	7 / 45	2 / 45	3 / 45	2 / 18	4 / 45	4 / 45	2 / 18	1 / 18	2 / 18	4 / 18	4 / 18	3 / 18	2 / 18
Out. Uni. B.	0 / 18	/	0 / 18	0 / 18	0 / 45	0 / 45	0 / 45	0 / 45	0 / 18	0 / 45	0 / 45	0 / 18	0 / 18	0 / 18	0 / 18	0 / 18	0 / 18	0 / 18
Out. Multi.	0 / 12	/	0 / 10	1 / 12	0 / 16	1 / 16	0 / 16	0 / 15	0 / 15	0 / 17	0 / 14	0 / 14	0 / 14	0 / 11	0 / 13	0 / 12	0 / 14	0 / 15

TABLE 4.47 – Concentrations en polluants organiques autres que HAP (mg/kg MS) dans les horizons de surface des sols de la zone d'échantillonnage de Seraing

	Ben	Tolu	EBen	oXyl	mpXyl	Xyl tot	BTEX	Styr	HTP10a12	HTP12a16	HTP16a21	HTP21a30	HTP30a35	HTP35a40	HTP tot	EOX	CN tot	CN lib	CN ncd	IP
n obs	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	45	40
n manq.	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	10	15
LQ (n)	0.01 (49)	0.01 (9)	0.01 (44)	0.01 (47)	0.01 (20)	0.02 (40)	0.05 (24)	0.003 (37)	1.5 (27)	3 (39)	3 (37)	3 (17)	3 (6)	3 (40)	16 (20)	0.3 (28)	0.5 (3)	0.3 (8)	0.5 (21)	0.003 (2)
<LQ %	92	17	83	89	38	75	45	70	51	74	70	32	11	75	38	53	6	15	47	5
LQ-VR %	8	49	17	/	/	25	/	30	21	26	30	/	/	/	/	/	/	51	/	/
VR-VS %	0	34	0	/	/	0	/	0	21	0	0	/	/	/	/	/	/	30	/	/
VS-VI %	0	0	0	/	/	0	/	0	8	0	0	/	/	/	/	/	/	4	/	/
>VI %	0	0	0	/	/	0	/	0	0	0	0	/	/	/	/	/	/	0	/	/
Moyenne	0.0075	0.22	0.0098	0.0079	0.016	0.02	0.25	0.0034	3.9	2.9	3.1	9.7	8.3	3.8	27	0.64	1.4	0.86	0.59	0.086
Ecart type	0.002	0.32	0.0077	0.0037	0.011	0.013	0.33	0.0023	5.8	1.6	1.7	12	10	8.4	29	0.66	0.75	0.56	0.29	0.098
Coeff. var.	0.27	1.5	0.79	0.47	0.69	0.65	1.3	0.68	1.5	0.55	0.55	1.2	1.2	2.2	1.1	1	0.54	0.65	0.49	1.1
Min.	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.014	0.035	0.0021	1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	12	0.21	0.35	0.21	0.35	0.0021
perc10	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.014	0.035	0.0021	1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	12	0.21	0.58	0.21	0.35	0.0082
perc25	0.007	0.019	0.007	0.007	0.007	0.014	0.035	0.0021	1	2.1	2.1	2.1	3.7	2.1	12	0.21	0.85	0.46	0.35	0.028
Médiane	0.007	0.055	0.007	0.007	0.014	0.014	0.076	0.0021	1	2.1	2.1	6.7	5.8	2.1	24	0.21	1.2	0.68	0.53	0.05
perc75	0.007	0.31	0.007	0.007	0.019	0.018	0.33	0.0044	3.2	3.3	4.1	13	10	2.7	32	0.86	1.9	1.3	0.73	0.12
perc90	0.007	0.73	0.018	0.011	0.03	0.035	0.76	0.0075	17	5.1	5.9	19	13	4.8	35	2	2.3	1.6	1	0.19
Max.	0.019	1.7	0.046	0.032	0.063	0.075	1.7	0.01	23	8.2	8.8	68	76	63	210	2.8	3.8	2.6	1.5	0.42
Ecart int. quart.	0	0.291	0	0	0.012	0.004	0.295	0.0023	2.2	1.2	2	10.9	6.3	0.6	20	0.65	1.05	0.84	0.38	0.092
Out. Uni. H.	0 / 20	1 / 53	/	1 / 13	13 / 42	4 / 42	16 / 42	10 / 53	5 / 51	3 / 53	4 / 53	3 / 53	2 / 53	1 / 42	5 / 46	6 / 26	3 / 52	4 / 53	0 / 34	0 / 40
Out. Uni. B.	0 / 20	0 / 53	/	0 / 13	0 / 42	0 / 42	0 / 42	0 / 53	1 / 51	0 / 53	0 / 53	0 / 53	0 / 53	0 / 42	0 / 46	1 / 26	0 / 52	0 / 53	0 / 34	4 / 40
Out. Multi.	0 / 1	0 / 35	/	0 / 2	1 / 24	0 / 5	0 / 28	/	0 / 8	0 / 14	0 / 11	0 / 35	1 / 42	0 / 7	0 / 18	/	0 / 46	0 / 45	0 / 22	0 / 20

TABLE 4.48 – Concentrations en polluants organiques autres que HAP (mg/kg MS) dans les horizons profonds des sols de la zone d'échantillonnage de Seraing

	Ben	Tolu	EBen	oXyl	mpXyl	Xyl tot	BTEX	Styr	HTP10a12	HTP12a16	HTP16a21	HTP21a30	HTP30a35	HTP35a40	HTP tot	EOX	CN tot	CN lib	CN ncd	IP
n obs	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	1	45
n manq.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	44	0
LQ (n)	0.01 (39)	0.01 (34)	0.01 (42)	0.01 (37)	0.01 (34)	0.02 (37)	0.05 (38)	0.003 (36)	1.5 (13)	3 (28)	3 (34)	3 (36)	3 (23)	3 (39)	16 (32)	0.3 (43)	0.5 (41)	0.3 (44)	0.5 (1)	0.003 (25)
<LQ %	87	76	93	82	76	82	84	80	29	62	76	80	51	87	71	96	91	98	100	56
LQ-VR %	11	18	7	/	/	18	/	20	11	38	22	/	/	/	/	/	/	2	/	/
VR-VS %	2	7	0	/	/	0	/	0	51	0	2	/	/	/	/	/	/	0	/	/
VS-VI %	0	0	0	/	/	0	/	0	9	0	0	/	/	/	/	/	/	0	/	/
>VI %	0	0	0	/	/	0	/	0	0	0	0	/	/	/	/	/	/	0	/	/
Moyenne	0.011	0.037	0.0073	0.0078	0.012	0.018	0.07	0.0025	4.8	3.1	5.1	19	8.9	4.4	41	0.24	0.4	0.21	0.35	0.0055
Ecart type	0.019	0.083	0.0011	0.0019	0.014	0.015	0.1	0.00097	4.7	1.4	15	100	37	13	170	0.15	0.24	0.017	/	0.0066
Coeff. var.	1.7	2.2	0.15	0.24	1.2	0.83	1.4	0.39	0.98	0.45	2.9	5.3	4.2	3	4.1	0.62	0.6	0.081	/	1.2
Min.	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.014	0.035	0.0021	1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	12	0.21	0.35	0.21	0.35	0.0021
perc10	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.014	0.035	0.0021	1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	12	0.21	0.35	0.21	0.35	0.0021
perc25	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.014	0.035	0.0021	1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	12	0.21	0.35	0.21	0.35	0.0021
Médiane	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.014	0.035	0.0021	3.6	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	12	0.21	0.35	0.21	0.35	0.0021
perc75	0.007	0.0098	0.007	0.007	0.0089	0.014	0.035	0.0021	5.7	4	2.6	2.1	3.7	2.1	18	0.21	0.35	0.21	0.35	0.006
perc90	0.015	0.15	0.007	0.012	0.022	0.023	0.22	0.004	15	5.2	5.8	9.1	6.5	3.2	28	0.21	0.41	0.21	0.35	0.013
Max.	0.13	0.45	0.012	0.013	0.097	0.11	0.49	0.0062	18	6.6	100	700	250	92	1200	1.2	1.9	0.33	0.35	0.032
Ecart int. quart.	0	0.0028	0	0	0.0019	0	0	0	4.7	1.9	0.5	0	1.6	0	6	0	0	0	0	0.0039
Out. Uni. H.	1 / 18	0 / 18	/	0 / 2	2 / 18	1 / 18	3 / 18	0 / 18	6 / 42	2 / 45	4 / 45	1 / 18	4 / 45	2 / 18	1 / 45	/	1 / 18	/	/	4 / 45
Out. Uni. B.	0 / 18	0 / 18	/	0 / 2	0 / 18	0 / 18	0 / 18	0 / 18	0 / 42	0 / 45	0 / 45	0 / 18	0 / 45	0 / 18	0 / 45	/	0 / 18	/	/	0 / 45
Out. Multi.	1 / 6	0 / 4	/	/	0 / 5	0 / 4	0 / 7	0 / 8	/	0 / 15	0 / 6	0 / 7	1 / 11	0 / 4	1 / 7	/	/	/	/	0 / 1

4.1.2.6 Zone d'échantillonnage de Trooz

Les caractéristiques pédologiques, les concentrations en éléments inorganiques et en polluants organiques de la zone d'échantillonnage de Trooz sont décrites dans les tables 4.49, 4.50, 4.51, 4.52, 4.53, 4.54, 4.55 et 4.56.

Les concentrations en Be, Mo, Sb, Se, Sn et Tl sont généralement inférieures aux limites de quantification tant dans les horizons de surface que dans les horizons profonds (chiffres donnés dans la 4^{e} ligne des tables 4.51 et 4.52). De plus, 86% des analyses du CrVI dans les horizons de surface sont inférieurs aux LQ et les analyses du Cd, du Hg et de l'As sont généralement inférieures aux LQ en profondeur (69% pour le Cd, 95% pour le Hg et 62% pour l'As). Dans les horizons de surface des sols de Trooz, les concentrations en Cd, Pb et Zn (et Cu dans une moindre mesure) dépassent fréquemment les VS et VI du Décret « sols » (chiffres donnés dans les lignes 5 à 8 des tables 4.51 et 4.52). Pour le Zn, on remarque par exemple que plus de 91 % des analyses sont supérieures aux VS et 51% sont supérieures aux VI.

Plus de 90% des analyses d'HAP sont inférieures aux limites de quantification dans les horizons profonds des sols de Trooz (chiffres donnés dans la 4^{e} ligne de la table 4.54). Dans les horizons de surface (*cf.* table 4.53), les concentrations en HAP sont presque toujours quantifiées (à l'exception de l'Acyl, du Naph et de l'Ace) mais sont presque toujours inférieures au VS du Décret « sols » (à l'exception du BaP, pour lequel 12% des mesures dépassent les VS).

Les concentrations en BTEX et en composés organo-halogénés extractibles sont fréquemment inférieures aux limites de quantification, et ce tant dans les horizons de surface que dans les horizons profonds des sols de la zone (de l'ordre de 90%, chiffres donnés dans la 4^{e} ligne des tables 4.55 et 4.56). On trouve des huiles minérales, des cyanures et des phénols à des concentrations faibles (généralement inférieurs aux LQ en profondeur, et presque toujours inférieures aux VS, chiffres donnés dans les lignes 3 à 8 des tables 4.55 et 4.56).

TABLE 4.49 – Propriétés générales des horizons de surface des sols de la zone d'échantillonnage de Trooz - OM, Argile : g/100g ; Corg : g C/kg MS ; CE : µS/cm.

	OM	Corg	Argile	pH KCl	pH H2O	CE
n obs	35	35	35	35	35	35
n manq.	0	0	0	0	0	0
Moyenne	6	35	20	5.1	6.1	93
Ecart type	2.4	14	8	1.2	1.1	56
Coeff. var.	0.4	0.4	0.4	0.24	0.18	0.6
Min.	2.5	15	4.3	3	3.9	36
perc10	3.1	18	13	3.1	4.3	41
perc25	4.4	25	15	4.1	5.4	52
Médiane	5.5	32	18	5.2	6.3	89
perc75	7.6	44	21	6.2	7.1	110
perc90	8.3	48	35	6.8	7.5	150
Max.	15	89	42	7	7.9	280
Ecart int. quart.	3.2	19	6	2.1	1.7	58
Out. Uni. H.	0 / 35	0 / 35	4 / 35	2 / 35	2 / 35	2 / 35
Out. Uni. B.	0 / 35	0 / 35	0 / 35	0 / 35	2 / 35	0 / 35
Out. Multi.	1 / 34	1 / 34	1 / 31	0 / 34	1 / 35	0 / 33

TABLE 4.50 – Propriétés générales des horizons profonds des sols de la zone d'échantillonnage de Trooz - OM, Argile : g/100g ; Corg : g C/kg MS ; CE : µS/cm.

	OM	Corg	Argile	pH KCl	pH H2O	CE
n obs	26	26	26	26	26	26
n manq.	0	0	0	0	0	0
Moyenne	1.1	6.4	22	5.1	6.8	37
Ecart type	1.8	11	13	1.1	1.1	26
Coeff. var.	1.6	1.7	0.59	0.22	0.16	0.7
Min.	0.086	0.5	0	3.6	4.5	16
perc10	0.24	0.85	7	3.7	4.7	19
perc25	0.4	2	14	4.2	6.1	24
Médiane	0.65	4	20	5.3	7.1	30
perc75	1.2	6.2	30	6	7.6	40
perc90	1.9	11	41	6.4	7.7	55
Max.	9.7	56	56	7.3	8.3	150
Ecart int. quart.	0.8	4.2	16	1.8	1.5	16
Out. Uni. H.	4 / 26	4 / 26	0 / 26	0 / 26	0 / 26	0 / 26
Out. Uni. B.	0 / 26	0 / 26	0 / 26	0 / 26	0 / 26	0 / 26
Out. Multi.	0 / 15	0 / 15	0 / 22	0 / 26	0 / 26	0 / 26

TABLE 4.51 – Concentrations en éléments inorganiques (mg/kg MS) dans les horizons de surface des sols de la zone d'échantillonnage de Trooz

	Al	Ca	Mg	Mn	Fe	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	CrVI	Cu	Hg	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	Tl	Zn
n obs	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
n manq.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LQ (n)						10 (14)		1 (26)	0.4 (1)	2 (3)		0.1 (30)		0.1 (13)	5 (34)	2 (1)		2 (26)	2 (28)	5 (22)	5 (35)	
<LQ %	0	0	0	0	0	40	0	74	3	9	0	86	0	37	97	3	0	74	80	63	100	0
LQ-VR %	/	/	/	/	/	9	/	/	0	/	89	14	9	0	/	60	0	/	/	/	/	3
VR-VS %	/	/	/	/	/	46	/	/	17	/	11	0	71	57	/	37	57	/	/	/	/	6
VS-VI %	/	/	/	/	/	6	/	/	71	/	0	0	17	6	/	0	14	/	/	/	/	40
>VI %	/	/	/	/	/	0	/	/	9	/	0	0	3	0	/	0	29	/	/	/	/	51
Moyenne	15000	3100	2400	870	24000	15	84	0.87	6.7	10	26	0.095	45	0.33	3.5	23	260	2.3	1.6	6.9	3.5	710
Ecart type	6000	2400	1100	640	8000	12	34	0.34	13	4.3	7.2	0.066	68	0.6	0.29	10	350	2.4	0.51	8.6	0	830
Coeff. var.	0.4	0.77	0.46	0.74	0.33	0.8	0.4	0.39	1.9	0.43	0.28	0.69	1.5	1.8	0.083	0.43	1.3	1	0.32	1.2	0	1.2
Min.	1200	170	77	70	6000	7	24	0.7	0.28	1.4	7.9	0.07	7.2	0.07	3.5	1.4	49	1.4	1.4	3.5	3.5	17
perc10	8500	720	1100	230	17000	7	45	0.7	0.86	3.6	19	0.07	14	0.07	3.5	13	57	1.4	1.4	3.5	3.5	130
perc25	11000	1300	1500	420	18000	7	54	0.7	1.9	7.5	22	0.07	20	0.07	3.5	17	71	1.4	1.4	3.5	3.5	240
Médiane	14000	2400	2400	710	22000	12	83	0.7	3.1	9.7	26	0.07	28	0.15	3.5	20	140	1.4	1.4	3.5	3.5	440
perc75	18000	4000	3100	1000	29000	19	110	1.1	5.1	12	29	0.07	50	0.31	3.5	28	280	2.2	1.4	6.7	3.5	890
perc90	23000	6900	3900	1600	35000	23	140	1.5	16	17	36	0.22	66	0.58	3.5	41	610	4.3	2.6	12	3.5	1900
Max.	33000	10000	5600	3400	44000	70	160	2	75	19	46	0.35	410	3.3	5.2	47	2000	15	3.2	47	3.5	3900
Ecart int. quart.	7000	2700	1600	580	11000	12	56	0.4	3.2	4.5	7	0	30	0.24	0	11	209	0.8	0	3.2	0	650
Out. Uni. H.	0 / 35	0 / 35	1 / 35	1 / 35	0 / 35	2 / 33	0 / 35	0 / 33	4 / 35	0 / 35	0 / 35	2 / 25	2 / 35	2 / 34	0 / 2	0 / 35	4 / 35	1 / 35	0 / 35	3 / 15	/	4 / 35
Out. Uni. B.	1 / 35	0 / 35	1 / 35	0 / 35	1 / 35	0 / 33	0 / 35	0 / 33	0 / 35	0 / 35	1 / 35	0 / 25	1 / 35	1 / 34	0 / 2	1 / 35	2 / 35	0 / 35	0 / 35	0 / 15	/	1 / 35
Out. Multi.	3 / 35	1 / 35	1 / 35	0 / 35	0 / 35	2 / 21	1 / 35	0 / 7	2 / 34	0 / 32	0 / 35	/	3 / 35	2 / 22	1 / 1	0 / 34	4 / 35	1 / 9	0 / 5	0 / 13	/	1 / 35

TABLE 4.52 – Concentrations en éléments inorganiques (mg/kg MS) dans les horizons profonds des sols de la zone d'échantillonnage de Trooz

	Al	Ca	Mg	Mn	Fe	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	CrVI	Cu	Hg	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	Tl	Zn
n obs	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
n manq.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LQ (n)						10 (16)		1 (11)	0.4 (18)					0.1 (25)	5 (26)		3 (2)	2 (26)	2 (19)	5 (26)	5 (26)	
<LQ %	0	0	0	0	0	62	0	42	69	0	0	0	0	96	100	0	8	100	73	100	100	0
LQ-VR %	/	/	/	/	/	8	/	/	0	/	69	100	42	0	/	23	58	/	/	/	/	42
VR-VS %	/	/	/	/	/	31	/	/	27	/	31	0	54	4	/	73	27	/	/	/	/	46
VS-VI %	/	/	/	/	/	0	/	/	4	/	0	0	4	0	/	4	4	/	/	/	/	8
>VI %	/	/	/	/	/	0	/	/	0	/	0	0	0	0	/	0	4	/	/	/	/	4
Moyenne	18000	3800	3900	870	32000	9.7	82	1.2	0.43	18	31	0.75	16	0.072	3.5	34	60	1.4	1.9	3.5	3.5	110
Ecart type	8900	12000	2300	510	9500	4	40	0.51	0.35	10	10	0.32	9.9	0.0078	0	15	130	0	0.91	0	0	110
Coeff. var.	0.49	3.2	0.59	0.59	0.3	0.41	0.49	0.43	0.81	0.56	0.32	0.43	0.62	0.11	0	0.44	2.2	0	0.48	0	0	1
Min.	3200	97	190	170	18000	7	31	0.7	0.28	6.8	15	0.23	5.2	0.07	3.5	7.1	2.1	1.4	1.4	3.5	3.5	20
perc10	9100	160	1600	310	20000	7	40	0.7	0.28	9	18	0.34	6.6	0.07	3.5	17	7.6	1.4	1.4	3.5	3.5	44
perc25	13000	920	2300	440	24000	7	58	0.7	0.28	11	23	0.54	9.6	0.07	3.5	27	13	1.4	1.4	3.5	3.5	54
Médiane	14000	1400	3400	790	31000	7	76	1.2	0.28	15	30	0.7	15	0.07	3.5	32	18	1.4	1.4	3.5	3.5	76
perc75	23000	2300	5400	1200	37000	12	92	1.5	0.46	21	40	0.95	19	0.07	3.5	39	33	1.4	2.3	3.5	3.5	110
perc90	33000	2900	7200	1800	46000	14	140	2.1	0.84	34	47	1.1	27	0.07	3.5	52	210	1.4	3.6	3.5	3.5	240
Max.	40000	62000	10000	2000	54000	23	200	2.2	1.8	51	55	1.7	53	0.11	3.5	85	500	1.4	4.6	3.5	3.5	530
Ecart int. quart.	10000	1380	3100	760	13000	5	34	0.8	0.18	10	17	0.41	9.4	0	0	12	20	0	0.9	0	0	56
Out. Uni. H.	0 / 26	0 / 26	0 / 26	0 / 26	0 / 26	1 / 24	0 / 26	2 / 15	1 / 11	0 / 26	0 / 26	0 / 26	0 / 26	0 / 4	0 / 3	0 / 26	3 / 24	0 / 4	0 / 26	0 / 4	/	1 / 26
Out. Uni. B.	1 / 26	3 / 26	1 / 26	0 / 26	0 / 26	0 / 24	0 / 26	0 / 15	0 / 11	0 / 26	0 / 26	1 / 26	0 / 26	0 / 4	0 / 3	1 / 26	0 / 24	0 / 4	0 / 26	0 / 4	/	1 / 26
Out. Multi.	1 / 26	0 / 26	0 / 26	0 / 26	0 / 26	0 / 2	0 / 26	0 / 15	0 / 1	0 / 26	0 / 26	0 / 26	0 / 26	/	/	1 / 26	3 / 24	/	/	/	/	1 / 26

Table 4.53 – Concentrations en HAP (mg/kg MS) dans les horizons de surface des sols de la zone d'échantillonnage de Trooz

	Naph	Acyl	Ace	Fle	Phen	Ant	Fla	Pyr	BaA	Chrys	BbF	BkF	BaP	dBahA	BghiP	I123cdP	HAP16	HAP10
n obs	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
n manq.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
LQ (n)	0.003 (21)	0.015 (34)	0.003 (21)	0.003 (11)	0.003 (2)	2e-04 (3)	0.003 (1)	0.003 (1)						0.003 (11)	0.003 (10)	0.003 (11)		
<LQ %	62	100	62	32	6	9	3	3	0	0	0	0	0	32	29	32	0	0
LQ-VR %	35	0	15	35	62	47	0	0	3	0	0	6	3	24	0	0	/	/
VR-VS %	3	0	24	32	32	44	97	97	97	100	97	94	85	44	71	65	/	/
VS-VI %	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	12	0	0	3	/	/
>VI %	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	/	/
Moyenne	0.014	0.01	0.006	0.0099	0.099	0.017	0.22	0.15	0.085	0.095	0.11	0.046	0.089	0.016	0.06	0.094	1.1	0.82
Ecart type	0.03	0	0.0074	0.016	0.11	0.023	0.26	0.18	0.099	0.096	0.12	0.049	0.11	0.026	0.083	0.15	1.3	0.93
Coeff. var.	2.1	0	1.2	1.6	1.1	1.4	1.2	1.2	1.2	1	1.1	1.1	1.2	1.6	1.4	1.6	1.2	1.1
Min.	0.0021	0.01	0.0021	0.0021	0.0021	0.00014	0.0021	0.0021	0.0092	0.012	0.01	0.0046	0.0075	0.0021	0.0021	0.0021	0.091	0.064
perc10	0.0021	0.01	0.0021	0.0021	0.016	0.0012	0.035	0.032	0.018	0.023	0.027	0.01	0.019	0.0021	0.0021	0.0021	0.22	0.16
perc25	0.0021	0.01	0.0021	0.0021	0.024	0.0043	0.056	0.037	0.02	0.027	0.031	0.012	0.021	0.0021	0.0021	0.0021	0.27	0.18
Médiane	0.0021	0.01	0.0021	0.0046	0.042	0.007	0.083	0.059	0.032	0.041	0.045	0.018	0.034	0.0063	0.02	0.039	0.46	0.33
perc75	0.012	0.01	0.0087	0.013	0.18	0.022	0.37	0.25	0.13	0.18	0.19	0.081	0.12	0.018	0.073	0.13	1.9	1.4
perc90	0.038	0.01	0.014	0.019	0.28	0.047	0.57	0.4	0.23	0.22	0.28	0.11	0.26	0.039	0.2	0.28	2.9	2.1
Max.	0.16	0.01	0.04	0.087	0.43	0.11	1.1	0.83	0.46	0.36	0.48	0.21	0.47	0.13	0.33	0.71	5.5	4.1
Ecart int. quart.	0.0099	0	0.0066	0.0109	0.156	0.0177	0.314	0.213	0.11	0.153	0.159	0.069	0.099	0.0159	0.0709	0.1279	1.63	1.22
Out. Uni. H.	3 / 34	/	2 / 34	2 / 34	4 / 34	4 / 31	4 / 34	4 / 34	2 / 34	3 / 34	2 / 34	3 / 34	4 / 34	2 / 34	2 / 34	2 / 34	2 / 34	1 / 34
Out. Uni. B.	0 / 34	/	0 / 34	2 / 34	2 / 34	0 / 31	1 / 34	1 / 34	0 / 34	0 / 34	1 / 34	0 / 34	0 / 34	1 / 34	1 / 34	1 / 34	0 / 34	0 / 34
Out. Multi.	0 / 7	/	1 / 12	1 / 23	0 / 32	0 / 31	0 / 33	0 / 33	1 / 34	0 / 34	0 / 34	0 / 34	0 / 34	3 / 23	1 / 24	2 / 23	0 / 34	0 / 33

Table 4.54 – Concentrations en HAP (mg/kg MS) dans les horizons profonds des sols de la zone d'échantillonnage de Trooz

	Naph	Acyl	Ace	Fle	Phen	Ant	Fla	Pyr	BaA	Chrys	BbF	BkF	BaP	dBahA	BghiP	I123cdP	HAP16	HAP10
n obs	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
n manq.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
LQ (n)	0.003 (24)	0.015 (25)	0.003 (24)	0.003 (24)	0.003 (23)	2e-04 (23)	0.003 (23)	0.003 (23)	0.003 (23)	0.003 (23)	0.003 (21)	0.003 (23)	0.003 (23)	0.003 (23)	0.003 (23)	0.003 (24)	0.057 (23)	0.027 (23)
<LQ %	96	100	96	96	92	92	92	92	92	92	84	92	92	92	92	96	92	92
LQ-VR %	4	0	0	0	8	4	0	0	8	4	12	8	8	8	0	0	/	/
VR-VS %	0	0	4	4	0	4	8	8	0	4	4	0	0	0	8	4	/	/
VS-VI %	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	/	/
>VI %	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	/	/
Moyenne	0.004	0.01	0.0025	0.0025	0.0037	0.00084	0.0064	0.0036	0.0024	0.0028	0.003	0.0023	0.0024	0.0023	0.0032	0.0036	0.054	0.03
Ecart type	0.0096	0	0.0021	0.0021	0.0068	0.0032	0.019	0.0057	0.0012	0.0026	0.0021	0.00067	0.0011	0.00071	0.004	0.0077	0.06	0.051
Coeff. var.	2.4	0	0.84	0.84	1.8	3.8	3	1.6	0.5	0.93	0.7	0.29	0.46	0.31	1.2	2.1	1.1	1.7
Min.	0.0021	0.01	0.0021	0.0021	0.0021	0.00014	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.04	0.019
perc10	0.0021	0.01	0.0021	0.0021	0.0021	0.00014	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.04	0.019
perc25	0.0021	0.01	0.0021	0.0021	0.0021	0.00014	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.04	0.019
Médiane	0.0021	0.01	0.0021	0.0021	0.0021	0.00014	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.04	0.019
perc75	0.0021	0.01	0.0021	0.0021	0.0021	0.00014	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.04	0.019
perc90	0.0021	0.01	0.0021	0.0021	0.0043	0.00082	0.0075	0.0064	0.0037	0.0047	0.0071	0.0029	0.0028	0.0025	0.0073	0.0021	0.055	0.032
Max.	0.05	0.01	0.012	0.012	0.036	0.016	0.095	0.029	0.0067	0.014	0.01	0.0049	0.0074	0.0055	0.018	0.04	0.34	0.27
Ecart int. quart.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Out. Uni. H.	0 / 4	/	0 / 4	0 / 4	0 / 4	0 / 4	0 / 4	0 / 4	0 / 4	0 / 4	0 / 4	0 / 4	0 / 4	0 / 4	0 / 4	0 / 4	0 / 4	0 / 4
Out. Uni. B.	0 / 4	/	0 / 4	0 / 4	0 / 4	0 / 4	0 / 4	0 / 4	0 / 4	0 / 4	0 / 4	0 / 4	0 / 4	0 / 4	0 / 4	0 / 4	0 / 4	0 / 4
Out. Multi.	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

TABLE 4.55 – Concentrations en polluants organiques autres que HAP (mg/kg MS) dans les horizons de surface des sols de la zone d'échantillonnage de Trooz

	Ben	Tolu	EBen	oXyl	mpXyl	Xyl tot	BTEX	Styr	HTP10a12	HTP12a16	HTP16a21	HTP21a30	HTP30a35	HTP35a40	HTP tot	EOX	CN tot	CN lib	CN ncd	IP
n obs	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	33	33	17	33
n manq.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	18	2
LQ (n)	0.01 (34)	0.01 (27)	0.01 (33)	0.01 (33)	0.01 (33)	0.02 (33)	0.05 (34)	0.003 (30)	1.5 (7)	3 (8)	3 (13)	3 (12)	3 (12)	3 (30)	16 (13)	0.3 (27)	0.5 (12)	0.3 (10)	0.5 (9)	
<LQ %	100	79	97	97	97	97	100	88	21	24	38	35	35	88	38	79	36	30	53	0
LQ-VR %	0	21	3	/	/	3	/	12	3	76	62	/	/	/	/	/	/	55	/	/
VR-VS %	0	0	0	/	/	0	/	0	68	0	0	/	/	/	/	/	/	12	/	/
VS-VI %	0	0	0	/	/	0	/	0	9	0	0	/	/	/	/	/	/	3	/	/
>VI %	0	0	0	/	/	0	/	0	0	0	0	/	/	/	/	/	/	0	/	/
Moyenne	0.007	0.0087	0.0074	0.0076	0.0072	0.014	0.035	0.0025	4.5	5.3	3.8	5.9	4.6	2.5	23	0.31	0.9	0.56	0.55	0.12
Ecart type	0	0.0043	0.0024	0.0035	0.0011	0.0023	0	0.0011	2.7	2.9	2.1	4.8	3.2	1.1	13	0.25	0.85	0.54	0.36	0.14
Coeff. var.	0	0.49	0.32	0.46	0.15	0.16	0	0.44	0.6	0.55	0.55	0.81	0.7	0.44	0.57	0.81	0.94	0.96	0.65	1.2
Min.	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.014	0.035	0.0021	1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	12	0.21	0.35	0.21	0.35	0.013
perc10	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.014	0.035	0.0021	1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	12	0.21	0.35	0.21	0.35	0.022
perc25	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.014	0.035	0.0021	2.6	2.8	2.1	2.1	2.1	2.1	12	0.21	0.35	0.21	0.35	0.039
Médiane	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.014	0.035	0.0021	4.3	4.7	3.4	4.9	3.8	2.1	21	0.21	0.6	0.34	0.35	0.057
perc75	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.014	0.035	0.0021	5.5	6.8	4.1	7.8	5.3	2.1	27	0.21	1	0.57	0.59	0.15
perc90	0.007	0.014	0.007	0.007	0.007	0.014	0.035	0.0048	8.7	9	7.7	11	7.7	4.1	43	0.77	2	1.4	1.2	0.3
Max.	0.007	0.027	0.021	0.027	0.014	0.027	0.035	0.0061	12	15	11	26	16	7.8	61	1.1	4.4	2.6	1.8	0.69
Ecart int. quart.	0	0	0	0	0	0	0	0	2.9	4	2	5.7	3.2	0	15	0	0.65	0.36	0.24	0.111
Out. Uni. H.	0 / 4	0 / 34	/	1 / 21	0 / 13	0 / 13	0 / 13	1 / 34	3 / 29	6 / 34	7 / 34	3 / 34	3 / 34	0 / 13	5 / 32	0 / 9	1 / 32	0 / 33	1 / 9	2 / 33
Out. Uni. B.	0 / 4	0 / 34	/	0 / 21	0 / 13	0 / 13	0 / 13	0 / 34	0 / 29	0 / 34	0 / 34	0 / 34	0 / 34	0 / 13	0 / 32	3 / 9	0 / 32	0 / 33	0 / 9	0 / 33
Out. Multi.	/	0 / 5	/	/	0 / 1	/	/	/	0 / 7	0 / 23	0 / 14	0 / 22	1 / 20	/	0 / 14	/	0 / 17	0 / 23	1 / 7	0 / 29

TABLE 4.56 – Concentrations en polluants organiques autres que HAP (mg/kg MS) dans les horizons profonds des sols de la zone d'échantillonnage de Trooz

	Ben	Tolu	EBen	oXyl	mpXyl	Xyl tot	BTEX	Styr	HTP10a12	HTP12a16	HTP16a21	HTP21a30	HTP30a35	HTP35a40	HTP tot	EOX	CN tot	CN lib	CN ncd	IP
n obs	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	0	25
n manq.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	26	1
LQ (n)	0.01 (25)	0.01 (24)	0.01 (25)	0.01 (25)	0.01 (25)	0.02 (25)	0.05 (25)	0.003 (24)	1.5 (7)	3 (5)	3 (11)	3 (15)	3 (19)	3 (24)	16 (16)	0.3 (25)	0.5 (25)	0.3 (24)		0.003 (16)
<LQ %	100	96	100	100	100	100	100	96	28	20	44	60	76	96	64	100	100	96	/	64
LQ-VR %	0	4	0	/	/	0	/	4	8	80	56	/	/	/	/	/	/	4	/	/
VR-VS %	0	0	0	/	/	0	/	0	60	0	0	/	/	/	/	/	/	0	/	/
VS-VI %	0	0	0	/	/	0	/	0	4	0	0	/	/	/	/	/	/	0	/	/
>VI %	0	0	0	/	/	0	/	0	0	0	0	/	/	/	/	/	/	0	/	/
Moyenne	0.007	0.0076	0.007	0.007	0.007	0.014	0.035	0.0023	3.7	4.7	3.6	3.5	2.6	2.2	16	0.21	0.35	0.21	/	0.0042
Ecart type	0	0.0032	0	0	0	0	0	0.001	3.5	2.4	1.8	2	0.97	0.52	6.3	0	0	0.019	/	0.0038
Coeff. var.	0	0.42	0	0	0	0	0	0.43	0.95	0.51	0.5	0.57	0.37	0.24	0.39	0	0	0.09	/	0.9
Min.	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.014	0.035	0.0021	1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	12	0.21	0.35	0.21	/	0.0021
perc10	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.014	0.035	0.0021	1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	12	0.21	0.35	0.21	/	0.0021
perc25	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.014	0.035	0.0021	1	3.1	2.1	2.1	2.1	2.1	12	0.21	0.35	0.21	/	0.0021
Médiane	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.014	0.035	0.0021	3.2	4.4	3.2	2.1	2.1	2.1	12	0.21	0.35	0.21	/	0.0021
perc75	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.014	0.035	0.0021	4.9	6.1	4.8	4.5	2.6	2.1	21	0.21	0.35	0.21	/	0.0046
perc90	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.014	0.035	0.0021	6.2	8.7	6.7	7.6	4.1	2.1	27	0.21	0.35	0.21	/	0.012
Max.	0.007	0.023	0.007	0.007	0.007	0.014	0.035	0.0073	18	10	8.5	8.2	6.1	4.7	31	0.21	0.35	0.3	/	0.015
Ecart int. quart.	0	0	0	0	0	0	0	0	3.9	3	2.7	2.4	0.5	0	9	0	0	0	/	0.0025
Out. Uni. H.	0 / 4	0 / 4	/	/	0 / 4	0 / 4	0 / 4	0 / 4	1 / 25	2 / 25	1 / 25	2 / 25	0 / 4	0 / 4	0 / 25	/	0 / 4	/	/	2 / 25
Out. Uni. B.	0 / 4	0 / 4	/	/	0 / 4	0 / 4	0 / 4	0 / 4	4 / 25	0 / 25	0 / 25	0 / 25	0 / 4	0 / 4	0 / 25	/	0 / 4	/	/	0 / 25
Out. Multi.	/	/	/	/	/	/	/	/	0 / 17	0 / 4	0 / 4	0 / 3	0 / 2	/	0 / 2	/	/	/	/	/

4.1.2.7 Zone d'échantillonnage de Verviers

Les caractéristiques pédologiques, les concentrations en éléments inorganiques et en polluants organiques de la zone d'échantillonnage de Verviers sont décrites dans les tables 4.57, 4.58, 4.59, 4.60, 4.61, 4.62, 4.63 et 4.64.

Les concentrations en Mo, Sb, Se, Sn et Tl sont généralement inférieures aux limites de quantification tant dans les horizons de surface que dans les horizons profonds (chiffres donnés dans la 4^{e} ligne des tables 4.59 et 4.60). De plus, toutes les analyses du CrVI dans les horizons de surface sont inférieurs aux LQ et les analyses de l'As, du Hg, et du Cd sont généralement (>60%) inférieures aux LQ en profondeur . Les concentrations en Cd, Pb et Zn dans les horizons de surface sont relativement élevées. En effet, 79% des horizons de surface ont des concentrations en Zn supérieures aux VS du Décret « sols » (29% pour le Pb et 66% pour le Cd ; *cf.* lignes 7 et 8 de la table 4.59).

Plus de 80% des analyses d'HAP sont inférieures aux limites de quantification dans les horizons profonds des sols de Verviers (chiffres donnés dans la 4^{e} ligne de la table 4.62). Dans les horizons de surface (*cf.* table 4.61), les concentrations en HAP sont presque toujours quantifiées (à l'exception des HAP « légers » : Naph, Acyl, Ace et Fle) mais sont presque toujours inférieures au VS du Décret « sols ».

Les concentrations en BTEX et en composés organo-halogénés extractibles sont fréquemment inférieures aux limites de quantification, et ce tant dans les horizons de surface que dans les horizons profonds des sols de la zone (de l'ordre de 90%, chiffres donnés dans la 4^{e} ligne des tables 4.55 et 4.56). On trouve des huiles minérales, des cyanures et des phénols à des concentrations faibles (généralement inférieurs aux LQ en profondeur, et presque toujours inférieures aux VS, chiffres donnés dans les lignes 3 à 8 des tables 4.55 et 4.56). Les huiles minérales en C10 - C12 (HTP10a12) sont une exception à ce constat : on en retrouve dans les horizons de surfaces et profonds à des concentrations non négligeables (de l'ordre de 20% des valeurs supérieures aux VS du Décret « sols »).

TABLE 4.57 – Propriétés générales des horizons de surface des sols de la zone d'échantillonnage de Verviers - OM, Argile : g/100g ; Corg : g C/kg MS ; CE : µS/cm.

	OM	Corg	Argile	pH KCl	pH H2O	CE
n obs	37	37	33	15	24	8
n manq.	1	1	5	23	14	30
Moyenne	7.6	44	23	5.3	6.1	98
Ecart type	4.2	24	9.8	1.2	0.92	54
Coeff. var.	0.55	0.55	0.43	0.23	0.15	0.55
Min.	3.8	22	9.6	3	4	31
perc10	4.5	27	13	3.5	4.3	31
perc25	5.1	30	17	4.3	5.6	53
Médiane	6	35	20	5	6.4	94
perc75	7.8	46	27	6.1	6.9	130
perc90	15	88	37	6.9	7	200
Max.	22	120	58	7	7.3	200
Ecart int. quant.	2.7	16	10	1.8	1.3	77
Out. Uni. H.	1 / 37	1 / 37	4 / 33	0 / 8	1 / 24	1 / 8
Out. Uni. B.	0 / 37	0 / 37	0 / 33	0 / 8	1 / 24	0 / 8
Out. Multi.	0 / 37	0 / 37	0 / 25	0 / 8	0 / 24	0 / 8

TABLE 4.58 – Propriétés générales des horizons profonds des sols de la zone d'échantillonnage de Verviers - OM, Argile : g/100g ; Corg : g C/kg MS ; CE : µS/cm.

	OM	Corg	Argile	pH KCl	pH H2O	CE
n obs	21	21	20	11	8	8
n manq.	0	0	1	10	13	13
Moyenne	0.92	5.4	21	5.2	6.2	43
Ecart type	1.7	9.9	12	1.5	1.3	35
Coeff. var.	1.8	1.8	0.57	0.29	0.21	0.81
Min.	0	0	3.4	3.8	4.7	16
perc10	0.1	0.6	4.6	3.8	4.7	16
perc25	0.15	0.85	8.8	3.9	4.8	22
Médiane	0.4	2	22	4.6	6.4	26
perc75	0.65	4	32	7.2	7.2	61
perc90	3.9	23	37	7.6	8	120
Max.	7.2	41	37	7.7	8	120
Ecart int. quart.	0.5	3.15	23.2	3.3	2.4	39
Out. Uni. H.	0 / 21	0 / 21	0 / 20	0 / 9	0 / 8	1 / 8
Out. Uni. B.	0 / 21	0 / 21	0 / 20	0 / 9	0 / 8	0 / 8
Out. Multi.	0 / 15	0 / 15	0 / 13	0 / 9	0 / 8	0 / 6

TABLE 4.59 – Concentrations en éléments inorganiques (mg/kg MS) dans les horizons de surface des sols de la zone d'échantillonnage de Verviers

	Al	Ca	Mg	Mn	Fe	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	CrVI	Cu	Hg	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	Tl	Zn
n obs	38	38	38	38	38	38	37	37	38	38	38	7	38	37	37	38	38	38	37	37	37	38
n manq.	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	31	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0
LQ (n)						10 (11)		1 (21)	0.4 (2)	2 (2)		0.1 (7)		0.1 (1)	5 (37)			3.3 (1), 2 (29)	2 (21)	5 (22)	5 (37)	
<LQ %	0	0	0	0	0	29	0	57	5	5	0	100	0	3	100	0	0	79	57	59	100	0
LQ-VR %	/	/	/	/	/	5	/	/	0	/	50	0	0	0	/	32	3	/	/	/	/	3
VR-VS %	/	/	/	/	/	58	/	/	29	/	50	0	89	95	/	66	68	/	/	/	/	18
VS-VI %	/	/	/	/	/	8	/	/	66	/	0	0	11	3	/	3	13	/	/	/	/	50
>VI %	/	/	/	/	/	0	/	/	0	/	0	0	0	0	/	0	16	/	/	/	/	29
Moyenne	22000	4300	2900	1200	27000	16	130	1.1	1.9	13	35	0.07	35	0.32	3.5	32	270	1.9	2.1	7.5	3.5	340
Ecart type	11000	5500	1400	800	10000	9.4	57	0.51	1.2	5.4	13	0	14	0.22	0	14	630	1.2	1	12	0	380
Coeff. var.	0.5	1.3	0.48	0.67	0.37	0.59	0.44	0.46	0.63	0.42	0.37	0	0.4	0.69	0	0.44	2.3	0.63	0.48	1.6	0	1.1
Min.	5700	640	420	140	8100	7	29	0.7	0.28	1.4	15	0.07	14	0.07	3.5	9.2	24	1.4	1.4	3.5	3.5	60
perc10	11000	1100	1300	240	18000	7	48	0.7	0.7	6	22	0.07	16	0.14	3.5	17	64	1.4	1.4	3.5	3.5	99
perc25	14000	2000	1900	700	19000	7	88	0.7	1.3	9.9	28	0.07	23	0.18	3.5	21	85	1.4	1.4	3.5	3.5	160
Médiane	20000	2600	2800	960	26000	14	110	0.7	1.6	14	33	0.07	32	0.25	3.5	31	120	1.4	1.4	3.5	3.5	230
perc75	29000	4300	3800	1600	32000	19	170	1.4	2.2	15	42	0.07	45	0.38	3.5	39	210	1.6	2.5	6.6	3.5	390
perc90	36000	9000	5000	2300	38000	29	220	1.9	3.8	22	51	0.07	56	0.58	3.5	55	420	3.5	4	13	3.5	500
Max.	53000	33000	5900	4000	58000	51	250	2.5	6.3	24	77	0.07	67	1.1	3.5	75	4000	7.1	4.9	76	3.5	2100
Ecart int. quart.	15000	2300	1900	900	13000	12	82	0.7	0.9	5.1	14	0	22	0.2	0	18	125	0.2	1.1	3.1	0	230
Out. Uni. H.	4 / 38	1 / 38	0 / 38	2 / 38	1 / 38	4 / 35	0 / 37	0 / 32	0 / 37	0 / 38	2 / 38	0 / 7	0 / 38	2 / 36	0 / 3	2 / 38	1 / 38	1 / 38	3 / 37	5 / 19	/	2 / 38
Out. Uni. B.	0 / 38	0 / 38	0 / 38	0 / 38	1 / 38	0 / 35	0 / 37	0 / 32	0 / 37	0 / 38	0 / 38	0 / 7	0 / 38	0 / 36	0 / 3	0 / 38	0 / 38	0 / 38	0 / 37	0 / 19	/	0 / 38
Out. Multi.	0 / 38	0 / 33	0 / 38	0 / 38	0 / 38	2 / 27	1 / 37	0 / 15	0 / 36	0 / 36	0 / 36	/	0 / 38	2 / 36	/	0 / 38	1 / 38	0 / 8	0 / 13	1 / 15	/	0 / 38

TABLE 4.60 – Concentrations en éléments inorganiques (mg/kg MS) dans les horizons profonds des sols de la zone d'échantillonnage de Verviers

	Al	Ca	Mg	Mn	Fe	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	CrVI	Cu	Hg	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	Tl	Zn
n obs	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	5	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
n manq.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LQ (n)		50 (1)				10 (13)		1 (8)	0.4 (16)	2 (2)			3 (2)	0.1 (18)	5 (21)		3 (5)	2 (20)	2 (11)	5 (20)	5 (21)	
<LQ %	0	5	0	0	0	62	0	38	76	10	0	0	10	86	100	0	24	95	52	95	100	0
LQ-VR %	/	/	/	/	/	5	/	/	0	/	43	100	38	0	/	24	52	/	/	/	/	48
VR-VS %	/	/	/	/	/	29	/	/	24	/	57	0	48	10	/	67	19	/	/	/	/	43
VS-VI %	/	/	/	/	/	5	/	/	0	/	0	0	0	5	/	10	0	/	/	/	/	5
>VI %	/	/	/	/	/	0	/	/	0	/	0	0	5	0	/	0	5	/	/	/	/	5
Moyenne	21000	2400	3700	750	33000	13	130	1.2	0.54	19	39	0.86	53	0.79	3.5	44	100	1.6	2.3	9	3.5	180
Ecart type	12000	5200	2600	710	16000	13	110	0.55	0.88	11	19	0.41	160	3.3	0	17	370	0.89	1.2	25	0	470
Coeff. var.	0.57	2.2	0.7	0.95	0.48	1	0.85	0.46	1.6	0.58	0.49	0.48	3	4.2	0	0.39	3.7	0.56	0.52	2.8	0	2.6
Min.	4400	35	510	57	9900	7	24	0.7	0.28	1.4	12	0.35	2.1	0.07	3.5	16	2.1	1.4	1.4	3.5	3.5	19
perc10	6900	78	710	130	12000	7	48	0.7	0.28	2.3	19	0.35	2.8	0.07	3.5	19	2.1	1.4	1.4	3.5	3.5	33
perc25	14000	420	1400	230	22000	7	74	0.7	0.28	9.1	28	0.47	8.7	0.07	3.5	30	6	1.4	1.4	3.5	3.5	47
Médiane	19000	1000	3000	550	34000	7	110	1.1	0.28	20	37	0.86	14	0.07	3.5	44	16	1.4	1.4	3.5	3.5	67
perc75	29000	1600	5600	1000	41000	14	140	1.4	0.35	26	46	1.2	34	0.07	3.5	58	27	1.4	3.1	3.5	3.5	140
perc90	41000	6500	8000	2100	49000	22	330	2.3	0.88	32	65	1.4	43	0.27	3.5	67	110	1.4	4.6	3.5	3.5	220
Max.	49000	24000	9900	2900	85000	64	450	2.6	4.3	44	100	1.4	750	15	3.5	70	1700	5.5	5.2	120	3.5	2200
Ecart int. quart.	15000	1180	4200	770	19000	7	66	0.7	0.07	16.9	18	0.73	25.3	0	0	28	21	0	1.7	0	0	93
Out. Uni. H.	1 / 21	0 / 21	0 / 21	1 / 21	1 / 21	3 / 18	2 / 21	2 / 13	0 / 9	0 / 21	1 / 21	0 / 5	1 / 21	1 / 6	0 / 5	0 / 21	1 / 17	0 / 6	1 / 21	1 / 6	/	2 / 21
Out. Uni. B.	1 / 21	3 / 21	1 / 21	1 / 21	2 / 21	0 / 18	1 / 21	0 / 13	0 / 9	2 / 21	1 / 21	0 / 5	2 / 21	0 / 6	0 / 5	0 / 21	0 / 17	0 / 6	0 / 21	0 / 6	/	1 / 21
Out. Multi.	0 / 21	1 / 13	1 / 20	0 / 21	3 / 21	0 / 3	2 / 21	1 / 13	0 / 2	0 / 19	0 / 21	0 / 4	1 / 19	0 / 3	/	0 / 21	0 / 16	0 / 1	/	0 / 1	/	0 / 20

TABLE 4.61 – Concentrations en HAP (mg/kg MS) dans les horizons de surface des sols de la zone d'échantillonnage de Verviers

	Naph	Acyl	Ace	Fle	Phen	Ant	Fla	Pyr	BaA	Chrys	BbF	BkF	BaP	dBahA	BghiP	I123cdP	HAP16	HAP10
n obs	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38
n manq.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LQ (n)	0.003 (35)	0.015 (38)	0.003 (34)	0.003 (32)	0.003 (5)	2e-04 (11)	0.003 (4)	0.003 (2)	0.003 (1)	0.003 (2)	0.003 (1)	0.003 (1)	0.003 (1)	0.003 (17)	0.003 (13)	0.003 (14)	0.057 (1)	0.027 (1)
<LQ %	92	100	89	84	13	29	11	5	3	5	3	3	3	45	34	37	3	3
LQ-VR %	8	0	8	13	71	47	3	0	5	3	3	13	3	29	3	3	/	/
VR-VS %	0	0	3	3	16	24	87	95	92	92	95	84	89	26	63	61	/	/
VS-VI %	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	/	/
>VI %	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	/	/
Moyenne	0.0025	0.01	0.0027	0.004	0.05	0.0079	0.15	0.097	0.071	0.083	0.097	0.04	0.07	0.0095	0.046	0.048	0.77	0.56
Ecart type	0.0015	0	0.0025	0.0087	0.061	0.012	0.19	0.12	0.096	0.11	0.12	0.052	0.096	0.012	0.063	0.073	0.97	0.71
Coeff. var.	0.6	0	0.93	2.2	1.2	1.5	1.3	1.2	1.4	1.3	1.2	1.3	1.4	1.3	1.4	1.5	1.3	1.3
Min.	0.0021	0.01	0.0021	0.0021	0.0021	0.00014	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.04	0.019
perc10	0.0021	0.01	0.0021	0.0021	0.0021	0.00014	0.0021	0.016	0.012	0.018	0.021	0.0075	0.014	0.0021	0.0021	0.0021	0.1	0.078
perc25	0.0021	0.01	0.0021	0.0021	0.019	0.00014	0.038	0.033	0.021	0.025	0.032	0.013	0.021	0.0021	0.0021	0.0021	0.21	0.15
Médiane	0.0021	0.01	0.0021	0.0021	0.029	0.0032	0.08	0.049	0.034	0.043	0.05	0.019	0.034	0.0037	0.023	0.022	0.39	0.3
perc75	0.0021	0.01	0.0021	0.0021	0.051	0.0082	0.16	0.092	0.068	0.075	0.088	0.036	0.07	0.011	0.054	0.042	0.75	0.56
perc90	0.0025	0.01	0.0036	0.0065	0.15	0.033	0.36	0.36	0.25	0.26	0.31	0.14	0.23	0.029	0.16	0.18	2.8	2.1
Max.	0.0094	0.01	0.017	0.056	0.32	0.047	0.83	0.46	0.44	0.53	0.59	0.21	0.48	0.047	0.27	0.28	3.9	2.8
Ecart int. quart.	0	0	0	0	0.032	0.00806	0.122	0.059	0.047	0.05	0.056	0.023	0.049	0.0089	0.0519	0.0399	0.54	0.41
Out. Uni. H.	0 / 38	/	0 / 38	1 / 38	0 / 38	1 / 29	0 / 38	1 / 38	1 / 38	1 / 38	1 / 38	1 / 38	1 / 38	1 / 38	0 / 38	0 / 36	1 / 38	0 / 38
Out. Uni. B.	0 / 38	/	0 / 38	4 / 38	5 / 38	4 / 29	5 / 38	2 / 38	1 / 38	2 / 38	1 / 38	1 / 38	1 / 38	3 / 38	5 / 38	2 / 36	1 / 38	1 / 38
Out. Multi.	0 / 1	/	0 / 4	1 / 6	0 / 33	3 / 27	1 / 34	0 / 36	0 / 37	0 / 36	1 / 37	0 / 37	0 / 37	1 / 21	2 / 25	0 / 24	0 / 37	0 / 36

TABLE 4.62 – Concentrations en HAP (mg/kg MS) dans les horizons profonds des sols de la zone d'échantillonnage de Verviers

	Naph	Acyl	Ace	Fle	Phen	Ant	Fla	Pyr	BaA	Chrys	BbF	BkF	BaP	dBahA	BghiP	I123cdP	HAP16	HAP10
n obs	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
n manq.	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
LQ (n)	0.003 (18)	0.015 (19)	0.003 (18)	0.003 (17)	0.003 (15)	2e-04 (16)	0.003 (15)	0.003 (15)	0.003 (15)	0.003 (14)	0.003 (15)	0.003 (16)	0.003 (15)	0.003 (16)	0.003 (18)	0.003 (18)	0.057 (15)	0.027 (15)
<LQ %	95	100	95	89	79	84	79	79	79	74	79	84	79	84	95	95	79	79
LQ-VR %	5	0	0	11	21	11	11	16	11	16	5	11	11	16	0	0	/	/
VR-VS %	0	0	5	0	0	5	11	5	11	11	16	5	11	0	5	5	/	/
VS-VI %	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	/	/
>VI %	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	/	/
Moyenne	0.0024	0.01	0.0026	0.0026	0.0067	0.0014	0.0083	0.0066	0.0054	0.0066	0.0067	0.0035	0.0051	0.0026	0.0045	0.0042	0.075	0.047
Ecart type	0.0012	0	0.0023	0.0016	0.017	0.0042	0.02	0.015	0.011	0.014	0.013	0.005	0.01	0.0016	0.011	0.0092	0.13	0.1
Coeff. var.	0.5	0	0.88	0.62	2.5	3	2.4	2.3	2	2.1	1.9	1.4	2	0.62	2.4	2.2	1.7	2.1
Min.	0.0021	0.01	0.0021	0.0021	0.0021	0.00014	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.04	0.019
perc10	0.0021	0.01	0.0021	0.0021	0.0021	0.00014	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.04	0.019
perc25	0.0021	0.01	0.0021	0.0021	0.0021	0.00014	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.04	0.019
Médiane	0.0021	0.01	0.0021	0.0021	0.0021	0.00014	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.04	0.019
perc75	0.0021	0.01	0.0021	0.0021	0.0021	0.00014	0.0021	0.0021	0.0021	0.0037	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.04	0.019
perc90	0.0021	0.01	0.0021	0.0048	0.0069	0.0045	0.019	0.0098	0.01	0.017	0.019	0.0061	0.01	0.004	0.0021	0.0021	0.096	0.067
Max.	0.0074	0.01	0.012	0.0086	0.078	0.018	0.09	0.069	0.05	0.062	0.059	0.024	0.047	0.0089	0.048	0.042	0.62	0.46
Ecart int. quart.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0016	0	0	0	0	0	0	0	0
Out. Uni. H.	0 / 5	/	0 / 5	0 / 5	0 / 5	0 / 5	0 / 5	0 / 5	0 / 5	0 / 5	0 / 5	0 / 5	0 / 5	0 / 5	0 / 5	0 / 5	0 / 5	0 / 5
Out. Uni. B.	0 / 5	/	0 / 5	0 / 5	0 / 5	0 / 5	0 / 5	0 / 5	0 / 5	0 / 5	0 / 5	0 / 5	0 / 5	0 / 5	0 / 5	0 / 5	0 / 5	0 / 5
Out. Multi.	/	/	0 / 1	0 / 1	1 / 2	0 / 1	0 / 2	1 / 2	0 / 2	0 / 2	0 / 2	0 / 2	0 / 2	0 / 2	0 / 1	0 / 1	0 / 2	0 / 2

TABLE 4.63 – Concentrations en polluants organiques autres que HAP (mg/kg MS) dans les horizons de surface des sols de la zone d'échantillonnage de Verviers

	Ben	Tolu	EBen	oXyl	mpXyl	Xyl tot	BTEX	Styr	HTP10a12	HTP12a16	HTP16a21	HTP21a30	HTP30a35	HTP35a40	HTP tot	EOX	CN tot	CN lib	CN ncd	IP
n obs	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	37	37	27	38
n manq.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	11	0
LQ (n)	0.01 (38)	0.01 (24)	0.01 (34)	0.01 (28)	0.01 (32)	0.02 (30)	0.05 (33)	0.003 (36)	1.5 (3)	3 (15)	3 (25)	3 (18)	3 (17)	3 (35)	16 (16)	0.3 (32)	0.5 (6)	0.3 (8)	0.5 (23)	
<LQ %	100	63	89	74	84	79	87	95	8	39	66	47	45	92	42	84	16	22	85	0
LQ-VR %	0	34	11	/	/	21	/	5	0	61	34	/	/	/	/	/	/	70	/	/
VR-VS %	0	3	0	/	/	0	/	0	68	0	0	/	/	/	/	/	/	8	/	/
VS-VI %	0	0	0	/	/	0	/	0	24	0	0	/	/	/	/	/	/	0	/	/
>VI %	0	0	0	/	/	0	/	0	0	0	0	/	/	/	/	/	/	0	/	/
Moyenne	0.007	0.023	0.0085	0.01	0.0079	0.017	0.045	0.0022	8.7	3.8	2.8	4.5	4.1	2.4	22	0.29	0.82	0.48	0.41	0.086
Ecart type	0	0.042	0.0043	0.0068	0.0023	0.0053	0.036	0.00043	9.7	1.6	1.1	5	4.5	1.3	12	0.2	0.43	0.28	0.16	0.094
Coeff. var.	0	1.8	0.51	0.68	0.29	0.31	0.8	0.2	1.1	0.42	0.39	1.1	1.1	0.54	0.55	0.69	0.52	0.58	0.39	1.1
Min.	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.014	0.035	0.0021	1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	12	0.21	0.35	0.21	0.35	0.014
perc10	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.014	0.035	0.0021	2.4	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	12	0.21	0.35	0.21	0.35	0.022
perc25	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.014	0.035	0.0021	3.8	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	12	0.21	0.59	0.32	0.35	0.044
Médiane	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.014	0.035	0.0021	6.2	4	2.1	3.4	3.2	2.1	21	0.21	0.74	0.41	0.35	0.061
perc75	0.007	0.02	0.007	0.012	0.007	0.014	0.035	0.0021	8.2	4.7	3.8	4.5	3.7	2.1	28	0.21	0.87	0.53	0.35	0.077
perc90	0.007	0.066	0.019	0.026	0.012	0.027	0.066	0.0021	26	5.8	4.1	7.3	6.7	2.2	33	0.71	1.4	1	0.76	0.21
Max.	0.007	0.24	0.023	0.028	0.016	0.031	0.24	0.0042	47	9.2	7.2	31	27	9.1	70	0.89	2.2	1.4	0.86	0.5
Ecart int. quart.	0	0.013	0	0.005	0	0	0	0	4.4	2.6	1.7	2.4	1.6	0	16	0	0.28	0.21	0	0.033
Out. Uni. H.	0 / 8	4 / 38	/	4 / 27	0 / 14	0 / 14	0 / 14	0 / 38	5 / 38	0 / 38	2 / 38	0 / 38	0 / 38	1 / 14	4 / 38	1 / 7	0 / 35	1 / 36	0 / 6	0 / 38
Out. Uni. B.	0 / 8	0 / 38	/	0 / 27	0 / 14	0 / 14	0 / 14	0 / 38	0 / 38	0 / 38	0 / 38	0 / 38	0 / 38	0 / 14	0 / 38	2 / 7	0 / 35	0 / 36	0 / 6	0 / 38
Out. Multi.	/	0 / 12	/	0 / 2	0 / 3	0 / 2	0 / 1	/	0 / 4	0 / 18	0 / 11	0 / 19	1 / 20	0 / 1	0 / 14	/	0 / 26	0 / 29	0 / 2	0 / 28

TABLE 4.64 – Concentrations en polluants organiques autres que HAP (mg/kg MS) dans les horizons profonds des sols de la zone d'échantillonnage de Verviers

	Ben	Tolu	EBen	oXyl	mpXyl	Xyl tot	BTEX	Styr	HTP10a12	HTP12a16	HTP16a21	HTP21a30	HTP30a35	HTP35a40	HTP tot	EOX	CN tot	CN lib	CN ncd	IP
n obs	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	0	19
n manq.	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	21	2
LQ (n)	0.01 (19)	0.01 (17)	0.01 (19)	0.01 (17)	0.01 (18)	0.02 (18)	0.05 (18)	0.003 (19)	1.5 (1)	3 (11)	3 (15)	3 (16)	3 (13)	3 (16)	16 (12)	0.3 (19)	0.5 (19)	0.3 (18)		0.003 (12)
<LQ %	100	89	100	89	95	95	95	100	5	58	79	84	68	84	63	100	100	95	/	63
LQ-VR %	0	11	0	/	/	5	/	0	11	42	21	/	/	/	/	/	/	5	/	/
VR-VS %	0	0	0	/	/	0	/	0	68	0	0	/	/	/	/	/	/	0	/	/
VS-VI %	0	0	0	/	/	0	/	0	16	0	0	/	/	/	/	/	/	0	/	/
>VI %	0	0	0	/	/	0	/	0	0	0	0	/	/	/	/	/	/	0	/	/
Moyenne	0.007	0.012	0.007	0.0075	0.0072	0.014	0.038	0.0021	8.2	3.3	2.8	4.5	3.1	2.5	20	0.21	0.35	0.23	/	0.0046
Ecart type	0	0.018	0	0.0015	0.00081	0.002	0.015	0	8.9	1.8	1.5	8.6	2.5	0.93	14	0	0	0.11	/	0.0052
Coeff. var.	0	1.5	0	0.2	0.11	0.14	0.39	0	1.1	0.55	0.54	1.9	0.81	0.37	0.7	0	0	0.48	/	1.1
Min.	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.014	0.035	0.0021	1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	12	0.21	0.35	0.21	/	0.0021
perc10	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.014	0.035	0.0021	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	12	0.21	0.35	0.21	/	0.0021
perc25	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.014	0.035	0.0021	3.3	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	12	0.21	0.35	0.21	/	0.0021
Médiane	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.014	0.035	0.0021	3.8	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	12	0.21	0.35	0.21	/	0.0021
perc75	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.014	0.035	0.0021	6.6	3.8	2.1	2.1	3.6	2.1	26	0.21	0.35	0.21	/	0.0051
perc90	0.007	0.04	0.007	0.011	0.007	0.014	0.035	0.0021	25	6.8	6.2	6.5	4.2	5	35	0.21	0.35	0.21	/	0.017
Max.	0.007	0.078	0.007	0.012	0.011	0.023	0.1	0.0021	29	7.9	7.1	40	13	5.1	65	0.21	0.35	0.68	/	0.02
Ecart int. quart.	0	0	0	0	0	0	0	0	3.3	1.7	0	0	1.5	0	14	0	0	0	/	0.003
Out. Uni. H.	0 / 5	0 / 5	/	0 / 1	0 / 5	0 / 5	0 / 5	0 / 5	4 / 19	0 / 19	0 / 19	1 / 19	1 / 5	0 / 5	1 / 19	/	0 / 5	/	/	2 / 19
Out. Uni. B.	0 / 5	0 / 5	/	0 / 1	0 / 5	0 / 5	0 / 5	0 / 5	0 / 19	0 / 19	0 / 19	0 / 19	0 / 5	0 / 5	0 / 19	/	0 / 5	/	/	0 / 19
Out. Multi.	/	0 / 1	/	/	0 / 1	0 / 1	0 / 1	/	0 / 13	/	0 / 2	0 / 1	0 / 3	0 / 1	0 / 3	/	/	/	/	0 / 1

4.1.2.8 Zone d'échantillonnage d'Aubange

Les caractéristiques pédologiques, les concentrations en éléments inorganiques et en polluants organiques de la zone d'échantillonnage d'Aubange sont décrites dans les tables 4.65, 4.66, 4.67, 4.68, 4.69, 4.70, 4.71 et 4.72.

Les concentrations en Cd, Hg, Mo, Sb, Sn et Tl sont généralement inférieures aux limites de quantification tant dans les horizons de surface que dans les horizons profonds (chiffres donnés dans la 4^{e} ligne des tables 4.67 et 4.68). Les concentrations en As sont généralement situées au dessus des VS du Décret « sols » (plus de 60% des résultats supérieurs aux VS), et ce tant dans l'horizon de surface que dans l'horizon profond des sols d'Aubange. De plus, on note des teneurs relativement élevées en Cr, Ni et Zn : de l'ordre de 20% des valeurs sont situées au-dessus des VS du Décret « sols », et ce tant en surface qu'en profondeur. Les teneurs en Cd, Pb et Zn dans les horizons de surface sont relativement élevées. Pour le Zn, la proportion des résultats supérieurs aux VS en surface atteint les 50%. Les teneurs en Cd, Cu et CrVI sont aussi parfois supérieures aux VS en profondeur (de l'ordre de 15% des valeurs, chiffres donnés dans la 7^{e} ligne de la table 4.68)

Dans les horizons profonds des sols d'Aubange, environ 80% des analyses d'HAP sont inférieures aux limites de quantification (chiffres donnés dans la 4^{e} ligne de la table 4.70). Dans les horizons de surface (*cf.* table 4.69), les concentrations en HAP sont presque toujours quantifiées (à l'exception de l'Acyl, Naph et Ace) mais sont presque toujours inférieures au VS du Décret « sols », à l'exception du BaP (17% des mesures dépassent les VS).

Les concentrations en BTEX et en composés organo-halogénés extractibles sont fréquemment inférieures aux limites de quantification, et ce tant en surface qu'en profondeur (chiffres donnés dans la 4^{e} ligne des tables 4.71 et 4.72). On trouve des huiles minérales, des cyanures et des phénols à des concentrations faibles (généralement inférieures aux LQ en profondeur, et presque toujours inférieures aux VS, chiffres donnés dans les lignes 3 à 8 des tables 4.71 et 4.72). Les huiles minérales en C10 - C12 (HTP10a12) sont une exception à ce constat : on en retrouve dans les horizons de surfaces et profonds à des concentrations non négligeables (valeurs supérieures aux VS du Décret « sols » : 25% en surface et 39% en profondeur).

TABLE 4.65 – Propriétés générales des horizons de surface des sols de la zone d'échantillonnage d'Aubange - OM, Argile : g/100g ; Corg : g C/kg MS ; CE : µS/cm.

	OM	Corg	Argile	pH KCl	pH H2O	CE
n obs	36	36	36	35	36	35
n manq.	0	0	0	1	0	1
Moyenne	5.6	32	26	5.9	7	84
Ecart type	2.8	16	11	0.94	0.76	43
Coeff. var.	0.5	0.5	0.42	0.16	0.11	0.51
Min.	2.2	13	11	4.4	5.4	30
perc10	2.6	15	15	4.8	5.8	38
perc25	3.1	18	17	5	6.4	50
Médiane	5	29	24	5.8	7.2	72
perc75	7.1	41	30	6.8	7.7	110
perc90	9.4	55	44	7.2	7.8	140
Max.	13	77	58	7.4	7.9	210
Ecart int. quart.	4	23	13	1.8	1.3	60
Out. Uni. H.	2 / 36	2 / 36	2 / 36	0 / 35	0 / 36	2 / 35
Out. Uni. B.	0 / 36	0 / 36	0 / 36	0 / 35	0 / 36	0 / 35
Out. Multi.	0 / 36	0 / 36	0 / 33	0 / 35	0 / 36	0 / 35

TABLE 4.66 – Propriétés générales des horizons profonds des sols de la zone d'échantillonnage d'Aubange - OM, Argile : g/100g ; Corg : g C/kg MS ; CE : µS/cm.

	OM	Corg	Argile	pH KCl	pH H2O	CE
n obs	29	29	27	29	28	29
n manq.	0	0	2	0	1	0
Moyenne	1.3	7.7	28	6.2	7.6	81
Ecart type	0.96	5.5	20	1.1	0.69	66
Coeff. var.	0.74	0.71	0.71	0.18	0.091	0.81
Min.	0.086	0.5	3.8	4.4	5.9	22
perc10	0.3	2	4.8	4.6	6.6	29
perc25	0.7	4	13	5.3	7.1	32
Médiane	1	6	19	6.3	7.9	46
perc75	1.8	10	39	7.3	8.1	140
perc90	2.4	14	64	7.5	8.2	190
Max.	4.5	26	70	7.6	8.4	270
Ecart int. quart.	1.1	6	26	2	1	108
Out. Uni. H.	1 / 29	1 / 29	0 / 27	0 / 29	0 / 28	8 / 29
Out. Uni. B.	0 / 29	0 / 29	0 / 27	0 / 29	5 / 28	0 / 29
Out. Multi.	1 / 29	1 / 29	0 / 24	0 / 29	1 / 28	1 / 29

TABLE 4.67 – Concentrations en éléments inorganiques (mg/kg MS) dans les horizons de surface des sols de la zone d'échantillonnage d'Aubange

	Al	Ca	Mg	Mn	Fe	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	CrVI	Cu	Hg	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	Tl	Zn
n obs	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	35	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
n manq.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LQ (n)								1 (4)	0.4 (21)			0.1 (18)		0.1 (29)	5 (25)			2 (36)	2 (17)	5 (36)	5 (36)	
<LQ %	0	0	0	0	0	0	0	11	58	0	0	51	0	81	69	0	0	100	47	100	100	0
LQ-VR %	/	/	/	/	/	0	/	/	0	/	22	49	17	0	/	3	0	/	/	/	/	0
VR-VS %	/	/	/	/	/	39	/	/	36	/	56	0	81	19	/	75	100	/	/	/	/	50
VS-VI %	/	/	/	/	/	61	/	/	6	/	19	0	3	0	/	22	0	/	/	/	/	42
>VI %	/	/	/	/	/	0	/	/	0	/	3	0	0	0	/	0	0	/	/	/	/	8
Moyenne	24000	7800	3200	2100	69000	51	96	1.7	0.48	24	61	0.37	21	0.083	5.8	52	53	1.4	3.1	3.5	3.5	170
Ecart type	8100	9600	1100	1600	33000	31	49	0.77	0.32	14	34	0.47	9.7	0.031	4.9	25	16	0	2.1	0	0	61
Coeff. var.	0.34	1.2	0.34	0.76	0.48	0.61	0.51	0.45	0.67	0.58	0.56	1.3	0.46	0.37	0.84	0.48	0.3	0	0.68	0	0	0.36
Min.	9500	1700	1600	440	27000	12	45	0.7	0.28	9.3	22	0.07	8.6	0.07	3.5	17	25	1.4	1.4	3.5	3.5	72
perc10	13000	1900	2000	610	36000	19	49	0.7	0.28	12	27	0.07	11	0.07	3.5	27	33	1.4	1.4	3.5	3.5	100
perc25	18000	3200	2400	840	44000	27	65	1.2	0.28	16	39	0.07	15	0.07	3.5	33	40	1.4	1.4	3.5	3.5	120
Médiane	23000	5800	3000	1600	60000	45	86	1.6	0.28	22	58	0.07	18	0.07	3.5	46	49	1.4	2.1	3.5	3.5	150
perc75	30000	9400	3800	2900	87000	74	100	2.1	0.61	27	76	0.58	28	0.07	6	61	68	1.4	5.1	3.5	3.5	190
perc90	35000	15000	4400	4500	130000	100	150	2.6	0.95	40	95	1.2	40	0.13	15	91	77	1.4	6.6	3.5	3.5	260
Max.	42000	58000	6400	6200	140000	130	300	4.6	1.8	84	200	2	43	0.21	23	140	88	1.4	7.7	3.5	3.5	330
Ecart int. quart.	12000	6200	1400	2060	43000	47	35	0.9	0.33	11	37	0.51	13	0	2.5	28	28	0	3.7	0	0	70
Out. Uni. H.	1 / 36	1 / 36	0 / 36	1 / 36	2 / 36	2 / 36	1 / 36	1 / 35	1 / 15	1 / 36	2 / 36	6 / 35	0 / 36	0 / 1	2 / 31	0 / 36	0 / 36	0 / 3	0 / 36	0 / 3	/	0 / 36
Out. Uni. B.	0 / 36	0 / 36	0 / 36	0 / 36	0 / 36	0 / 36	0 / 36	0 / 35	0 / 15	0 / 36	0 / 36	0 / 35	0 / 36	0 / 1	0 / 31	0 / 36	0 / 36	0 / 3	0 / 36	0 / 3	/	0 / 36
Out. Multi.	0 / 35	1 / 36	0 / 36	1 / 36	1 / 36	3 / 36	1 / 36	0 / 32	0 / 1	1 / 36	0 / 36	0 / 16	0 / 36	0 / 1	/	0 / 36	0 / 36	/	/	/	/	1 / 36

TABLE 4.68 – Concentrations en éléments inorganiques (mg/kg MS) dans les horizons profonds des sols de la zone d'échantillonnage d'Aubange

	Al	Ca	Mg	Mn	Fe	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	CrVI	Cu	Hg	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	Tl	Zn
n obs	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29
n manq.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LQ (n)								1 (2)	0.4 (21)			0.1 (1)		0.1 (26)	5 (16)			2 (29)	2 (12)	5 (29)	5 (29)	
<LQ %	0	0	0	0	0	0	0	7	72	0	0	3	0	90	55	0	0	100	41	100	100	0
LQ-VR %	/	/	/	/	/	7	/	/	0	/	3	79	38	0	/	0	45	/	/	/	/	0
VR-VS %	/	/	/	/	/	21	/	/	14	/	72	3	45	10	/	69	55	/	/	/	/	69
VS-VI %	/	/	/	/	/	69	/	/	14	/	17	14	17	0	/	17	0	/	/	/	/	14
>VI %	/	/	/	/	/	3	/	/	0	/	7	0	0	0	/	14	0	/	/	/	/	17
Moyenne	26000	22000	4000	2000	68000	74	120	1.9	0.62	35	83	1.8	24	0.077	8.4	77	36	1.4	3	3.5	3.5	160
Ecart type	7600	32000	1200	3100	34000	72	140	1.1	0.85	36	93	2.1	16	0.023	9.6	61	25	0	1.8	0	0	93
Coeff. var.	0.29	1.5	0.3	1.6	0.5	0.97	1.2	0.58	1.4	1	1.1	1.2	0.67	0.3	1.1	0.79	0.69	0	0.6	0	0	0.58
Min.	11000	870	2000	170	28000	10	19	0.7	0.28	13	24	0.07	8.1	0.07	3.5	24	16	1.4	1.4	3.5	3.5	70
perc10	16000	1700	2500	310	33000	12	33	1.2	0.28	14	35	0.18	9.1	0.07	3.5	35	17	1.4	1.4	3.5	3.5	86
perc25	22000	2400	3200	420	41000	17	39	1.4	0.28	18	46	0.71	12	0.07	3.5	42	20	1.4	1.4	3.5	3.5	95
Médiane	25000	5700	4000	850	57000	53	77	1.5	0.28	24	57	1	17	0.07	3.5	54	25	1.4	2.6	3.5	3.5	120
perc75	30000	24000	4800	2600	94000	110	120	2.2	0.51	32	77	1.9	36	0.07	8.8	78	43	1.4	4	3.5	3.5	200
perc90	36000	87000	6200	4400	120000	170	280	2.6	1.7	94	140	4.6	52	0.11	27	200	72	1.4	5.2	3.5	3.5	350
Max.	47000	110000	6500	16000	150000	340	690	6.8	4.3	180	460	9.1	60	0.16	45	240	120	1.4	8.6	3.5	3.5	390
Ecart int. quart.	8000	21600	1600	2180	53000	93	81	0.8	0.23	14	31	1.19	24	0	5.3	36	23	0	2.6	0	0	105
Out. Uni. H.	0 / 29	2 / 29	0 / 29	0 / 29	2 / 29	1 / 29	1 / 29	3 / 29	0 / 3	3 / 29	4 / 29	2 / 29	0 / 29	0 / 3	4 / 29	3 / 29	2 / 29	0 / 3	1 / 29	0 / 3	/	5 / 29
Out. Uni. B.	1 / 29	0 / 29	0 / 29	0 / 29	0 / 29	0 / 29	0 / 29	2 / 29	0 / 3	0 / 29	1 / 29	1 / 29	0 / 29	0 / 3	0 / 29	0 / 29	0 / 29	0 / 3	0 / 29	0 / 3	/	0 / 29
Out. Multi.	0 / 3	0 / 29	0 / 23	0 / 29	1 / 29	0 / 29	2 / 29	0 / 27	0 / 1	3 / 29	3 / 29	2 / 28	1 / 29	0 / 1	0 / 1	0 / 29	2 / 29	/	0 / 1	/	/	0 / 29

Table 4.69 – Concentrations en HAP (mg/kg MS) dans les horizons de surface des sols de la zone d'échantillonnage d'Aubange

	Naph	Acyl	Ace	Fle	Phen	Ant	Fla	Pyr	BaA	Chrys	BbF	BkF	BaP	dBahA	BghiP	I123cdP	HAP16	HAP10
n obs	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
n manq.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
LQ (n)	0.003 (30)	0.015 (35)	0.003 (23)	0.003 (18)	0.003 (2)	2e-04 (6)	0.003 (1)	0.003 (1)	0.003 (1)		0.003 (1)			0.003 (9)	0.003 (8)	0.003 (10)		
<LQ %	86	100	66	51	6	17	3	3	3	0	3	0	0	26	23	29	0	0
LQ-VR %	14	0	26	40	74	57	0	0	0	0	0	6	0	34	0	0	/	/
VR-VS %	0	0	9	9	20	26	97	97	91	100	91	94	83	40	77	69	/	/
VS-VI %	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	6	0	17	0	0	3	/	/
>VI %	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	/	/
Moyenne	0.0046	0.01	0.0045	0.0052	0.08	0.013	0.3	0.25	0.14	0.14	0.18	0.085	0.16	0.021	0.098	0.14	1.6	1.1
Ecart type	0.0064	0	0.0055	0.0058	0.12	0.022	0.43	0.43	0.22	0.21	0.28	0.13	0.25	0.035	0.18	0.26	2.5	1.8
Coeff. var.	1.4	0	1.2	1.1	1.5	1.7	1.4	1.7	1.6	1.5	1.6	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	1.6	1.6
Min.	0.0021	0.01	0.0021	0.0021	0.0021	0.00014	0.0021	0.0021	0.0021	0.016	0.0021	0.0089	0.016	0.0021	0.0021	0.0021	0.083	0.062
perc10	0.0021	0.01	0.0021	0.0021	0.013	0.00014	0.043	0.033	0.016	0.022	0.029	0.012	0.022	0.0021	0.0021	0.0021	0.22	0.15
perc25	0.0021	0.01	0.0021	0.0021	0.017	0.0014	0.062	0.042	0.021	0.026	0.034	0.015	0.028	0.0021	0.013	0.0021	0.29	0.21
Médiane	0.0021	0.01	0.0021	0.0021	0.033	0.0045	0.12	0.095	0.045	0.055	0.074	0.031	0.065	0.008	0.039	0.049	0.63	0.43
perc75	0.0021	0.01	0.0053	0.0056	0.094	0.01	0.28	0.22	0.1	0.12	0.16	0.061	0.12	0.017	0.084	0.13	1.2	0.86
perc90	0.017	0.01	0.0093	0.01	0.2	0.049	1.1	0.68	0.52	0.5	0.52	0.32	0.62	0.066	0.33	0.43	5.4	3.9
Max.	0.025	0.01	0.029	0.03	0.56	0.089	1.6	2.2	1	1	1.4	0.65	1.2	0.18	0.9	1.2	12	8.2
Ecart int. quart.	0	0	0.0032	0.0035	0.077	0.0086	0.218	0.178	0.079	0.094	0.126	0.046	0.092	0.0149	0.071	0.1279	0.91	0.65
Out. Uni. H.	0 / 3	/	3 / 35	3 / 35	1 / 35	2 / 29	2 / 35	0 / 35	2 / 35	0 / 35	1 / 35	2 / 35	2 / 35	2 / 35	2 / 27	1 / 25	1 / 35	1 / 35
Out. Uni. B.	0 / 3	/	0 / 35	0 / 35	2 / 35	0 / 29	1 / 35	1 / 35	1 / 35	0 / 35	1 / 35	0 / 35	0 / 35	0 / 35	0 / 27	0 / 25	0 / 35	0 / 35
Out. Multi.	0 / 1	/	0 / 2	0 / 3	1 / 33	0 / 29	0 / 34	0 / 34	0 / 34	0 / 35	0 / 34	0 / 35	0 / 35	1 / 26	0 / 27	0 / 25	0 / 35	0 / 35

TABLE 4.70 – Concentrations en HAP (mg/kg MS) dans les horizons profonds des sols de la zone d'échantillonnage d'Aubange

	Naph	Acyl	Ace	Fle	Phen	Ant	Fla	Pyr	BaA	Chrys	BbF	BkF	BaP	dBahA	BghiP	I123cdP	HAP16	HAP10
n obs	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
n manq.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
LQ (n)	0.003 (23)	0.015 (28)	0.003 (25)	0.003 (24)	0.003 (15)	2e-04 (16)	0.003 (22)	0.003 (17)	0.003 (21)	0.003 (9)	0.003 (17)	0.003 (22)	0.003 (19)	0.003 (23)	0.003 (24)	0.003 (24)	0.057 (21)	0.027 (20)
<LQ %	82	100	89	86	54	57	79	61	75	32	61	79	68	82	86	86	75	71
LQ-VR %	18	0	7	7	39	32	4	18	11	54	21	11	21	11	0	0	/	/
VR-VS %	0	0	4	7	7	11	18	21	14	14	18	11	11	7	14	14	/	/
VS-VI %	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	/	/
>VI %	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	/	/
Moyenne	0.004	0.01	0.0031	0.0039	0.032	0.0046	0.084	0.064	0.04	0.042	0.047	0.022	0.042	0.0078	0.025	0.042	0.46	0.33
Ecart type	0.0047	0	0.0038	0.0054	0.091	0.015	0.31	0.21	0.15	0.15	0.16	0.08	0.16	0.023	0.087	0.15	1.6	1.2
Coeff. var.	1.2	0	1.2	1.4	2.8	3.3	3.7	3.3	3.8	3.6	3.4	3.6	3.8	2.9	3.5	3.6	3.5	3.6
Min.	0.0021	0.01	0.0021	0.0021	0.0021	0.00014	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.04	0.019
perc10	0.0021	0.01	0.0021	0.0021	0.0021	0.00014	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.04	0.019
perc25	0.0021	0.01	0.0021	0.0021	0.0021	0.00014	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.04	0.019
Médiane	0.0021	0.01	0.0021	0.0021	0.0021	0.00014	0.0021	0.0021	0.0021	0.0047	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.04	0.019
perc75	0.0021	0.01	0.0021	0.0021	0.0064	0.0018	0.0021	0.0065	0.0037	0.0065	0.0062	0.0021	0.0047	0.0021	0.0021	0.0021	0.066	0.041
perc90	0.012	0.01	0.0049	0.0081	0.098	0.013	0.27	0.28	0.1	0.12	0.092	0.049	0.082	0.0082	0.043	0.075	1.6	1.2
Max.	0.022	0.01	0.022	0.025	0.36	0.077	1.6	1	0.8	0.77	0.85	0.42	0.84	0.12	0.45	0.73	8.1	6.1
Ecart int. quart.	0	0	0	0	0.0043	0.00166	0	0.0044	0.0016	0.0044	0.0041	0	0.0026	0	0	0	0.026	0.022
Out. Uni. H.	0 / 3	/	0 / 3	0 / 3	3 / 28	9 / 28	0 / 3	3 / 28	0 / 3	3 / 19	3 / 28	0 / 3	0 / 3	1 / 3	1 / 3	2 / 3	0 / 3	0 / 3
Out. Uni. B.	0 / 3	/	0 / 3	0 / 3	0 / 28	0 / 28	0 / 3	0 / 28	0 / 3	0 / 19	0 / 28	0 / 3	0 / 3	0 / 3	0 / 3	0 / 3	0 / 3	0 / 3
Out. Multi.	0 / 2	/	0 / 2	0 / 2	0 / 3	0 / 3	0 / 3	0 / 3	0 / 3	2 / 19	0 / 3	0 / 3	0 / 3	0 / 2	0 / 2	0 / 2	0 / 3	0 / 3

TABLE 4.71 – Concentrations en polluants organiques autres que HAP (mg/kg MS) dans les horizons de surface des sols de la zone d'échantillonnage d'Aubange

	Ben	Tolu	EBen	oXyl	mpXyl	Xyl tot	BTEX	Styr	HTP10a12	HTP12a16	HTP16a21	HTP21a30	HTP30a35	HTP35a40	HTP tot	EOX	CN tot	CN lib	CN ncd	IP
n obs	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	19	34
n manq.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	2
LQ (n)	0.01 (36)	0.01 (34)	0.01 (36)	0.01 (35)	0.01 (31)	0.02 (35)	0.05 (36)	0.003 (36)	1.5 (3)	3 (13)	3 (13)	3 (13)	3 (5)	3 (22)	16 (9)	0.3 (28)	0.5 (13)	0.3 (12)	0.5 (15)	
<LQ %	100	94	100	97	86	97	100	100	8	36	36	36	14	61	25	78	36	33	79	0
LQ-VR %	0	6	0	/	/	3	/	0	3	64	64	/	/	/	/	/	/	64	/	/
VR-VS %	0	0	0	/	/	0	/	0	64	0	0	/	/	/	/	/	/	3	/	/
VS-VI %	0	0	0	/	/	0	/	0	25	0	0	/	/	/	/	/	/	0	/	/
>VI %	0	0	0	/	/	0	/	0	0	0	0	/	/	/	/	/	/	0	/	/
Moyenne	0.007	0.0073	0.007	0.0071	0.0081	0.014	0.035	0.0021	6.4	4.2	3.9	6.9	6.1	3.1	27	0.27	0.63	0.38	0.4	0.086
Ecart type	0	0.0014	0	0.00059	0.0031	0.0028	0	0	5	1.9	1.7	5.4	3.7	1.8	13	0.13	0.3	0.19	0.11	0.074
Coeff. var.	0	0.19	0	0.083	0.38	0.2	0	0	0.78	0.45	0.44	0.78	0.61	0.58	0.48	0.48	0.48	0.5	0.27	0.86
Min.	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.014	0.035	0.0021	1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	12	0.21	0.35	0.21	0.35	0.017
perc10	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.014	0.035	0.0021	1.9	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	12	0.21	0.35	0.21	0.35	0.03
perc25	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.014	0.035	0.0021	3.2	2.1	2.1	2.1	3.4	2.1	13	0.21	0.35	0.21	0.35	0.037
Médiane	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.014	0.035	0.0021	4.5	4.5	3.9	5.8	5.3	2.1	29	0.21	0.58	0.35	0.35	0.063
perc75	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.014	0.035	0.0021	8.8	5.3	5	9.4	7.5	3.8	35	0.21	0.8	0.44	0.35	0.12
perc90	0.007	0.007	0.007	0.007	0.014	0.014	0.035	0.0021	15	7.1	6.3	14	12	5.6	42	0.51	0.98	0.66	0.63	0.18
Max.	0.007	0.014	0.007	0.011	0.02	0.031	0.035	0.0021	22	7.9	8.1	24	17	10	66	0.63	1.7	1.1	0.66	0.41
Ecart int. quart.	0	0	0	0	0	0	0	0	5.6	3.2	2.9	7.3	4.1	1.7	22	0	0.45	0.23	0	0.083
Out. Uni. H.	0 / 3	0 / 3	/	/	0 / 3	0 / 3	0 / 3	0 / 3	1 / 36	1 / 24	0 / 36	1 / 36	0 / 36	3 / 36	1 / 27	0 / 33	1 / 36	3 / 36	0 / 1	0 / 34
Out. Uni. B.	0 / 3	0 / 3	/	/	0 / 3	0 / 3	0 / 3	0 / 3	1 / 36	0 / 24	0 / 36	0 / 36	0 / 36	0 / 36	0 / 27	0 / 33	0 / 36	0 / 36	0 / 1	0 / 34
Out. Multi.	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0 / 23	0 / 3	0 / 23	0 / 25	0 / 3	0 / 27	/	0 / 2	0 / 24	/	1 / 31

TABLE 4.72 – Concentrations en polluants organiques autres que HAP (mg/kg MS) dans les horizons profonds des sols de la zone d'échantillonnage d'Aubange

	Ben	Tolu	EBen	oXyl	mpXyl	Xyl tot	BTEX	Styr	HTP10a12	HTP12a16	HTP16a21	HTP21a30	HTP30a35	HTP35a40	HTP tot	EOX	CN tot	CN lib	CN ncd	IP
n obs	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	1	28
n manq.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	28	1
LQ (n)	0.01 (28)	0.01 (19)	0.01 (28)	0.01 (28)	0.01 (24)	0.02 (28)	0.05 (23)	0.003 (28)		3 (4)	3 (13)	3 (16)	3 (15)	3 (21)	16 (8)	0.3 (28)	0.5 (27)	0.3 (27)	0.5 (1)	0.003 (10)
<LQ %	100	68	100	100	86	100	82	100	0	14	46	57	54	75	29	100	96	96	100	36
LQ-VR %	0	32	0	/	/	0	/	0	4	82	54	/	/	/	/	/	/	4	/	/
VR-VS %	0	0	0	/	/	0	/	0	57	0	0	/	/	/	/	/	/	0	/	/
VS-VI %	0	0	0	/	/	0	/	0	39	4	0	/	/	/	/	/	/	0	/	/
>VI %	0	0	0	/	/	0	/	0	0	0	0	/	/	/	/	/	/	0	/	/
Moyenne	0.007	0.028	0.007	0.007	0.0082	0.014	0.05	0.0021	9	8.4	4	4.3	3.5	2.6	27	0.21	0.36	0.22	0.35	0.0074
Ecart type	0	0.049	0	0	0.0031	0	0.041	0	6.3	21	2.3	3.6	2.1	0.89	25	0	0.042	0.045	/	0.0084
Coeff. var.	0	1.8	0	0	0.38	0	0.82	0	0.7	2.5	0.57	0.84	0.6	0.34	0.93	0	0.12	0.2	/	1.1
Min.	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.014	0.035	0.0021	2.3	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	12	0.21	0.35	0.21	0.35	0.0021
perc10	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.014	0.035	0.0021	3.4	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	12	0.21	0.35	0.21	0.35	0.0021
perc25	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.014	0.035	0.0021	3.9	3.7	2.1	2.1	2.1	2.1	12	0.21	0.35	0.21	0.35	0.0021
Médiane	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.014	0.035	0.0021	7	4.4	3.5	2.1	2.1	2.1	23	0.21	0.35	0.21	0.35	0.0053
perc75	0.007	0.015	0.007	0.007	0.007	0.014	0.035	0.0021	14	5.6	5.7	5.7	4.4	2.9	29	0.21	0.35	0.21	0.35	0.0087
perc90	0.007	0.1	0.007	0.007	0.015	0.014	0.1	0.0021	17	7.2	7.1	9.5	7.3	4.6	41	0.21	0.35	0.21	0.35	0.015
Max.	0.007	0.19	0.007	0.007	0.018	0.014	0.19	0.0021	27	110	11	16	9.2	5	150	0.21	0.57	0.45	0.35	0.042
Ecart int. quart.	0	0.008	0	0	0	0	0	0	10.1	1.9	3.6	3.6	2.3	0.8	17	0	0	0	0	0.0066
Out. Uni. H.	0 / 3	0 / 28	/	/	0 / 3	0 / 3	0 / 3	0 / 3	1 / 28	3 / 25	0 / 28	1 / 28	0 / 28	0 / 3	1 / 28	/	0 / 3	/	/	3 / 28
Out. Uni. B.	0 / 3	0 / 28	/	/	0 / 3	0 / 3	0 / 3	0 / 3	0 / 28	0 / 25	0 / 28	0 / 28	0 / 28	0 / 3	7 / 28	/	0 / 3	/	/	0 / 28
Out. Multi.	/	0 / 1	/	/	/	/	0 / 1	/	/	0 / 2	0 / 1	0 / 1	0 / 2	0 / 1	0 / 2	/	/	/	/	0 / 15

4.2 Humus forestiers

Cette section présente, par zone d'échantillonnage, une description des résultats analytiques obtenus sur les litières forestières. Les valeurs atypiques (outliers univariés et multivariés) y sont également renseignées. Les valeurs brutes sont reprises dans la table VG_HUMUS_ANA de la base de données. Les résultats de la détections des valeurs atypiques sont repris dans la table VG_HUMUS_OUT.

Le but de ce chapitre est de présenter tous les résultats analytiques obtenus lors des deux campagnes d'échantillonnage des sols. Il n'y a donc pas eu de filtrage des données par rapport aux résultats de la détection des outliers univariés et multivariés. Le seul traitement préalable appliqué aux données est le remplacement des valeurs inférieures aux LQ par 0,7 fois ces limites. Dans les tableaux de description des résultats analytiques (cf. tableaux 4.73 à 4.87), nous indiquerons les valeurs des limites de quantification et le nombre de résultats inférieurs à cette limite dans les champs suivants :

LQ (n) : si au moins une valeur est inférieure à la limite de quantification, la valeur de cette limite est indiquée suivie (entre parenthèse) par le nombre de résultats inférieurs à cette limite.

<LQ % : pourcentage de résultats analytiques inférieurs à la limite de quantification ;

Nous ne disposons que d'un échantillon de litière représentative de la zone de La Louvière. En effet, la très faible couverture forestière de la zone explique que nous ne disposions que d'un point d'échantillonnage représentatif sur cette zone.

Les concentrations en éléments inorganiques sont généralement supérieures aux LQ, à part pour le Sb et le Sn dans les zones d'échantillonnage de Colfontaine, La Louvière, Charleroi-Châtelet et Aubange. Les concentrations moyennes en éléments inorganiques rencontrées à Amay-Engis sont généralement les plus élevées (*cf.* 5^{e} ligne du tableau 4.78) et celles rencontrées à Colfontaine sont généralement les plus faibles (*cf.* 5^{e} ligne du tableau 4.73). Les concentrations en HAP sont majoritairement inférieures aux limites de quantifications à Amay-Engis, Aubange, Colfontaine, Trooz et Verviers. Par rapport à ces cinq zones, les concentrations en HAP à Seraing semblent en moyenne plus élevées tout en restant proches des limites de quantification (*cf.* tableau 4.81). Les concentrations en HAP sont les plus élevées dans la zone d'échantillonnage de Charleroi-Châtelet (*cf.* tableau 4.77).

L'interprétation de ces valeurs et les liens avec l'horizon sous-jacent sont présentés dans la section 5.3.

TABLE 4.73 – Concentrations en éléments inorganiques (mg/kg MS) dans les litières forestières de la zone d'échantillonnage de Colfontaine

	Al	Ca	Mn	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	Tl	Zn
n obs	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
n manq.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LQ (n)															0.1 (4)		1 (6)		
<LQ %	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	67	0	100	0	0
Moyenne	11000	28000	4300	3.9	150	0.42	1.1	4.3	30	27	0.21	1.1	15	38	0.1	0.51	0.7	0.2	140
Ecart type	4900	9300	2800	1.5	26	0.16	0.21	1.8	13	7.1	0.11	0.41	3.4	23	0.052	0.27	0	0.059	37
Coeff. var.	0.45	0.33	0.65	0.38	0.17	0.38	0.19	0.42	0.43	0.26	0.52	0.37	0.23	0.61	0.52	0.53	0	0.29	0.26
Min.	7900	20000	790	2.4	120	0.27	0.81	2.7	22	16	0.097	0.58	10	22	0.07	0.3	0.7	0.14	96
perc25	9000	21000	1800	2.5	130	0.29	0.84	3	22	22	0.13	0.76	12	22	0.07	0.31	0.7	0.15	110
Médiane	9600	24000	4500	3.5	140	0.39	1.1	3.9	24	28	0.17	1.1	16	28	0.07	0.43	0.7	0.19	130
perc75	13000	38000	6400	5.4	170	0.53	1.3	5.6	39	34	0.29	1.6	18	58	0.15	0.67	0.7	0.26	180
Max.	21000	43000	8700	6.2	190	0.69	1.3	7.6	54	34	0.4	1.6	20	80	0.19	1	0.7	0.27	200
Out. Uni. H.	0 / 6	0 / 6	0 / 6	0 / 6	0 / 6	0 / 6	0 / 6	0 / 6	0 / 6	0 / 6	0 / 6	0 / 6	0 / 6	0 / 6	/	0 / 6	/	0 / 6	0 / 6
Out. Uni. B.	0 / 6	0 / 6	0 / 6	0 / 6	0 / 6	0 / 6	0 / 6	0 / 6	0 / 6	0 / 6	0 / 6	0 / 6	0 / 6	0 / 6	/	0 / 6	/	0 / 6	0 / 6
Out. Multi.	/	0 / 6	0 / 6	0 / 6	0 / 6	0 / 6	0 / 6	0 / 6	1 / 6	0 / 6	0 / 6	0 / 6	0 / 6	0 / 6	/	0 / 6	/	0 / 6	0 / 6

TABLE 4.74 – Concentrations en polluants organiques (mg/kg MS) dans les litières forestières de la zone d'échantillonnage de Colfontaine

	Naph	Acyl	Ace	Fle	Phen	Ant	Fla	Pyr	BaA	Chrys	BbF	BkF	BaP	dBahA	BghiP	I123cdP
n obs	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
n manq.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LQ (n)	0.1 (4)	0.1 (6)	0.1 (6)	0.1 (5)		0.1 (6)	0.1 (1)	0.1 (3)	0.1 (5)	0.1 (4)	0.1 (5)	0.1 (5)	0.1 (5)	0.1 (5)	0.1 (5)	0.1 (5)
<LQ %	67	100	100	83	0	100	17	50	83	67	83	83	83	83	83	83
Moyenne	0.14	0.07	0.07	0.1	0.34	0.07	0.45	0.43	0.18	0.16	0.16	0.12	0.15	0.084	0.11	0.1
Ecart type	0.13	0	0	0.075	0.44	0	0.75	0.77	0.28	0.19	0.23	0.12	0.2	0.035	0.11	0.072
Coeff. var.	0.93	0	0	0.75	1.3	0	1.7	1.8	1.6	1.2	1.4	1	1.3	0.42	1	0.72
Min.	0.07	0.07	0.07	0.07	0.11	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
perc25	0.07	0.07	0.07	0.07	0.14	0.07	0.11	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
Médiane	0.07	0.07	0.07	0.07	0.18	0.07	0.16	0.13	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
perc75	0.24	0.07	0.07	0.12	0.46	0.07	0.65	0.65	0.24	0.25	0.21	0.14	0.19	0.091	0.13	0.11
Max.	0.4	0.07	0.07	0.25	1.2	0.07	2	2	0.75	0.55	0.62	0.36	0.57	0.16	0.33	0.25
Out. Uni. H.	0 / 6	/	/	/	/	0 / 6	/	0 / 6	0 / 6	/	0 / 6	/	/	/	/	/
Out. Uni. B.	0 / 6	/	/	/	/	0 / 6	/	0 / 6	0 / 6	/	0 / 6	/	/	/	/	/
Out. Multi.	/	/	/	/	0 / 6	/	0 / 5	0 / 3	/	0 / 2	/	/	/	/	/	/

TABLE 4.75 – Concentrations en éléments inorganiques et en polluant organique (mg/kg MS) dans une litière forestière de la zone d'échantillonnage de La Louvière

	Al	Ca	Mn	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	Tl	Zn
n obs	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
n manq.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LQ (n)															0.1 (1)		1 (1)		
<LQ %	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	100	0	0
Moyenne	13000	81000	1200	4	160	0.48	6.3	6.3	36	30	0.25	1	19	19	0.07	0.61	0.7	0.21	510
Out. Uni. H.	0 / 1	0 / 1	0 / 1	0 / 1	0 / 1	0 / 1	1 / 1	0 / 1	0 / 1	0 / 1	0 / 1	0 / 1	0 / 1	0 / 1	/	0 / 1	/	0 / 1	0 / 1
Out. Uni. B.	0 / 1	0 / 1	0 / 1	0 / 1	0 / 1	0 / 1	0 / 1	0 / 1	0 / 1	0 / 1	0 / 1	0 / 1	0 / 1	0 / 1	/	0 / 1	/	0 / 1	0 / 1
Out. Multi.	/	0 / 1	0 / 1	0 / 1	0 / 1	0 / 1	1 / 1	0 / 1	0 / 1	0 / 1	0 / 1	0 / 1	0 / 1	0 / 1	/	0 / 1	/	0 / 1	1 / 1

	Naph	Acyl	Ace	Fle	Phen	Ant	Fla	Pyr	BaA	Chrys	BbF	BkF	BaP	dBahA	BghiP	I123cdP
n obs	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
n manq.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LQ (n)	0.1 (1)	0.1 (1)	0.1 (1)	0.1 (1)	0.1 (1)	0.1 (1)	0.1 (1)	0.1 (1)	0.1 (1)	0.1 (1)	0.1 (1)	0.1 (1)	0.1 (1)	0.1 (1)	0.1 (1)	0.1 (1)
<LQ %	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Moyenne	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
Out. Uni. H.	0 / 1	/	/	/	/	0 / 1	/	0 / 1	0 / 1	/	0 / 1	/	/	/	/	/
Out. Uni. B.	0 / 1	/	/	/	/	0 / 1	/	0 / 1	0 / 1	/	0 / 1	/	/	/	/	/
Out. Multi.	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

TABLE 4.76 – Concentrations en éléments inorganiques (mg/kg MS) dans les litières forestières de la zone de Charleroi-Châtelet

	Al	Ca	Mn	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	Tl	Zn
n obs	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
n manq.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LQ (n)															0.1 (6)		1 (5)		
<LQ %	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	75	0	62	0	0
Moyenne	28000	46000	2500	25	190	1.2	1.5	13	60	39	0.2	6.1	42	79	0.17	0.86	1.3	0.67	350
Ecart type	14000	14000	2600	27	63	0.64	0.7	8.2	25	12	0.061	4.6	20	28	0.22	0.46	0.81	0.58	130
Coeff. var.	0.5	0.3	1	1.1	0.33	0.53	0.47	0.63	0.42	0.31	0.3	0.75	0.48	0.35	1.3	0.53	0.62	0.87	0.37
Min.	5400	26000	710	6.4	130	0.32	0.89	3.8	25	28	0.11	1.6	19	33	0.07	0.5	0.7	0.17	220
perc25	17000	36000	780	8.5	140	0.62	0.98	5.4	38	30	0.14	1.9	27	69	0.07	0.52	0.7	0.23	250
Médiane	27000	45000	1100	15	170	1.2	1.2	12	63	34	0.19	4.8	41	72	0.07	0.65	0.7	0.52	280
perc75	42000	56000	4600	33	250	1.8	2.4	16	74	51	0.26	11	49	110	0.22	1.2	2.1	1	500
Max.	48000	69000	7600	86	300	2.2	2.5	29	100	60	0.27	14	85	120	0.68	1.8	2.7	1.9	550
Out. Uni. H.	0 / 8	0 / 8	1 / 8	0 / 8	0 / 8	0 / 8	0 / 8	0 / 8	0 / 8	0 / 8	0 / 8	0 / 8	0 / 8	2 / 8	/	1 / 8	/	0 / 8	0 / 8
Out. Uni. B.	1 / 8	0 / 8	0 / 8	0 / 8	0 / 8	0 / 8	0 / 8	0 / 8	2 / 8	0 / 8	0 / 8	0 / 8	0 / 8	1 / 8	/	0 / 8	/	0 / 8	0 / 8
Out. Multi.	/	0 / 8	0 / 8	0 / 8	0 / 8	1 / 8	0 / 8	0 / 8	0 / 8	0 / 8	/	0 / 8	0 / 8	1 / 8	/	0 / 8	/	0 / 8	0 / 8

TABLE 4.77 – Concentrations en polluants organiques (mg/kg MS) dans les litières forestières de la zone d'échantillonnage de Charleroi-Châtelet

	Naph	Acyl	Ace	Fle	Phen	Ant	Fla	Pyr	BaA	Chrys	BbF	BkF	BaP	dBahA	BghiP	I123cdP
n obs	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
n manq.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LQ (n)	0.1 (5)	0.1 (8)	0.1 (6)	0.1 (5)	0.1 (1)	0.1 (5)	0.1 (1)	0.1 (1)	0.1 (2)	0.1 (2)	0.1 (2)	0.1 (2)	0.1 (2)	0.1 (5)	0.1 (3)	0.1 (3)
<LQ %	62	100	75	62	12	62	12	12	25	25	25	25	25	62	38	38
Moyenne	0.15	0.07	0.081	0.14	0.93	0.13	1.2	0.87	0.6	0.61	0.56	0.29	0.47	0.12	0.29	0.24
Ecart type	0.11	0	0.028	0.13	0.9	0.11	1.1	0.85	0.6	0.53	0.47	0.22	0.4	0.079	0.23	0.2
Coeff. var.	0.73	0	0.35	0.93	0.97	0.85	0.92	0.98	1	0.87	0.84	0.76	0.85	0.66	0.79	0.83
Min.	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
perc25	0.07	0.07	0.07	0.07	0.18	0.07	0.18	0.11	0.096	0.11	0.1	0.077	0.09	0.07	0.07	0.07
Médiane	0.07	0.07	0.07	0.07	0.6	0.07	0.82	0.71	0.4	0.42	0.42	0.21	0.36	0.07	0.24	0.15
perc75	0.27	0.07	0.077	0.19	1.7	0.16	2.2	1.7	1.1	1.2	1.1	0.54	0.89	0.22	0.55	0.42
Max.	0.35	0.07	0.15	0.43	2.6	0.4	3	2.3	1.7	1.3	1.1	0.59	1.1	0.25	0.62	0.56
Out. Uni. H.	0 / 8	/	/	/	/	0 / 8	/	0 / 8	0 / 8	/	0 / 8	/	/	/	/	/
Out. Uni. B.	0 / 8	/	/	/	/	0 / 8	/	0 / 8	0 / 8	/	0 / 8	/	/	/	/	/
Out. Multi.	/	/	/	/	1 / 7	/	0 / 7	0 / 7	/	1 / 6	/	/	/	/	/	/

TABLE 4.78 – Concentrations en éléments inorganiques (mg/kg MS) dans les litières forestières de la zone d'échantillonnage d'Amay-Engis

	Al	Ca	Mn	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	Tl	Zn
n obs	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
n manq.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LQ (n)															0.1 (9)		1 (4)		
<LQ %	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	43	0	19	0	0
Moyenne	33000	50000	3900	21	320	1	44	13	83	110	1.6	3.2	46	980	0.67	2	4.1	1.2	4000
Ecart type	17000	45000	3400	27	170	0.49	120	6	23	170	3	2.4	29	2000	1.3	1.8	4.2	0.95	7600
Coeff. var.	0.52	0.9	0.87	1.3	0.53	0.49	2.7	0.46	0.28	1.5	1.9	0.75	0.63	2	1.9	0.9	1	0.79	1.9
Min.	11000	3.1	560	7.8	150	0.33	3.8	4.8	42	28	0.22	0.91	17	100	0.07	0.63	0.7	0.46	620
perc25	23000	17000	1200	11	220	0.69	6.7	9.7	64	49	0.46	1.6	29	220	0.07	1.1	1.5	0.63	1100
Médiane	31000	37000	2200	14	260	0.95	9.2	11	83	67	0.64	2.7	33	420	0.2	1.4	3	0.81	1300
perc75	38000	67000	6900	19	350	1.2	23	16	94	79	1	3.7	52	730	0.56	1.9	4.4	1.3	3800
Max.	91000	160000	12000	130	850	2.5	540	32	130	820	14	11	120	9000	5.6	8.7	17	3.8	35000
Out. Uni. H.	0 / 21	3 / 21	0 / 21	1 / 21	1 / 21	0 / 21	4 / 21	0 / 21	0 / 21	3 / 21	3 / 21	1 / 21	3 / 21	2 / 21	1 / 21	1 / 21	2 / 21	2 / 21	3 / 21
Out. Uni. B.	0 / 21	1 / 21	0 / 21	0 / 21	0 / 21	0 / 21	0 / 21	0 / 21	0 / 21	0 / 21	0 / 21	0 / 21	0 / 21	0 / 21	0 / 21	0 / 21	0 / 21	0 / 21	0 / 21
Out. Multi.	0 / 21	2 / 21	/	0 / 21	0 / 21	0 / 21	2 / 21	0 / 21	0 / 21	1 / 21	0 / 21	0 / 21	0 / 21	0 / 21	0 / 12	0 / 20	0 / 17	0 / 21	0 / 21

TABLE 4.79 – Concentrations en polluants organiques (mg/kg MS) dans les litières forestières de la zone d'échantillonnage d'Amay-Engis

	Naph	Acyl	Ace	Fle	Phen	Ant	Fla	Pyr	BaA	Chrys	BbF	BkF	BaP	dBahA	BghiP	I123cdP
n obs	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
n manq.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LQ (n)	0.1 (15)	0.1 (21)	0.1 (19)	0.1 (16)	0.1 (13)	0.1 (19)	0.1 (13)	0.1 (14)	0.1 (14)	0.1 (14)	0.1 (14)	0.1 (15)	0.1 (14)	0.1 (18)	0.1 (14)	0.1 (15)
<LQ %	71	100	90	76	62	90	62	67	67	67	67	71	67	86	67	71
Moyenne	0.26	0.07	0.12	0.13	0.59	0.12	0.86	0.56	0.52	0.5	0.63	0.36	0.63	0.2	0.53	0.43
Ecart type	0.45	0	0.17	0.14	1.3	0.16	2	1.3	1.2	1.2	1.5	0.82	1.5	0.41	1.3	1
Coeff. var.	1.7	0	1.4	1.1	2.2	1.3	2.3	2.3	2.3	2.4	2.4	2.3	2.4	2	2.5	2.3
Min.	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
perc25	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
Médiane	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
perc75	0.17	0.07	0.07	0.13	0.34	0.07	0.56	0.4	0.23	0.25	0.32	0.14	0.28	0.07	0.23	0.18
Max.	1.8	0.07	0.66	0.68	4.9	0.61	7.3	5.1	4.4	4.4	5.2	2.9	5.6	1.5	4.4	3.6
Out. Uni. H.	3 / 21	2 / 21	/	/	1 / 21	2 / 21	/	2 / 21	2 / 21	3 / 21	2 / 21	2 / 21	3 / 21	4 / 21	/	4 / 21
Out. Uni. B.	0 / 21	0 / 21	/	/	0 / 21	0 / 21	/	0 / 21	0 / 21	0 / 21	0 / 21	0 / 21	0 / 21	0 / 21	/	0 / 21
Out. Multi.	1 / 6	/	/	/	0 / 8	/	0 / 8	0 / 7	1 / 7	0 / 7	0 / 7	2 / 6	1 / 7	/	2 / 7	2 / 6

TABLE 4.80 – Concentrations en éléments inorganiques (mg/kg MS) dans les litières forestières de la zone d'échantillonnage de Seraing

	Al	Ca	Mn	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	Tl	Zn
n obs	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
n manq.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LQ (n)															0.1 (2)		1 (2)		
<LQ %	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	10	0	0
Moyenne	15000	17000	4000	9.6	190	0.52	4	7.4	60	46	0.52	4.3	28	210	0.7	1.5	2.9	0.51	620
Ecart type	14000	8200	2500	6.8	69	0.45	3.1	4.5	22	11	0.19	4.8	9	110	0.61	0.45	1.5	0.21	310
Coeff. var.	0.93	0.48	0.62	0.71	0.36	0.87	0.78	0.61	0.37	0.24	0.37	1.1	0.32	0.52	0.87	0.3	0.52	0.41	0.5
Min.	2600	1.4	600	2	82	0.18	1.8	2.4	22	22	0.2	1.2	17	87	0.07	0.71	0.7	0.29	320
perc25	6600	11000	2200	4.9	150	0.26	2.4	4.2	40	38	0.31	2.3	20	120	0.22	1.1	1.7	0.35	410
Médiane	10000	16000	3300	7.3	170	0.36	3.1	5.5	61	45	0.54	2.9	25	190	0.46	1.4	2.8	0.46	530
perc75	19000	22000	5100	13	220	0.62	3.8	12	76	53	0.66	3.9	33	290	1.1	1.7	3.5	0.65	660
Max.	63000	36000	9700	30	370	2.2	14	17	100	75	0.8	24	49	450	2.3	2.4	6.3	1	1400
Out. Uni. H.	0 / 21	0 / 21	0 / 21	0 / 21	0 / 21	0 / 21	0 / 21	0 / 21	0 / 21	0 / 21	0 / 21	1 / 21	0 / 21	0 / 21	0 / 21	0 / 21	0 / 21	0 / 21	0 / 21
Out. Uni. B.	1 / 21	1 / 21	0 / 21	1 / 21	0 / 21	0 / 21	0 / 21	0 / 21	2 / 21	0 / 21	0 / 21	0 / 21	0 / 21	0 / 21	0 / 21	0 / 21	0 / 21	0 / 21	0 / 21
Out. Multi.	0 / 21	1 / 21	/	0 / 21	0 / 21	0 / 21	0 / 21	0 / 21	0 / 21	0 / 21	0 / 21	2 / 21	0 / 21	0 / 21	1 / 19	0 / 21	0 / 19	0 / 21	0 / 21

TABLE 4.81 – Concentrations en polluants organiques (mg/kg MS) dans les litières forestières de la zone d'échantillonnage de Seraing

	Naph	Acyl	Ace	Fle	Phen	Ant	Fla	Pyr	BaA	Chrys	BbF	BkF	BaP	dBahA	BghiP	I123cdP
n obs	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
n manq.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LQ (n)	0.1 (11)	0.1 (21)	0.1 (20)	0.1 (13)	0.1 (1)	0.1 (21)		0.1 (2)	0.1 (5)	0.1 (2)	0.1 (2)	0.1 (12)	0.1 (5)	0.1 (21)	0.1 (12)	0.1 (16)
<LQ %	52	100	95	62	5	100	0	10	24	10	10	57	24	100	57	76
Moyenne	0.15	0.07	0.13	0.2	0.41	0.07	0.53	0.42	0.2	0.36	0.3	0.12	0.19	0.07	0.13	0.095
Ecart type	0.12	0	0.25	0.31	0.31	0	0.29	0.59	0.13	0.3	0.15	0.063	0.097	0	0.082	0.053
Coeff. var.	0.8	0	1.9	1.5	0.76	0	0.55	1.4	0.65	0.83	0.5	0.53	0.51	0	0.63	0.56
Min.	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.21	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
perc25	0.07	0.07	0.07	0.07	0.22	0.07	0.32	0.18	0.093	0.17	0.19	0.07	0.093	0.07	0.07	0.07
Médiane	0.07	0.07	0.07	0.07	0.32	0.07	0.46	0.28	0.18	0.27	0.27	0.07	0.16	0.07	0.07	0.07
perc75	0.21	0.07	0.07	0.18	0.51	0.07	0.7	0.42	0.28	0.47	0.45	0.18	0.27	0.07	0.19	0.1
Max.	0.45	0.07	1.2	1.4	1.4	0.07	1.4	2.9	0.58	1.4	0.57	0.24	0.35	0.07	0.31	0.28
Out. Uni. H.	0 / 21	0 / 21	/	/	3 / 21	0 / 21	/	0 / 21	1 / 21	2 / 21	1 / 21	0 / 21	0 / 21	4 / 21	/	1 / 21
Out. Uni. B.	0 / 21	0 / 21	/	/	0 / 21	0 / 21	/	0 / 21	0 / 21	0 / 21	0 / 21	0 / 21	0 / 21	0 / 21	/	0 / 21
Out. Multi.	0 / 10	/	/	/	1 / 20	/	1 / 21	1 / 19	1 / 16	1 / 19	0 / 19	0 / 9	0 / 16	/	0 / 9	0 / 5

TABLE 4.82 – Concentrations en éléments inorganiques (mg/kg MS) dans les litières forestières de la zone d'échantillonnage de Trooz

	Al	Ca	Mn	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	Tl	Zn
n obs	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
n manq.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LQ (n)															0.1 (3)		1 (1)		
<LQ %	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	0	10	0	0
Moyenne	27000	31000	4900	20	270	1	15	9.4	78	110	0.81	3.3	35	580	0.63	1.7	4.3	0.78	1800
Ecart type	23000	29000	4000	17	96	0.95	23	5	42	130	0.89	2.1	21	700	1	1	5	0.51	2600
Coeff. var.	0.85	0.94	0.82	0.85	0.36	0.95	1.5	0.53	0.54	1.2	1.1	0.64	0.6	1.2	1.6	0.59	1.2	0.65	1.4
Min.	7600	4700	950	3.1	130	0.19	1.8	2.2	23	33	0.14	0.84	12	56	0.07	0.65	0.7	0.24	260
perc25	13000	11000	2300	9.5	190	0.44	2.9	4.9	46	47	0.24	1.6	21	170	0.07	0.76	1.6	0.43	440
Médiane	21000	23000	3500	14	260	0.77	5	9.1	76	65	0.62	2.9	31	350	0.25	1.4	2.4	0.6	720
perc75	36000	44000	6600	26	350	1.1	18	12	98	110	0.97	4.2	41	690	0.65	2.6	5.2	1.3	2300
Max.	86000	85000	14000	63	430	3.5	67	20	170	450	3.1	8.2	85	2300	3.4	3.5	18	1.7	7500
Out. Uni. H.	0 / 10	0 / 10	0 / 10	1 / 10	0 / 10	0 / 10	2 / 10	0 / 10	0 / 10	1 / 10	1 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10	1 / 10	0 / 10	2 / 10
Out. Uni. B.	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10	1 / 10	0 / 10	1 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10
Out. Multi.	0 / 10	0 / 10	/	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10	1 / 10	1 / 10	1 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 7	0 / 10	1 / 9	0 / 10	0 / 10

TABLE 4.83 – Concentrations en polluants organiques (mg/kg MS) dans les litières forestières de la zone d'échantillonnage de Trooz

	Naph	Acyl	Ace	Fle	Phen	Ant	Fla	Pyr	BaA	Chrys	BbF	BkF	BaP	dBahA	BghiP	I123cdP
n obs	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
n manq.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LQ (n)	0.1 (8)	0.1 (10)	0.1 (10)	0.1 (9)	0.1 (4)	0.1 (9)	0.1 (3)	0.1 (4)	0.1 (5)	0.1 (5)	0.1 (4)	0.1 (5)	0.1 (5)	0.1 (10)	0.1 (5)	0.1 (6)
<LQ %	80	100	100	90	40	90	30	40	50	50	40	50	50	100	50	60
Moyenne	0.17	0.07	0.07	0.082	0.37	0.084	0.52	0.33	0.2	0.25	0.3	0.14	0.19	0.07	0.16	0.11
Ecart type	0.27	0	0	0.04	0.33	0.045	0.44	0.27	0.16	0.24	0.27	0.096	0.15	0	0.11	0.063
Coeff. var.	1.6	0	0	0.49	0.89	0.54	0.85	0.82	0.8	0.96	0.9	0.69	0.79	0	0.69	0.57
Min.	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
perc25	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
Médiane	0.07	0.07	0.07	0.07	0.3	0.07	0.47	0.33	0.14	0.16	0.22	0.1	0.14	0.07	0.13	0.07
perc75	0.1	0.07	0.07	0.07	0.61	0.07	0.9	0.49	0.3	0.44	0.56	0.23	0.3	0.07	0.23	0.14
Max.	0.92	0.07	0.07	0.19	1	0.21	1.3	0.84	0.51	0.67	0.74	0.32	0.47	0.07	0.37	0.24
Out. Uni. H.	2 / 10	1 / 10	/	/	0 / 10	0 / 10	/	0 / 10	0 / 10	2 / 10	0 / 10	0 / 10	2 / 10	2 / 10	/	2 / 10
Out. Uni. B.	0 / 10	0 / 10	/	/	0 / 10	0 / 10	/	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10	0 / 10	/	0 / 10
Out. Multi.	0 / 2	/	/	/	0 / 6	/	0 / 7	0 / 6	0 / 5	0 / 5	0 / 6	0 / 5	0 / 5	/	0 / 5	0 / 4

TABLE 4.84 – Concentrations en éléments inorganiques (mg/kg MS) dans les litières forestières de la zone d'échantillonnage de Verviers

	Al	Ca	Mn	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	Tl	Zn
n obs	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
n manq.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LQ (n)																			
<LQ %	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Moyenne	15000	46000	3600	11	240	0.56	3.3	6.3	50	52	0.45	2.3	26	660	0.39	1	2.5	0.67	880
Ecart type	8500	51000	2200	11	110	0.39	2.3	2.8	24	21	0.32	1.2	13	1200	0.18	0.58	0.91	0.93	1000
Coeff. var.	0.57	1.1	0.61	1	0.46	0.7	0.7	0.44	0.48	0.4	0.71	0.52	0.5	1.8	0.46	0.58	0.36	1.4	1.1
Min.	3100	13000	490	1.2	110	0.14	1.4	2.3	14	28	0.15	0.87	10	40	0.16	0.36	1.1	0.12	230
perc25	11000	15000	2100	4.7	140	0.31	1.7	5.3	26	33	0.18	1.3	18	100	0.24	0.46	1.5	0.18	260
Médiane	15000	21000	3500	8	210	0.57	2.6	6	50	56	0.42	2.2	26	210	0.36	1	2.4	0.37	520
perc75	16000	88000	6100	15	360	0.59	3.9	6.9	75	70	0.61	3.3	40	450	0.59	1.4	3.4	0.54	1100
Max.	31000	150000	6300	33	420	1.4	8.2	12	78	84	1	4.2	47	3400	0.67	2	3.6	2.7	3100
Out. Uni. H.	0 / 7	1 / 7	0 / 7	0 / 7	0 / 7	0 / 7	0 / 7	0 / 7	0 / 7	0 / 7	0 / 7	0 / 7	0 / 7	1 / 7	0 / 7	0 / 7	0 / 7	0 / 7	0 / 7
Out. Uni. B.	0 / 7	0 / 7	0 / 7	1 / 7	0 / 7	0 / 7	0 / 7	0 / 7	2 / 7	0 / 7	1 / 7	0 / 7	0 / 7	0 / 7	0 / 7	1 / 7	0 / 7	1 / 7	0 / 7
Out. Multi.	0 / 7	1 / 7	/	0 / 7	0 / 7	0 / 7	0 / 7	0 / 7	0 / 7	0 / 7	0 / 7	0 / 7	0 / 7	1 / 7	1 / 7	1 / 7	0 / 7	0 / 7	0 / 7

TABLE 4.85 – Concentrations en polluants organiques (mg/kg MS) dans les litières forestières de la zone d'échantillonnage de Verviers

	Naph	Acyl	Ace	Fle	Phen	Ant	Fla	Pyr	BaA	Chrys	BbF	BkF	BaP	dBahA	BghiP	I123cdP
n obs	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
n manq.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LQ (n)	0.1 (4)	0.1 (7)	0.1 (7)	0.1 (6)		0.1 (7)		0.1 (1)	0.1 (4)	0.1 (4)	0.1 (2)	0.1 (4)	0.1 (4)	0.1 (7)	0.1 (4)	0.1 (5)
<LQ %	57	100	100	86	0	100	0	14	57	57	29	57	57	100	57	71
Moyenne	0.9	0.07	0.07	0.099	0.45	0.07	0.52	0.29	0.16	0.2	0.26	0.13	0.15	0.07	0.15	0.097
Ecart type	1.8	0	0	0.077	0.27	0	0.26	0.2	0.12	0.17	0.18	0.075	0.11	0	0.11	0.06
Coeff. var.	2	0	0	0.78	0.6	0	0.5	0.69	0.75	0.85	0.69	0.58	0.73	0	0.73	0.62
Min.	0.07	0.07	0.07	0.07	0.14	0.07	0.12	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
perc25	0.07	0.07	0.07	0.07	0.25	0.07	0.29	0.12	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
Médiane	0.07	0.07	0.07	0.07	0.45	0.07	0.58	0.27	0.07	0.07	0.26	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
perc75	1	0.07	0.07	0.07	0.65	0.07	0.66	0.44	0.28	0.4	0.48	0.22	0.26	0.07	0.24	0.1
Max.	4.9	0.07	0.07	0.27	0.94	0.07	0.91	0.66	0.33	0.47	0.53	0.24	0.32	0.07	0.34	0.23
Out. Uni. H.	0 / 7	2 / 7	/	/	0 / 7	0 / 7	/	0 / 7	0 / 7	0 / 7	0 / 7	0 / 7	0 / 7	1 / 7	/	1 / 7
Out. Uni. B.	0 / 7	0 / 7	/	/	0 / 7	0 / 7	/	0 / 7	0 / 7	0 / 7	0 / 7	0 / 7	0 / 7	0 / 7	/	0 / 7
Out. Multi.	1 / 3	/	/	/	0 / 7	/	0 / 7	0 / 6	0 / 3	0 / 3	0 / 5	0 / 3	0 / 3	/	0 / 3	0 / 2

TABLE 4.86 – Concentrations en éléments inorganiques (mg/kg MS) dans les litières forestières de la zone d'échantillonnage d'Aubange

	Al	Ca	Mn	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	Tl	Zn
n obs	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
n manq.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LQ (n)															0.1 (4)		1 (6)		
<LQ %	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	67	0	100	0	0
Moyenne	11000	28000	4300	3.9	150	0.42	1.1	4.3	30	27	0.21	1.1	15	38	0.1	0.51	0.7	0.2	140
Ecart type	4900	9300	2800	1.5	26	0.16	0.21	1.8	13	7.1	0.11	0.41	3.4	23	0.052	0.27	0	0.059	37
Coeff. var.	0.45	0.33	0.65	0.38	0.17	0.38	0.19	0.42	0.43	0.26	0.52	0.37	0.23	0.61	0.52	0.53	0	0.29	0.26
Min.	7900	20000	790	2.4	120	0.27	0.81	2.7	22	16	0.097	0.58	10	22	0.07	0.3	0.7	0.14	96
perc25	9000	21000	1800	2.5	130	0.29	0.84	3	22	22	0.13	0.76	12	22	0.07	0.31	0.7	0.15	110
Médiane	9600	24000	4500	3.5	140	0.39	1.1	3.9	24	28	0.17	1.1	16	28	0.07	0.43	0.7	0.19	130
perc75	13000	38000	6400	5.4	170	0.53	1.3	5.6	39	34	0.29	1.6	18	58	0.15	0.67	0.7	0.26	180
Max.	21000	43000	8700	6.2	190	0.69	1.3	7.6	54	34	0.4	1.6	20	80	0.19	1	0.7	0.27	200
Out. Uni. H.	0 / 6	0 / 6	0 / 6	0 / 6	0 / 6	0 / 6	0 / 6	0 / 6	0 / 6	0 / 6	0 / 6	0 / 6	0 / 6	0 / 6	/	0 / 6	/	0 / 6	0 / 6
Out. Uni. B.	0 / 6	0 / 6	0 / 6	0 / 6	0 / 6	0 / 6	0 / 6	0 / 6	0 / 6	0 / 6	0 / 6	0 / 6	0 / 6	0 / 6	/	0 / 6	/	0 / 6	0 / 6
Out. Multi.	/	0 / 6	0 / 6	0 / 6	0 / 6	0 / 6	0 / 6	0 / 6	1 / 6	0 / 6	0 / 6	0 / 6	0 / 6	0 / 6	/	0 / 6	/	0 / 6	0 / 6

TABLE 4.87 – Concentrations en polluants organiques (mg/kg MS) dans les litières forestières de la zone d'échantillonnage d'Aubange

	Naph	Acyl	Ace	Fle	Phen	Ant	Fla	Pyr	BaA	Chrys	BbF	BkF	BaP	dBahA	BghiP	I123cdP
n obs	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
n manq.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LQ (n)	0.1 (8)	0.1 (8)	0.1 (8)	0.1 (5)	0.1 (4)	0.1 (8)		0.1 (1)	0.1 (5)	0.1 (4)	0.1 (4)	0.1 (6)	0.1 (5)	0.1 (7)	0.1 (5)	0.1 (6)
<LQ %	100	100	100	62	50	100	0	12	62	50	50	75	62	88	62	75
Moyenne	0.07	0.07	0.07	0.23	0.15	0.07	0.38	0.3	0.2	0.2	0.27	0.15	0.24	0.093	0.17	0.13
Ecart type	0	0	0	0.22	0.11	0	0.35	0.29	0.27	0.22	0.39	0.19	0.36	0.066	0.22	0.14
Coeff. var.	0	0	0	0.96	0.73	0	0.92	0.97	1.4	1.1	1.4	1.3	1.5	0.71	1.3	1.1
Min.	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.15	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
perc25	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.17	0.13	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
Médiane	0.07	0.07	0.07	0.07	0.1	0.07	0.25	0.2	0.07	0.12	0.097	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
perc75	0.07	0.07	0.07	0.48	0.2	0.07	0.43	0.37	0.19	0.21	0.26	0.12	0.22	0.07	0.16	0.13
Max.	0.07	0.07	0.07	0.56	0.38	0.07	1.2	0.99	0.86	0.72	1.2	0.6	1.1	0.26	0.71	0.48
Out. Uni. H.	0 / 8	/	/	/	/	/	/	0 / 8	/	/	/	/	/	/	/	/
Out. Uni. B.	0 / 8	/	/	/	/	/	/	0 / 8	/	/	/	/	/	/	/	/
Out. Multi.	/	/	/	/	/	/	0 / 8	/	/	/	/	/	/	/	/	/

Chapitre 5

Analyses statistiques et interprétations

5.1 Sols

5.1.1 Introduction

L'objectif de ce chapitre est de comprendre l'effet des principaux paramètres qualitatifs et les liens entre paramètres quantitatifs. Ces analyses contribueront à l'identification des facteurs explicatifs qui seront utilisés pour la typologie des sols et ceux qui seront retenus pour la cartographie.

La réflexion s'articule autour de 9 questions :

Q1 : « Quel est l'effet de la profondeur d'échantillonnage sur les paramètres analysés ? » (section 5.1.3.1)

Q2 : « Quel est l'effet des remblais sur les paramètres analysés ? » (section 5.1.3.2)

Q3 : « Quel est l'effet de l'occupation du sol sur les paramètres analysés ? » (section 5.1.3.3)

Q4 : « Quel est l'effet de la zone d'étude sur les paramètres analysés ? » (section 5.1.3.4)

Q5 : « Quel est l'effet du type de sol sur les paramètres analysés ? » (section5.1.3.5)

Q6 : « Quels sont les effets des charges caillouteuses technogéniques sur les paramètres analysés ? » (section 5.1.3.6)

Q7 : « Quelles sont les relations entre les paramètres analysés ? » (section 5.1.3.7)

Q8 : « Quels sont les principaux facteurs permettant d'expliquer la variabilité des données ? » (section 5.1.3.8)

Q9 : « Quels sont les principaux mécanismes qui déterminent les teneurs en polluants ? » (section 5.1.3.9)

Ces questions seront traitées au moyen de 4 méthodes statistiques : analyse univariée, régression multiple, analyse des corrélations et analyse factorielle exploratoire.

- L'analyse univariée a pour objectif la mise en évidence de facteurs explicatifs en comparant les distributions de chaque paramètre pour différentes modalités d'un facteur explicatif qualitatif (Q1 à Q5).
- La régression multiple vise à modéliser les relations existant entre une variable et la combinaison de plusieurs variables quantitatives explicatives (Q6).
- L'analyse bivariée doit faire ressortir les relations entre variables, entre les polluants eux-mêmes, ainsi qu'entre les polluants et les variables explicatives quantitatives (Q7).
- L'analyse factorielle exploratoire est utilisée pour regrouper les variables qui ont des comportements semblables, afin d'identifier les facteurs qui expliquent le mieux la variabilité du jeu de donnée (Q8)

L'ensemble de ces analyses doit permettre de répondre à la question Q9.

Le jeu de données de base utilisé dans ce chapitre comprend l'ensemble des résultats d'analyse de sol des conventions POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2. Les sols de la campagne complémentaire à POLLUSOL 1 effectuée en zone potentiellement polluée constituent en groupe distinct des autres sols POLLUSOL 1, désigné par le terme « Pollu1b ».

Les résultats non quantifiés, car situées sous la limite de quantification (analytique ou « de rapportage »), se voient attribuer la valeur de 0.7 fois la limite correspondante. Les résultats de POLLUSOL 1 ont été adaptés afin de corriger les biais interlaboratoire détectés lors du contrôle qualité (*cf.* Chapitre 2, section « Contrôle qualité des analyses »).

Les paramètres pour lesquels plus de 70% des résultats dans les horizons de surface sont situés sous la limite de quantification ne sont pas pris en compte dans ce chapitre. Nous avons tout de même considéré Mo, bien que 84% des valeurs soient situés sous la limite de quantification, car ce pourcentage est plus faible dans la zone d'Aubange (69%), ce qui permet d'étudier l'impact de certains facteurs. Les paramètres écartés sont CrVI, Tl, Ben, EBen, oXyl, mpXyl, Xyltot, BTEX, Styr, Acyl, HTP35a40 et EOX.

Les valeurs atypiques ont été supprimées, si elles rencontrent au moins un des critères suivants (*cf.* Chapitre 2, section « Détection des valeurs atypiques dans les sols ») :

- la valeur est un outlier univariée au seuil +/- 3.48 MAD,
- la valeur est un outlier multivarié clair (« OUI » dans la base de données)
- la valeur est un outlier univarié au seuil +/- 2.57 MAD **et** outlier multivarié probable ou possible (« OUI ? » ou « NON ? » dans la base de données)

Les données correspondant aux sols de pelouse (occupation « JA » dans la base de données) ont été retirées de ce jeu de données global. En effet, ces sols n'ont pas été choisis aléatoirement, mais correspondent à des jardins dont le potager présente des valeurs élevées pour certains polluants. Nous avons analysé ces résulats, indépendamment du

jeu de données global, dans le paragraphe consacré à l'étude de l'effet « occupation » (section 5.1.3.3)

Pour la plupart des traitements statistiques, seule une partie du jeu de données est considéré. Les critères de sélection supplémentaires appliqués sont expliqués dans les sections correspondantes.

5.1.2 Méthodes

5.1.2.1 Analyses univariées

L'objectif de cette analyse est de contribuer à la compréhension du jeu de données et faisant ressortir les tendances évidentes. Etant donné les grandes différences entre effectifs des différentes modalités (exemple : sols sur loess beaucoup mieux représentés que les sols sur calcaires), nous avons préféré ne pas nous baser sur les résultats de tests statistiques. Ces derniers, y compris les « non-paramétriques », sont en effet inadaptés en cas de fortes inégalités d'effectifs entre modalités ; leurs résultats pourraient donc être incohérents ou incomplets. Nous avons donc choisi de baser la discussion sur des représentations graphiques.

Les comparaisons sont effectuées sur base de graphes de fonctions de répartition et de box-plots (*cf.* figure 5.1). Les fonctions de répartition représentent la fréquence cumulée d'occurrence des valeurs. Plus une courbe est située vers la droite du cadre, plus les valeurs sont élevées ; plus une courbe est inclinée, plus la variabilité des valeurs est élevée. La lecture des box-plots est expliquée dans le glossaire. Courbes de fonctions de répartition et box-plot ne sont tracés que pour les modalités comprenant au moins 3 valeurs non-manquantes. Les conclusions des ces comparaisons doivent être considérées avec prudence, car la mauvaise répartition des facteurs (exemple : forêts très bien représentées à Seraing, mais pratiquement absentes à La Louvière) peut engendrer des différences qui ne sont pas spécialement liées au facteur étudié. Ces comparaisons doivent faire ressortir les principaux facteurs explicatifs, mais ne peuvent être utilisées pour déterminer si un facteur donné un effet significatif sur un polluant donné.

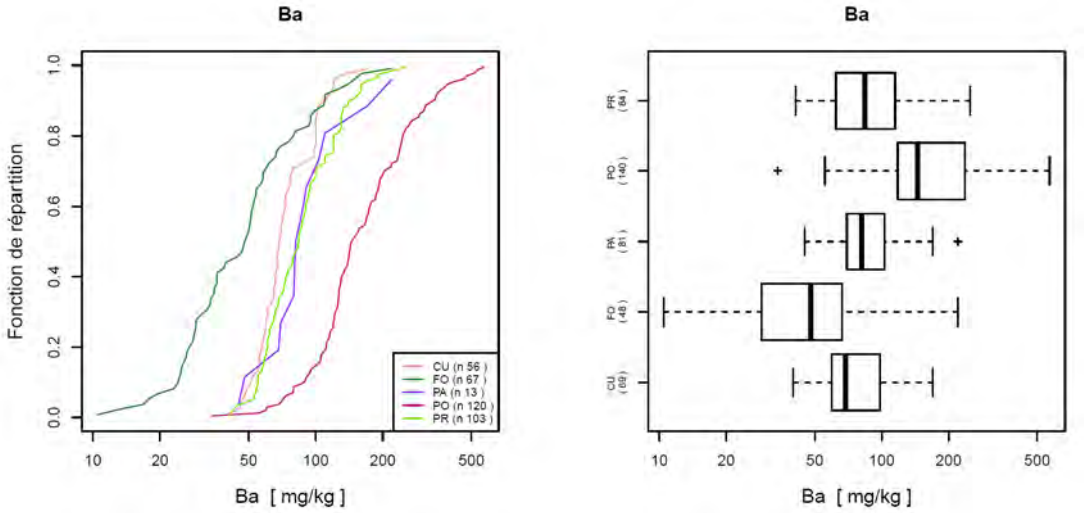


FIGURE 5.1 – Exemple de courbes de fonctions de répartitions et de diagramme « boxplot » présentant les distributions des teneurs en Ba pour les différentes occupations (nous observons un effet positif très marqué de l'occupation PO et un effet négatif de l'occupation FO)

5.1.2.2 Analyse des corrélations

Introduction

L'objectif de l'analyse bivariée est de mettre en évidence les relations entre variables, aussi bien entre les polluants eux-mêmes, qu'entre les polluants et les variables explicatives quantitatives.

Cette analyse a été effectuée sur 5 sous-jeux de données distincts (déterminé sur base des analyses univariées et des régressions multiples) :

- « Surface Naturel » : les horizons de surface des sols naturels (dans le sens « non-remblais »)
- « Surface Profond » : les horizons profonds des sols naturels (potagers non compris en raison de l'absence d'analyses en profondeur)
- « Remblais Surface » : les horizons de surface des sols de remblais
- « Remblais Profond » : les horizons profonds des sols de remblais
- « Remblais Potagers » : les horizons de surface des sols des potagers installés sur du matériaux de remblais (le plus souvent constitué d'un mélange de terre et de déchets de construction).

Cette séparation, qui s'appuie sur les résultats de l'analyse univariée, est le fruit d'un compromis entre la nécessité de travailler sur des jeux de données homogènes (éviter les nuages de points distincts pour un couple de variables) et de considérer des jeux de données très grands afin de garantir la représentativité du résultat.

Les sols de l'étude POLLUSOL 1 ne sont pas inclus dans ces jeux de données, car ils ne comportent pas de sols de potagers, de parcs ni de remblais, et car ils n'ont été analysés que pour une partie seulement des polluants.

Principe

Analyser la corrélation entre une paire de variables aléatoires, c'est étudier l'intensité de la liaison qui peut exister entre ces deux variables. Le coefficient de corrélation renseigne sur le degré de dépendance linéaire entre les deux variables. Le coefficient prend une valeur comprise entre -1 et 1. Plus le coefficient est proche des valeurs extrêmes -1 et 1, plus la corrélation entre les variables est forte. On considère généralement comme significative une corrélation inférieure à -0.5 ou supérieure à 0.5. Cependant, cette interprétation peut être nuancée en fonction du nombre d'échantillon : lorsqu'on augmente le nombre d'échantillons, des corrélations inférieures à 0.5 (en valeur absolue) peuvent devenir significatives [1].

La méthode classique pour le calcul des coefficients de corrélation est la méthode de Pearson, basée sur le calcul de la matrice de covariance. La matrice de covariance étant très sensible à la présence de valeurs aberrantes, nous avons utilisé une estimation

1. C. Reimann, P. Filzmoser, R.G. Garrett, R. Dutter. Statistical Data Analysis Explained. Applied Environmental Statistics with R, Wiley, Chichester, 2008. ISBN : 9781420059472.

robuste de celle-ci par la méthode du "Minimum Covariance Determinant" (MCD) de Rousseeuw [2] à l'aide de l'algorithme "FAST-MCD" de Rousseeuw et Van Driessen [3]. Nous avons donc calculé des corrélations robustes basées sur la méthode de Pearson.

La méthode de Pearson donne des bons résultats lorsque la paire de variables suit une distribution normale bivariée [4]. C'est pourquoi nous avons effectué une transformation logarithmique (logarithme népérien) de l'ensemble des variables étudiées, à l'exception du pH, de la matière organique et du pourcentage d'argile. Cette transformation permet de corriger l'asymétrie des variables et d'ainsi approcher la distribution normale recherchée pour l'analyse des corrélations.

Les résultats sont présentés dans les tables 5.19 à 5.26. Lorsqu'une variable d'un sous-jeu de données est constituée pour plus de 80 % de résultats "inférieurs à la limite de quantification", la corrélation de cette variable avec les autres variables n'a pas été calculée. Dans ce cas, les tables présentant les corrélations renseignent "/" à la place du coefficient de corrélation. De plus, en cas de corrélation très faible à nulle ($|r| < 0.3$), les tables renseignent"-" à la place du coefficient de corrélation. Ces modifications aux tables 5.19 à 5.26 permettent de se focaliser directement sur les chiffres pertinents à interpréter.

Afin d'interpréter la qualité des corrélations entre les variables, nous avons utilisé la nomenclature de la table 5.1. Lorsque deux variables ont un coefficient de corrélation *positif*, nous parlerons de "variable corrélée" ou de "corrélation entre les variables". A l'inverse, si deux variables ont un coefficient de corrélation *négatif*, nous parlerons de "variables *négativement* corrélées" ou de "corrélation *négative* entre les variables".

TABLE 5.1 – Interprétation des coefficients de corrélation : nomenclature utilisée

Qualité de la corrélation	**Valeur du coefficient**
Corrélation très faible	$>$ -0.3 et $<$ 0.3
Corrélation faible	]-0.5 ; -0.3], [0.3 ; 0.5[
Corrélation moyenne	]-0.7 ; -0.5], [0.5 ; 0.7[
Corrélation élevée	]-0.9 ; -0.7], [0.7 ; 0.9[
Corrélation très élevée	$\leq$-0.9 ou $\geq$ 0.9

2. Rousseeuw PJ. Least median of squares regression. J Amn Statist Assoc 1984, 79 : 871–880.

3. Rousseeuw, P.J. and Van Driessen, K. (1999), "A Fast Algorithm for the Minimum Covariance Determinant Estimator," Technometrics, 41, 212–223.

4. C. Reimann, P. Filzmoser, R.G. Garrett, R. Dutter. Statistical Data Analysis Explained. Applied Environmental Statistics with R, Wiley, Chichester, 2008. ISBN : 9781420059472.

5.1.2.3 Analyse factorielle exploratoire

Principe général

L'analyse factorielle exploratoire est une méthode basée sur la réduction d'un jeu de données comportant un nombre important de variables à quelques *facteurs* expliquant un pourcentage important de la variance des variables originales. Ces *facteurs* sont des variables latentes, non mesurées, communes aux variables mesurées pour un ensemble d'observations. On classe généralement les facteurs par ordre croissant d'importance en terme de pourcentage de la variance totale expliquée du jeu de données. Ainsi, le facteur 1 est le facteur le plus important en terme d'explication de la variance totale du jeu de données. L'analyse factorielle va fournir les coordonnées des variables dans l'espace des facteurs. Ces coordonnées sont appelées « saturations » (factor loadings en anglais). Les saturations sont équivalentes à des coefficients de corrélation entre les variables et les facteurs.

Lorsque l'on étudie un jeu de données géochimiques, les facteurs peuvent être identifiés aux processus qui sont à l'origine (« controlling process ») des teneurs mesurées. Cependant, l'analyse factorielle ne peut pas être utilisée comme une preuve de l'existence de ces processus : c'est une méthode qui permet essentiellement de développer une réflexion (émettre des hypothèses, stimuler les idées) sur les structures multivariées et les relations entre les variables du jeu de données.

Nous utiliserons l'analyse factorielle exploratoire pour identifier les facteurs qui sont à l'origine de la structure du jeu de données multivarié (analyses de polluants inorganiques et organiques, propriétés pédologiques). Identifier les facteurs va nous permettre d'étudier les tendances et liens qui existent entre différentes variables ou groupes de variables.

Paramètres choisis pour l'analyse factorielle

La méthode d'analyse factorielle utilisée dans le cadre de cette section est une des plus courantes : il s'agit de l'analyse en facteurs principaux (PFA - principal factor analysis). Pour cela, nous avons utilisé l'algorithme implémenté dans la fonction « pfa » du logiciel d'analyse statistique R. Cette fonction utilise la matrice de covariance du jeu de données pour caractériser sa structure multivariée. La matrice de covariance étant très sensible à la présence de valeurs aberrantes, nous avons utilisé une estimation robuste de celle-ci par la méthode du "Minimum Covariance Determinant" (MCD) de Rousseeuw [5] à l'aide de l'algorithme « FAST-MCD » de Rousseeuw et Van Driessen [6].

Nous avons choisi de réaliser une rotation de type « varimax » [7] sur les résultats

5. Rousseeuw PJ. Least median of squares regression. J Amn Statist Assoc 1984, 79 : 871–880.

6. Rousseeuw, P.J. and Van Driessen, K. (1999), "A Fast Algorithm for the Minimum Covariance Determinant Estimator," Technometrics, 41, 212–223.

7. Kaiser, H. F. (1958) The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. Psychometrika 23, 187–200.

de l'analyse factorielle. C'est une rotation orthogonale des axes des facteurs afin de les rendre plus facilement interprétables. En effet, la rotation va faire en sorte que les coordonnées des variables sur les facteurs soient ou élevées (en valeur absolue), ou proches de zéro. L'interprétation des facteurs est ainsi facilitée, les variables initiales seront surtout associées à l'un des facteurs.

La structure multivariée liant les facteurs aux variables est inconnue a priori. Il existe plusieurs méthodes pour déterminer le nombre de facteurs à retenir pour décrire la structure multivariée en analyse factorielle. Après quelques essais exploratoires de ces méthodes, nous avons observé qu'un nombre de facteurs équivalent à 5 était satisfaisant pour décrire notre jeu de données. Dans quelque cas, nous avons choisi de ne pas prendre en compte le cinquième facteur (en ordre d'importance de pourcentage de la variance totale expliquée), car il n'apportait rien à l'analyse de la structure du jeu de données. Nous avons choisi de ne retenir que les quatre principaux facteurs lorsqu'il y avait moins de 15 variables étudiées simultanément (*cf.* paragraphe suivant).

Sélection des variables

L'analyse factorielle a été réalisée sur les cinq sous-jeux de données étudiés (*cf.* section 5.1.1). Le nombre de variables prises en considération peut considérablement influencer les résultats de l'analyse factorielle. La méthode étant basée sur le principe de réduction du nombre de variables, il est nécessaire de travailler avec des jeux de données ou le nombre d'observations dépasse grandement le nombre de variables. Si l'on considère toutes les variables pour l'analyse factorielle, les sous-jeux de données constitués des remblais ne seront pas constitués d'un nombre d'observations significativement plus élevé que le nombre total de variables. Pour ces sous-jeux de données, il n'est donc pas opportun de considérer toutes les variables dans une même analyse factorielle. D'autre part, nous avons observé dans la section « analyse des corrélations » que les variables de type « polluant organique » étaient rarement bien corrélées avec les autres variables. La structure multivariée liée à ce type de variable est donc sans doute moins complexe que pour les autres variables. Ces différentes observations nous ont conduits à réaliser l'analyse factorielle des cinq sous-jeux de données pour trois groupes de variables :

1. Eléments traces, éléments majeurs et paramètres pédologiques
2. Polluants organiques et paramètres pédologiques
3. Eléments traces et polluants organiques

Dans un sous-jeu de données, les éventuelles variables d'un groupe constitué à plus de 80% de valeurs inférieures aux limites de quantification ont été écartées. Par exemple, dans le sous-jeu de données « horizons profonds des sols naturels », pour le groupe de variable « Eléments traces, éléments majeurs et paramètres pédologiques », les variables Mo, Sb et Sn ont été écartées de l'analyse factorielle.

Le pH_H2O n'a pas été considéré, car il comportait un grand nombre de valeur manquante et car il est bien corrélé au pH_KCl. Etant donné qu'une valeur manquante

pour un paramètre entraîne la suppression de toute la ligne de la table de donnée lors du traitement AFP, la suppression de cette variable entraîne donc moins de perte d'information que son maintien.

Une transformation logarithmique a été appliquée aux variables de type « éléments majeurs » et « polluants » afin d'améliorer la symétrie des distributions pour approcher d'une distribution normale. En effet, comme dans beaucoup d'autres techniques statistiques, l'analyse factorielle est assez sensible à la normalité de la distribution des variables. Lorsque les variables ont des échelles de grandeur différentes (par exemple : éléments majeurs et traces), les variables avec les valeurs les plus élevées et les gammes de valeurs les plus larges (ce qui correspond aux variables dont la moyenne et la variance de distribution sont plus élevées) auront plus de poids dans l'analyse factorielle. Afin de donner à chaque variable le même poids, nous avons remis à la même échelle toutes les variables est les standardisant à une moyenne de zéro et une variance unitaire (après la transformation logarithmique pour les éléments majeurs et les polluants).

Interprétation des graphiques de résultats

Les résultats de l'analyse factorielle ont été examinés à l'aide de deux types de graphiques : les graphiques de saturation factorielle (« factor loading plot » en anglais) et les diagrammes de double projection (« biplot » en anglais).

Les graphiques de saturation factorielle permettent de visualiser la saturation (factor loadings en anglais) de chaque variable par rapport aux principaux facteurs. La saturation d'une variable, correspondant à ses coordonnées factorielles, est directement proportionnelle au coefficient de corrélation de la variable avec le facteur considéré. Plus une variable est positivement corrélée avec un facteur, plus sa saturation sur ce facteur sera proche de 1. En abscisse, le graphique reprend les facteurs, et l'étendue occupée par le facteur dépend de la part relative de variance expliquée par chaque facteur dans l'analyse factorielle. Dans ce même axe, mais sur le bord supérieur, le graphique indique le pourcentage cumulé de la variance expliquée par rapport à la variance totale du jeu de données.
L'axe des ordonnées s'étend de -1 à 1 et montre la saturation de chaque variable. Plus le point représentant la variable est proche de la ligne +1 ou de la ligne -1, plus la variable est corrélée au facteur. Les lignes horizontales situées à -0.5 et 0.5 permettent de distinguer les variables bien corrélées aux facteurs (<-0.5 ou >0.5) des variables moins bien corrélées. Afin de simplifier la lecture du graphe, les variables ayant une saturation inférieure à 0.3 en valeur absolue ne sont pas représentées. La contribution de ces variables (>-0.3 et <0.3) aux facteurs est en effet négligeable. Une variable peut apparaître plusieurs fois dans le graphique, si elle a une saturation significative (<-0.3 et >0.3) avec plusieurs facteurs. Par ailleurs, une variable peut ne pas apparaître dans le graphique si sa saturation est très faible avec les cinq facteurs principaux. Dans ce graphique, l'ordre d'apparition horizontale des variables pour un même facteur n'a pas de signification [8].

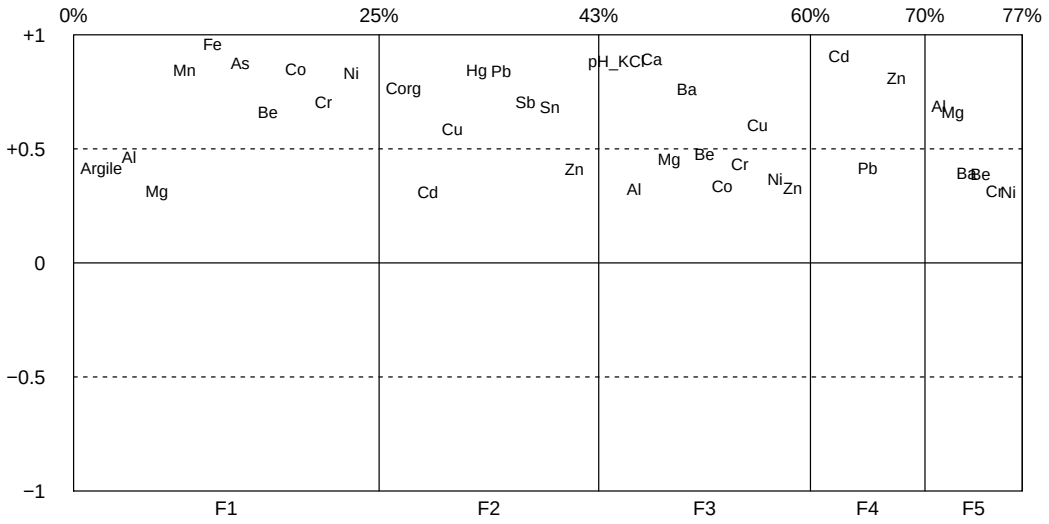


FIGURE 5.2 – Graphique de saturation factorielle pour une analyse en facteurs principaux robuste avec une rotation « Varimax » et 5 facteurs. Le sous-jeu de données utilisé correspond aux horizons de surface des sols naturels avec les variables de type éléments traces, éléments majeurs et paramètres pédologiques

La figure 5.2 est un exemple de graphique de saturation factorielle avec le sous-jeu de données comportant les horizons de surface des sols naturels avec les variables de type éléments traces, éléments majeurs et paramètres pédologiques. L'axe supérieur des abscisses informe de l'importance de chaque facteur (F1, F2, F3, F4, F5) en terme de variabilité totale expliquée. On observe par exemple que le premier facteur (F1) explique 25 % de la variabilité du jeu de données et que le second facteur en explique 18 % (= 43% - 25%). Les cinq premiers facteurs expliquent ensemble 77 % de la variabilité totale du jeu de données. En ordonnée, on observe l'échelle de saturation des variables, qui s'étend de -1 à 1 [9]. Toutes les variables représentées sont positivement saturées, ce qui indique que celles-ci sont toujours positivement corrélées avec les cinq principaux facteurs. Pour le premier facteur, la variable ayant la saturation la plus élevée est le Fe. Les variables bien corrélées au premier facteur (variable avec une saturation supérieure à 0.5) sont situées au-dessus de la ligne en pointillé. Il s'agit du Mn, As, Co, Ni, Be, Cr. Les autres variables corrélées avec ce facteur sont l'argile, Al et Mg. Ce premier facteur suggère que dans les horizons de surface des sols naturels, la teneur en As, Co, Ni, Be et Cr semblent être directement liés aux minéraux du sol riches en Mn et Al. La présence de ces minéraux est corrélée avec la présence d'aluminium et du magnésium, et ces minéraux semblent présents dans les fractions granulométriques fines (argile) du sol. Les autres facteurs sont discutés dans la section suivante.

8. Il s'agit simplement de l'ordre des variables dans la matrice de données traité par le logiciel R pour le calcul de l'analyse factorielle.

9. Plus le point représentant la variable est proche de la ligne +1 ou de la ligne -1, plus la variable est corrélée au facteur

Les diagrammes de double projection permettent de visualiser simultanément la saturation des variables (représenté par des flèches avec le nom des variables) et les scores des observations, c'est-à-dire la projection des observations sur les facteurs (représenté par les croix en grisé sur le diagramme). La longueur des flèches est directement proportionnelle à la saturation de la variable pour les deux facteurs représentés. L'angle entre deux flèches indique la corrélation entre les deux variables correspondantes. Dans les diagrammes, l'échelle de saturation se trouve en haut et à droite, et l'échelle des scores des observations en bas et à gauche. Pour chaque analyse factorielle, des diagrammes de double projection ont été effectués pour visualiser la saturation des variables et les scores des observations dans le plan des premier et second facteurs, et dans celui des premier et troisième facteurs.

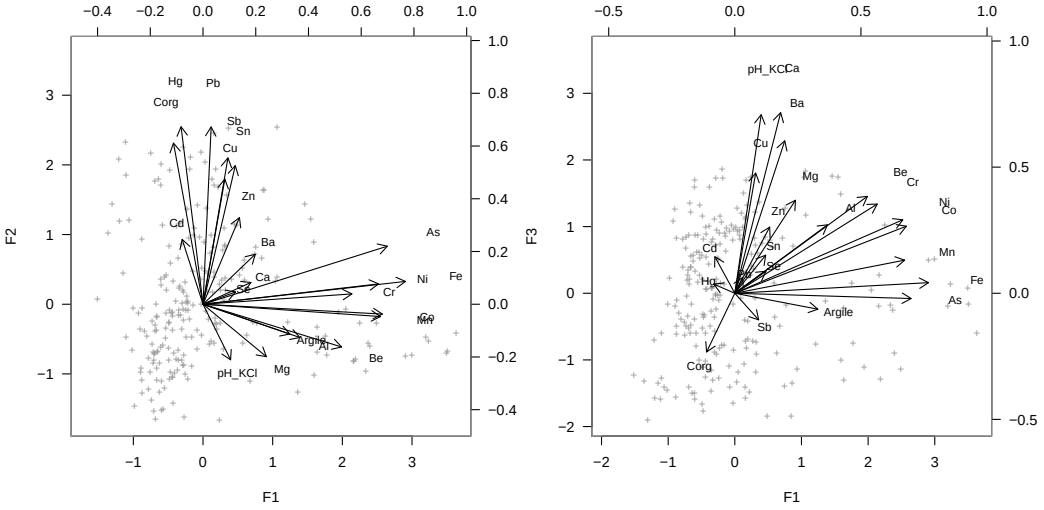


FIGURE 5.3 – Diagrammes de double projection pour une analyse en facteurs principaux robuste avec une rotation « Varimax » et 5 facteurs. Le sous-jeu de données utilisé correspond aux horizons de surface des sols naturels (croix en grisé) avec les variables de type éléments traces, éléments majeurs et paramètres pédologiques (flèches).

La figure 5.3 donne un exemple de diagrammes de double projection avec le sous-jeu de données comportant les horizons de surface des sols naturels avec les variables de type éléments traces, éléments majeurs et paramètres pédologiques. Le diagramme de gauche représente les variables et les observations dans le plan composé par le premier et le second facteur principal. Le diagramme de droite représente les variables et les observations dans le plan composé par le premier et le troisième facteur principal. Dans le diagramme de gauche, l'échelle de saturation qui se trouve en haut et à droite s'étend de -0.4 à 1. L'axe des abscisses correspond au premier facteur (F1) et celui des ordonnées au second facteur (F2) par ordre d'importance. Les flèches les plus longues dans le sens de l'axe des abscisses correspondent aux variables avec la saturation la plus importante pour F1. Ces flèches correspondent aux variables Fe, Mn, As, Co, Ni, Be et Cr. Ce constat est

cohérent avec les informations retrouvées sur le graphique de saturation factorielle de la figure 5.2. Les flèches de ces variables étant approximativement parallèles, ces variables sont donc positivement corrélées. Les flèches les plus longues dans le sens de l'axe des ordonnées correspondent aux variables avec la saturation la plus importante pour F2. Ces flèches correspondent aux variables Corg, Hg, Pb, Sb, Sn et Cu. La présence des polluants Hg, Pb, Sb, Sn et Cu dans le sol semble donc bien corrélée avec la présence de matière organique (Corg) dans le sol. Les flèches de ces variables sont approximativement perpendiculaires à celle de Fe, Mn, Co, Ni, Be et Cr : ceci indique que la présence des polluants corrélés à la matière organique est indépendante (ou non corrélé) à la présence des polluants liés aux minéraux riches en Fe et Mn. Ce constat (indépendance des variables) est surtout vrai pour les variables présentant des saturations élevées (flèches longues) et bien perpendiculaires : Fe et Hg par exemple. Il est moins vrai pour des variables comme Cr et Cu : les flèches sont moins longues (saturation moins importante en F1 et F2) et l'angle entre les flèches n'est pas tout à fait perpendiculaire. D'une façon générale, les flèches courtes des diagrammes de double projection (comme celle du Ca, du Cd et du Ba dans le diagramme de gauche) présentent moins d'intérêt en terme d'interprétation : cela signifie principalement que ces variables sont peu corrélées aux facteurs étudiés.

Dans le diagramme de gauche, l'échelle de scores qui se trouve en bas et à gauche s'étend de -1 à 3. La projection des observations (croix grises) sur les facteurs montre qu'il y a un grand nombre de croix avec des scores élevés en F1 et que ces points ont généralement un score faiblement négatif (entre -1 et 0) et F2. Ceci indique que les sols ayant les teneurs en Co, Ni, Be et Cr les plus élevés sont fréquemment ceux qui ont des teneurs faibles en Hg, Pb, Sb et Sn. Les croix avec des scores élevés en F2 ont généralement un score peu élevé (entre -1 et 1) en F1. Ceci indique que les sols ayant les teneurs les plus élevées en Hg, Pb, Sb et Sn ont des teneurs modérées en Co, Ni, Be et Cr (il ne s'agit jamais des sols avec les teneurs les plus élevées en Co, Ni, Be et Cr, mais ils ont parfois des teneurs moyennes à faibles pour ces éléments).

Dans le diagramme de droite, l'axe des abscisses correspond au premier facteur (F1) et celui des ordonnées au troisième facteur (F3) par ordre d'importance. Les flèches les plus longues dans l'axe des abscisses correspondent aux variables avec la saturation la plus importante pour F1. Ces flèches correspondent aux variables Fe, Mn, As, Co, Ni, Be, Cr. Ce constat est cohérent avec le diagramme de gauche. Les flèches les plus longues dans l'axe F3 correspondent aux variables pH KCl, Ba, Ca. La présence du Ba semble bien corrélée à la présence d'un pH élevé et aux minéraux riches en Ca. Les flèches de Be et Cr sont longues et forment un angle d'approximativement 35 degrés avec les axes F1 et F3 : ces deux éléments semblent donc bien corrélés aux facteurs F1 et F3, et l'angle indique une meilleure corrélation avec F1. Ceci suggère que Be et Cr sont principalement liés à la présence de minéraux riches en Fe et Mn, mais qu'ils sont aussi influencés par la présence d'un pH élevé et de minéraux riches en Ca. Les autres interprétations

que nous pouvons donner à ce diagramme (figure 5.3) seront fournies à la 5.1.3.8.

5.1.3 Résultats et interprétations

5.1.3.1 Quel est l'effet de la profondeur sur les paramètres analysés ?

Nous avons sélectionné deux modalités :

- Surface : les échantillons prélevés dans le premier horizon au sens pédologique du terme (Ap ou Ah).
- Profond : les échantillons prélevés dans l'horizon profond de référence : il s'agit de l'horizon le plus profond analysé à condition que sa profondeur moyenne du prélèvement soit située entre 60cm et 120 cm.

La comparaison est étudiée en parallèle pour les sols de remblais et pour les sols dits « naturels ». Les sols de remblais sont les sols présentant au moins une couche remblais. Une couche de remblais est constituée de matériaux d'origine naturelle (terre) ou artificielle (ex. : déchets de construction) mis en place par l'homme. Nous avons utilisé le terme « naturels » pour désigner les sols « en place », qui ne comportent aucune couche de remblais. Le terme « naturel », dans le cadre de ce chapitre, ne désigne donc pas l'absence de pollution ni l'origine du matériau de remblais.

Les points POLLUSOL 1, Pollu1b et les points de potagers sont exclus de cette sélection, car les premiers ne comportent aucun remblai et les horizons profonds deux autres groupes n'ont pas été analysés.

Les résultats sont synthéthisés dans la table 5.3 et illustrés à la figure 5.4 à titre d'exemple. Les autres graphes sont disponibles dans l'annexe 3a.

TABLE 5.3 – Classification des paramètres selon leur sensibilité à la profondeur (l'effet de la profondeur sur les teneurs est particulièrement marqué pour les paramètres repris en gras, et faible pour les paramètres entre parenthèses.)

Présence ou absence de couche de remblais	Sols "naturels"	Sols de remblais
Paramètres pour lesquels la valeurs est plus élevées en surface	**Corg**, CE, (Ca), (Mn), As, **Cd**, Cu, **Hg**, **Pb**, Sb, **Zn**, **Tolu**, **HAP**, HTP21a30, HTP30a35, HTP_tot, **CN_tot**, **CN_lib**, **IP**	**Corg**, (CE), (Ba), Cd, Cu, Hg, **Pb**, **Zn**, Tolu, **HAP**, (HTP), **CN_tot**, **CN_lib**, **IP**
Paramètres pour lesquels les valeurs sont semblables en surface et en profondeur	pH_KCl, Ba, Mo, Se, Sn, HTP10a12, HTP12a16, HTP16a21	Arg, pH_KCl, Ca, Mg, Mn, Fe, As, Be, Co, Cr, Mo, Ni, Sb, Se, Sn,CN-tot, CN_lib, IP
Paramètres pour lesquels les valeurs sont plus élevées en profondeur	pH_H2O, Argile, Al, Mg, Fe, Be, Co, Cr, Ni	pH_H2O

Nous avons séparé les paramètres par groupe selon l'effet de la profondeur sur les valeurs mesurées (table 5.3).

Dans les sols naturels, les teneurs en Corg et en polluants sont généralement plus élevées en surface qu'en profondeurs, en particulier pour Cd, Hg, Pb (figure 5.4), Zn, HAP, CN_tot, CN_lib et IP. Inversement, nous observons des teneurs plus élevées en Al, Mg, Fe, Be, Co, Cr et Ni dans les horizons profonds. Enfin, certains paramètres, tels que HTP10a12, HTP12a16 et HTP16a21 présentent des valeurs semblables en surface et en profondeur.

Dans les remblais, nous observons également des teneurs plus élevées en surface, mais pour un nombre plus restreint de polluants, et avec des écarts moins marqués que pour les sols naturels (figure 5.4). Contrairement aux sols naturels, aucun polluant ne présente des teneurs plus élevées en profondeur qu'en surface dans les remblais.

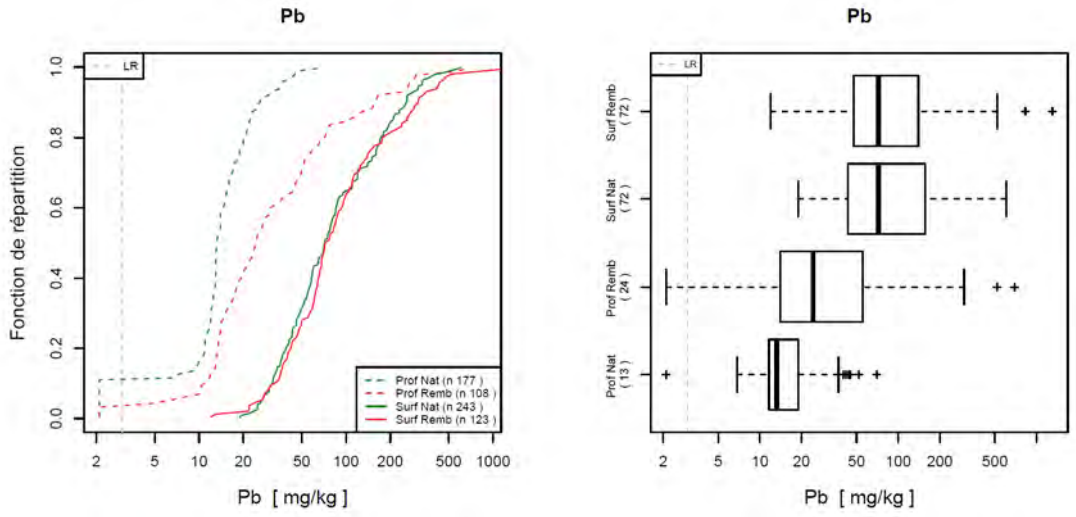


FIGURE 5.4 – Effets de la profondeur et de la présence de remblais sur les concentrations en Pb dans les échantillons de sol (Prof Nat : horizons profonds « non remblais » ; Prof Remb : horizons profond « remblais » ; Surf Nat : horizons des surface « non remblais » ; Surf Remb : horizons des surface « remblais » ; les valeurs des médianes par modalité sont indiquées entre parenthèses le long de l'axe vertical du graphe « box-plot » ; LR : limite de quantification de rapportage)

Les effets de la profondeur pour les différents paramètres peuvent également être appréhendés en comparant les rapports entre les 90^{e} centiles des horizons de surface et des horizons profonds (figures 5.5, 5.6et 5.7). Les 90^{e} centiles ont été choisi car ils sont peu affecté par la valeur de la limite de quantification lorsqu'une proportion élevées de valeurs sont inférieurs à cette limite (contrairement à la moyenne ou la médiane). Cette comparaison, basée sur une valeur récapitulative unique donne une information nettement moins nuancée que la comparaison visuelle des courbes de répartition, mais elle permet de classer les différents polluants selon leur accumulation relative en surface. Dans les graphes (figures 5.5, 5.6et 5.7), les paramètres sont classés par ordre croissant de la valeur du rapport dans les sols naturels.

En ce qui concerne les polluants inorganiques, nous pouvons distinguer 4 groupes selon leur comportement dans les sols naturel :

- Co, Ni et Se présentent en appauvrissement en surface, tout comme l'argile, Mg et Al.
- Be, Mo et Cr présentent des rapports très proches de 1, comme les pH et Fe.
- As, Sn, Ba, Cu et Sb présentent des rapports entre 1.5 et 5, comme Mn et Ca.
- Hg, Zn, Cd et Pb présentent des rapports de 5 à 12, comme Corg.

Dans les remblais, les rapports sont nettement plus proches de 1 que dans les sols naturels, indiquant un contraste nettement plus faible entre surface et profondeur, lié à l'utilisation d'horizons de surface pour constituer les couches de remblais profonds, et vice-versa.

Les HAP présentent tous un enrichissement très important dans l'horizon de surface, avec une différence entre les HAP les plus légers (Naph, Ace, Fle) présentant un rapport inférieur à 20 et les autres (sauf dBahA) qui présentent un rapport entre 50 et 200. Dans les remblais, les rapports sont nettement plus proches de 1, comme pour les polluants inorganiques.

Parmi les polluants organiques, les rapports les plus faibles (proches de 1) correspondent aux HTP, et en particulier aux HTP les plus légers. Les CN, Tolu et IP présentent des rapports entre 5 et 20, qui sont du même ordre de grandeur que Corg.

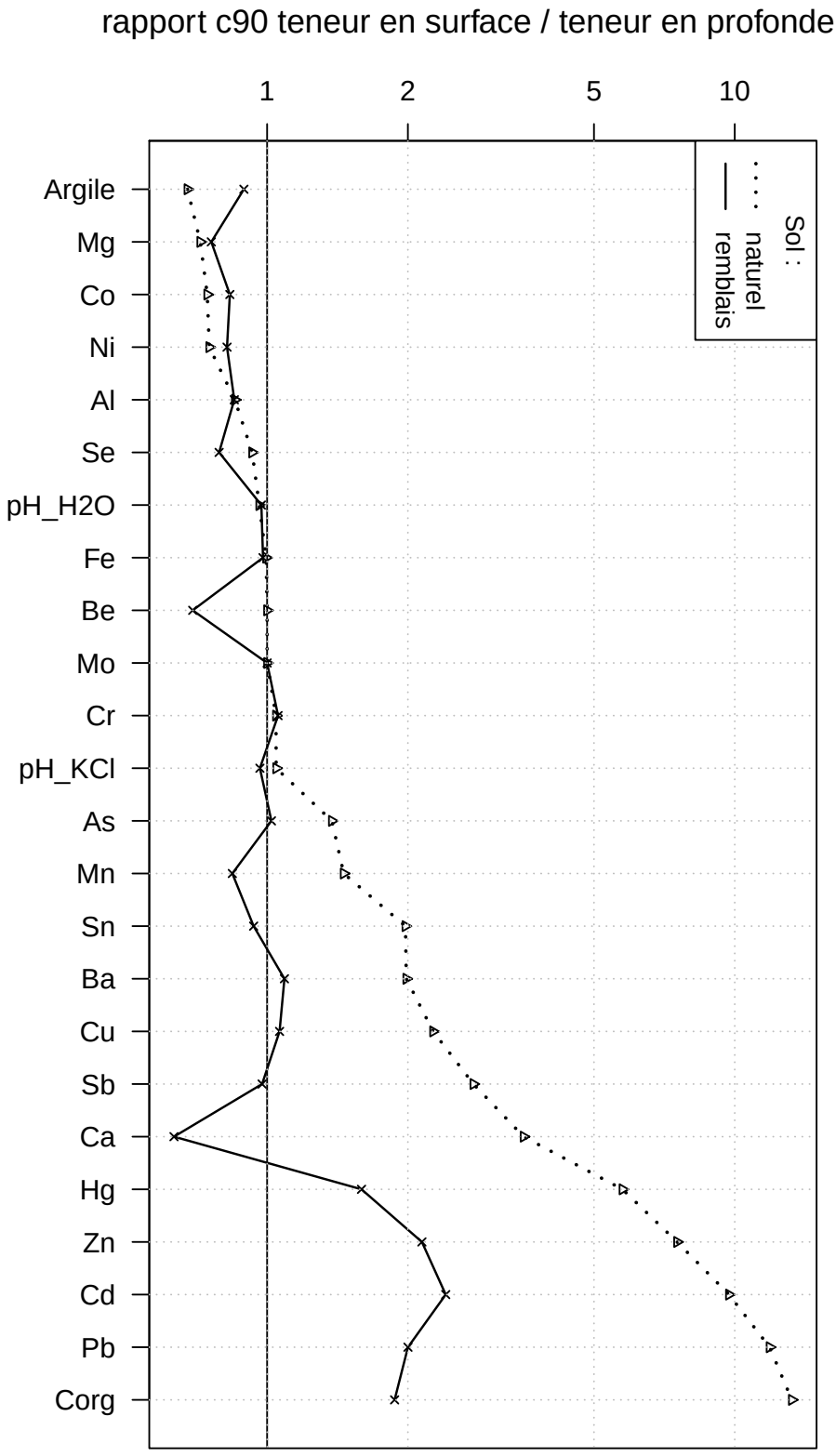


FIGURE 5.5 – Rapport entre les 90e centiles des horizons de surface et des horizons profond pour les paramètres pédologiques, élements majeurs et polluants inorganiques dans les sols naturel (non remblais) et dans les remblais

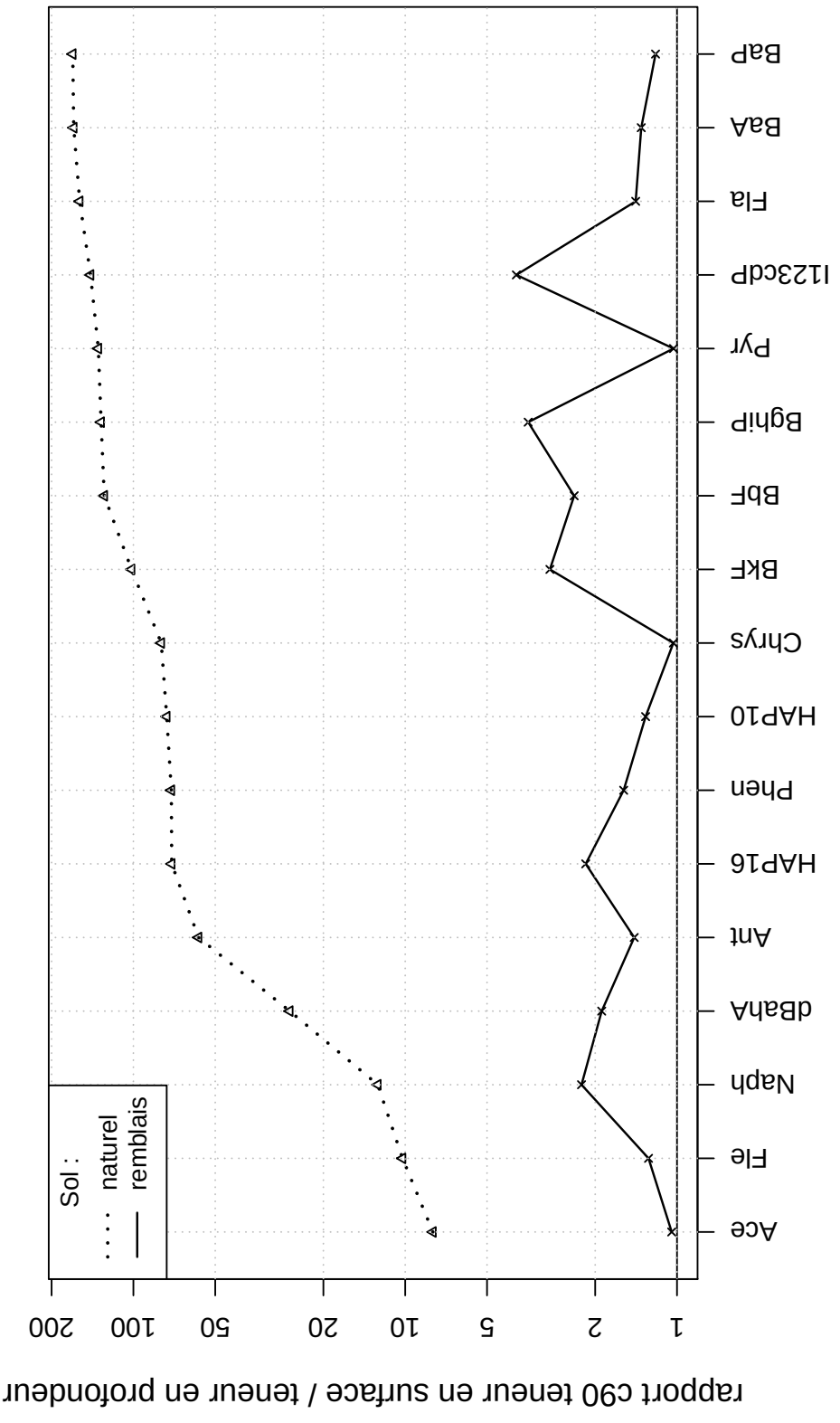


FIGURE 5.6 – Rapport entre les 90^{e} centiles des horizons de surface et des horizons profond pour les HAP dans les sols naturel (non remblais) et dans les remblais

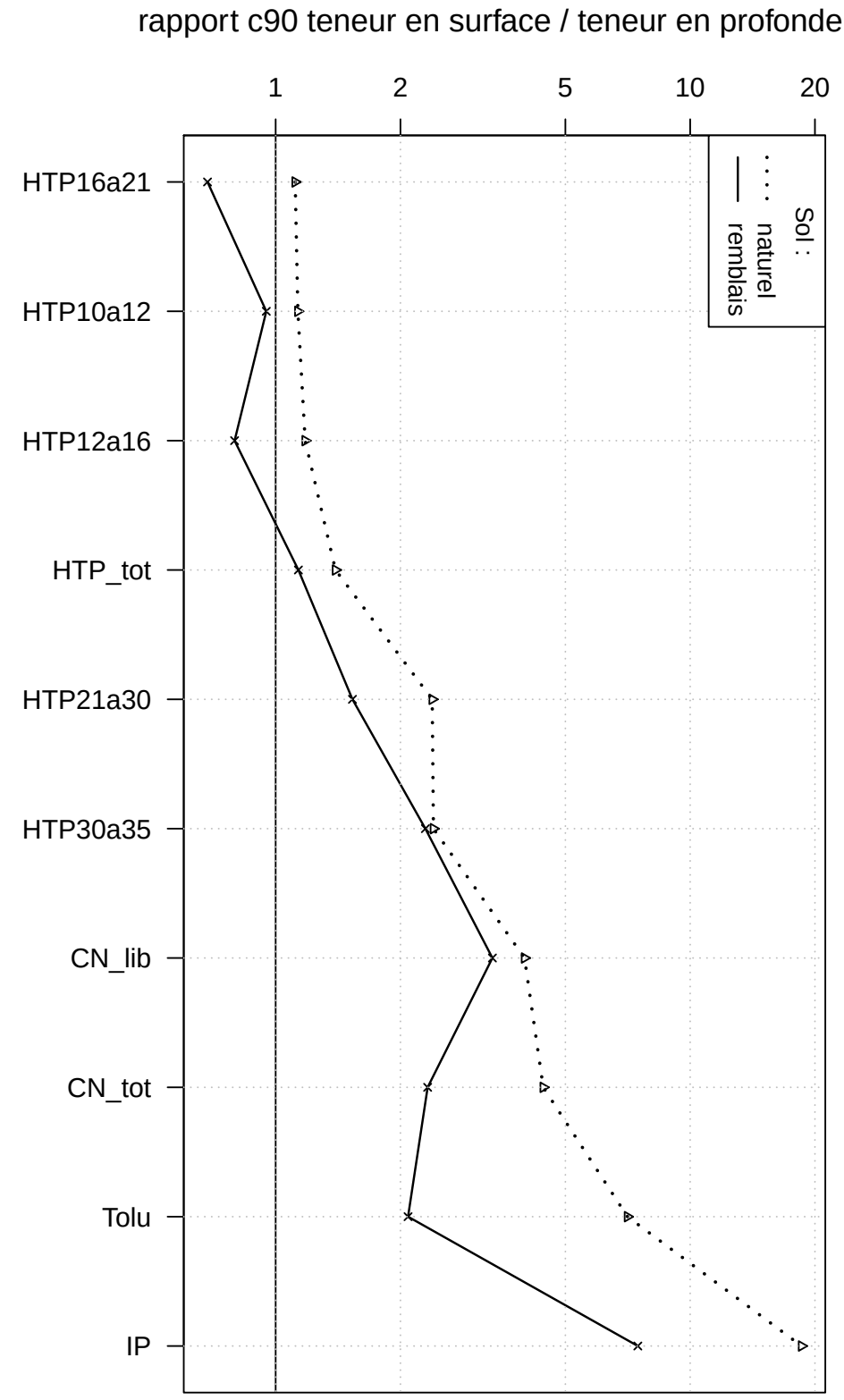


FIGURE 5.7 – Rapport entre les 90e centiles des horizons de surface et des horizons profond pour les HTP, CN, Tolu et IP dans les sols naturel (non remblais) et dans les remblais

Le fait que les teneurs en polluants des sols naturels soient plus élevées en surface qu'en profondeur peut être être lié à un ou plusieurs des processus suivants :

- pollution de surface (retombées atmosphériques ou déversement localisé)
- prélèvement par la végétation en profondeur (racines) et retour à la surface du sol via les résidus végétaux (litière)
- accumulation relative d'éléments suite à la dissolution en surface de certains minéraux de l'horizon profond (par exemple, la dissolution de la calcite peut provoquer une accumulation relative de métaux présents dans les minéraux argileux résiduels qui étaient associés à la calcite dans le calcaire)
- rétention des polluants dans l'horizon de surface, principalement via l'adsorption sur les molécules organiques.
- interférences avec des molécules organiques naturelles, de type « acide humique ». Certains paramètres organiques, HTP et IP en particulier, ne sont pas des molécules uniques, mais des catégories de molécules aux propriétés semblables ; certaines molécules naturelles (dérivés de la lignine) possédant également des propriétés semblables à ces catégories, elles y sont assimilées lors de la procédure analytique [10] [11]. De plus, la mesure de CN peut aussi être affectée par des interférences liées à la présence de nitrate ou de particules (telles que les acides humiques) en supension [12].

A ce stade de l'analyse, nous ne pouvons émettre d'hypothèse par rapport à la prédominance d'un de ces mécanismes.

Des teneurs plus élevées en polluants dans les horizons profonds des sols naturels seraient essentiellement liées à la présence de ces éléments dans certains minéraux du matériau parental. Une diminution des teneurs en surface peut s'expliquer (i) par la « dilution » de ce minéral (mélange avec du loess apporté par le vent, incorporation naturelle de matière organique dans l'horizon de surface), (ii) par sa dissolution suivie d'une mobilisation du polluant ou (iii) par sa migration au sein du profil de sol (lessivage d'argile).

Dans les remblais, tous ces processus peuvent également se produire, mais les teneurs en surface et en profondeur dépendront avant tout, de la composition initiale des matériaux utilisés pour chacune des couches. Dès lors, les processus lents tels que la dissolution de minéraux, le prélèvement par la végétation ou le lessivage d'argile sont peu susceptibles d'engendrer un contraste détectable entre la surface et la profondeur. Les retombées atmosphériques peuvent également affecter les remblais, mais leur effet dépendra de l'âge du remblai par rapport à la période de retombées atmosphériques.

10. Risk-based Methodologies for Evaluating Petroleum Hydrocarbon Impacts at Oil and Natural Gas E&P Sites, API Publication 4709, API Publishing Services, Washington DC

11. Moskvin A.L., Mozzhukhin A. V., Mukhina E. A. and Moskvin L. N. 2005. Flow-Injection Photometric Determination of the Phenol Index of Natural Waters in the Presence of Humic Acids. Journal of Analytical Chemistry, Vol. 60, No. 1, pp. 70–74

12. EN ISO 14403 : 2002 Water quality - Determination of total cyanide and free cyanide by flow analysis

5.1.3.2 Quel est l'effet des remblais sur les paramètres analysés ?

Nous avons comparé les sols de remblais aux sols « naturels ».

Les sols de remblais sont les sols présentant au moins une couche remblais. Une couche de remblais est constituée de matériaux d'origine naturelle (ex. : terre) ou artificielle (ex. : déchets de construction) mis en place par l'homme. Nous avons utilisé le terme « naturels » pour désigner les sols « en place », qui ne comportent aucune couche de remblais. Le terme « naturel », dans le cadre de ce chapitre, ne désigne donc pas l'absence de pollution ni l'origine du matériau de remblais.

L'effet des remblais a été étudié sur 3 sous-jeux de données en parallèle :

- les horizons de surface « non-potagers « (principalement des parcs, mais aussi quelques sols agricoles),
- les horizons de surface des potagers (*nb* : pas d'analyses effectuées en profondeur dans ces sols),
- les horizons profonds des « non-potagers » (principalement des parcs, mais aussi quelques sols agricoles).

Pour ces 3 groupes, les teneurs dans les remblais ont été comparées aux teneurs dans les sols naturels. Les potagers ont été traités séparément des autres sols afin d'éviter une superposition des effets « remblais » et « occupation » étant donné que la plupart les potagers sont majoritairement situés sur des sols de remblais (comportant généralement des déchets de construction). Les points POLLUSOL 1 et Pollu1b ont été exclus pour ces analyses, car les premiers ont été choisis exclusivement sur des sols naturels et les seconds n'ont pas été analysés en profondeur.

TABLE 5.4 – Classification des paramètres selon leur sensibilité à l'effet « remblais » (l'effet est particulièrement marqué pour les paramètres repris en gras, et faible pour les paramètres entre parenthèses.)

Catégorie d'échantillons de sol	Surface - non potager	Surface - potager	Profond - non potager
Paramètres pour lesquels la valeurs est plus élevées dans les remblais	(Corg), pH_KCl, pH_H2O, (CE), Ca, (Mg), Ba, Co, Cu, Ni, (Sn), (Tolu), HAP, HTP16a21,HTP21a30, HTP30a35,HTPtot	Corg, Ba, (Be), (Co), Cu, Hg, (Ni), (Sb), Sn, HAP, HTP21a30	Corg, pH_KCl, pH_H2O, CE, Ca, (As), Ba, Cd, Cu, Hg, Pb, (Sn), Zn, Tolu, **HAP**, HTP16a21, HTP21a30, HTP30a35, HTPtot
Paramètres pour lesquels les valeurs sont semblables dans les remblais et les sols naturels	Mn, Fe, Be, Cr, Hg, Pb, Se, Zn, HTP12a16, CN_tot, IP	Arg, pH_KCl, pH_H2O, CE, Al, Ca, Mg, Mn, Fe, As, Cr, Pb, Se, Zn Tolu, HTP10a12, HTP12a16, HTP16a21,HTP21a35, HTTP_totCN_tot, CN_lib, IP	Mn, Be, Co, Ni, Se, HTP12a16, CN_tot, CN_lib, IP
Paramètres pour lesquels les valeurs sont plus élevées dans les sols naturels	(argile), (Al), (As), Cd, HTP10a12, CN_lib	(Cd)	argile, Al, Mg, Fe, Cr, HTP10a12

Les résultats de ces comparaisons sont synthéthisés dans la table 5.4 et illustrés à la figure 5.4 à titre d'exemple. Les autres graphes sont disponibles dans les annexes 3a et 3b.

Dans les horizons profonds, nous observons des concentrations plus élevées dans les remblais en particulier pour les HAP, mais aussi pour de nombreux ETM (As, Ba, Cu, Hg, Pb, Sn et Zn) (figure 5.4) et les fractions lourdes des HTP. Inversement les concentrations y sont plus faibles pour Cr et HTP10a12.

L'effet « remblais » positif en profondeur pour la plupart des polluants qui présentent une forte accumulation en surface dans les sols naturels (Pb, Zn, HAP, HTP lourds) peut s'expliquer par le fait qu'une proportion significative des horizons profonds de remblais comporte de la terre provenant de la surface de sols naturels. Ceci explique également l'effet négatif des remblais en profondeur pour Arg, Mg, Fe et Cr, dont les concentrations sont plus faibles en surface qu'en profondeur dans les sols naturels.

En surface, les remblais « non-potagers » présentent des concentrations plus élevées pour pH, Corg, Ca, quelques polluants inorganiques (en particulier Ba, Co, Cu et Ni) ainsi que pour les HAP et les fractions lourdes des HTP. A l'opposé, les concentrations en Cd, HTP10a12 et CN_lib y sont plus faibles que dans les sols « naturels ». Enfin, aucune différence claire n'est observée pour certains ETM (Cr, Hg, Pb (figure 5.4), Se et Zn), HTP12a16, CN_tot et IP. Dans les potagers, le nombre de paramètres sensibles à l'effet « remblais » est plus réduit. Seul Cd présente des valeurs plus faibles en remblais. La liste de polluants présentant des valeurs plus élevées est restreinte, mais la plupart ces polluants (excepté Hg) présentent aussi des valeurs plus élevées pour les remblais « non-potagers ».

L'effet « remblais » positif en surface pour Corg, Ca, pH pourrait être lié à l'abondance de composés technogènes, tels que le ciment, les cendres ou le charbon (nb : bien que le charbon ne soit pas considéré dans le pool Corg selon la méthode « Walkey & Black », il peut fixer certaines molécules organiques). Leur présence peut expliquer des concentrations plus élevées en polluants tels que Ba, HAP et HTP. Leurs effets seront abordés dans la section 5.1.3.6.

5.1.3.3 Quel est l'effet de l'occupation sur les paramètres analysés ?

Nous avons classé les sols selon 5 occupations :
- CU : sols agricoles sous cultures
- PR : sols agricoles sous prairie
- PA : sols de parcs et sols de friches
- PO : sols de jardin potager
- FO : sols de fôret

Ces modalités ont été comparées en surface et en profondeur des sols naturels (N.B. : les potagers ne sont pas représentés en profondeur). Les points POLLUSOL 1 sont exclus, car ils ne comportent que des sols agricoles et des sols forestiers. Leur utilisation engendrerait un biais pour ces occupations (biais négatif pour POLLUSOL 1, représentant les zones non touchées par la PAP ; biais positif pour Pollu1b représentant des sites pollués).

Horizons de surface

TABLE 5.5 – Liste des paramètres affectés positivement ou négativement par chaque occupations, par rapport à la majorité des autres occupations (l'effet est particulièrement marqué pour les paramètres repris en gras, et faible pour les paramètres entre parenthèses)

Occupation du sol	CU	PR	PA	PO	FO
Paramètres pour lesquels l'effet de l'occupation correspondante est positif en surface	pH_H2O, HTP10a12	HTP10a12	(Fe), (As), (Se)	pH_KCl, pH_H2O, CE, **Ca**, (Fe), (As), **Ba**, Cr, **Cu**, Pb, **Zn**, HAP, (HTP10a12), HTP21a30, HTP30a35, HTPtot	**Corg**, As, Hg, Pb, (Sb), Tolu, HAP, HTP21a30, HTP30a35, HTPtot, **CN_tot**, **CN_lib**, **IP**
Paramètres pour lesquels l'effet de l'occupation correspondante est négatif en surface	Corg, Cd, Cu, Hg, Pb, Sb, Sn, HAP, HTP12a16	(pH_KCl), (pH_H2O), (Hg), (Pb), Sb, Sn, HAP, CN_tot, CN_lib, IP		Tolu	pH_KCl, pH_H2O, Al, Ca, Mg, Ba, Co, Cr, (Ni)

Les résultats de ces comparaisons sont synthéthisés dans la table 5.5 et illustrés à la figure 5.8 à titre d'exemple. Les autres graphes sont disponibles dans l'annexe 3c.

Les sols agricoles (CU et PR) présentent les teneurs les plus élevées en HTP10a12 et les plus faibles en Hg, Pb, Sb, Sn et HAP. Les cultures présentent également les teneurs les plus faibles en Corg, Cd et HTP12a16 tandis que les prairies se caractérisent par les valeurs faibles pour pH_H2O, CN et IP. Les sols de parcs présentent des valeurs

relativement élevées pour Fe, As et Se. Les sols de potagers sont les plus riches en Ca et les plus basiques, tandis que les sols de forêt sont les plus riches en Corg et les plus acides. Ces deux occupations sont caractérisées par des teneurs élevées en As, Pb, HAP et HTP lourds (>21). En outre, les sols de potagers présentent des teneurs très élevées en Ba, Cr, Cu (figure 5.8) et Zn, et les sols de forêts présentent les teneurs les plus élevées en Hg, Sb, Tolu, CN et IP et les teneurs les plus faibles en Ba, Co, Cr et Ni.

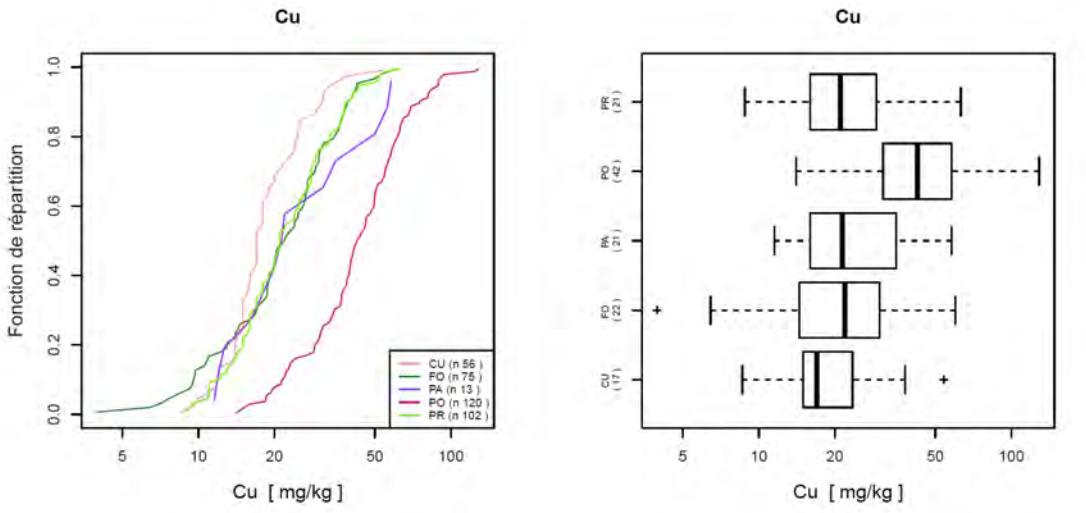


FIGURE 5.8 – Effets de l'occupation du sol sur les concentrations en Cu dans les échantillons surface (CU : culture ; FO : forêt ; PA : parc ; PO : potager ; PR : prairie ; les médianes par modalités sont indiquées entre parenthèses le long de l'axe vertical du graphe « box-plot »)

Des teneurs en polluants plus élevées dans les forêts peuvent être liées à un potentiel d'interception plus important pour les polluants apportés via les poussières atmosphériques, ou à leur teneur en Corg plus élevé, procurant une capacité de rétention plus élevée pour les polluants qui ont une grande affinité pour la matière organique. Par contre, l'acidité favorise la perte par lessivage pour les éléments les plus solubles. Ainsi, les retombées de métaux tels que Zn, Hg, Pb et Cd pourraient être plus importantes sous forêts, mais Hg et Pb seraient particulièrement bien retenus par le carbone organique tandis que l'excès de Zn et Cd (plus solubles) serait compensé par une perte plus importante liée à l'acidité. Les teneurs très élevées en polluants organiques peuvent s'expliquer par leur affinité pour le carbone organique du sol. De plus, il est probable qu'une partie des molécules dosées dans les pools HTP, phénols (IP) et CN, ne soient pas d'origine anthropique, mais soient des constituants naturels de l'humus [13] [14]. De plus, la mesure de CN peut aussi être affectée par des interférences liées à la présence de nitrate ou de particules (telles que les acides humiques) en supension (phénols, mo-

13. Risk-based Methodologies for Evaluating Petroleum Hydrocarbon Impacts at Oil and Natural Gas E&P Sites, API Publication 4709, API Publishing Services, Washington DC

14. Moskvin A.L., Mozzhukhin A. V., Mukhina E. A. and Moskvin L. N. 2005. Flow-Injection Photometric Determination of the Phenol Index of Natural Waters in the Presence of Humic Acids. Journal of Analytical Chemistry, Vol. 60, No. 1, pp. 70–74

lécules apolaires, *etc.*) ou que ces résultats soient liés à une interférence [15].

En ce qui concerne les sols de potagers, les effets peuvent être liés à des pratiques spécifiques aux potagers (apport d'ammendement, *etc.*), mais peuvent aussi s'expliquer par le fait que ce derniers sont souvent situés sur des substrats riches en déchets de construction (même lorsqu'il ne s'agit pas de remblais) et qu'ils pourraient recevoir plus de retombées que les sols agricoles et forestiers (ces derniers étant localisés en moyenne plus loin près des grands centres industriels). Afin de pouvoir distinguer l'effet « pratiques culturales » des effets « substrat » et « retombées », nous avons sélectionné 15 potagers présentant des teneurs élevées (mais pas atypiques) en polluants. Nous avons échantillonné et analysés les sols dans les pelouses jouxtant ces potagers. Ces 15 paires de sol peuvent être repérées et reliées via des identifiants communs dans la colonne Corr_PO_JA de la table SOLS_POINTS_Desc de la base de données. Si l'on considère que pour chaque paire d'échantillons, le substrat et les retombées sont identiques, une différence significative entre les paires d'échantillon révèle un effet lié aux pratiques culturales en jardin potager.

Nous avons calculé les différences « Potager moins Pelouse » pour les différenst paramètres sur les 15 paires d'échantillons et testé, après suppression des valeurs atypiques (via la méthode des box-plots), si les moyennes de ces différences sont significativement différentes de 0 (test de Student). Les résultats de ces tests sont présentés à la table 5.6.

TABLE 5.6 – Différences de concentration entre les potagers et la pelouse voisine (n = 15) : moyennes des différences et résultats du test de Student (p-valeurs) visant à déterminer si ces différences sont significativement différentes de 0 ; les résultats en grisé correspondent à des résultats non significatifs (p>0.05) et les résultats en gras correspondent à des résultats hautement significtifs (p<0.01).

	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mo	Ni	Pb
Moyenne	0.8	**87**	0.18	0.19	**1.8**	7.2	**10**	0.09	0.20	**5.2**	13
p-valeur	0.385	**0.002**	0.051	0.367	**0.006**	0.046	**0.009**	0.040	0.041	**0.002**	0.721

	Sb	Se	Sn	Zn	CN tot	CN lib	IP	HAP16	HAP10	HTPtot
Moyenne	**2.2**	-1.0	9.3	**154**	0.21	0.05	0.01	2.08	1.70	-0.41
p-valeur	**0.004**	0.051	0.011	**0.008**	0.206	0.082	0.038	0.247	0.199	0.929

	Corg	Arg	pH_KCl	CE	Al	Ca	Mg	Mn	Fe
Moyenne	15	0.48	0.60	**65**	**2988**	**6090**	**637**	57	**4755**
p-valeur	0.065	0.625	0.020	**0.001**	**0.007**	**0.0001**	**< 0.0001**	0.280	**0.003**

Parmi les paramètres présentant des teneurs plus élevées dans les potagers, selon la table 5.5, cette analyse (table 5.6) met en évidence des concentrations supérieures dans les potagers par rapport aux pelouses pour pH_KCl [16], CE, Ca, Fe, Ba, Cr, Cu et Zn. Une telle différence a également été détectée pour Mg, Co et IP, alors qu'aucune différence entre les occupations n'avait été mise en évidence en considérant le jeu de

15. EN ISO 14403 : 2002 Water quality - Determination of total cyanide and free cyanide by flow analysis

16. pHH2O non testé en raison de données manquantes

données global (table 5.5). Ces observations mettent en évidence un effet spécifiquement lié aux pratiques culturales dans les potagers pour ces paramètres, ce qui n'exclu pas des effets non spécifiques (substrat ou retombées) par rapport aux autres occupations étudiées.

Cet effet « pratiques culturales », peut être expliqué par l'utilisation d'amendements et engrais et/ou par l'apport d'eau d'irrigation contaminée. L'apport d'amendements provoque une augmentation du pH, ce qui favorise la rétention des métaux les plus solubles (Zn, Ba, Cu) dans l'horizon de surface. Cependant, les différences de pH par rapport aux sols agricoles et aux pelouses voisines sont très faibles ; l'effet sur les concentrations devrait être assez limité. L'apport massif d'amendements peut également expliquer la forte augmentation de la conductivité électrique et des teneurs en Ca dans les potagers par rapport aux pelouses voisines et aux sols agricoles. En plus des amendements classiques utilisés sur les sols agricoles (chaux, fumier), les potagers ont reçu (et reçoivent encore souvent) des cendres en grande quantité (poêle au charbon, barbecue, incinération de papiers voire d'autres déchets) et des amendements organiques divers. Ces apports, en particulier les cendres, sont des sources potentielles de polluants. En outre, l'utilisation abondante de la bouillie bordelaise ($CuSO_4$) comme fongicide en jardin potager peut expliquer les teneurs élevées en Cu. Enfin, suite à l'utilisation d'eau de pluie issues des toitures pour l'irrigation, une partie des retombées atmosphériques déposées sur les toits ont pû terminer leur course dans les potagers.

Pour As, Pb, HAP et HTP, aucune différence significative n'a été mise en évidence entre les potagers et les pelouses voisines, alors que des concentrations plus élevées que dans les autres occupations ont été observées dans les potagers pour ces élements (table 5.5). Ces teneurs élevées dans les potagers pour ses élements s'expliqueraient donc principalement par leur localisation (en moyenne plus proches des sources émettrices) et/ou par leur richesse en substrats technogènes (déchets de construction en particulier).

Horizons profonds

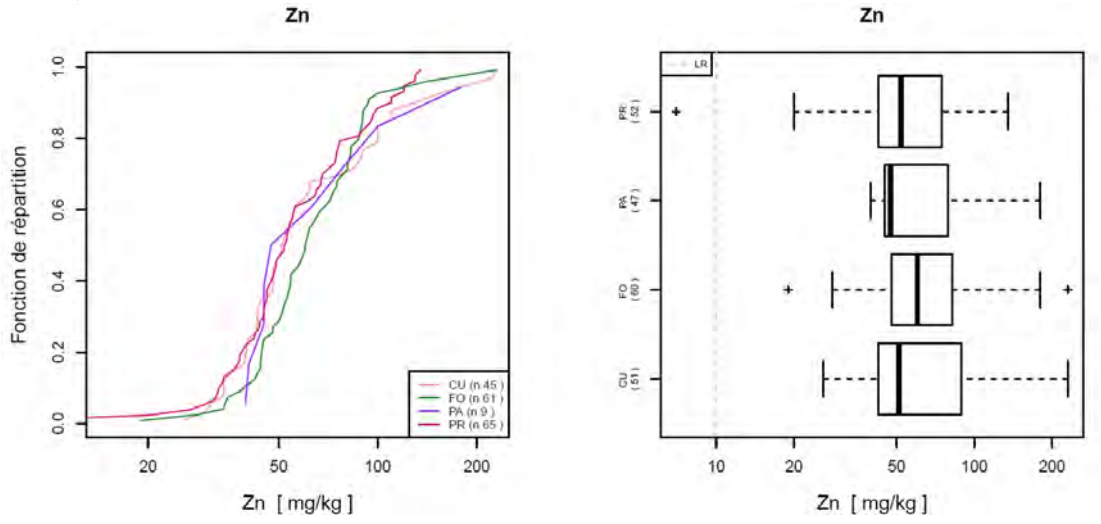
Dans les horizons profonds, les valeurs de pH et les teneurs en Ca sont plus faibles sous forêt. Les teneurs en polluants ne sont généralement pas affectées par l'occupation (table 5.7,figure 5.9). Cu présente toutefois des teneurs légèrement plus élevées pour PA et IP qui présente des teneurs légèrement plus élevées pour PA et FO.

Les résultats de ces comparaisons sont synthéthisés dans la table 5.7 et illustrés à la figure 5.9 à titre d'exemple. Les autres graphes sont disponibles dans l'annexe 3d.

TABLE 5.7 – Liste des paramètres affectés positivement ou négativement par chaque occupations, par rapport à la majorité des autres occupations (l'effet est particulièrement marqué pour les paramètres repris en gras, et faible pour les paramètres entre parenthèses)

Occupation du sol	CU	PR	PA	FO
Paramètres pour lesquels l'effet de l'occupation correspondante est positif en profondeur			(Cu), (IP)	(IP)
Paramètres pour lesquels l'effet de l'occupation correspondante est négatif en profondeur				pH_KCl, pH_H2O, Ca

FIGURE 5.9 – Effets de l'occupation du sol sur les concentrations en Zn dans les échantillons profonds (CU : culture ; FO : forêt ; PA : parc ; PR : prairie ; les médianes par modalités sont indiquées entre parenthèses le long de l'axe vertical du graphe « boxplot »)



5.1.3.4 Quel est l'effet de la zone d'étude sur les paramètres analysés ?

Les zones d'études représentent bien les différents contextes industriels wallons :
- Aubange (AU) : activités industrielles liées à la sidérurgie
- Amay/Engis (AE) : activité industrielle liée à la métallurgie des non-ferreux (principalement) + usines chimiques
- Charleroi/Châtelet (CH) : activité industrielle liée à l'extraction du charbon (agglomération et extraction de la houille, cokeries, carbochimie) + activité industrielle liée à la sidérurgie
- Colfontaine (CO) : activité industrielle liée à l'extraction du charbon (agglomération et extraction de la houille, cokeries, carbochimie)
- La Louvière (LL) : activité industrielle liée à l'extraction du charbon (agglomération et extraction de la houille, cokeries, carbochimie) + activité industrielle liée à la sidérurgie
- Seraing (SE) : activité industrielle liée à la sidérurgie + activité industrielle liée à l'extraction du charbon (agglomération et extraction de la houille, cokeries, carbochimie) + activité industrielle liée à la métallurgie des non-ferreux (à proximité)
- Trooz (TR) : activité industrielle liée à la métallurgie des non-ferreux (principalement)
- Verviers (VE) : activité industrielle liée au traitement de la laine et des textiles + activité industrielle liée à la métallurgie des non-ferreux (à proximité)

Ces 8 modalités ont été comparées pour les sols naturels, dans les horizons de surface et les horizons profonds séparément.

Résultats dans les horizons de surface

Dans un premier temps, nous avons considéré toutes les occupations simultanément, en excluant les points POLLUSOL 1, car l'absence de potagers et de parcs dans ce jeu de données pourrait engendrer un biais.

Les résultats de ces comparaisons sont synthéthisés dans la table 5.8 et illustrés à la figure 5.10 à titre d'exemple. Les autres graphes sont disponibles dans l'annexe 3e.

Les 4 zones de la province de Liège (AE, SE, TR, VE) sont caractérisées par les teneurs les plus élevées en Cd, Pb et Zn. La zone de AU présente les teneurs les plus élevées pour de nombreux ETM (As (figure 5.10), Be, Co, Cr, Mo, Ni, Se et Zn) associées à des teneurs élevées en Arg, Al, Ca, Mn et Fe. Les teneurs les plus élevées en HTP lourds sont observées à AU, CH et CO. Les zones CH, CO et SE présentent les teneurs les plus élevées en Tolu et HAP (seulement certains d'entre eux dans le cas de CO). C'est à SE et TR que l'on observe les teneurs les plus élevées en CN_lib. La zone de LL présente les teneurs les plus élevées en Se, mais les plus faibles pour de nombreux autres polluants (As, Cu, Hg, Pb, Zn, HAP, CN_tot). Les zones CH et CO se caractérisent pas les teneurs les plus faibles en HTP légers alors qu'elles présentent des teneurs élevées en HTP lourds.

TABLE 5.8 – Liste des paramètres affectés positivement ou négativement par chaque zone, par rapport à la majorité des autres zones (l'effet est particulièrement marqué pour les paramètres repris en gras, et faible pour les paramètres entre parenthèses)

Zone d'étude	AE	AU	CH	CO	LL	SE	TR	VE
Paramètres pour lesquels l'effet de la zone correspondante est positif	**Cd**, **Pb**, Sb, **Zn**	Arg, Al, Ca, Mn, **Fe**, **As**, **Be**, **Co**, **Cr**, Mo, Ni, Se, (Zn), HTP16a21, HTP21a30, HTP30_35, HTPtot	Tolu, HAP, HTP16a21, HTP21a30, HTP30a35	(Corg), Tolu, Naph, Phen, Chrys, HTP16a21, HTP21a30, HTP30a35	Se	Corg, Cd, (Hg), **Pb**, **Sb**, (Sn), (Zn), Tolu, HAP, CN_tot, CN_lib	**Cd**, **Pb**, **Zn**, CN_lib	Al, Cd, Ni, **Pb**, (Zn)
Paramètres pour lesquels l'effet de la zone correspondante est négatif	IP	**Hg**	(Mn), (Zn), HTP10a12	(pH_KCl), (pH_H2O), Mn, Fe, As, Zn, HTP10a12	Mn, As, Cu, **Hg**, Pb, Zn, (HAP), CN_tot, IP	pH_KCl, **pH_H2O**, (Al), Mg, Be, HTP		HAP

Les valeurs pour les 8 zones de POLLUSOL 2 ont également été comparées aux valeurs POLLUSOL 1. Cette comparaison ne concerne que les sols agricoles et non des forêts, afin de ne pas induire de biais lié à la répartition régionale des occupations (dans plusieurs zones d'études, les forêts sont sous-représentées).

TABLE 5.9 – Classification des paramètres selon leur sensibilité à l'effet « zone » dans l'horizon de surface des sols agricoles, par comparaison avec les données POLLUSOL 1 (l'effet est particulièrement marqué pour les paramètres repris en gras, et faible pour les paramètres entre parenthèses)

Zone d'études	AE	AU	CH	CO	LL	SE	TR	VE
Paramètres prenant des valeurs plus élevées que les résultats POLLUSOL 1	Corg, Arg, pH_KCl, pH_H2O,(Ca), **Cd**, Cu, (Hg), **Pb, Zn, HAP**	Corg, Arg, pH_KCl, pH_H2O, Al, Ca, **Fe, As, Co, Cr**, Cu, **Ni**, Pb, **Zn, HAP**	Corg, pH_KCl, pH_H20, (Ca), Cu, Hg, Pb, Zn, **HAP**	Corg, pH_KCl, pH_H2O, (Ca), Cu, Hg, Pb, **HAP**	Corg, Arg, pH_KCl, pH_H2O, (Ca), Cu, Pb, **HAP**	Corg, Cd, (Cu), Hg, **Pb, Zn, HAP**	Corg, Arg, As, **Cd**, Cu, (Hg), **Pb, Zn, HAP**	Corg, Arg, Al, (Fe), As, Cd, Co, **Cu, Hg**, Ni, **Pb, Zn, HAP**
Paramètres prenant des valeurs semblables aux résultats POLLUSOL 1	Al, Ca, Mg, Fe, As, Co, Cr, Ni	Mg, Hg	Arg, Al, Fe, As, Cd, Co, Cr, Ni	Arg, Al, Mg, As, Cd, Co, Cr, Ni, Zn	Al, Mg, Fe, As, Co, Cr, Hg, Ni, Zn	Arg, Ca, As, Cr, Ni	pH_KCl, pH_H2O, Al, Ca, Mg, Fe, Co, Cr, Ni	Ca, Mg, Cr
Paramètres prenant des valeurs plus basses que les résultats POLLUSOL 1		Cd	(Mg)	(Fe)	Cd	pH_KCl, pH_H2O, Al, Mg, (Fe), Co	(Cr)	pH_KCl, H2O

Les résultats de ces comparaisons sont synthéthisés dans la table 5.9 et illustrés à la figure 5.11 à titre d'exemple. Les autres graphes sont disponibles dans l'annexe 3f.

Par rapport aux résultats de l'étude POLLUSOL 1, les 8 zones de POLLUSOL 2 présentent des concentrations nettement plus élevées en Corg, HAP et Pb. Les teneurs

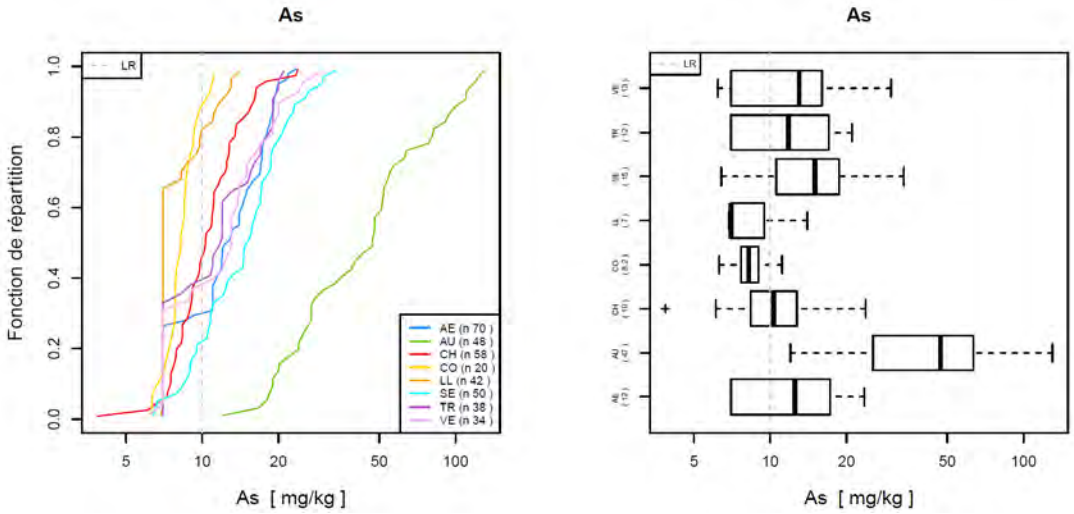


FIGURE 5.10 – Effets de la zone d'échantillonnage sur les concentrations en As dans les échantillons surface (AE : Amay-Engis ; AU : Aubange ; CH : Charleroi/Châtelet ; CO : Colfontaine ; LL : La Louvière ; SE : Seraing ; TR : Trooz ; VE : Verviers ; les médianes par modalités sont indiquées entre parenthèses le long de l'axe vertical du graphe « box-plot » ; LR : limite de quantification de rapportage)

en Zn et Cd (figure 5.11) sont nettement supérieures aux valeurs de POLLUSOL 1 dans les zones de la province de Liège (AE, SE, TR et VE), mais semblables voire inférieures dans les autres zones. Les teneurs en As, Co, Cr et Ni sont semblables ou inférieures aux valeurs POLLUSOL 1 dans la plupart des zones, mais nettement supérieures dans la zone AU.

Les différences entre zones peut être expliquée principalement par des différences régionales au niveau des retombées de polluants ou/et par des différences de composition du substrat (effet lithologique). Dans le premier cas, on s'attend à ce que l'effet soit atténué en profondeur, alors que l'effet devrait être similaire, voire plus marqué en profondeur, s'il s'agit d'un effet lithologique. Il est donc utile de s'intéresser également à l'effet « zones » dans les horizons profonds.

Résultats dans les horizons profonds

Les résultats de ces comparaisons sont synthéthisés dans la table 5.10. Les graphes relatif à cette section sont disponibles dans l'annexe 3g.

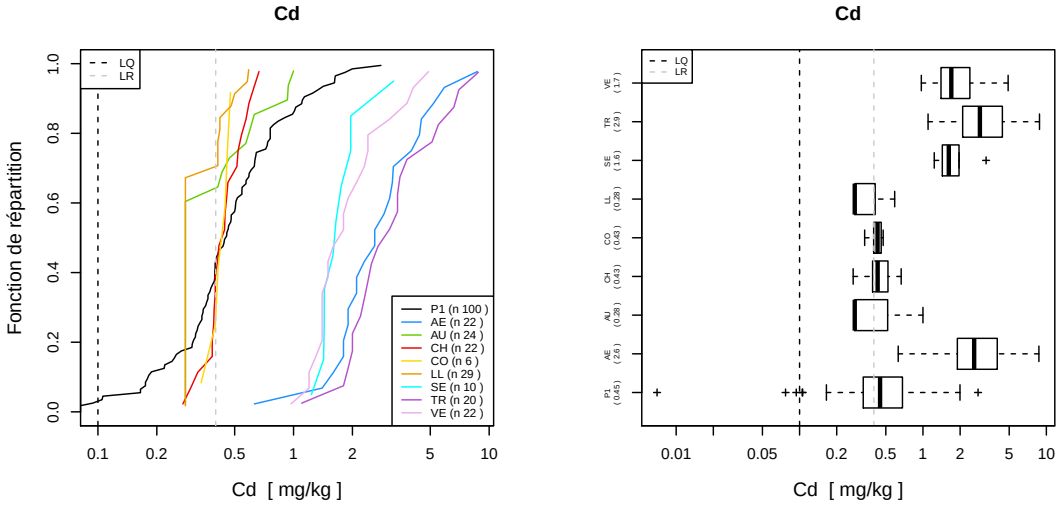


FIGURE 5.11 – Effets de la zone d'échantillonnage sur les concentrations en Cd dans les échantillons surface des sols agricoles, en comparaison avec les résultats de POLLUSOL 1 (P1 : POLLUSOL1 ; AE : Amay-Engis ; AU : Aubange ; CH : Charleroi/Châtelet ; CO : Colfontaine ; LL : La Louvière ; SE : Seraing ; TR : Trooz ; VE : Verviers ; les médianes par modalités sont indiquées entre parenthèses le long de l'axe vertical du graphe « box-plot » ; LQ : limite de quantification analytique ; LR : limite de quantification de rapportage)

TABLE 5.10 – Classification des paramètres selon leur sensibilité à l'effet « zone » dans l'horizon profond (l'effet est particulièrement marqué pour les paramètres repris en gras, et faible pour les paramètres entre parenthèses)

Zone d'étude	AE	AU	CH	CO	LL	SE	TR	VE
Paramètres pour lesquels l'effet de la zone correspondante est positif	CE, Fe, (Co), (Zn)	Corg,Arg, Al, Ca, Mn, **Fe**, **As**, Be, Cd, Co, **Cr**, Cu, Mo, Ni, Pb, Zn, Tolu, HTP, IP		HTP12a16, HTP16a21, HTP30a35	(Se), (HAP), (HTP16a21) , HTP21a30, (HTP30a35)	CE, (Sn)	Mn, Fe, (Co), Pb, (Zn), HTP12a16, HTP16a21, HTP21a30	Mn, Fe, Ba, Co, Ni, Pb, (Zn),
Paramètres pour lesquels l'effet de la zone correspondante est négatif	pH_KCl		HTP10a12	Arg		Corg, pH_KCl, pH_H2O, Al, Ca		pH_KCl, pH_H2O, Ca

L'effet zone en profondeur est très faible, voire nul, pour les HAP, Cd, Pb et Zn. Les valeurs les plus élevées pour Cd, Pb et Zn sont observées à AU, alors que cette zone ne ressortait pas pour ces éléments en surface. En ce qui concerne le plomb, nous observons des valeurs plus élevées à TR et VE, mais pas à AE et SE, alors que ces 4 zones se démarquaient clairement pour ce polluant. Pour les HTP, les teneurs les plus élevées sont observées à AU et CO, tout comme dans les horizons de surface, mais aussi à SE et LL, qui ne se démarquaient pas en surface. De plus, la zone de CH ne se démarque pas en profondeur, au contraire de la surface. Enfin, des teneurs très élevées en Fe, As, Be, Co, Cr , Mo et Ni sont observées à AU aussi bien en profondeur qu'en surface.

Interprétations

Ces résultats suggèrent que les différences entre zones pour Cd, Zn et HAP sont essentiellement liées à des différences régionales de retombées atmosphériques. Par contre, les teneurs élevées en As, Be, Co, Cr, Mo et Ni à AU, liées à des teneurs très élevées en Fe, sont très probablement la conséquence d'un effet lithologique (abondance de minéraux ferrifères dans cette zone). Le lien entre ces éléments et les minéraux ferrifères, en particulier en Lorraine, est bien documenté dans la littérature [17]. Vu la faible mobilité de ces éléments dans le sol, une contamination des horizons profonds à si large échelle peut être exclue. L'effet de la lithologie sera étudié davantage dans la section suivante.

17. Horckmans L., Swennen R., Deckers J and Maquil R. 2005. Local background concentration of trace elements in soils : a case study in the Grand Duchy of Luxembourg. Catena, 59 ;279-304

5.1.3.5 Quel est l'effet du type de sol sur les paramètres analysés ?

Définition des groupes pédo-géologiques de sol

Les polluants de type « éléments traces métalliques » dans les sols sont généralement totalement ou en partie hérités des matériaux sur lesquels ces sols se sont développés. Par conséquent, les concentrations en éléments traces dans les sols peuvent être variables selon la composition du matériau parental, c'est-à-dire du matériau géologique au sens large (incluant les roches et altérites, ainsi que les formations superficielles telles qu'alluvions, colluvions, formations de versants, limons éoliens, argiles résiduelles, etc.) à partir duquel s'est formé le sol. Au cours de la formation du sol (pédogenèse), de nombreux processus naturels peuvent accroître ou diminuer les teneurs en éléments en opérant des redistributions dans des horizons qui vont progressivement se différencier. Il est donc nécessaire, lorsque l'on s'intéresse aux polluants inorganiques de type « éléments traces métalliques » dans le sol, de déterminer la part des concentrations qui peut être expliquée par les facteurs naturels liés à la géologie (matériau parental) ou à la pédologie (processus pédogénétiques).

Les points échantillonnés dans les bases de données POLLUSOL 1 et 2 ne permettent pas de caractériser précisément l'influence sur les teneurs en éléments traces de tous les facteurs géologiques et pédologiques que nous pourrions définir "a priori " pour la Wallonie. Par exemple, si l'on s'intéresse à une formation géologique particulière située en Ardenne, le nombre de points situés sur cette formation sera trop faible pour caractériser correctement sa signature géochimique (c'est-à-dire les niveaux de concentration en éléments traces qui la caractérisent). En effet, pour une formation géologique située en Ardenne, on ne trouvera généralement qu'un point d'échantillonnage, voire aucun point dans la base de données POLLUSOL 1, ce qui ne constitue assurément pas une représentativité statistique suffisante pour caractériser la signature géochimique de cette formation.

Afin de caractériser les concentrations expliquées par des facteurs naturels liés à la géologie ou à la pédologie, des groupes de sol aux caractéristiques pédogéologiques comparables ont donc été constitués [18]. Ces groupes de sols associent généralement plusieurs catégories de facteurs pédologiques et/ou géologiques ayant une signature géochimique relativement équivalente. Il s'agit par exemple d'associer dans un même groupe des sols développés sur des formations géologiques d'âge et de composition assez proches. Ces groupes de sols sont le résultat d'un compromis entre une bonne représentativité statistique (dépendant du nombre de points connus au sein du groupe) et une signature géochimique claire au sein des groupes.

18. Le regroupement en 21 familles de sol réalisés lors de l'étude POLLUSOL 1 n'a pas été repris, car les informations disponible actuellement pour la constitution de groupes pédogéologiques de sols sont beaucoup plus abondante. En effet, lors de POLLUSOL 1 (2003), la Carte Numérique des Sols de Wallonie n'était pas disponible et la Carte Géologique de Wallonie ne couvrait qu'une très petite partie du territoire wallon. Les groupes pédogéologiques de sols constitués dans le cadre de POLLUSOL 2 sont donc plus précis et plus adaptés car basés sur une meilleure connaissance de la pédologie et de la géologie de la Wallonie.

Pour établir ces groupes de sol, les 22 Principaux Types de Sols de Wallonie (PTS) ont constitué un premier niveau d'approche (*cf.* Table 5.11). Pour rappel, les PTS sont des regroupements logiques de sols opérés par ULg-GxABT parmi les 6000 sigles de la carte numérique des sols de Wallonie dans le cadre du Projet de Cartographie Numérique des Sols de Wallonie (PCNSW) [19]. Bien que les propriétés pédologiques du sol soient généralement étroitement liées au type de matériau parental du sol, la notion de PTS est souvent insuffisante pour rendre compte des nuances géologiques. Ainsi, les sols sableux ou limono-sableux (PTS « 3010 » et « 3020 ») se rencontrent principalement en Wallonie dans deux régions : la région sablo-limoneuse et la région jurassique. Or les sols sableux ou limono-sableux de la région sablo-limoneuse sont des sols développés sur un matériau parental très différent des sols sableux ou limono-sableux de la région jurassique. En région sablo-limoneuse, ces sols se sont développés sur des sables du Tertiaire, ce qui engendre des teneurs en éléments traces très différents de ceux de la région jurassique, développés sur des grès calcaires du Secondaire. Bien que les sols sableux ou limono-sableux de ces deux régions aient été rattachés aux mêmes PTS, il convient de les distinguer dans deux groupes de sols différents.

19. Projet de Cartographie Numérique des Sols de Wallonie (PCNSW), notifié le 7/12/00 par le Gouvernement Wallon, piloté par la Direction Générale de l'Agriculture (MRW) et mis en oeuvre par ULg-GxABT.

TABLE 5.11 – Noms et numéros de code des Principaux Types de Sols en Région Wallonne (PCNSW)

Nom des PTS	**N° code**
Sols tourbeux ou tourbières	1000
Sols sableux ou limono-sableux à drainage naturel excessif ou légèrement excessif	2010
Sols sableux ou limono-sableux à drainage naturel principalement modéré ou imparfait	2020
Sols sablo-limoneux à drainage naturel prncipalement favorable	3010
Sols sablo-limoneux à drainage naturel prncipalement modéré ou imparfait	3020
Sols limoneux à drainage naturel favorable	4010
Sols limoneux à drainage naturel modéré ou imparfait	4020
Sols limoneux à drainage naturel assez pauvre à très pauvre	4030
Sols argileux à drainage naturel favorable à imparfait	5010
Sols argileux à drainage naturel assez pauvre à très pauvre	5020
Sols limoneux peu caillouteux à drainage naturel favorable	6010
Sols limoneux peu caillouteux à drainage naturel principalement modéré à assez pauvre	6020
Sols limono-caillouteux à charge schisto-phylladeuse et à drainage naturel quasi-exclusivement favorable	7110
Sols limono-caillouteux à charge schisto-gréseuse ou gréseuse et à drainage naturel favorable	7210
Sols limono-caillouteux à charge schisto-gréseuse ou gréseuse et à drainage naturel modéré à assez pauvre	7220
Sols limono-caillouteux à charge schisteuse et à drainage naturel principalement favorable	7310
Sols limono-caillouteux à charge psammitique ou schisto-psammitique et à drainage naturel principalement favorable	7410
Sols limono-caillouteux à charge calcaire et à drainage naturel quasi-exclusivement favorable	7510
Sols limono-caillouteux à charge de silexite ou de gravier ou de conglomérat et à drainage naturel principalement favorable	7610
Sols limono-caillouteux à charge de grès argilo-calcaire et à drainage naturel favorable à imparfait	7710
Sols limono-caillouteux à charge crayeuse et à drainage naturel favorable	7810
Regroupement de complexes de sols de textures différentes ou sur fortes pentes et de sols de fonds de vallons limoneux ou rocailleux	10000

Il convient donc dans certains cas de scinder certains PTS sur base de différences géologiques, alors que, dans d'autres cas, il est possible d'en fusionner deux ou plusieurs en négligeant les caractéristiques qui les différencient parce qu'elles ont peu d'incidence au niveau des éléments traces. Il s'agit par exemple des classes de drainage dans les sols : bien qu'il soit probable que ce facteur ait une influence sur les concentrations en éléments traces, nous n'avons pas pu montrer de différence statistique entre des sols situés sur un même substrat pédogéologique avec un drainage naturel différent. Par exemple, les sols « limono-caillouteux à charge schisteuse ou schisto-gréseuse » sont repris dans deux PTS, en fonction de leur classe de drainage (le PTS « 7210 » reprend les sols à drainage favorable, et le PTS « 7220 » les sols à drainage modéré à assez pauvre). Comme il n'a pas été possible de mettre en évidence l'influence de la classe de drainage sur les concentrations en éléments traces, nous avons regroupé les sols de ces deux PTS dans un même groupe de sol.

La carte géologique de Wallonie au 1 :25.000 (dont les cartes déjà publiées couvrent approximativement la moitié du territoire de la région) et la Carte géologique de Belgique à l'échelle 1 :40.000 (éditée il y a plus d'un siècle, les Cantons de l'Est n'étant pas encore rattachés à la Belgique) ont servi de base au travail de scission ou de regroupement des PTS. Les limites utilisées pour scinder en deux un PTS sur base d'argument géologique et de signature géochimique suivent principalement les tracés des formations des cartes géologiques. Dans certains cas, les limites des District de l'Espace Rural [20] (DER) ont été utilisées, lorsque les limites de DER correspondaient à des différences claires de concentrations en éléments traces et que les limites correspondantes n'existaient pas sur les cartes géologiques (par exemple, en cas de couverture inexistante par l'ancienne et la nouvelle carte géologique). Finalement, dans de rares cas, des limites ont été tracées à la main, sur base de documents issus de la littérature et des différences de signatures géochimiques retrouvées dans les sols des bases de données POLLUSOL 1 et 2. Le découpage de la Wallonie et groupe de sol est représenté dans la table 5.12 et à la figure 5.12.

20. Découpage du territoire wallon sur base d'arguments géomorphopédologique réalisé par ULg-GxABT dans le cadre du Projet de Cartographie Numérique des Sols de Wallonie (PCNSW)

TABLE 5.12 – Groupe de sols et nombre de points d'échantillonnage représentatifs disponible dans les bases de données POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2

Code du groupe	Nom du groupe de sols	Nbr. de point
7	Sols sur loess en région limoneuse centrale et occidentale	95
11	Sols sur sables tertiaires et loess en région limoneuse occidentale	24
13	Sols argileux du bassin de la Haine	7
15	Sols sur loess de la vallée de la Sambre et du Condroz, de Fagne et de Famenne occidentale	60
17	Sols sur schistes du Condroz occidental	11
18	Sols sur psammites	40
20	Sols sur loess de la vallée de la Meuse, de la Vesdre et de la région limoneuse orientale	106
21	Sols sur schistes et grès de la vallée de la Meuse	32
22	Sols sur schistes de la vallée de la Meuse et de la Vesdre	22
29	Sols sur calcaires de la vallée de la Meuse et de la Vesdre	17
30	Sols sur chert de la vallée de la Meuse et de la Vesdre	11
34	Sols sur calcaires Condroz et de la Calestienne	10
41	Sols sur schistes en Fagne et en Famenne	11
45	Sols sur schistes et grès des contreforts de l'Ardenne orientale	29
50	Sols sur schistes et grès de l'Ardenne septentrionale	14
51	Sols sur schistes et grès du Revinien et du Devillien	7
53	Sols sur schistes et grès de l'Ardenne centrale et méridonale	16
59	Sols sur sables du Jurassique de Lorraine	6
60	Sols sur loess et sables du Jurassique de Lorraine	7
61	Sols limoneux de la formation de Luxembourg	3
62	Sols argileux et limoneux de Lorraine	10
64	Sols sur grès calcaires de la formation d'Aubange	20
65	Sols argileux et calcaires des formations de Grancourt et Longwy	26
66	Sols sur cherts du Condroz	5

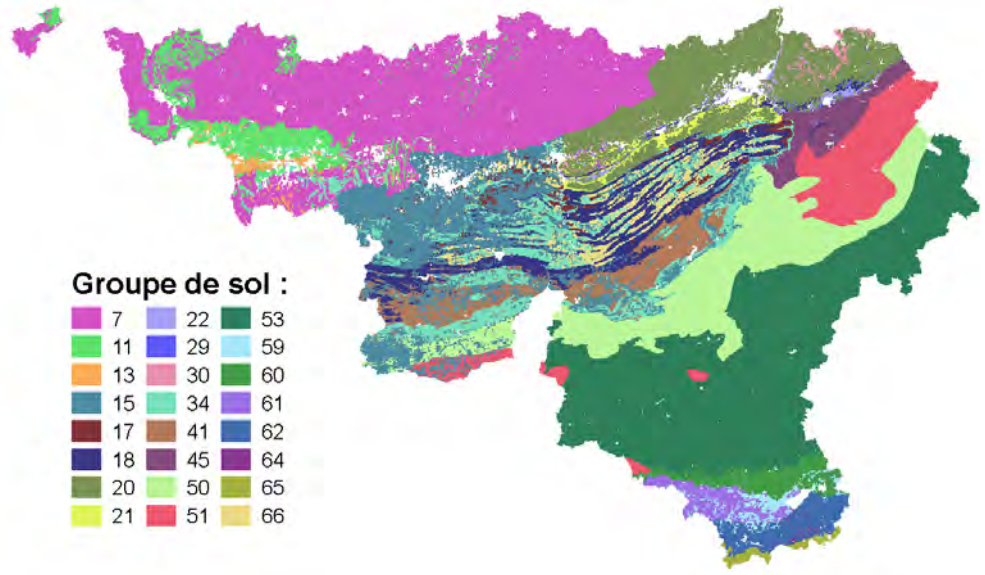


FIGURE 5.12 – Localisation des 24 groupes de sols sur le territoire de la Wallonie

La réflexion en vue de la formation de groupes de sol pour POLLUSOL 2 a été entreprise au moment où se constituait, indépendemment, les « familles de sols ETM » par l'équipe de l'UCL travaillant pour la convention CAPASOL 2 (UCL-DGARNE). Comme les groupes de sols POLLUSOL 2, ces « familles de sols ETM » ont pour objectif d'être des regroupements pédogéologiques ayant une signature géochimique bien caractérisée. Ces « familles de sols ETM » ont été constituées sur base sur les points de la base de données CAPASOL 2 (environ 10.000 points pour 7 ETM inégalement répartis sur le territoire agricole de la Wallonie) qui ont permis de déterminer les signatures géochimiques des sols wallons. Certaines parties de la Wallonie ont des signatures géochimiques très contrastées, mais sont très peu couverte par les bases de données POLLUSOL 1 et 2. Il s'agit par exemple de la région jurassique, ou les données disponibles pour POLLUSOL ne permettent pas de caractériser correctement toutes les signatures géochimiques des sols de cette région. Les points des campagnes POLLUSOL 1 et 2 n'auraient pas suffi pour créer dans cette région des groupes de sols sur une base statistique solide. Les travaux de CAPASOL 2 ont donc été utilisés comme argument supplémentaire pour délimiter des groupes représentés par très peu de points POLLUSOL, comme le groupe des sols limoneux de la formation de Luxembourg (3 points POLLUSOL).

Résultats et discussions

Les groupes de sol représentés dans ce jeu de données, ainsi que leurs abréviations correspondantes sont repris dans la table 5.13. Parmi les groupes définis à la table 5.12, le groupe n°13 (sols argileux du bassin de la Haine) n'est pas repris, en raison du manque de points agricoles et forestiers appartenant à ce groupe.

L'effet du groupe de sol a été étudié séparément en surface et en profondeur sur base des données POLLUSOL 1 et 2. Seuls les sols naturels (non-remblais) agricoles et forestiers ont été sélectionnés. Les autres catégories n'étant pas représentées dans le jeu de donnée POLLUSOL 1, leur prise en compte pourrait engendrer des biais (liés aux effets occupation et aux effets remblais) entre les familles principalement couvertes par l'étude POLLUSOL 2 et celles surtout représentées par des sols POLLUSOL 1 . Les sols agricoles et forestiers ont été étudiés séparément en ce qui concerne les horizons de surface, étant donné l'effet « forêt » très marqué pour de nombreux polluants. En profondeur, les sols agricoles et forestiers ont été regroupés, car seul IP présente une différence (très faible) entre les forêts et les autres occupations.

Les figures 5.13 et 5.14 donnent des exemples des graphes sur base desquels les comparaisons entre sols ont été effectuées. Les box-plots ne sont pas représentés dans cette section, car le grand nombre de modalités les rend peu lisibles.

TABLE 5.13 – Abréviations et codes des groupes de sols représentés dans le jeu de données utilisé dans cette section

Abréviation	N°	Nom Complet
Arg_Lim. Lor.	62	Sols argileux et limoneux de Lorraine
Calc. Arg. Lor.	65	Sols argileux et calcaires des formations de Grancourt et Longwy
Calc. Condr.	34	Sols sur calcaires Condroz et de la Calestienne
Calc. Meu_Ves	29	Sols sur calcaires de la vallée de la Meuse et de la Vesdre
Chert Condr.	66	Sols sur cherts du Condroz
Chert Meu_Ves	30	Sols sur chert de la vallée de la Meuse et de la Vesdre
Grès Calc. Lor.	64	Sols sur grès calcaires de la formation d'Aubange
Lim. Lor.	61	Sols limoneux de la formation de Luxembourg
Loess Condr.Occ.	15	Sols sur loess de la vallée de la Sambre et du Condroz, de Fagne et de Famenne occidentale
Loess Meu_Ves	20	Sols sur loess de la vallée de la Meuse, de la Vesdre et de la région limoneuse orientale
Loess Reg. Lim.	7	Sols sur loess en région limoneuse centrale et occidentale
Psam.	18	Sols sur psammites
Sab_Lim Lor.	60	Sols sur loess et sables du Jurassique de Lorraine
Sab_Lim Reg.lim.	11	Sols sur sables tertiaires et loess en région limoneuse occidentale
Sable Lor.	59	Sols sur sables du Jurassique de Lorraine
Schist_Grès Ard. C_M	53	Sols sur schistes et grès de l'Ardenne centrale et méridonale
Schist_Grès Ard. Or.	45	Sols sur schistes et grès des contreforts de l'Ardenne orientale
Schist_Grès Ard. S	50	Sols sur schistes et grès de l'Ardenne septentrionale
Schist_Grès Meu.	21	Sols sur schistes et grès de la vallée de la Meuse
Schist_Grès Rev.	51	Sols sur schistes et grès du Revinien et du Devillien
Schiste Condr.	17	Sols sur schistes du Condroz occidental
Schiste Fa_Fa	41	Sols sur schistes en Fagne et en Famenne
Schiste Meu_Ves.	22	Sols sur schistes de la vallée de la Meuse et de la Vesdre

Résultats dans les horizons de surface

Les résultats de ces comparaisons sont synthéthisés dans la table 5.14 et illustrés à la figure 5.13 à titre d'exemple. Les autres graphes sont disponibles dans l'annexe 3h (sols agricoles) et 3i (sols forestiers).

Nous observons des effets marqués du groupe de sols pour la plupart des ETM (table 5.14).

Les sols sablo-limoneux de la région limoneuse (n°11) et les sols sableux de Lorraine (n°59) présentent les valeurs les plus basses pour Arg, Mg, Fe, As (uniquement n°11), Co, Cu, Ni et Zn.

Les sols sur schistes du Revinien (n° 51) présentent des valeurs très basses pour Ca, Co et Ni.

Les grès calcaires de la formation d'Aubange (n°64), présentent les teneurs les plus élevées en Mn, Fe, As, Be, Co, Cr, Ni (figure 5.13) et par des teneurs élevées en Al et Mo. Les sols argileux et calcaires des formations de Grancourt et Longwy (n°65) sont caractérisés par les teneurs les plus élevées en argile, Ca et Mo, mais sont également très riches en Fe, As, Ba, Be, Cr, Cu, Ni, Se et Zn, et riches en Co. Les sols argileux et limoneux de Lorraine (n°62), se distinguent par des teneurs particulièrement élevées en Fe et As, ainsi que des teneurs élevées en Mn, Be, Co, Mo, Ni et Se. En dehors de la Lorraine, nous observons également des teneurs élevées en Fe, As, Ba, Be, Co, Cr, Cu et Ni dans les sols sur calcaires des vallées de la Meuse et de la Vesdre (n°29). Les sols schisteux de Fagne et Famenne (n°41), les sols schisto-gréseux de l'Ardenne centrale et méridionale (n°53) et les sols schisto-gréseux de l'Ardenne septentrionale (n°50) présentent des teneurs élevées en Fe, Co, Cr et Ni (sauf n°50 pour ce dernier élément). Notons que les teneurs en Ba, Be et Mo ne sont pas disponibles pour les séries 41 et 53 (en dehors des zones d'étude POLLUSOL2), ce qui nous empêche d'observer un possible effet de ces groupes (vu leurs teneurs élevées en Fe) sur les concentrations ces éléments .

La totalité des groupes de sols cantonnés aux alentours des vallées de la Meuse et de la Vesdre (n° 20, 21, 22, 29, 30 et 45) ainsi que les sols sur schistes du Condroz (n°17) se démarquent par des valeurs élevées pour Cd, Hg (sauf n°30), Pb et Zn (sauf n°45). Certains d'entre eux (n° 20, 21, 22) présentent également des valeurs élévées pour Sb. Les résultats pour ce dernier paramètres ne sont pas disponibles pour tous les groupes (en dehors des zones d'étude POLLUSOL2).

Le Cu ne semble pas suivre la même tendance que les autres éléments. Nous observons les concentrations en Cu les plus élevées dans les sols argileux et calcaires des formation de Grancourt et Longwy (n°65) et dans les sols calcaires des vallées de la Meuse et de la Vesdre (n°29). Les concentrations sont également relativement élevées dans les sols schisteux du Condroz (n°17), les sols schisteux des vallées de la Meuse et la Vesdre (n°22) et les sols schisto-gréseux de l'Ardenne orientale (n°45).

Enfin, nous observons des valeurs élevées en Tolu et HAP dans certains groupes de sols bien représentés dans les régions de Charleroi et Liège (n°15, 17, 21, 34).

TABLE 5.14 – Synthèse des effets des groupes de sols sur les concentrations en polluants dans les horizons de surface (Surf.) agricoles (AG) ou forestiers (FO), ainsi que dans les horizons profonds (Prof.) (« + » : valeurs plus élevées que dans la plupart des autres groupes ; « - » : valeurs plus faibles que dans la plupart des autre sgroupes ; « / » si moins de 3 observations ; les différences les plus marquées sont indiquées en gras et sont surlignées de rouge ou de bleu vif ; les différence ténues sont indiquées entre parenthèses et sont surlignés d'orange et de bleu pâle ; les noms complets des les groupes de sols sont repris dans la table 5.13 et leur localisation à la figure 5.12)

Groupe de sols	Code		Corg		Arg		pH_KCl		pH_H2O		CE		Al		Ca		Mg		Mn		Fe		As		Ba		Be		Cd		Co		Cr		Cu		Hg		Mo		Ni		Pb		Sb		Se		Sn		Zn		Tolu		CNtot		CNlib		IP		HAP		HTP	
			AG	FO	AG	FO	AG	FO	AG	FO	AG	FO	AG	FO	AG	FO	AG	FO	AG	FO	AG	FO	AG	FO	AG	FO	AG	FO	AG	FO	AG	FO	AG	FO	AG	FO	AG	FO	AG	FO	AG	FO	AG	FO	AG	FO	AG	FO	AG	FO	AG	FO	AG	FO	AG	FO	AG	FO	AG	FO
Arg_Lim. Lor.	62	Surf.	/		/	-	/		/		/		/		/		/	+	/	+	/	+	/	+	/		/	+	/		+	/	/		/		/	(+)	/	+	/		/		/		+	/	/		/		/		/		/		/	(+)	/
		Prof.																		+		+	+					+				(+)							+									(+)											
Loess Reg. Lim.	7	Surf.										-					(+)				(-)																					+																		
		Prof.																																																																	
Loess Condr.Occ.	15	Surf.								/									/						/		/				(-)							/						/		/				(+)	/		/		/	+	/		/
		Prof.																																																													
Loess Meu_Ves	20	Surf.		+																									+		(-)					+					+	+	+	+					+	(+)										
		Prof.																																																													
Lim. Lor.	61	Surf.	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
		Prof.								/					-					/			(+)												-						-								(-)										
Sab_Lim Reg.lim.	11	Surf.			-	-		-		/	/		-	/	-	-		-		/	-	/	-	-	-	/		/		-	-		-	(-)	-			/		-	-				/		-				/						
		Prof.								/										/																-						-								(-)										
Sab_Lim Lor.	60	Surf.	/		/		/		/	/	/		/	/	/	/	/		/	/	/		/		/		/	/	/		/		/		/	(-)	/	/	/		-	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
		Prof.				+		+		/				+						/			(+)		/		/																					(-)											
Sable Lor.	59	Surf.	/		-	/	/		/	/	/		/		/	-	/	/	/	/	-	/			/	/	/	/	/		-	/	/		-	/	/		/	-	-	/	/	/	/	/	-	/	/	/	/	/	/	/	/	/
		Prof.			-					/							-	-	/	/	-						/				-	-	-	-	-	-	/			-	-						-		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Schiste Condr.	17	Surf.	/		/		/		/								(+)		(+)													+	(+)	(+)	+	+			(+)									(+)						+	+		
		Prof.													-										/	+													(+)																				
Schiste Meu_Ves.	22	Surf.				-	+						(+)		(+)		(+)		(+)								(+)		+	(+)				(+)	(+)	+	+			(+)	+	+	+			+		+	+									
		Prof.																																																												
Schiste Fa_Fa	41	Surf.			+	-				/	/	(+)	+				+	(+)	/	/	+	(+)	+		/	/	/	/			(+)	(+)	(+)	(+)				/	/	+				/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
		Prof.								/	/	(+)					+		/				(+)		/	/	/				(+)				+			/	/	(+)																				
Schist_Grès Meu.	21	Surf.		+								(-)																	+	(+)					(+)		+	+			+	+	+	+					+	+							+		
		Prof.													-																																															
Schist_Grès Ard. Or.	45	Surf.				/			/																				+		(-)			(+)		+					+	+																
		Prof.													-																(+)																													
Schist_Grès Ard. C_M	53	Surf.				-		-	/	/	/	(+)	(+)						/	/	(+)	(+)			/	/	/	/			(+)		+	+			+	(+)	/	/	+	(+)			/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
		Prof.								/										/			(+)		/	/	/				(+)				+			/	/	+	(+)																		
Schist_Grès Ard. S	50	Surf.				-		-	/	/		(+)			-	-			/	/	(+)				/	/	/	/			(+)		(+)				/	/					/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
		Prof.								/					-					/			(+)		/	/	/											/	/																			
Schist_Grès Rév.	51	Surf.	/		/		/		/	/	/		/		/	-	/		/	/	/		/		/	/	/	/	/		/	-	/		/		/	/	/	-	/		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
		Prof.								/						-				/			(+)		/	/	/					-		-		+					-																		
Psam.	18	Surf.															(+)												+																				(+)	(+)								
		Prof.																																																											
Grès Calc. Lor.	64	Surf.	/		/		/		/		/	(+)	/	+	/		/	+	/	+	/	+	/	+		/	+	/		/	+	/	+	/		/	(+)	/	+	/		/		/		/		/		/		/		/		/	
		Prof.						+												+		+		+				+				(+)								(+)		(+)						+										
Calc. Arg. Lor.	65	Surf.			+	+	+			+		(+)	+	+	+	+	(+)				+	+	+		+		+	+		(+)		(+)	+	+	(+)			+	+	+	+				+												
		Prof.	+		+		+			+	/	(+)		+									+	+			+				(+)		(+)		+										+				+	(+)							(+)	
Calc. Condr.	34	Surf.	/		/		/		/		/		/		/		/		/		/		/		/		/		/		/		/		/		/		/		/	+	/		/		/	(+)	/		/		/		/	
		Prof.				+		+			/					/																																														
Calc. Meu_Ves	29	Surf.	/	+	/		/		/	(+)	(+)	+	/		(+)	+	+	(+)	+	+	/	+	/	+	/		/	+	/	+	(+)		(+)	(+)	+	+	+	/		/	+	+	+	/	+	/		/	+	/		/	+	/	+	/		/		/	
		Prof.	/		/		/		/		/		/		/		/		/		/		/		/		/		/		/		/		/		/		/		/		/		/		/		/		/		/		/	
Chert Condr.	66	Surf.	/		/		/		/	/	/		/		/		/		/	/	/		/		/	/	/	/	/		/		/	(-)	/		/		/		/		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
		Prof.								/		(+)								/			(+)		/	/	/						(+)								-																		
Chert Meu_Ves	30	Surf.	/		/	-	/		/		/		/		/		/		/		/		/		/		/	+	/		/		/		/		/	+	/		/		/		/	+	/		/		/		/		/	
		Prof.																					(+)																																							

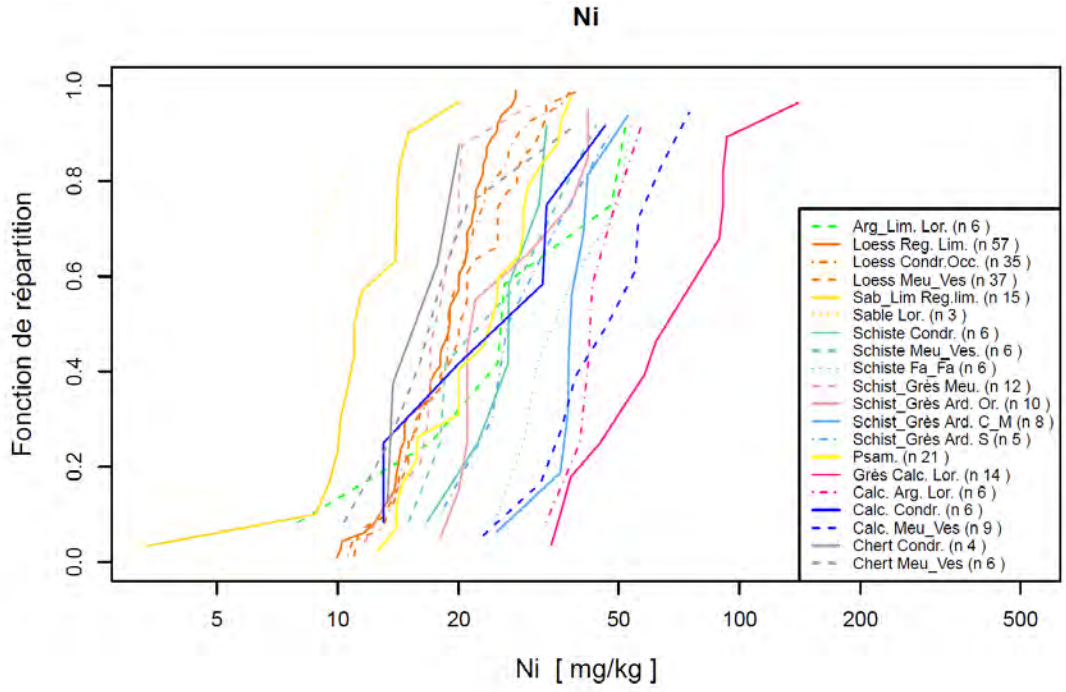


FIGURE 5.13 – Effets du groupe de sol sur les concentrations en Ni dans les échantillons de surface des sols agricoles (les noms complets des groupes de sols sont repris à la table 5.13 et leur localisation à la figure 5.12 »)

Résultats dans les horizons profonds

Les résultats de ces comparaisons sont synthéthisés dans la table 5.14 et illustrés à la figure 5.14 à titre d'exemple. Les autres graphes sont disponibles dans l'annexe 3j.

En ce qui concerne Ca, Fe, As, Be, Co, Cr, Mo et Ni, nous observons généralement les mêmes tendances en profondeur qu'en surface (table 5.14). Les horizons profonds des sols sur grès calcaire de la formation d'Aubange (n°64) et les sols argileux et limoneux de Lorraine (n°62) se distinguent par les valeurs les plus élevées en Fe, As, Be et relativement élevées en Co. Les premiers présentent également des teneurs relativement élevées en Cr et Ni. Les sols argileux et calcaires des formations de Grancourt et Longwy (n°65) présentent, les teneurs les plus élevées en Ca, Cu et Mo, et des teneurs élevées en As, Be, Co, Cr et Ni. Nous observons également des valeurs élevées pour Al, Mg, Co et Ni dans les sols schisteux de Fagne et Famenne (n°41). Pour les sols calcaires des vallées de la Meuse et de la Vesdre (n°29), nous ne disposons pas de résultats pour les horizons profonds.

La plupart des sols des vallées de la Meuse et de la Vesdre (n° 20, 21, 30 et 45), contrairement à ce qui a été observé en surface, ne se distinguent par des concentrations élevées en Cd, Hg, Pb, Zn et Sb dans les horizons profond. Par contre, certains sols de Lorraine (n°62, 64 et 65), présentent des valeurs relativement élevées en profondeurs pour Cd (uniquement n°65) et Zn. Notons que nous ne disposons pas de résultats en profondeur pour les sols du groupe n°29.

Pour le Cu (figure 5.14), les groupes n°59 et 65 se distinguent aussi bien en profondeur qu'en surface : concentrations les plus faibles (n°59) et les plus élevées (n° 65). Par contre, certains groupes (n°41, 51 et 53) présentent des concentrations relativement élevées uniquement en profondeur. A l'opposé, les groupes n°17, 22 et 29 se distinguent par des valeurs élevées uniquement en surface.

Concernant les polluants organiques, nous n'observons pas les mêmes tendances en profondeur qu'en surface : seuls les sols argileux et calcaires des formations de Grancourt et Longwy (n°65) présentent des valeurs relativement élevées pour Tolu et HTP.

Interprétations

Ces observations suggèrent que les teneurs en As, Co, Cr, Ni, Be et Mo en surface et en profondeur sont particulièrement influencées par la lithologie et pourraient être contrôlées par les teneurs en Fe et Mn dans le substrat. La zone d'Aubange est particulièrement affectée par ces effets lithologiques (groupes n° 62, 64 et 65, cf figure 5.12), que l'on pourrait qualifier d'anomalies géochimique à grande échelle.

Pour les teneurs en Cd, Pb, Zn et Sb, la correspondance surface/profondeur est très mauvaise et les groupes présentant des teneurs élevées en surface sont tous situés dans la région ayant connu une forte activité de l'industrie des métaux non-ferreux dans le passé (vallées de la Meuse et de la Vesdre). Les concentrations de ces éléments en surface sont donc vraisemblablement fortement affectés par l'intensité des retombées atmosphériques. Il n'est pas exclu qu'elles soient également affectées par la lithologie,

notamment en Lorraine, mais ces effets semblent être faibles par rapport aux différences induites par les retombées.

Pour le Cu, les teneurs en surface semblent dépendre autant de la lithogie (effet positif du groupe n° 65 en profondeur et en surface) que des retombées. Les sols représentant les groupes 17, 22 et 29 (effet positif uniquement en surface) sont en effet situées dans des zones de PAP (figure 5.12).

En ce qui concerne les polluants organiques, les effets « sols » observés en surface sont vraisemblablement liés à des retombées atmosphériques, étant donné que les points des groupes de sols présentant des valeurs élevées sont proches de Charleroi et Liège. La seule exception semble être le groupe n°65, caractérisé par des teneurs plus élevées en Tolu et HTP en profondeur. Cette caractéristique peut s'expliquer par des teneurs en Corg en profondeur nettement plus élevées que dans les autres sols.

Les effets lithologiques peuvent être atténués ou accentués dans l'horizon de surface par rapport à l'horizon profond, selon le groupe de sol et les propriétés de l'élément. En particulier les sols du groupe 65 (sols argileux et calcaires des formations de Grancourt et Longwy) se démarquent plus en surface qu'en profondeur pour les concentrations en Fe, As, Co et Cr. Ces sols sont caractérisés par le rapport Surface/Profond le plus élevé pour Fe (1.1, contre 0.5 à 0.8 pour les autres groupes), et par une chute de pH de la profondeur vers la surface. Ils ont donc probablement subi une accumulation relative de Fe et des ETM qui y sont associés dans l'horizon de surface, résultant de la dissolution des carbonates. Inversement, la dissolution des carbonates et la baisse de pH a probablement provoqué la perte d'une partie de Cd et Zn qui se trouvait en concentration relativement élevée dans leur substrat. L'effet « sols » observé en surface résulte donc de la combinaison d'un effet lithologique et d'un effet pédologique. Ces interactions expliquent peut-être aussi la mauvaise correspondance entre surface et profondeur pour l'effet « sols » dans le cas de Cu.

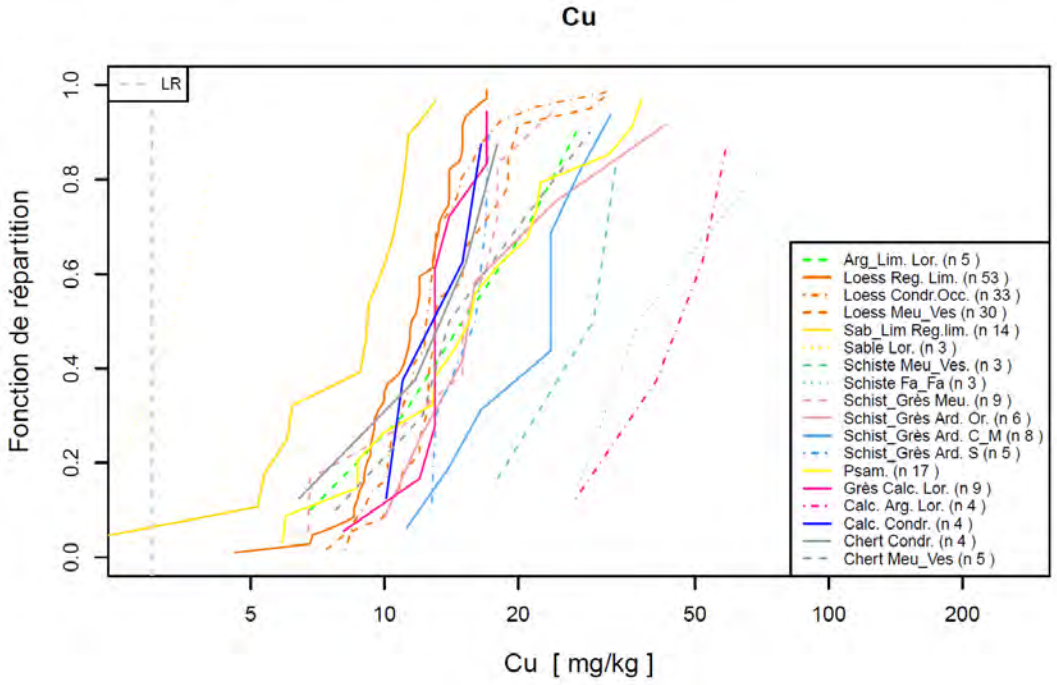


FIGURE 5.14 – Effets du groupe de sol sur les concentrations en Cu dans les échantillons profonds des sols agricoles et forestiers (les noms complets des groupes de sols sont repris à la table 5.13 et leur localisation à la figure 5.12)

5.1.3.6 Quelle est l'influence des charges caillouteuses technogéniques sur les paramètres analysés ?

Sols de parcs, culture, prairies et forêts Les charges caillouteuses technogéniques sont des matériaux solides qui ne se retrouvent jamais naturellement dans le sol (artefacts). Ils sont produits par l'homme ou issus de l'activité minière. Cela signifie que des blocs de calcaires ou de grès (quelle que soit leur origine) ne sont pas considérés comme des charges technogéniques car ils peuvent être présents naturellement dans le sol. Par contre, des briques, scories ou schistes houillers, sont considérés comme technogéniques.

Ces charges ont été identifiées pour tous les horizons de sols « non potagers » décrits au cours de cette étude, et leurs contributions, exprimées en pourcentage du volume de l'horizon, ont été quantifiées visuellement lors de l'ouverture des carottes de sol. La table 5.15 résume le nombre d'occurrences et la contribution moyenne des charges technogéniques observées dans les horizons analysés [21] Nous constatons tout d'abord que ces matériaux sont observés principalement dans les remblais, où ils sont plus fréquents (*cf.* table 5.15 : nombre d'occurences), mais surtout beaucoup plus abondants (*cf.* table 5.15 : contributions moyenne). Toutefois, les pourcentages volumiques moyens sont très faibles, y compris dans les remblais, car chaque composé pris séparément est absent dans grande majorité des des échantillons de sols. Ils sont d'ailleurs absents dans l'ensemble des horizons profonds des sols naturels, ce qui est en accord avec leur caractère naturel (dans le sens « non-remblais »). Ils sont par contre relativement fréquents dans les horizons de surface de ces sols, mais leur contribution volumique moyenne y reste beaucoup plus faible que dans les remblais.

Parmi ces différentes classes, seuls quelques matériaux (brique, charbon, ciment, schiste houiller et mâchefer) sont observés dans plus de 10 échantillons par groupe.

Dès lors, nous nous limitons à l'étude de l'influence des charges caillouteuse technogénique dans les sols de remblais, et nous avons procédé à certains regroupements de charges en fonction de leur origine (table 5.16), de façon à obtenir des effectifs suffisants permettant d'effectuer des analyses statistiques.

Nous avons étudié les relations entre les fractions volumiques de ces différentes groupes de charges et les concentrations en polluants via des régressions linéaires multiples (procédure « Stepwize »). Les valeurs des concentrations en polluants et des fractions volumiques ont subi une transformation logarithmique (ln), mais pas les paramètres physico-chimiques (pH, Corg, etc.).

21. Notons que dans le cadre de cette analyse, nous avons assimilé les horizons intermédiaires de remblais (9 horizons) aux horizons profonds.

TABLE 5.15 – Nombre d'occurences, contributions moyennes et codes pour les charges technogéniques observées dans les échantillons de sols considérés dans ce chapitre, classés selon les 4 principales catégories d'horizons (naturel = non-remblais)

Code	Nature	Nombre d'occurrences				Contribution moyenne (% vol)			
		Surface naturel (n= 256)	Profond naturel (n=195)	Surface remblais (n=123)	Profond remblais (n=123)	Surface naturel (n= 256)	Profond naturel (n=195)	Surface remblais (n=123)	Profond remblais (n=123)
AM	Fibrociments ("Eternit", sous-toitures, ...)	0	0	1	1	0.0	0.0	0.2	0.0
BE	Béton	2	0	8	4	0.0	0.0	0.3	0.2
BEH	Béton de haut-fourneau	0	0	2	2	0.0	0.0	0.0	0.3
BO	Bois	0	0	2	1	0.0	0.0	0.0	0.0
BR	Briques	31	0	39	29	0.3	0.0	1.6	2.2
CB	Charbon de bois	3	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
CH	Charbon (houille)	34	0	30	24	0.2	0.0	0.5	0.9
CI	Ciment	12	0	22	18	0.1	0.0	0.7	1.5
CK	Coke	5	0	0	3	0.0	0.0	0.0	0.1
DM	Mélange de déchets	1	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
DO	Dolomie	0	0	1	1	0.0	0.0	0.1	0.0
FC	Résidus de fours à chaux	0	0	0	1	0.0	0.0	0.0	0.0
NF	Métaux non-ferreux	1	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
OS	Os	0	0	0	1	0.0	0.0	0.0	0.2
PA	Plâtre (plaques, plafonnage, blocs)	0	0	0	3	0.0	0.0	0.0	0.2
PL	Plastiques (PVC, PU, polystyrène, ...)	1	0	8	1	0.0	0.0	0.2	0.0
PO	Porcelaine (carrelages, vaisselle, ...)	2	0	1	2	0.0	0.0	0.0	0.1
RF	Matériaux réfractaires	1	0	0	3	0.0	0.0	0.0	0.1
SC	Scories indéterminées	1	0	2	2	0.0	0.0	0.1	0.5
SCA	Scories d'aciérie	1	0	6	3	0.0	0.0	0.2	0.2
SCC	Scories de combustion du charbon	3	0	12	9	0.0	0.0	0.5	1.6
SCF	Scories de fonderie	0	0	2	3	0.0	0.0	0.0	0.1
SCH	Scories de haut fourneau	0	0	3	5	0.0	0.0	0.4	0.5
SCN	Scories de la métallurgie des non-ferreux	0	0	0	1	0.0	0.0	0.0	0.0
SCS	Scorie siliceuse non identifiée	1	0	3	3	0.0	0.0	0.0	0.3
SHA	Schistes d'alunières	0	0	1	1	0.0	0.0	0.3	0.5
SHB	Schiste houiller brûlé	4	0	21	6	0.0	0.0	1.8	1.2
SHH	Schiste houiller non-brûlé	3	0	9	13	0.0	0.0	1.1	2.6
TC	Terre cuite (tuiles, céramiques, ...)	3	0	1	2	0.0	0.0	0.0	0.1
TM	Graviers enrobés (tarmac, macadam,...)	0	0	1	1	0.0	0.0	0.0	0.1
VE	Verre	3	0	9	8	0.0	0.0	0.1	0.5

TABLE 5.16 – Nombre d'occurences, contributions moyennes et codes pour les groupes de charges technogéniques dans les échantillons de sols considérés dans ce chapitre

Code	Nature	Occurrences		Contribution moyenne	
		Surface remblais (n=123)	Profond remblais (n=123)	Surface remblais (n=123)	Profond remblais (n=123)
CH	Charbon (houille)	30	24	0.5	0.9
SHT	Schiste houiller (brûlé ou non)	28	15	2.9	3.8
BCB	Déchets de construction "typiques" (Brique, Ciment et Béton)	56	33	2.6	3.8
DD	Déchets "urbains" (construction et ménagers) autres que "BCB"	25	26	1.0	2.3
SCC	Scories de combustion du charbon (mâchefer)	12	9	0.5	1.6
SCW	Scories autres que mâchefer	11	14	0.6	1.1
DI	Déchets industriels autres que scories	3	10	0.3	1.1

Résultats dans les horizons de surface

Dans les horizons de surface (table5.17), les prédictions sont mauvaises pour la plupart des paramètres : seuls Ca, Ba et certains HAP présentent un coefficient de détermination (r^2) supérieur à 0.20. Les coefficients relatifs au charbon sont négatifs pour l'argile et certains polluants organiques (BghiP, I123cdP, Tolu et IP). Les coeffients relatifs au schiste houiller sont positifs pour Ba, Be, Co, Cu, Ni, Tolu et HTP16a21, mais négatifs pour Cd et Mo. Les déchets de construction « typiques » (BCB) sont caractérisés par des coefficients positifs pour Ca, Ba, Hg, Pb et la plupart des HAP, mais négatifs pour Mo. Les déchets de construction « divers » (DD) présentent des coefficients positifs pour Corg, Sn, Naph, HTP30a35 et CN_tot. Les mâchefers (SCC) présentent des coefficients positifs pour Co, Cu et Ni. Les scories autres que les mâchefers (SCW) sont caractérisées par des coefficients positifs pour Ca, Mn et négatifs pour Hg.

TABLE 5.17 – Coefficients associés à chaque groupe de charge dans les équations de régression linéaire visant à prédire les teneurs en polluant, élément majeur ou paramètre pédologique dans les horizons de surface des remblais, en fonction des contributions volumiques des différents groupes de charges technogéniques (les coefficient non significatifs ($p>0.05$) sont remplacés par 0 ; les coefficients hautement significatifs ($p<0.01$) sont indiqués en gras ; la signification des codes des groupes de charges est reprise dans la table 5.16)

(n=123)	Corg	Argile	pH_KCl	pH_H2O	CE	Al	Ca	Mg	Mn	Fe
r^2	0.07	0.10	0.10	0.12	0.06	0.02	0.26	0.07	0.06	0.06
CH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SHT	0	**-0.15**	0	0	0	0	0	0	0	0
BCB	0	0	0	0	0	0	**0.30**	0	0	0
DD	2.71	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SCC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SCW	0	0	0	0	0	0	0.28	0	0.18	0
DI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(n=123)	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	Zn
r^2	0.04	0.29	0.07	0.08	0.12	0.04	0.18	0.11	0.13	0.13	0.14	0.13	0.04	0.14	0.09
CH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SHT	0	**0.15**	0.06	-0.16	0.06	0	0.11	0	-0.09	0.06	0	0	0	0	0
BCB	0	**0.14**	0	0	0	0	0	0.13	-0.11	0	0.17	0	0	0	0
DD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.19	0
SCC	0	0	0	0	0.17	0	0.24	0	0	0.14	0	0	0	0	0
SCW	0	0	0	0	0	0	0	-0.24	0	0	0	0	0	0	0
DI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(n=123)	Naph	Ace	Fle	Phen	Ant	Fla	Pyr	BaA	Chrys	BbF	BkF	BaP	dBahA	BghiP	I123cdP	HAP10	HAP16
r^2	0.17	0.16	0.20	0.25	0.16	0.15	0.17	0.20	0.21	0.18	0.19	0.18	0.12	0.22	0.22	0.21	0.21
CH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.51	0	**-0.84**	-0.69	0	0
SHT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BCB	0	0.22	**0.26**	**0.53**	**0.41**	0.31	**0.35**	**0.40**	**0.38**	**0.35**	**0.32**	**0.38**	0.00	**0.40**	**0.50**	**0.45**	**0.43**
DD	0.43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SCC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SCW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(n=123)	Tolu	HTP10a12	HTP12a16	HTP16a21	HTP21a30	HTP30a35	HTP_tot	CN_tot	CN_lib	IP
r^2	0.17	0.09	0.06	0.08	0.14	0.15	0.07	0.08	0.07	0.10
CH	-0.51	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.29
SHT	0.27	0	0	0.12	0	0	0	0	0	0
BCB	0.24	0	0	0	0.18	0	0	0	0	0
DD	0	0	0	0	0	0.23	0	0.16	0	0
SCC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SCW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Dans les horizons profonds (table 5.18), les prédictions sont meilleures qu'en surface, avec des coefficients de détermination compris entre 0.25 et 0.45 pour de la plupart des paramètres. Le charbon et/ou le schiste houiller présentent des coefficients positifs pour Corg, As, Ba, Cd, Cu, Hg, Mo, Sb, HAP, Tolu et HTP, mais négatifs pour l'argile. Les coefficients relatifs aux déchets de constructions typiques (BCB) sont positifs pour Corg, pH, CE, Ca, Ba, Cd, Cu, Hg, Pb, Sb, Sn, Zn, HAP, Tolu et certains HTP, mais négatifs pour l'argile. Les déchets « urbains » divers (DD) présentent également des coefficients positifs pour Ca, Ba, Cd, Cu, Hg, Pb, Sn, Zn, Ace, dBahA et HTP30a35. Les coeffients relatifs aux mâchefers (SCC) sont positifs pour Corg, mais négatifs pour Al, Mg, Cd, Sb et Se. Les scories autres que mâchefers (SCW) présentent des coefficients positifs pour CE, Ca et As, mais négatifs pour Hg. Les déchets industriels autres que les scories (DI) présentent des coefficients positifs pour tous les HAP sauf Ace, et un coefficient négatif pour l'argile, Sb et certains HAP.

Interprétation

Le fait que les meilleures prédictions soient observées en profondeur est très certainement lié à l'influence moins prononcée des retombées et à la contribution volumique plus importante des charges technogéniques dans ces horizons. Notons que l'impact des retombées dans les horizons profonds des remblais n'est pas exclu car ces horizons peuvent contenir des terres provenant d'horizons de surface.

L'abondance de schistes houillers semble exercer une influence positive sur de nombreux métaux et polluants organiques. Cette influence est moins claire pour le charbon, puisque l'on observe même certains coefficients négatifs en surface. De plus, les résidus de combustion du charbon (mâchefers) (SCC) semblent influencer positivement les concentrations de certains métaux en surface, et diminuer les concentrations d'autre métaux en profondeur. L'influence positive des shistes houillers, du charbon et de leurs résidus de combustion (mâchefer) sur les concentrations en métaux et HAP peut s'expliquer par leur présence dans les shistes houillers [22]. Ces relations peuvent également être liées au mélange de ces résidus miniers (shistes houillers) avec d'autres déchets produits au cours du traitement du charbon (séparation, agglomération, distillation, *etc.*) ou de sa combustion (suies, cendres) plus riches en polluants (Pacyna, 1987). Une influence négative serait plutôt liée à un effet de dilution par un ce substrat plus pauvre, ce qui explique vraisemblablement les coefficients négatifs pour Al et Mg.

Les déchets de constructions tels que la brique, le ciment et le béton, considérés comme des déchets « inertes », ne sont pas intrinsèquement riches en polluants, mais ces résultats montrent qu'ils seraient liés à des niveaux de pollution élevés pour la plupart des métaux et tous les HAP. Cette observation pourrait s'expliquer par leur association avec d'autres composés, non visibles à l'oeil nu dans un échantillon de sol : peintures (les anciennes peintures sont riches en Pb), suies des cheminées (riches en HAP) colles,

22. Pacyna J.M. 1987. Atmospheric Emissions of Arsenic, Cadmium, Lead and Mercury from High Temperature Processes in Power Generation and Industry. In :Lead, Mercury, Cadmium and Arsenic in the Environment. T.C. Hutchinson and K.M. Meena Eds. John Wiley and Sons. Toronto. pp 60-87

solvants, *etc.* Il est probable également qu'une partie de ces déchets provienne de la démolition de bâtiments industriels, susceptibles d'être contaminés par des poussières métalliques, suies, huiles, etc.

Par contre, les scories issues de processus industriels non liés uniquement à la combustion du charbon (SCW) ne semblent pas engendrer d'augmentation des teneurs en polluants, à l'exception de As et Naph. Les autres déchets industriels sont vraisemblablement impliqués dans la pollution en HAP, mais pas en ETM.

Tous ces artefacts peuvent également modifier le comportement des polluants dans le sol, via les modifications de propriétés physico-chimiques, telles que Corg, argile, pH et teneurs en Ca. Ainsi, la hausse du pH qui semble liée à la présence de déchets de construction peut contribuer à la rétention de métaux solubles, tels que Cd ou Zn. La hausse des teneurs en Corg, peut contribuer à la rétention d'éléments avec une forte affinité pour la matière organique, tels que Pb ou Hg.

Sols de potagers

Les relations entre les charges technogéniques et les polluants en sol de potager ont été étudiées par l'équipe de l'ULg-GxABT (section 5.1.2 : « Relations entre nature du jardin potager et teneurs en contaminants » du Rapport final, partie « jardins potagers »). Aucune relation n'a pu être dégagée, excepté une influence positive sur les concentrations en Cd pour les charges technogéniques, en particulier les déchets ménagers. Cette quasi-absence de relation peut s'expliquer d'une part par le fait que seuls les échantillons de surfaces ont été analysés (les effets y sont masqués par les retombées, dont les effets sont comparativement beaucoup plus élevés) et d'autre part, par l'absence de données quantitatives concernant les charges caillouteuses en potager. Les statistiques relatives à ces charges sont basées sur les présences/absences et ne sont donc pas directement comparables aux régressions multiples effectuées sur base des abondances des différents types de charges.

TABLE 5.18 – Coefficients associés à chaque groupe de charge dans les équations de régression linéaire visant à prédire les teneurs en polluant, élément majeur ou paramètre pédologique dans les horizons de profondeur des remblais, en fonction des contributions volumiques des différents groupes de charges technogéniques (les coefficient non significatifs ($p>0.05$) sont remplacés par 0 ; les coefficients hautement significatifs ($p<0.01$) sont indiqués en gras ; la signification des codes des groupes de charges est reprise dans la table 5.16)

(n=123)	Corg	Argile	pH_KCl	pH_H2O	CE	Al	Ca	Mg	Mn	Fe
r^2	0.37	0.21	0.19	0.13	0.33	0.12	0.50	0.12	0.08	0.03
CH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SHT	**0.29**	-0.11	0	0	0	0	0	0	0	0
BCB	**0.77**	-0.21	**0.04**	0.02	**2.19**	0	**0.42**	0	0	0
DD	0	0	0	0	0	0	**0.32**	0	0	0
SCC	**1.73**	0	0	0	0	**-0.15**	0.00	**-0.18**	0	0
SCW	0	0	0	0	3.73	0	**0.43**	0	0	0
DI	0	-0.21	0	0	0	0	0	0	0	0

(n=123)	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	Zn
r^2	0.25	0.28	0.09	0.36	0.08	0.06	0.41	0.46	0.09	0.05	0.45	0.37	0.10	0.42	0.22
CH	**0.27**	0	0	**0.40**	0	0	0	0	0.19	0	0	**0.68**	0	0	0
SHT	0.11	0.13	0	0	0	0	**0.20**	**0.26**	0	0	0	0	0	0	0
BCB	0	0.13	0	**0.27**	0	0	0.16	**0.43**	0	0	**0.40**	**0.23**	0	**0.44**	**0.21**
DD	0	0.17	0	**0.22**	0	0	**0.22**	0.19	0	0	**0.35**	0	0	**0.23**	0.17
SCC	0	0	0	-0.21	0	0	0	0	0	0	0	**-0.33**	**-0.25**	0	0
SCW	**0.29**	0	0	0	0	0	0	-0.37	0	0	0	0	0	0	0
DI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(n=123)	Naph	Ace	Fle	Phen	Ant	Fla	Pyr	BaA	Chrys	BbF	BkF	BaP	dBahA	BghiP	I123cdP	HAP10	HAP16
r^2	0.49	0.29	0.40	0.49	0.48	0.47	0.47	0.44	0.48	0.47	0.43	0.41	0.37	0.43	0.34	0.49	0.46
CH	0	0	0	0	0.78	0	0	0	0	0	0.59	0	0	0	0	0	0
SHT	**0.52**	**0.26**	**0.36**	**0.77**	**0.82**	**0.72**	**0.71**	**0.57**	**0.69**	**0.58**	**0.46**	**0.53**	0.23	**0.38**	0.35	**0.74**	**0.60**
BCB	**0.47**	0.21	**0.40**	**0.89**	**1.00**	**0.97**	**0.91**	**0.84**	**0.83**	**0.74**	**0.71**	**0.83**	**0.35**	**0.70**	**0.62**	**0.82**	**0.69**
DD	0	**0.31**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.26	0	0	0	0
SCC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SCW	0.58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DI	**0.42**	0	0.32	**0.62**	**0.76**	**0.77**	**0.74**	**0.66**	**0.63**	**0.71**	**0.61**	**0.67**	**0.40**	**0.68**	**0.62**	**0.65**	**0.62**

(n=123)	Tolu	HTP10a12	HTP12a16	HTP16a21	HTP21a30	HTP30a35	HTP_tot	CN_tot	CN_lib	IP
r^2	0.28	0.09	0.01	0.16	0.27	0.25	0.22	0.07	0.05	0.07
CH	0.41	0	0	0	0.29	0.19	**0.27**	0	0	0
SHT	0.26	-0.14	0	0.15	0.15	0	0	0	0	0
BCB	0.25	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DD	0	0	0	0	0	0.11	0	0	0	0
SCC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SCW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

5.1.3.7 Quelles sont les relations entre les paramètres analysés ?

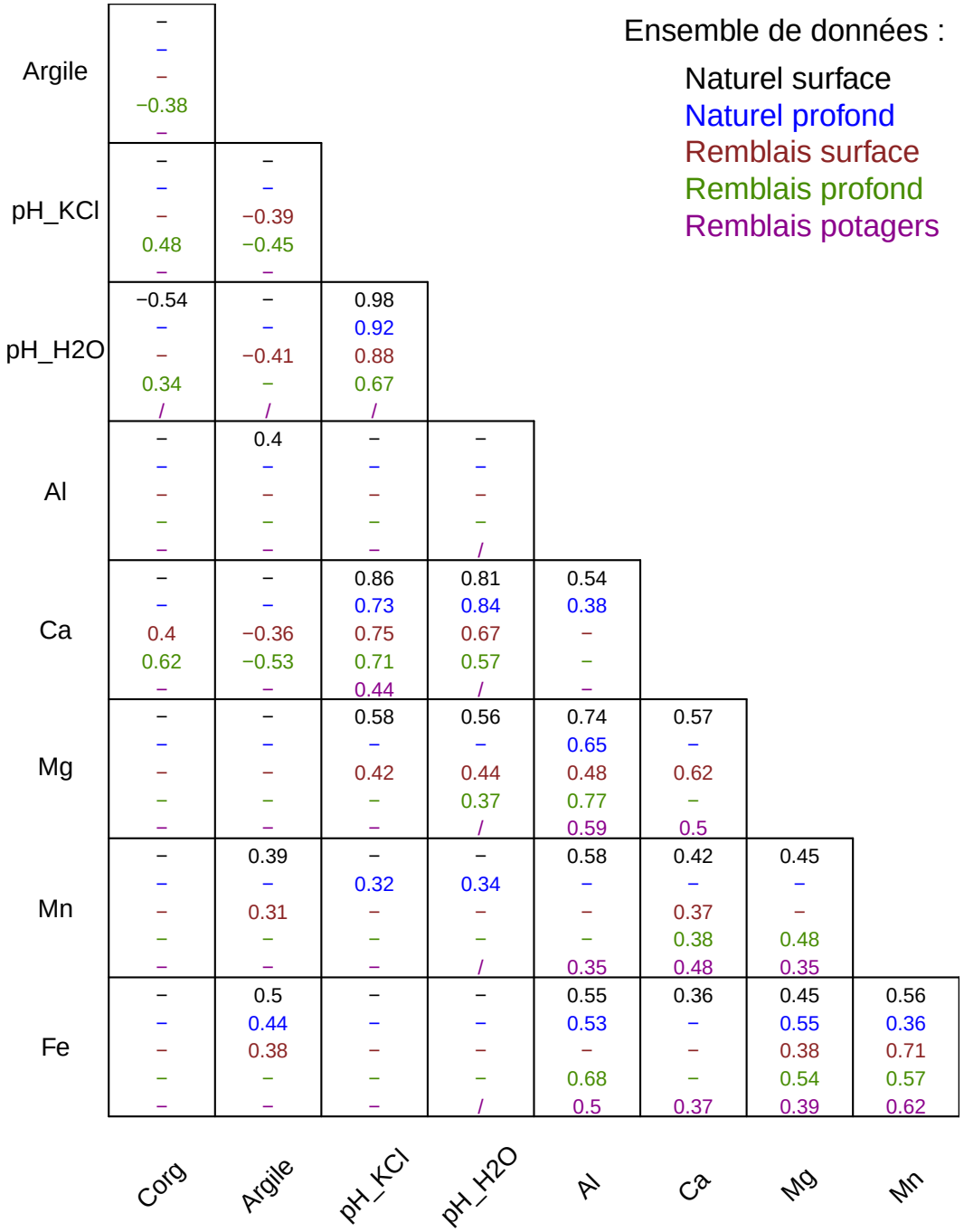
Elements majeurs et paramètres pédologiques
Corg et argile sont généralement mal corrélés aux autres paramètres pédologiques (table 5.19). L'argile présente une corrélation moyenne négative avec pH_H2O dans les horizons de surface des sols naturels et une corrélation moyenne à faible avec le Fe dans les sols naturels.

Les pH_KCl et pH_H2O sont très bien corrélés dans les sols naturels (>0.9). Dans les remblais, la corrélation entre ces deux paramètres est élevée en surface et moyenne en profondeur. Le pH_KCl présente une corrélation élevée avec Ca, sauf dans le cas des « remblais potagers » ou la corrélation est faible. Les pH_KCl et pH_H2O présentent aussi une corrélation moyenne avec Mg dans les horizons de surface des sols naturels.

Mg et Al sont bien corrélés : la corrélation est moyenne à élevée dans les sols naturels et les remblais (un peu plus faible dans les horizons de surface des remblais : 0.59 pour les « remblais potagers », et 0.48 pour les autres remblais). La corrélation entre Ca et Mg est moyenne dans les horizons de surface naturels ou remblais, et faible à nulle pour les horizons profonds naturels ou remblais. La corrélation entre Fe et Mg est faible dans les horizons de surface naturels ou remblais, et moyenne pour les horizons profonds naturels ou remblais.

La corrélation entre Fe et Al est moyenne, à l'exception des horizons de surface remblais non potagers, ou la corrélation est très faible. La corrélation entre Fe et Mn est moyenne à élevée , à l'exception des horizons profonds naturels, ou la corrélation est faible.

TABLE 5.19 – Coefficients de corrélations entre teneurs en éléments majeurs et paramètres pédologiques dans les 5 groupes d'horizons (« / » signifie que le coefficient n'a pas été calculé en raison d'un nombre trop élevé de valeur <LQ ; « - » signifie que la corrélation est très faible)



Polluants inorganiques

Constat général

Lorsque l'on observe des corrélations faibles à très élevées ($|r| > 0.3$) entre polluants inorganiques (table 5.20) ainsi qu'entre polluants inorganiques et éléments majeurs (tables 5.21 et 5.22), ces corrélations sont toujours positives.

Les corrélations entre les polluants inorganiques et les propriétés pédologiques (Corg, pH et argile) sont généralement très faibles (tables 5.21 et 5.22). Toutefois, les corrélations sont faibles à moyennes entre Corg et Hg, Pb, Cu, Ba et Sn.

Les corrélations entre les polluants inorganiques et les polluants organiques sont généralement très faibles. Toutefois, des corrélations faibles à moyennes existent entre les HAP et As, Cu, Hg, Pb et Ba (*cf.* annexe 3k).

Co et Ni

Co et Ni présentent les meilleures corrélations entre polluants inorganiques, quel que soit le type de sol. Co et Ni présentent aussi les meilleures corrélations avec Fe, Al, Mg et Mn. Les corrélations sont en effet généralement élevées avec Fe, et moyennes à faibles avec Al, Mg et Mn, quel que soit le type de sol. Ces observations suggèrent que les teneurs en Co et Ni dans les sols sont fortement influencées par la présence d'oxydes de fer, de manganèse et d'alumino-silicates ferro-magnésiens naturellement présents dans les sols. Ces deux éléments sont généralement bien corrélés à d'autres ETM (Cr et Be en particulier) dont les concentrations sont bien corrélées au Fe, Al, Mg et Mn.

Be et Cr

Be et Cr sont moyennement corrélés entre eux dans les sols naturels et les remblais de type potager, mais faiblement corrélés dans les remblais. Ils présentent tous deux des corrélations significatives avec Fe, Al, et Mg. La corrélation de Be et Cr avec Fe est généralement moyenne, et tend vers les corrélations élevées dans les sols non-remblais. Ils présentent également des corrélations moyennes avec Ba, Ni et Co. Les corrélations avec les autres éléments sont généralement très faibles, mais Be présente des corrélations moyennes avec le Cu et moyenne avec le Zn pour les horizons profonds de type remblais et non-remblais.

Ces observations suggèrent que les teneurs en Be et Cr dans les sols naturels sont fortement influencées par la présence de silicates ferro-magnésiens naturellement présents dans les sols (principalement les phyllosilicates). Par contre, dans les remblais, d'autres paramètres semblent influencer leurs concentrations.

Cd

Cd présente des corrélations généralement très faibles avec Fe, Mg et Al et des corréla-

tions faibles à moyenne avec le Mn, y compris dans les horizons profonds. Les teneurs en Cd dans les sols sont donc peu influencées par sa composition minéralogique. On observe par contre des corrélations bonnes à très bonnes avec Pb, Zn et Hg, en particulier dans les horizons de surface, ce qui pourrait s'expliquer par l'influence marquée, et similaire, des retombées atmosphériques sur les concentrations de ces 4 polluants.

En outre, Cd est moyennement corrélé avec Corg dans les horizons profonds des sols naturels et faiblement corrélés avec Corg dans les horizons profonds des remblais. Dans les sols naturels, cette corrélation peut s'expliquer par l'effet des sols du groupe n°65 (table 5.14) qui sont à la fois les plus riches en Corg et Cd en profondeur. Dans les horizons profonds des remblais, des teneurs élevées en Corg peuvent notamment être liée à l'origine surperficielle du matériau (ex-horizon de surface), qui a donc pû être préalablement exposé aux retombées atmosphériques de Cd avant d'être enterré sous d'autres couches de remblais.

Pb et Zn

Pb et Zn sont très bien corrélés entre eux, quel que soit le type de sol. Ils présentent des corrélations moyennes ou bonnes avec de nombreux éléments majeurs et autres ETM. En particulier, leurs corrélations sont bonnes avec Fe, Mn, Co et Ni dans les horizons profonds des sols naturels, bonnes à très bonnes avec Cd dans les 3 groupes d'horizons de surface et bonnes à très bonnes avec Ca et Cu dans les remblais. En outre, les teneurs en Pb sont bien corrélées à Corg dans les horizons de surface des sols naturels et dans les horizons profonds des remblais.

Les bonnes corrélations de Pb et Zn avec Fe, Co et Ni dans les horizons profonds des sols naturels sont probablement liées à l'infuence des minéraux riches en fer sur les teneurs des ces différents ETM. Contrairement à Co et Ni, nous n'observons pas de corrélation avec Al et Mg, suggérant que Pb et Zn soient spécifiquement liés aux oxydes de fer dans le substrat, et non aux silicates.

Le lien entre Pb et Corg en surface peut s'expliquer par la grande affinité de ce métal pour la matière organique (liaisons de complexation), qui contribue à la rétention de ce polluant dans l'horizon de surface. Le lien entre ces deux paramètres dans les horizons profonds des remblais suggère que ces horizons profonds proviennent souvent d'horizons de surface enrichis simultanément en Corg et Pb.

Les bonnes à très bonnes corrélations avec Cd dans les horizons de surface des sols est probablement dû à l'influence commune des retombées atmosphériques sur ces polluants.

Les correlations avec Ca et Cu dans les sols de remblais sont probablement dues au fait que ces différents paramètres dépendent de l'abondance des déchets de construction (*cf.* paragraphe 5.1.3.6).

Les teneurs en Pb et Zn dans les sols semblent donc gouvernées à la fois par les teneurs dans le matériau parental (en profondeur), la pollution atmosphérique et la composition du matériau de remblais (déchets de construction). Ceci expliquerait le

fait que Pb et Zn présentent très fréquemment des corrélations significatives (> 0.3) avec les autres polluants inorganiques.

As

As présente des corrélations élevées avec le Fe et moyennes avec le Mn, mais pas avec Mg et Al, dans les horizons de surface des remblais et des sols naturels. On observe des corrélations généralement faibles avec le Ca. Les corrélations avec Co, Ni et Cu sont moyennes à élevées dans les horizons de surfaces des remblais et des sols naturels. Ces corrélations sont à mettre en relation avec les bonnes corrélations observées précédemment entre ces éléments et le Fe et Mn dans ces mêmes types de sol.

As est bien corrélé avec Cd, Pb et Zn dans les remblais : on observe des corrélations généralement élevées dans les horizons de surface des remblais, et des corrélations moyennes dans les horizons profonds. De plus, As présente des corrélations moyennes avec Hg et Pb dans les horizons de surface des sols naturels.

Ces observations semblent indiquer que les teneurs en As dépendent principalement des teneurs en oxydes de Fe et Mn dans le substrat, mais peut-être aussi également de retombées atmosphériques de polluants.

Cu et Ba

Cu et Ba sont bien corrélés entre eux en surface et moyennement corrélés en profondeur. Ils présentent généralement de bonnes corrélations avec Co et Ni en surface et moyennes en profondeur. Nous observons également des corrélations moyennes à élevées avec Ca, sauf pour les horizons profonds des sols naturels.

Ba est généralement faiblement corrélé à Fe, Al, Mg et Mn, mais on observe cependant des corrélations moyennes entre Ba et Al dans les sols naturels. Cet élément pourrait être lié à la présence de certains alumino-silicates. Dans les remblais, Ba et Corg présentent une corrélation moyenne, sans doute à cause de leur lien commun avec à l'abondance de schiste houiller.

Cu et Fe sont bien corrélés, particulièrement dans les horizons profonds des sols naturels. On observe aussi de faibles corrélations entre le Cu et le Mn. Les corrélations avec Mg et Al sont par contre généralement très faibles. Cu semble donc influencé par la composition minéralogique du substrat, en particulier par la richesse en oxydes de Fe et Mn. Les relations avec Ca peuvent être liées au lien commun des ces deux paramètres avec l'abondance de déchets de construction (cf paragraphe 5.1.3.6). Les corrélations de Cu avec Pb et Zn sont élevées dans les horizons de surface et moyenne dans les horizons profonds, et les corrélations avec Cd sont moyennes dans les horizons de surface. Ces deux dernières observations suggèrent une influence des retombées sur les concentrations les concentrations en Cu en surface, tandis que les relations avec Zn et Pb en profondeur peuvent s'expliquer par leur lien commun avec les oxydes de Fe et Mn.

Hg

Hg est bien corrélé à Corg et Pb, quelque soit le type de sol. Il est généralement très faiblement corrélé au Mg, Mn, Al et Fe. On observe cependant parfois de faibles corrélations avec Mn et Fe dans les sols de remblais. Hg présente aussi des corrélations moyennes à élevées avec Cu et Sn, des corrélations moyennes avec le Cd ainsi qu'avec As et Ba mais uniquement dans les horizons de surface pour ces deux derniers éléments. Ces observations suggèrent que les concentrations en Hg sont fortement influencées par la teneur en matière organique (liaisons de complexation) et par l'intensité des retombées atmosphériques, tout comme Pb. Cependant, contrairement à Pb, l'influence des minéraux ferrifères semble négligeable.

Sb et Sn

Sb est bien corrélé au Sn, quelque soit le type de sol. Ils présentent des corrélations généralement moyennes avec Hg, Cd, Zn, et Pb dans les horizons de surface, ainsi qu'avec Corg dans les horizons de surface des sols naturels. Par contre, aucun des deux ne présente de corrélation significative avec Fe, Mg, Mn et Al, à l'exception des « remblais potager », où la corrélation avec Fe est moyenne.

Sb et Sn sont généralement mal corrélés aux autres polluants inorganiques. Cependant, on observe des corrélations moyennes à élevées par rapport aux autres polluants inorganiques dans les remblais de type "potager", qui pourraient être expliquées par des corrélations commune avec Fe dans cette classe de sols.

Ces observations suggèrent que les teneurs en Sb et Sn sont gouvernées essentiellement par les retombées atmosphériques.

Mo

Les valeurs mesurées de concentration en Mo dans les sols sont généralement inférieures aux limites de quantification : c'est pourquoi le calcul des corrélations avec les autres variables n'a généralement pas pu être effectué. Le seul groupe pour lequel les corrélations ont pu être calculées sont les « remblais potagers ». Dans ce groupe, Mo et Fe présentent une corrélation moyenne, et Mo et Al, Mn et Ca une corrélation faible. Les corrélations entre Mo et les autres polluants inorganiques sont généralement moyennes, à l'exception de Be, Cr et Se avec lesquels les corrélations sont faibles et de Ni et Co avec lesquels les corrélations sont élevées. Ces corrélations suggèrent que les teneurs en Mo sont principalement gouvernées par la teneur en minéraux ferrifères dans les sols.

Se

Se est généralement très faiblement corrélé aux paramètres pédologiques, aux éléments majeurs et aux polluants inorganiques. Cet élément semble donc avoir un comportement totalement indépendant de la plupart des propriétés physico-géochimiques du sol. Il est probable que cela s'explique par la mauvaise qualité des analyses pour ce paramètre. En

effet, on a observé lors du contrôle de qualité des analyses [23] que le Se est le paramètre présentant l'incertitude élargie moyenne la plus grande (141%).

23. *cf.* Chapitre 2, section « Contrôle qualité des analyses »

TABLE 5.20 – Coefficients de corrélations entre polluants inorganiques dans les 5 sous-jeux de données

	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Sn
Ba	0.33 0.35 0.5 0.42 0.49													
Be	0.7 – – – 0.59	0.62 0.58 0.73 0.57 0.52												
Cd	0.34 – 0.75 0.58 0.7	0.35 – 0.37 0.4 0.39	– – 0.3 – –											
Co	0.75 – 0.48 0.34 0.65	0.74 0.3 0.55 0.41 0.69	0.81 0.67 0.65 0.63 0.81	– 0.35 – – –										
Cr	0.33 0.33 – 0.31 0.36	0.74 0.53 0.44 – 0.52	0.64 0.52 0.33 0.32 0.62	– – – – –	0.71 0.44 – – 0.63									
Cu	0.59 0.38 0.63 0.41 0.71	0.8 0.57 0.77 0.59 0.85	0.57 0.61 0.62 0.58 0.49	0.5 – 0.54 0.31 0.56	0.65 0.52 0.78 0.66 0.72	0.54 0.48 – – 0.49								
Hg	0.62 – 0.58 0.39 0.68	0.49 – 0.59 0.44 0.61	– – 0.46 – 0.37	0.44 0.68 0.57 0.53 0.52	– 0.44 0.68 – 0.62	– – – – 0.36	0.52 – 0.8 0.53 0.72							
Mo	/ / / / 0.57	/ / / / 0.61	/ / / / 0.63	/ / / / 0.5	/ / / / 0.7	/ / / / 0.38	/ / / / 0.66	/ / / / 0.53						
Ni	0.54 – 0.51 – 0.63	0.73 0.42 0.66 0.34 0.69	0.86 0.65 0.75 0.66 0.81	– – 0.45 – 0.32	0.89 0.84 0.91 0.9 0.94	0.78 0.47 0.48 0.37 0.66	0.71 0.73 0.77 0.65 0.71	– 0.33 0.65 – 0.54	/ / / / 0.71					
Pb	0.67 0.34 0.63 0.54 0.75	0.52 – 0.57 0.75 0.76	– 0.65 0.39 0.32 0.36	0.71 0.38 0.79 0.64 0.68	– 0.72 0.51 0.47 0.56	– 0.38 – – 0.4	0.63 0.48 0.82 0.75 0.81	0.82 0.48 0.68 0.62 0.77	/ / / / 0.59	– 0.64 0.58 0.33 0.47				
Sb	0.47 / – 0.34 0.74	– / – – 0.64	– / – – 0.39	0.44 / 0.49 0.67 0.71	– / – – 0.57	– / – – 0.33	0.34 / 0.46 – 0.78	0.53 / – – 0.69	/ / / / 0.68	– / 0.31 – 0.52	0.65 / 0.56 0.35 0.79			
Se	– – – – –	– – – – –	– – – – 0.3	– – – – –	– – – – 0.37	– – 0.38 0.32 –	– – – – –	– 0.41 – – –	/ / / / 0.37	0.3 – – – 0.44	– – – – –	– / – 0.31 –		
Sn	0.46 / 0.38 0.38 0.69	0.36 / 0.58 0.4 0.72	0.34 / 0.35 – 0.46	– / 0.34 0.74 0.51	0.36 / 0.37 – 0.6	– / – 0.3 0.35	0.44 / 0.71 0.32 0.82	0.59 / 0.64 0.51 0.82	/ / / / 0.52	– / 0.43 – 0.57	0.6 / 0.57 0.63 0.8	0.74 / 0.51 0.62 0.74	– / – – –	
Zn	0.44 – 0.71 0.58 0.78	0.53 0.36 0.57 0.49 0.67	– 0.68 0.37 0.54 0.35	0.92 0.49 0.86 0.68 0.88	0.37 0.74 0.42 0.76 0.51	– 0.41 0.33 0.3 0.36	0.67 0.58 0.72 0.53 0.77	0.4 0.3 0.54 0.47 0.66	/ / / / 0.63	0.42 0.74 0.6 0.61 0.5	0.86 0.75 0.91 0.83 0.88	0.47 / 0.56 – 0.82	– – 0.31 – –	0.33 / 0.38 0.48 0.73

Type de sol :
- Naturel Surface
- Naturel Profond
- Remblais Surface
- Remblais Profond
- Remblais Potagers

TABLE 5.21 – Coefficients de corrélations entre polluants inorganiques, éléments majeurs et paramètres pédologique dans les 5 sous-jeux de données (première partie)

Type de sol :
- Naturel Surface
- Naturel Profond
- Remblais Surface
- Remblais Profond
- Remblais Potagers

	Ba	Be	Hg	Mo	Se	Sn
Corg	0.48	–	0.71	/	–	0.37
	–	–	–	/	–	/
	0.57	0.37	0.49	/	–	0.59
	0.59	0.41	0.65	/	–	0.33
	0.51	–	0.42	0.42	–	0.47
Argile	–	0.35	–	/	–	–
	0.34	–	–	/	–	/
	–	–	–	/	–	–
	−0.48	–	–	/	–	–
	–	–	–	–	–	–
pH_KCl	0.55	–	–	–	–	–
	–	–	–	/	–	/
	–	–	–	–	–	–
	0.61	0.35	–	/	–	0.39
	–	–	–	–	–	–
pH_H2O	0.42	–	–	–	–	–
	–	–	–	/	–	/
	–	–	–	–	–	–
	0.45	–	–	–	–	–
	/	/	/	/	/	/
Al	0.62	0.67	–	/	–	–
	0.66	0.58	–	/	–	/
	0.39	0.63	–	/	–	–
	–	0.55	–	/	0.39	–
	0.3	0.64	–	0.31	–	–
Ca	0.83	0.52	–	/	–	–
	–	–	–	/	–	/
	0.57	0.33	–	/	–	0.31
	0.75	0.4	0.47	/	–	0.46
	0.61	0.37	0.46	0.4	–	0.42
Mg	0.49	0.6	–	/	0.3	–
	0.44	0.47	–	/	–	/
	0.38	0.47	–	/	–	–
	0.3	0.52	–	/	0.37	–
	–	0.46	–	–	–	–
Mn	0.58	0.62	0.31	/	–	–
	0.31	0.44	–	/	–	/
	0.46	–	0.38	/	–	–
	0.35	0.64	0.32	/	–	–
	0.42	0.43	0.33	0.49	–	–
Fe	0.48	0.78	–	/	–	0.35
	0.58	0.68	0.35	/	–	/
	0.45	0.48	0.53	/	–	–
	–	0.61	–	/	–	–
	0.49	0.66	0.47	0.54	–	0.5

TABLE 5.22 – Coefficients de corrélations entre polluants inorganiques, éléments majeurs et paramètres pédologique dans les 5 sous-jeux de données (deuxième partie)

Type de sol :
- Naturel Surface
- Naturel Profond
- Remblais Surface
- Remblais Profond
- Remblais Potagers

	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Sb	Zn
Corg	0.45 – – – –	– 0.58 – 0.34 –	– – 0.37 0.3 0.49	– – – – –	0.51 – 0.64 0.58 0.5	– – 0.42 – 0.45	0.61 0.34 0.39 0.67 0.4	0.35 / – – 0.36	– 0.33 0.31 0.43 –
Argile	– – – – –	– – – – –	0.47 0.39 0.31 – –	0.36 0.43 – – –	– 0.37 – −0.37 –	0.49 0.34 – – –	– – – −0.34 –	– / 0.32 – –	– 0.32 – – –
pH_KCl	– – – 0.52 –	– – – 0.36 –	0.3 – – 0.3 –	0.5 – – – –	0.44 – – 0.53 –	0.4 – – – –	– – – 0.53 –	– / – – –	– – – 0.36 –
pH_H2O	– 0.32 – 0.42 /	– – – – /	0.35 – – – /	0.48 – – 0.36 /	– – – 0.32 /	– – – – /	−0.3 0.31 – 0.31 /	−0.37 / – – /	– – – – /
Al	0.32 – – – 0.31	– – – – –	0.64 0.46 0.44 – 0.54	0.78 0.75 0.65 0.77 0.6	0.32 0.38 – – –	0.73 0.46 0.51 0.38 0.57	– 0.38 – – –	– / – – –	– 0.48 – – –
Ca	– 0.33 0.4 0.48 0.42	– – – 0.57 –	0.57 – 0.33 – 0.46	0.65 – 0.3 – 0.45	0.62 – 0.45 0.5 0.62	0.63 – 0.44 – 0.42	– – 0.37 0.75 0.57	– / – – 0.47	0.48 – 0.48 0.57 0.52
Mg	– – – – –	– – – – –	0.57 0.4 0.4 – 0.41	0.62 0.43 0.38 0.5 0.53	0.32 0.4 – – –	0.65 0.43 0.47 0.49 0.48	– – – – –	– / – – –	– – – 0.34 –
Mn	0.65 – 0.6 0.34 0.59	0.48 0.35 0.53 0.33 0.66	0.81 0.52 0.59 0.5 0.46	0.46 – 0.32 – –	0.47 0.31 0.35 – 0.43	0.7 0.37 0.41 0.36 0.43	0.44 0.63 0.53 – 0.39	– / – – 0.51	0.5 0.46 0.59 0.57 0.56
Fe	0.7 – 0.71 0.5 0.81	– – 0.39 – 0.42	0.79 0.75 0.76 0.66 0.8	0.64 0.66 0.44 0.45 0.56	0.64 0.77 0.44 0.35 0.59	0.81 0.82 0.74 0.72 0.77	0.33 0.74 0.41 – 0.48	– / – – 0.51	0.36 0.68 0.5 0.6 0.52

Polluants organiques

Constat général

Les corrélations entre les polluants organiques et les éléments majeurs sont généralement très faibles (tables 5.24 et 5.26). La seule exception est le Ca, avec lequel les corrélations sont généralement moyenne à faible pour les HAP, Tolu et HTP30a35 dans les remblais, probablement en raison de l'influence positive des déchets de construction sur ces différents paramètres (*cf.* paragraphe 5.1.3.6).

HAP

Les corrélations entre les différents HAP sont toujours positives et généralement très élevées (table 5.23). Les 12 HAP les plus lourds (c'est-à-dire présentant le plus grand nombre de cycles aromatiques : Phen, Ant, Fla, Pyr, BaA, Chrys, BbF, BkF, BaP, dDahA, BghiP, I123dcP) sont corrélés entre eux avec des coefficients de corrélations généralement proches de 1. Fle et Phen présentent des corrélations généralement élevées avec les autres HAP. Naph présente des corrélations moyennes avec les autres HAP pour tous les types de sol, à l'exception des remblais profonds pour lesquels Naph présente des corrélations élevées à très élevées avec les autres HAP. Les 12 HAP les plus lourds sont fortement corrélés à HAP10 et HAP16, avec des coefficients de corrélations généralement proches de 1. Les coefficients de corrélation entre Fle et HAP10, ainsi qu'entre Fle et HAP16 sont d'environ 0.9. Ceux de Ace avec HAP10 et HAP16 sont d'environ 0.7. Ceux de Naph avec HAP10 et HAP16 sont d'environ 0.5 pour les horizons de surface des sols et remblais, mais de 0.92 pour les horizons profonds des remblais.

Etant donné ces bonnes corrélations, seuls un HAP léger (Fle), un HAP lourd (dBahA) et la somme HAP16 sont considérés pour les comparaisons avec les autres paramètres.

Les corrélations entre les HAP et le pH ou l'argile sont généralement faibles ou très faibles. On remarque de faibles corrélations entre les HAP et pH KCl dans les horizons profonds des remblais, et de faibles corrélations négatives entre les HAP et l'argile dans ces mêmes horizons. On observe une faible corrélation positive entre les HAP et Corg. Toutes ces corrélations peuvent s'expliquer par l'influence des déchets de construction sur ces différents paramètres (*cf.* paragraphe 5.1.3.6).

Les corrélations entre les HAP et les autres polluants organiques sont généralement très faibles (*cf.* annexes). On observe cependant des corrélations moyennes entre Tolu et les HAP dans les horizons profonds des remblais, et des corrélations faibles dans les horizons de surface des remblais « non potager ». On observe aussi des corrélations généralement faibles entre HTP30a35 et les HAP.

Autres polluants organiques

Les corrélations entre polluants organiques autres que les HAP sont reprises à la table

5.25.

Tolu présente des corrélations moyennes avec Corg et pH KCl dans les horizons profonds des remblais. Tolu est aussi moyennement négativement corrélé avec l'argile dans ces mêmes sols. Dans les sols de remblais non-potager, Tolu présente de faibles corrélations négatives avec les huiles minérales de courte chaine carbonée (HTP10a12 et HTP12a16) et de faibles corrélations positives avec les huiles minérales à longue chaîne carbonée (HTP21a30 et HTP30a35). Les corrélations avec les cyanures (CN_tot et CN_lib) sont très faibles.

Les deux mesures de cyanures sont très bien corrélées. Les cyanures présentent aussi des corrélations faibles à moyennes avec IP dans les horizons de surface des sols naturels. Les cyanures et IP présentent généralement des corrélations faibles ou très faibles avec les propriétés pédologiques (Corg, pH et argile). On observe cependant des corrélations moyennes des cyanures et IP avec Corg dans les horizons de surface des sols naturels, et des corrélations négatives moyennes avec pH H20 dans ces mêmes sols.

Les différentes fractions d'huiles minérales sont généralement fortement autocorrélées. La seule exception est la fraction la plus légère C10 - C12 (HTP10a12) qui ne présente que des corrélations faibles ou très faibles avec les autres fractions et HTP_tot. Comme observé précédemment, les huiles minérales présentent généralement des corrélations très faibles avec les autres polluants organiques.

TABLE 5.23 – Coefficients de corrélations entre HAP dans les 5 sous-jeux de données

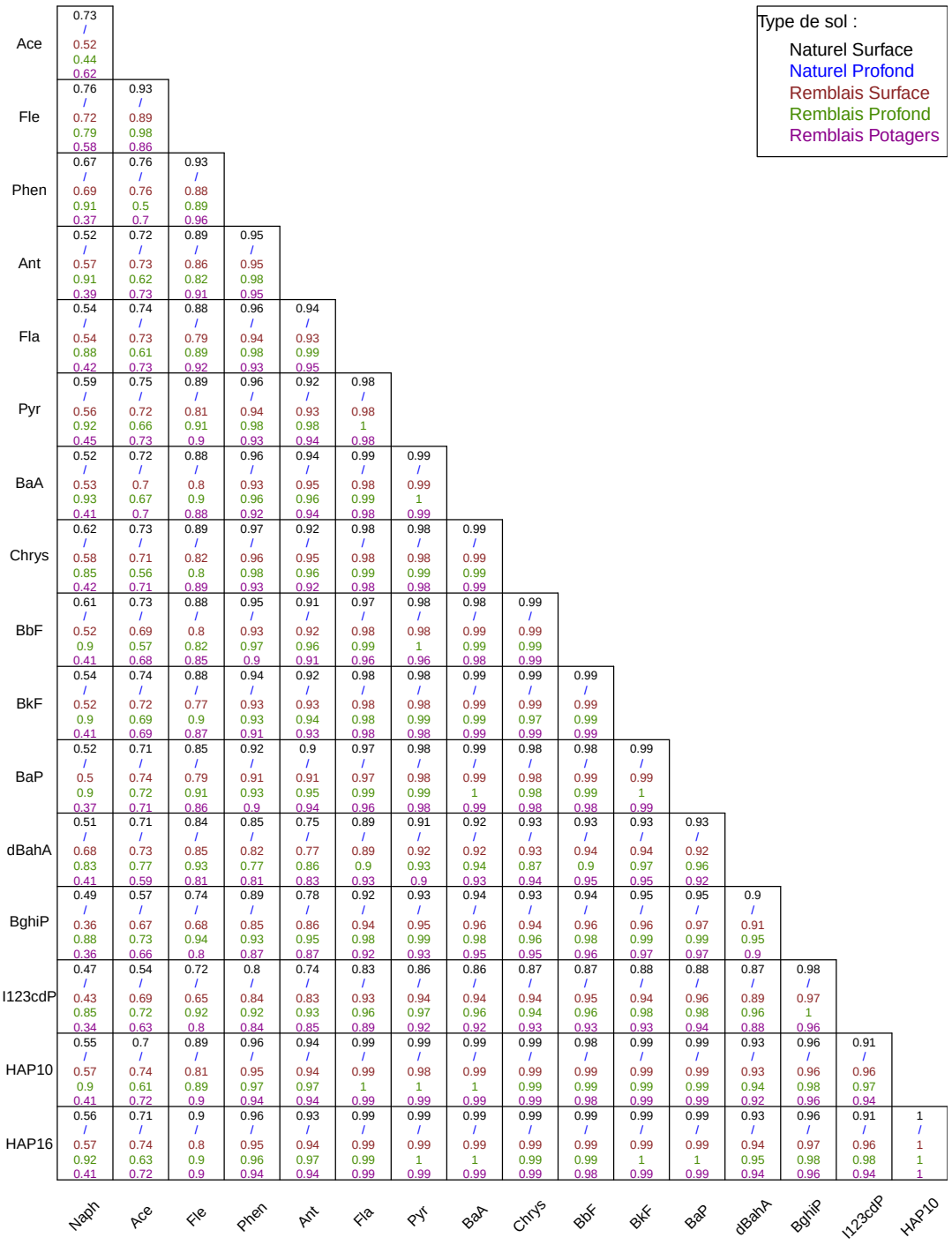


TABLE 5.24 – Coefficients de corrélations entre HAP, éléments majeurs et paramètres pédologique dans les 5 sous-jeux de données

Type de sol :
- Naturel Surface
- Naturel Profond
- Remblais Surface
- Remblais Profond
- Remblais Potagers

	Naph	Fle	dBahA	I123cdP	HAP16
Corg	– / – 0.52 –	0.44 / 0.3 0.43 0.31	0.36 / – 0.31 0.34	0.43 / – 0.39 0.35	0.51 / 0.33 0.61 0.42
Argile	– / – −0.39 –	– / – −0.38 –	– / – −0.34 –	– / −0.32 −0.35 –	– / – −0.41 –
pH_KCl	– / – 0.4 –	– / – 0.45 –	– / 0.37 0.38 –	– / 0.38 0.34 –	– / 0.37 0.53 –
pH_H2O	– / – – –	– / – 0.31 –	– / 0.35 0.3 –	– / 0.41 – –	– / 0.4 – –
Al	– / – – –	– / – – –	– / – – –	– / – −0.33 –	– / – – –
Ca	– / 0.45 0.6 –	– / 0.5 0.45 0.4	– / 0.61 0.48 0.54	0.32 / 0.55 0.45 0.49	0.36 / 0.61 0.66 0.49
Mg	– / – – –	– / – – –	– / – – –	– / – – –	– / – – –
Mn	– / – – –	– / – – –	– / 0.37 – –	– / – – –	– / 0.31 – –
Fe	– / – – –	– / – – 0.41	– / – – 0.48	– / 0.3 – 0.41	– / 0.43 – 0.46

TABLE 5.25 – Coefficients de corrélations entre polluants inorganiques autres que HAP dans les 5 sous-jeux de données

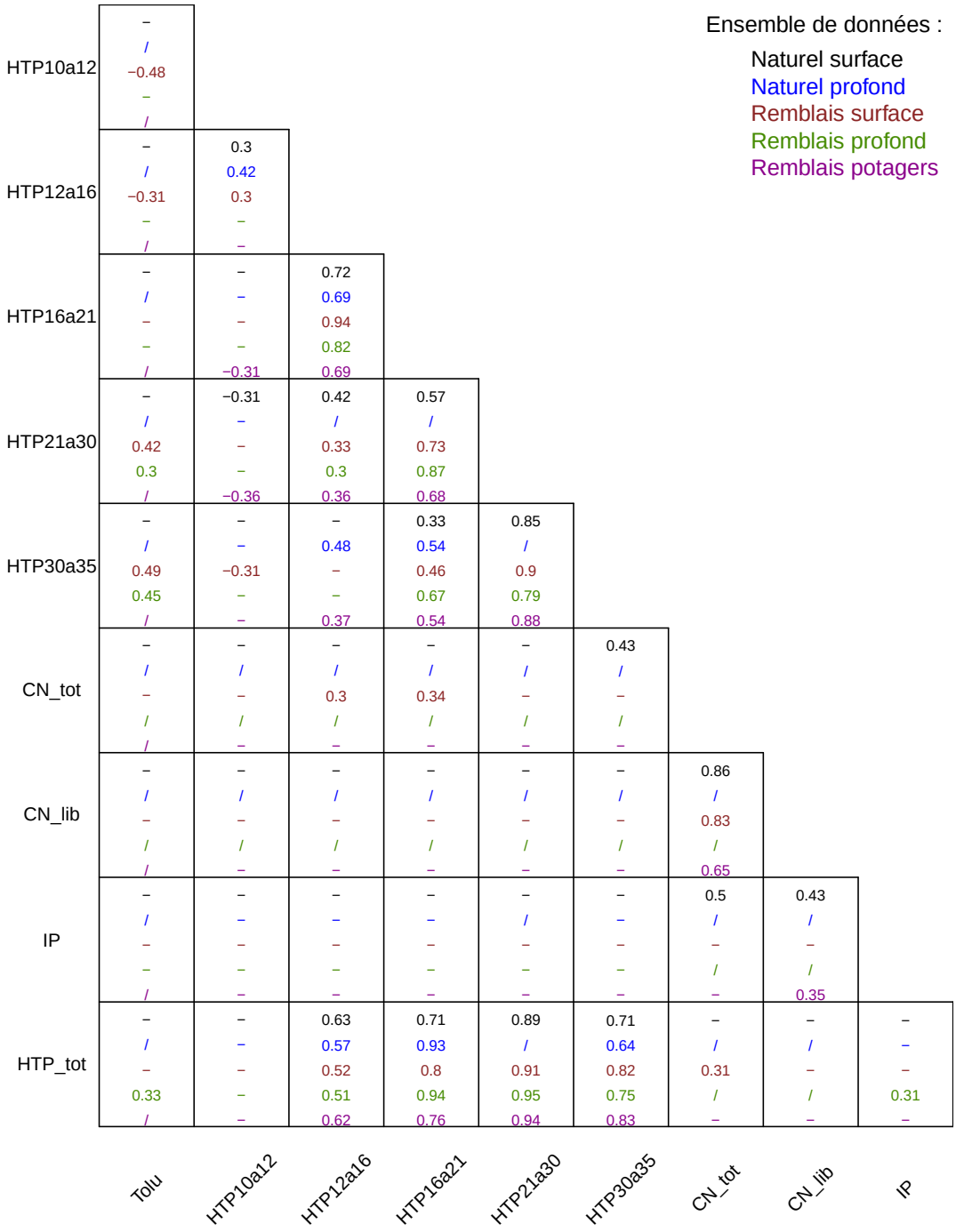


TABLE 5.26 – Coefficients de corrélations entre polluants inorganiques autres que HAP, teneurs en éléments majeurs et paramètre pédologiques dans les 5 sous-jeux de données

Type de sol :
- Naturel Surface
- Naturel Profond
- Remblais Surface
- Remblais Profond
- Remblais Potagers

	Tolu	HTP10a12	HTP12a16	HTP30a35	CN_tot	CN_lib	IP	HTP_tot
Corg	– / – 0.62 /	– – – – –	– – – – –	0.47 – – 0.32 0.31	0.71 / 0.37 / 0.32	0.5 / – / –	0.55 – – 0.35 0.47	– – – 0.39 0.32
Argile	– / – −0.33 −0.54 /	– – – – –	– – 0.36 – –	– – −0.36 −0.3 –	– / – – / –	– / – – / –	– – – – 0.33	– – – – –
pH_KCl	– / – 0.51 /	– – – – –	– – – – –	– – – 0.41 –	– / – / –	−0.32 / – / –	−0.42 – – – –	– 0.31 – – –
pH_H2O	– / – – – /	– – – – –	– – – 0.31 0.31 –	– – – – –	−0.56 / – / −0.31	−0.66 / – / −0.3	−0.64 – −0.31 – –	– – – – –
Al	– / – −0.34 /	– – – – –	– – – 0.31 – –	– – – – –	– / – / –	– / – / –	– – – – –	– – 0.35 – –
Ca	– / 0.46 0.5 /	– – −0.33 – –	– – – – –	0.45 – 0.64 0.41 –	– / – / 0.3	−0.37 / – / –	– – – – –	– – 0.48 0.48 –
Mg	– / – – – /	– – – – –	– – – – –	– – – – –	– / – / –	– / – / –	– – – – –	– – – – –
Mn	– / – – – /	– – – – –	– – – – –	– – – – –	– / – / –	– / – / –	– – – – –	– – – – –
Fe	– / – – – /	– – – – −0.34	– – – – –	– – – – –	– / – / –	– / – / –	– – – – –	– – – – –

5.1.3.8 Quels sont les principaux facteurs permettant d'expliquer la variabilité des données ?

A. Résultat des analyses factorielles effectuées avec les variables de type éléments traces, éléments majeurs et paramètres pédologiques

A.1 : « Naturel Surface » : horizons de surface des sols naturels
Dans les horizons de surface des sols naturels (figure 5.15) :

- le premier facteur, qui explique 25% de la variance, est très clairement corrélé aux concentrations en Fe, Mn, As, Co, Cr, Ni et Be. Ce premier facteur peut donc être associé à l'effet des teneurs en oxydes (et hydroxydes) de Fe et Mn.

- le deuxième facteur est corrélé aux concentrations en Corg, Hg, Pb, Sb, Sn, et Cu. Il peut être associé à l'effet combiné des retombées atmosphériques et de la matière organiques. Nous pourrions l'appeler « effet retombées en forêt ».

- le troisième facteur est corrélé au pH_KCl et aux concentrations en Ca, Ba et Cu. Nous pouvons l'interpréter comme l'effet « pH », mais ce dernier peut être indirectement lié à la présence de déchets de construction. En effet, le pH élevé peut favoriser la rétention des métaux dans le sol, mais pH, Ca et métaux peuvent tous résulter de la présence de déchets de construction (table 5.18).

- le quatrième facteur est corrélé aux concentrations de Cd et Zn et peut être interprété comme l'effet retombées, sans l'effet « matière organique ». Nous pourrions l'appeler « effet retombées hors forêt ».

- le cinquième facteur est corrélé aux teneurs en Al et Mg et dans une moindre mesure Ba, Be, Cr et Ni. Il pourrait représenter l'effet des « alumino-silicates ferromagnésiens » (uniquement ceux qui sont solubles dans l'eau régale).

.

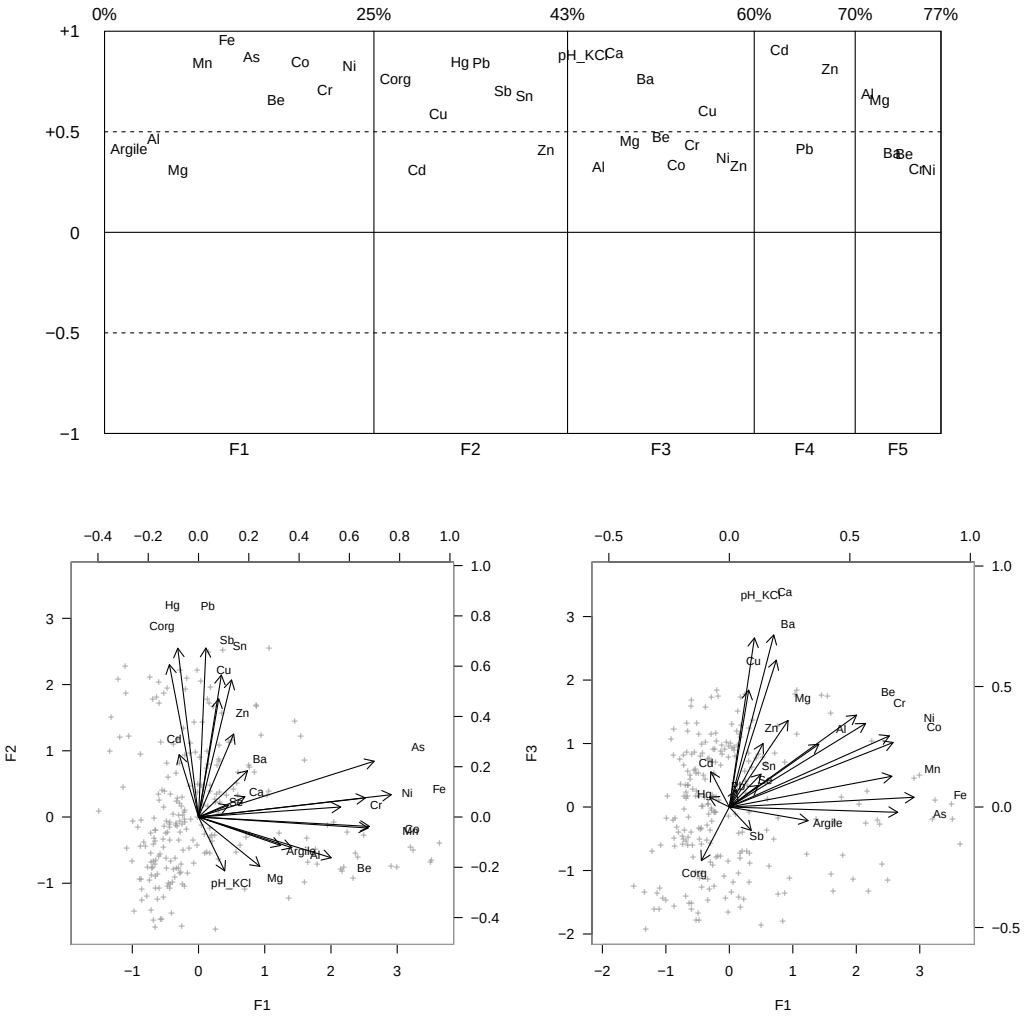


FIGURE 5.15 – Graphique de saturation factorielle (partie supérieure) et diagrammes de double projection (partie inférieure) des résultats de l'analyse en facteurs principaux robuste avec une rotation « Varimax » et 5 facteurs du sous-jeu de données comportant les horizons de surface des sols naturels avec les variables de type éléments traces, éléments majeurs et paramètres pédologiques.

A.2 « Naturel Profond » : Horizons profonds des sols naturels
Dans les horizons profonds des sols naturels (figure 5.16) :

- le premier facteur est corrélé principalement aux teneurs en Fe, As et Cr, et dans une moindre mesure à Be, Al, Ni, Pb, Co et Zn. Il pourrait représenter la teneur en Fer du substrat (oxydes + alumino-silicates ferro-magnésiens).

- le deuxième facteur est corrélé, bien qu'assez faiblement, à Corg, Mn, Cd, Co, Pb, Zn et Hg. Il représenterait l'effet « matière organique ». La présence de matière organique dans l'horizon profond d'un sol naturel peut être associée au processus de podzolization (non observé dans les sols de cette convention), au recouvrement naturels d'anciennes couches par des nouvelles (alluvions et colluvions), et à des substrats particuliers (ex : groupe n°65 ; table 5.14). Le lien entre le carbone et les métaux dans les sols alluviaux et colluviaux peut s'expliquer pas la capacité de rétention de la matière organique, ou par le fait que l'horizon provient d'un horizon de surface plus riche en carbone et en métaux.

- le troisième facteur est corrélé à la teneur en argile, Ba et Cu et pourrait représenter l'effet « argile ». Les minéraux argileux (phyllosilicates) pourraient être la source de Ba et Cu dans les sols naturels.

- le quatrième facteur est corrélé aux teneurs en Mg, Al, mais pas clairement corrélé aux ETM. Il représenterait la teneur en aluminosilicates ferro-magnésiens solubles à l'eau régale.

- le cinquième facteur est corrélé au pH et aux teneurs en Ca. Il pourrait être associé à l'effet « sol calcaire ». Seul Cu est faiblement corrélé à cet effet.

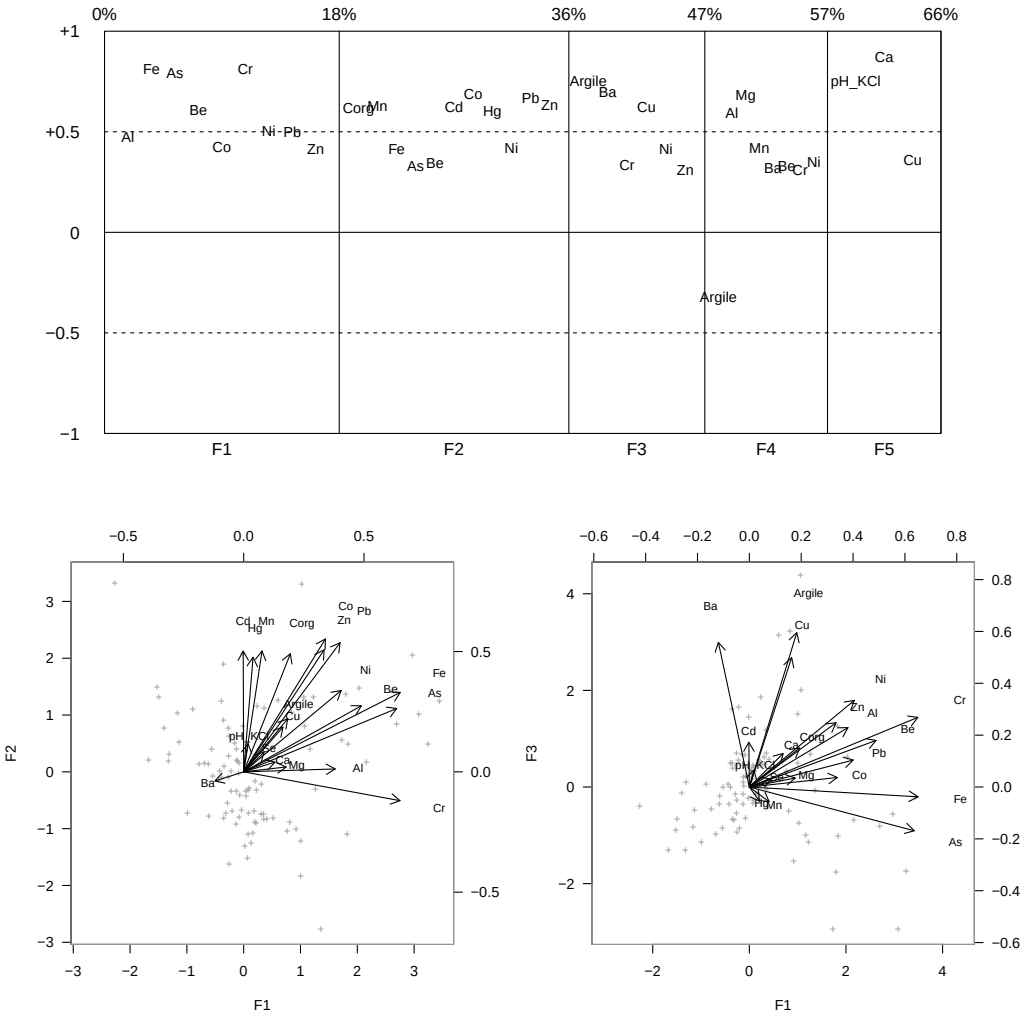


FIGURE 5.16 – Graphique de saturation factorielle (partie supérieure) et diagrammes de double projection (partie inférieure) des résultats de l'analyse en facteurs principaux robuste avec une rotation « Varimax » et 5 facteurs du sous-jeu de données comportant les horizons profonds des sols naturels avec les variables de type éléments traces, éléments majeurs et paramètres pédologiques.

A.3 « Remblais Surface » : horizons de surface des remblais hors potagers
Dans les horizons de surface des remblais hors potagers (figure 5.17) :

- le premier facteur est corrélé clairement à Ba, Cu, Corg et Sn et dans une moindre mesure à Be, Co, Hg, Ni et Pb. Cet effet, que l'on pourrait appeler « effet matière organique » pourrait s'expliquer de deux façons. Il est possible que la matière organique fixe certains de ces métaux, en particulier Pb, Hg et Cu. Il est possible également que ces métaux et la matière organiques soient associés à certaines sources de pollution, dont l'effet n'a pas pû être détecté dans le paragraphe consacré aux charges technogénique (exemple : particules très fines telles que les suies).

- le deuxième facteur est corrélé aux teneurs en Cd, Zn, Pb, Sb et As et peut être associé aux retombées atmosphériques.

- le troisième facteur est corrélé aux teneurs en Fe, Mn, Co, Ni et As et représenterait l'effet de la teneur en oxydes de fer. Ces oxydes de fer peuvent provenir du substrat naturel, mais aussi de déchets métallurgiques. Nous n'avons pas observé de lien entre ces métaux et les scories autres que les mâchefers (table 5.17). Toutefois, d'autres déchets métallurgiques (poussières, condensats, projections) peuvent également se retrouver dans la fraction non caillouteuse, comme le suggère la présence des billes et fragments métalliques dans la fraction granulométrique sableuse de certains sols de remblais dans les zones de CH et SE (figure 5.18).

- le quatrième facteur est corrélé au pH et aux teneurs en Ca et Mg. Il représente donc la teneur en matériaux basiques (calcaire, ciments, dolomie, etc.).

- le cinquième facteur est corrélé à Al et Se, et dans une moindre mesure à Cr, Ni, Be, Mg et Co. Il représenterait la teneur en aluminosilicates magnésiens solubles à l'eau régale.

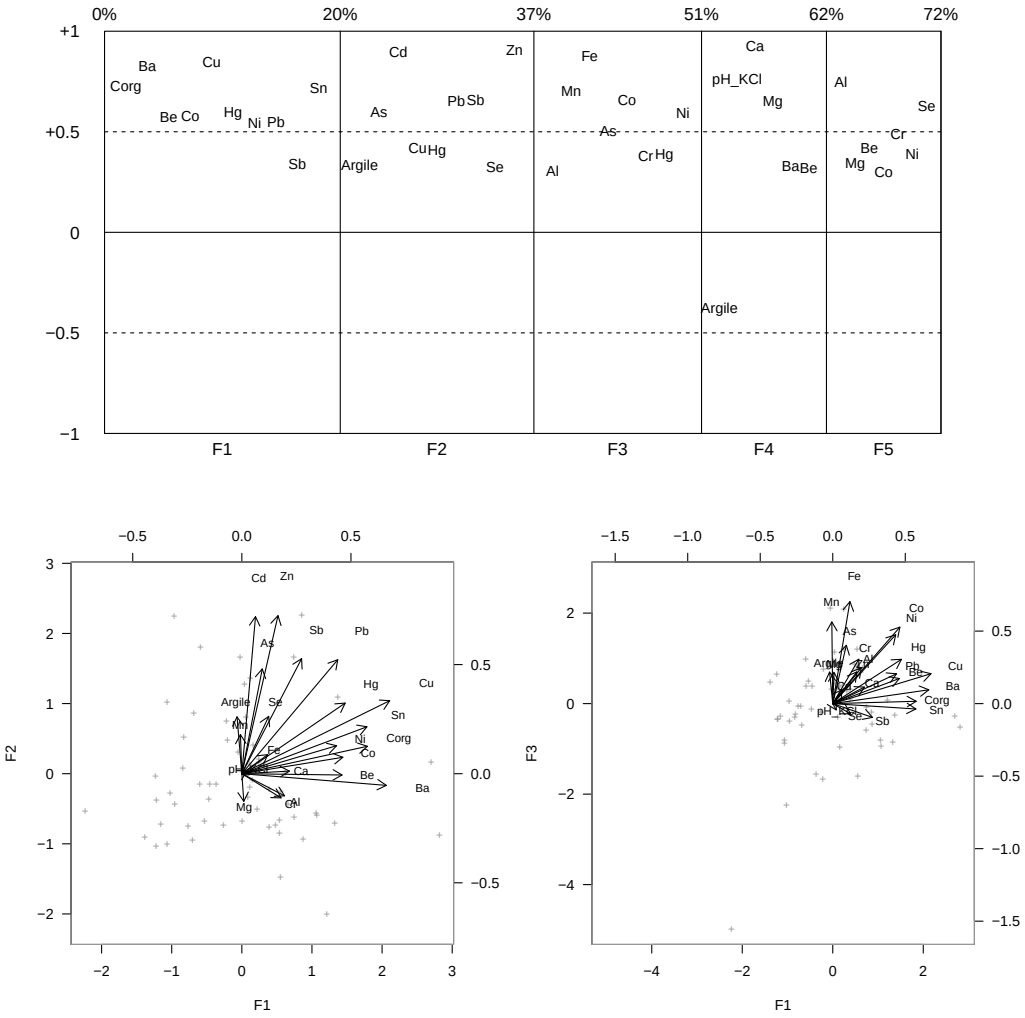


FIGURE 5.17 – Graphique de saturation factorielle (partie supérieure) et diagrammes de double projection (partie inférieure) des résultats de l'analyse en facteurs principaux robuste avec une rotation « Varimax » et 5 facteurs du sous-jeu de données comportant les horizons de surface des remblais avec les variables de type éléments traces, éléments majeurs et paramètres pédologiques.

FIGURE 5.18 – Exemplaires de billes et fragments métalliques microscopiques observés dans un sol de remblais de Charleroi (les billes ont été extraites du sol à l'aide d'un aimant ; le contact de l'aimant les a rendu magnétiques, d'où leur disposition en chapelet)

A.4 « Remblais Profonds » : horizons profonds des remblais
Dans les horizons profonds des remblais (figure5.19) :

- le premier facteur est corrélé aux teneurs en Ca, Corg, Ba, Cu, Pb et au pH_KCl. Les horizons profonds des remblais sont la seule catégorie d'échantillons où l'on observe des corrélation entre Corg, pH et Ca (table 5.19). Cette corrélation est probablement liée à leur lien commun avec les déchets de construction typiques (table 5.18). Ce premier facteur peut donc être associé à un effet « déchets de construction ».

- le deuxième facteur est corrélé aux teneurs en Fe, Co, Ni et Be et représenterait l'effet de la teneur en oxydes de fer. Ces oxydes de fer peuvent provenir du substrat naturel, mais également des déchets métallurgiques. Nous n'avons pas observé de lien entre ces métaux et les scories autres que les mâchefer (table 5.17). Toutefois, d'autres déchets métallurgiques (poussières, condensats, projections) peuvent également se retrouver dans la fraction non caillouteuse, comme le suggère la présence des billes et fragments métalliques dans la fraction granulométrique sableuse de certains sols de remblais dans les zones de CH et SE (figure 5.18).

- le troisième facteur est principalement corrélé aux teneurs en Cd, mais également Sb, Sn, Zn, Pb, Hg et As. Il serait associé aux retombées atmosphériques. L'importance d'un tel effet dans les horizons profonds s'explique par l'utilisation d'horizons de surface contaminés comme matériaux de remblais en profondeur.

- le quatrième facteur est corrélé à Al et Mg, et dans une moindre mesure à Cr et Se. Il représenterait la teneur en aluminosilicates magnésiens solubles à l'Eau régale.

- le cinquième facteur est corrélé à Cr et As. Nous n'avons pas trouvé d'interprétation à ce facteur, d'autant plus qu'il contribue très peu à l'explication de la variance.

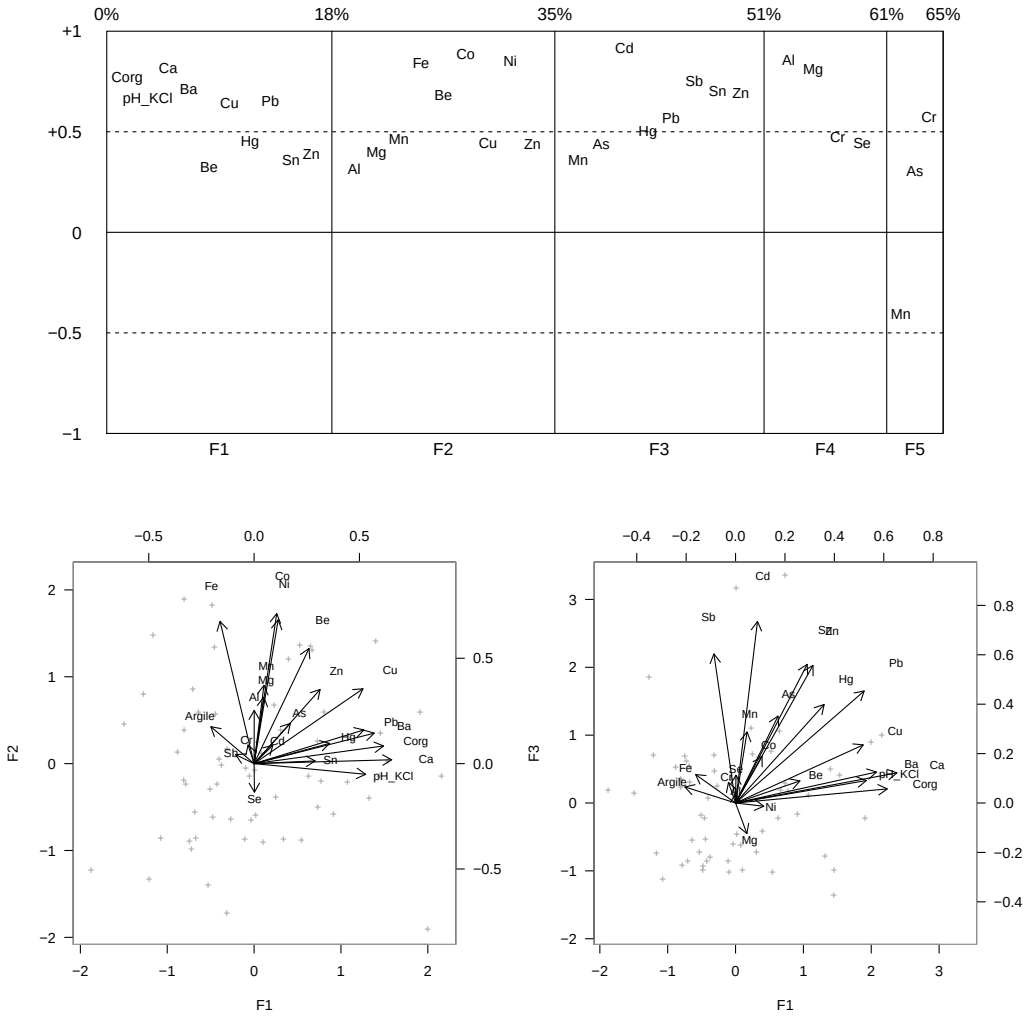


FIGURE 5.19 – Graphique de saturation factorielle (partie supérieure) et diagrammes de double projection (partie inférieure) des résultats de l'analyse en facteurs principaux robuste avec une rotation « Varimax » et 5 facteurs du sous-jeu de données comportant les horizons profonds des remblais avec les variables de type éléments traces, éléments majeurs et paramètres pédologiques.

A.5 « Remblais Potagers » : remblais en potager

Dans les remblais en potager (figure5.20) :

- le premier facteur est bien corrélé aux teneurs en Ba, Cu, Sn, Hg, Pb, Co et faiblement corrélés aux teneurs en Corg, Ni, Zn, Ca, As, Mo, Be, Sb, Cr et Fe. Ce facteur est assez comparable au premier facteur des horizons de surface des remblais hors potagers et des horizons profonds des remblais, sauf que l'on n'observait pas de corrélation avec Ca dans le premier cas ni avec Fe dans les deux cas. La corrélation avec Corg y est en outre assez faible. Il est donc probable que cet effet soit lié à la présence de charges technogéniques (artefacts). Il pourrait s'agir de déchets de construction comme dans les 2 cas précédents ou de cendres de combustion du charbon. Vu que les relations quantitatives avec les charges technogéniques n'ont pas été étudiées pour ce groupe d'échantillons, nous qualifions cet effet de « technogénique ».

- le second facteur est fortement corrélé aux teneurs en Cd, bien corrélé à Mn, Zn, Sb, As et faiblement corrélé à Fe, Pb, Mo et Cu. Il pourrait être associé aux retombées atmosphériques, mais aucun lien entre le fer est les retombées atmosphériques n'a été mis en évidence dans un autre sous-jeu de donnée. Il pourrait s'agir également de déchets métallurgiques de faible taille, tels les billes et fragments des métalliques microscopique observées dans la fraction granulométrique sableuse de certains sols de remblais des zones de CH et SE (figure 5.18).

- le troisième facteur est corrélé à Al, Mg, Be, Fe, Ni, Co et Cr. Il représenterait la teneur en aluminosilicates magnésiens solubles à l'eau régale, dont l'effet sur ces mêmes métaux a été observé dans d'autres catégories d'échantillons.

- le quatrième facteur est corrélé à Ca et pH. Il représenterait l'effet « calcaire » ou « amendement » et n'explique qu'un faible pourcentage de la variabilité.

- le cinquième facteur est lié à la matière organique et n'explique qu'un faible pourcentage de la variabilité.

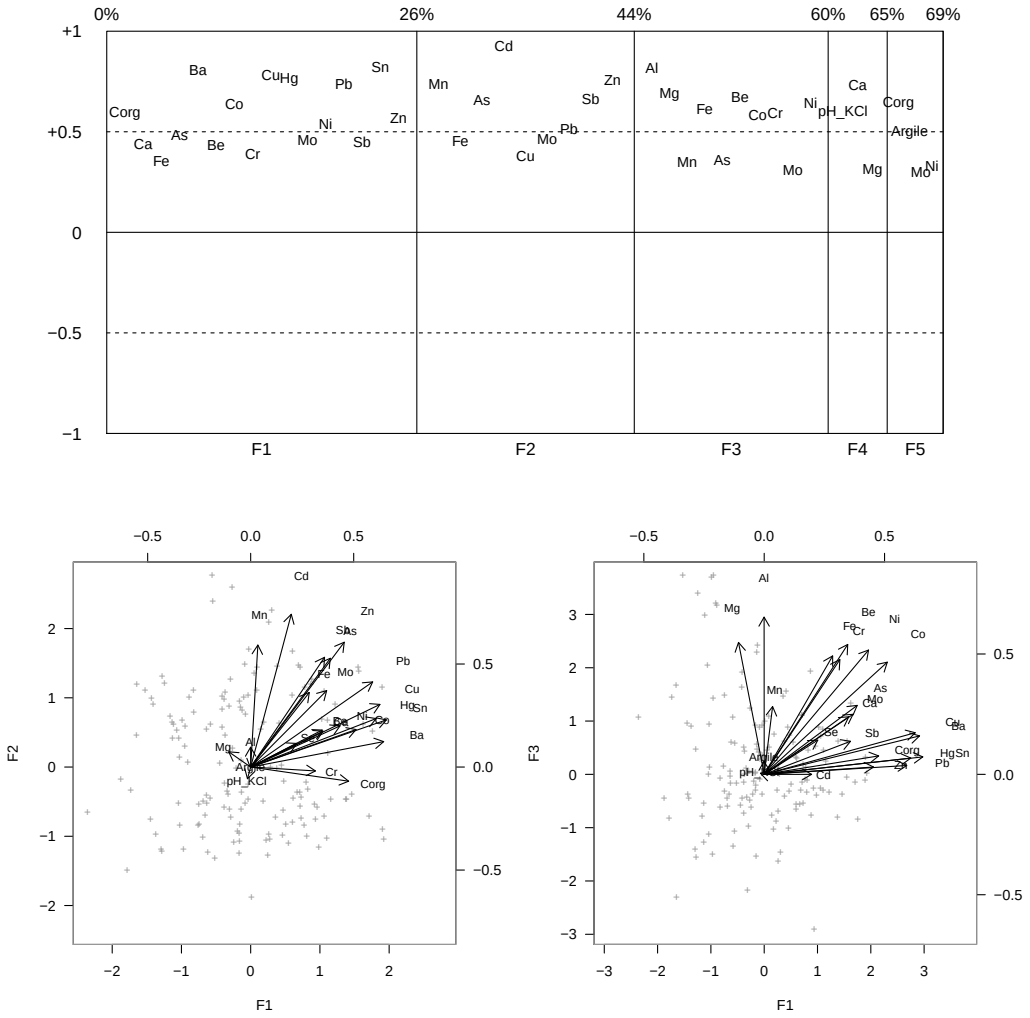


FIGURE 5.20 – Graphique de saturation factorielle (partie supérieure) et diagrammes de double projection (partie inférieure) des résultats de l'analyse en facteurs principaux robuste avec une rotation « Varimax » et 5 facteurs du sous-jeu de données comportant les remblais de type « potagers » avec les variables de type éléments traces, éléments majeurs et paramètres pédologiques.

B. Résultat des analyses factorielles effectuées avec les variables de type polluants organiques et paramètres pédologiques

B.1 « Naturel Surface » : horizons de surface des sols naturels

Dans les horizons de surface des sols naturels (figure 5.21), chaque facteur est corrélé à une classe de polluant déterminée, à l'exception du facteur 2 qui est lié simultanément aux CN, IP et Corg. Ce facteur représente probablement l'effet « matière organique », lui-même associé à l'effet « forêt ».

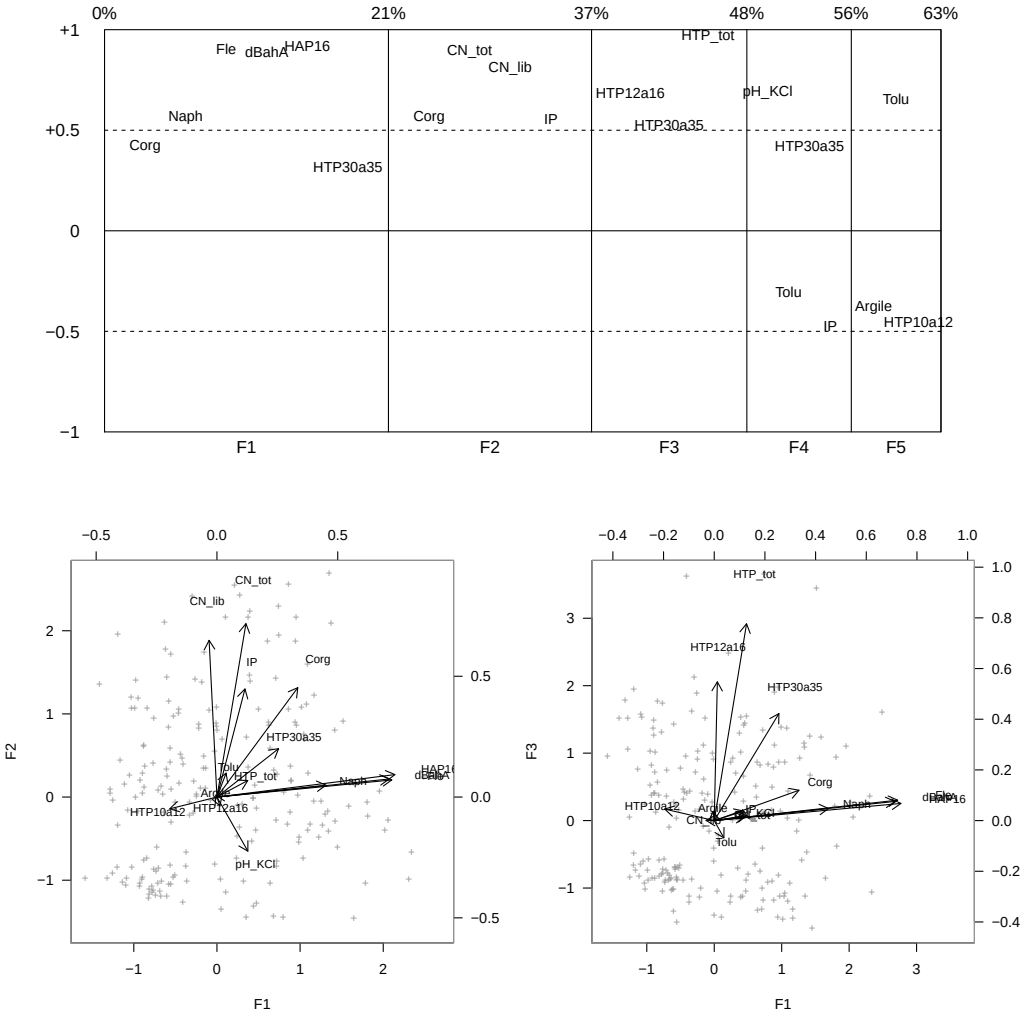


FIGURE 5.21 – Graphique de saturation factorielle (partie supérieure) et diagrammes de double projection (partie inférieure) des résultats de l'analyse en facteurs principaux robuste avec une rotation « Varimax » et 5 facteurs du sous-jeu de données comportant les horizons de surface des sols naturels avec les variables de type polluants organiques et paramètres pédologiques.

B.2 « Naturel Profond » : horizons profonds des sols naturels

Dans les horizons profonds des sols naturels (figure 5.22), seuls les HTP ont été inclus dans l'analyse. Les HTP lourds et légers sont sont liés respectivement aux facteurs 1 et 2.

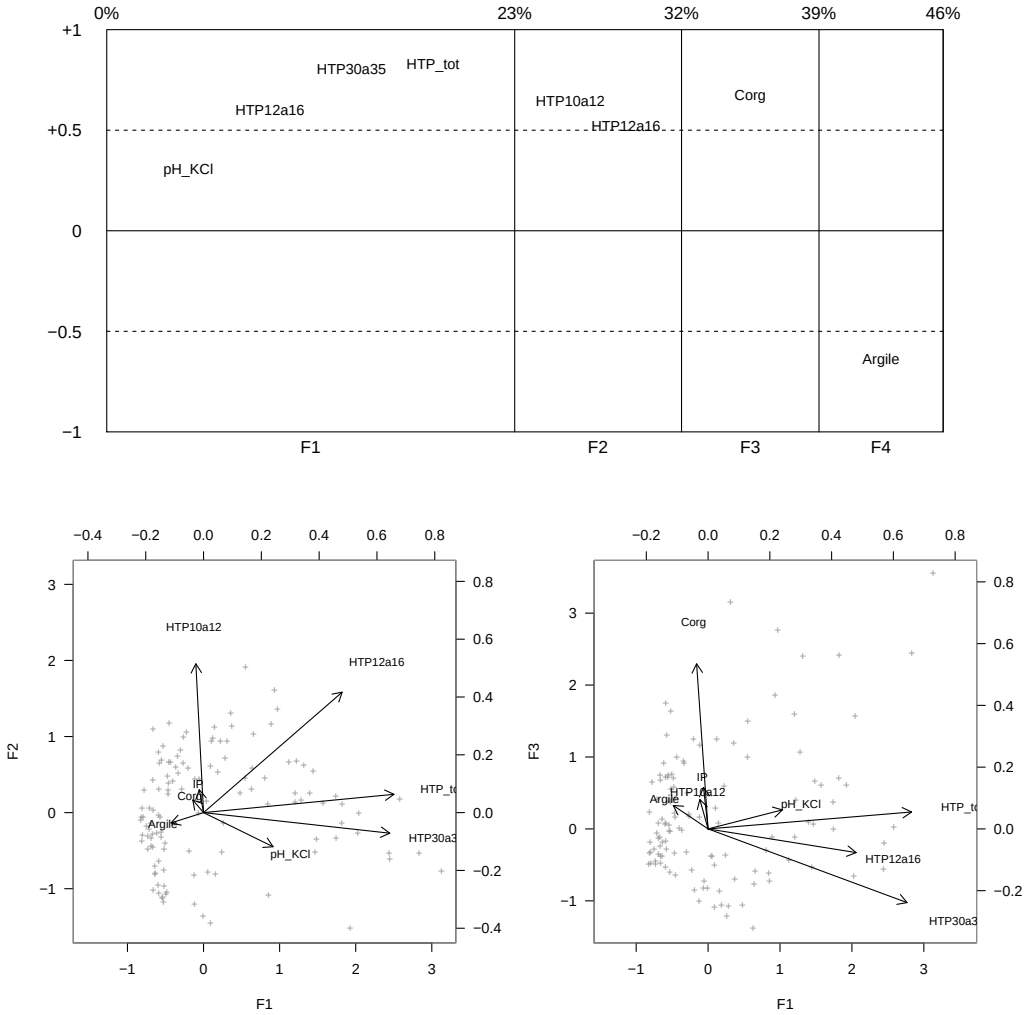


FIGURE 5.22 – Graphique de saturation factorielle (partie supérieure) et diagrammes de double projection (partie inférieure) des résultats de l'analyse en facteurs principaux robuste avec une rotation « Varimax » et 5 facteurs du sous-jeu de données comportant les horizons profonds des sols naturels avec les variables de type polluants organiques et paramètres pédologiques.

B.3 « Remblais Surface » : horizons de surface des remblais

Dans les horizons de surface des remblais (figure 5.23), chaque facteur est corrélé à une classe de polluant déterminée, y compris IP. Les paramètres les mieux associés à Corg sont les CN.

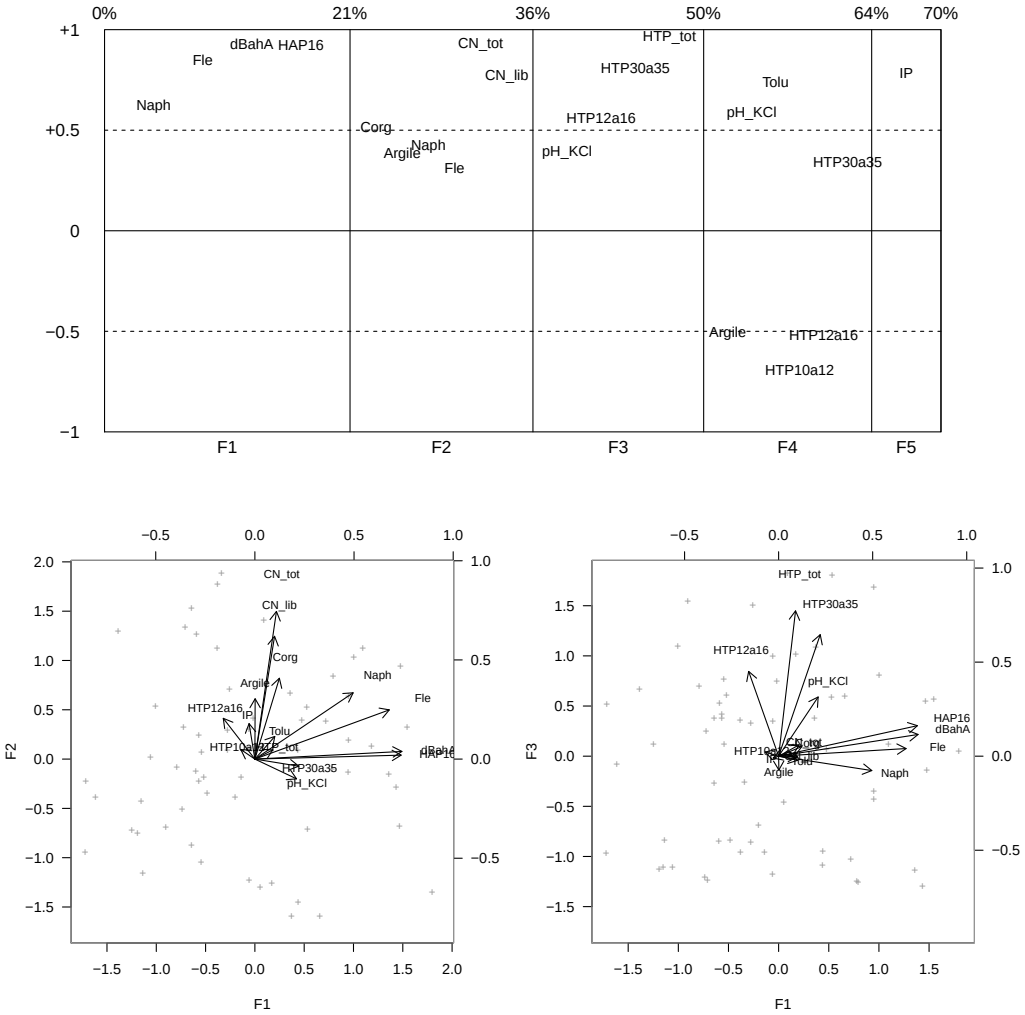


FIGURE 5.23 – Graphique de saturation factorielle (partie supérieure) et diagrammes de double projection (partie inférieure) des résultats de l'analyse en facteurs principaux robuste avec une rotation « Varimax » et 5 facteurs du sous-jeu de données comportant les horizons de surface des remblais avec les variables de type polluants organiques et paramètres pédologiques.

B.4 « Remblais Profond » : horizons profonds des remblais

Dans les horizons profonds des remblais (figure 5.24), chaque facteur est corrélé à une classe de polluant déterminée, sauf CN qui n'est lié à aucun des 4 facteurs.

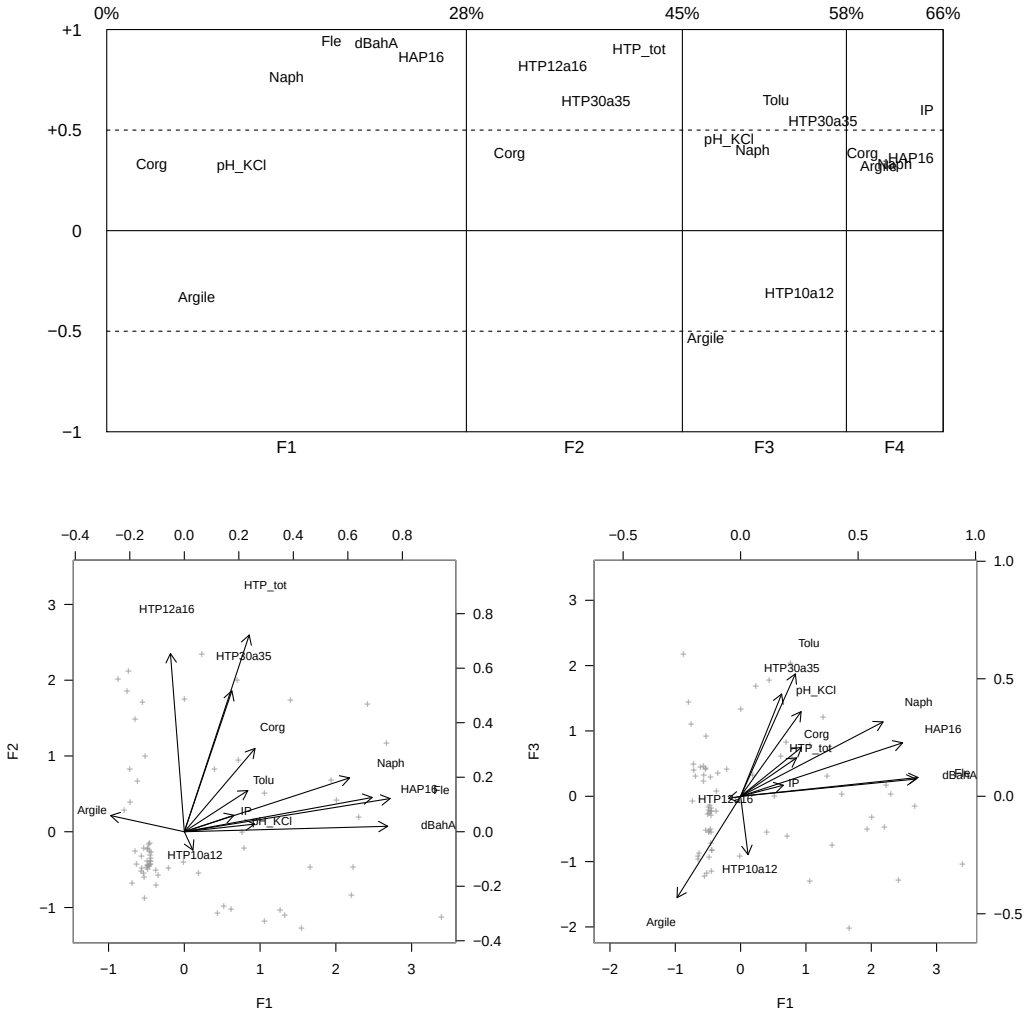


FIGURE 5.24 – Graphique de saturation factorielle (partie supérieure) et diagrammes de double projection (partie inférieure) des résultats de l'analyse en facteurs principaux robuste avec une rotation « Varimax » et 5 facteurs du sous-jeu de données comportant les horizons profonds des remblais avec les variables de type polluants organiques et paramètres pédologiques.

B.5 « Remblais Potager » : horizons de surface des remblais en potagers

Dans les horizons de surface des remblais en potagers (figure 5.25), chaque facteur est corrélé à une classe de polluant déterminée, y compris IP. Le paramètre le mieux associé à Corg est IP.

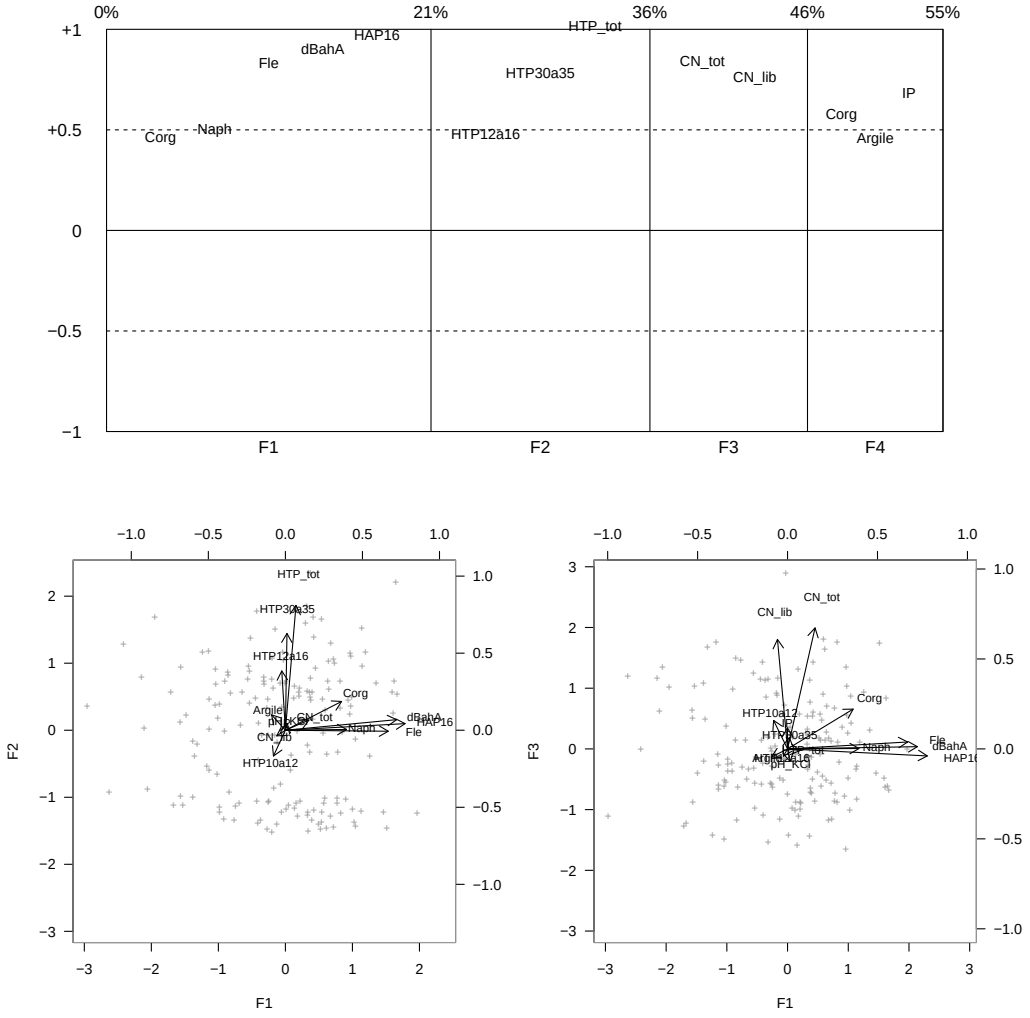


FIGURE 5.25 – Graphique de saturation factorielle (partie supérieure) et diagrammes de double projection (partie inférieure) des résultats de l'analyse en facteurs principaux robuste avec une rotation « Varimax » et 5 facteurs du sous-jeu de données comportant les remblais de type « potagers » avec les variables de type polluants organiques et inorganiques.

Ces observations suggèrent que CN et IP sont fortement liés entre eux et à la matière organique. Les autres paramètres présentent des comportements distincts, sans lien avec les éléments majeurs ni les paramètres pédologiques.

C. Résultat des analyses factorielles effectuées avec les variables de type ETM et polluants organiques

C.1 « Naturel Surface » : horizons de surface des sols naturels

Dans les horizons de surface des sols naturels (figure5.26) :

- le premier facteur est lié aux ETM contrôlés essentiellement par la teneur en fer dans le sol (Co, Ni, Be, Cr et As).

- le deuxième facteur est associé aux ETM contrôlés principalement par les retombées atmosphériques et la matière organique (Cd, Pb, Zn, Cu, Hg, Sb, Sn et Ba)

- le troisième facteur est associé aux HAP

- le quatrième facteur est corrélé aux CN et IP, et peut être associé à l'effet « forêt »

- le cinquième facteur est associé aux HTP

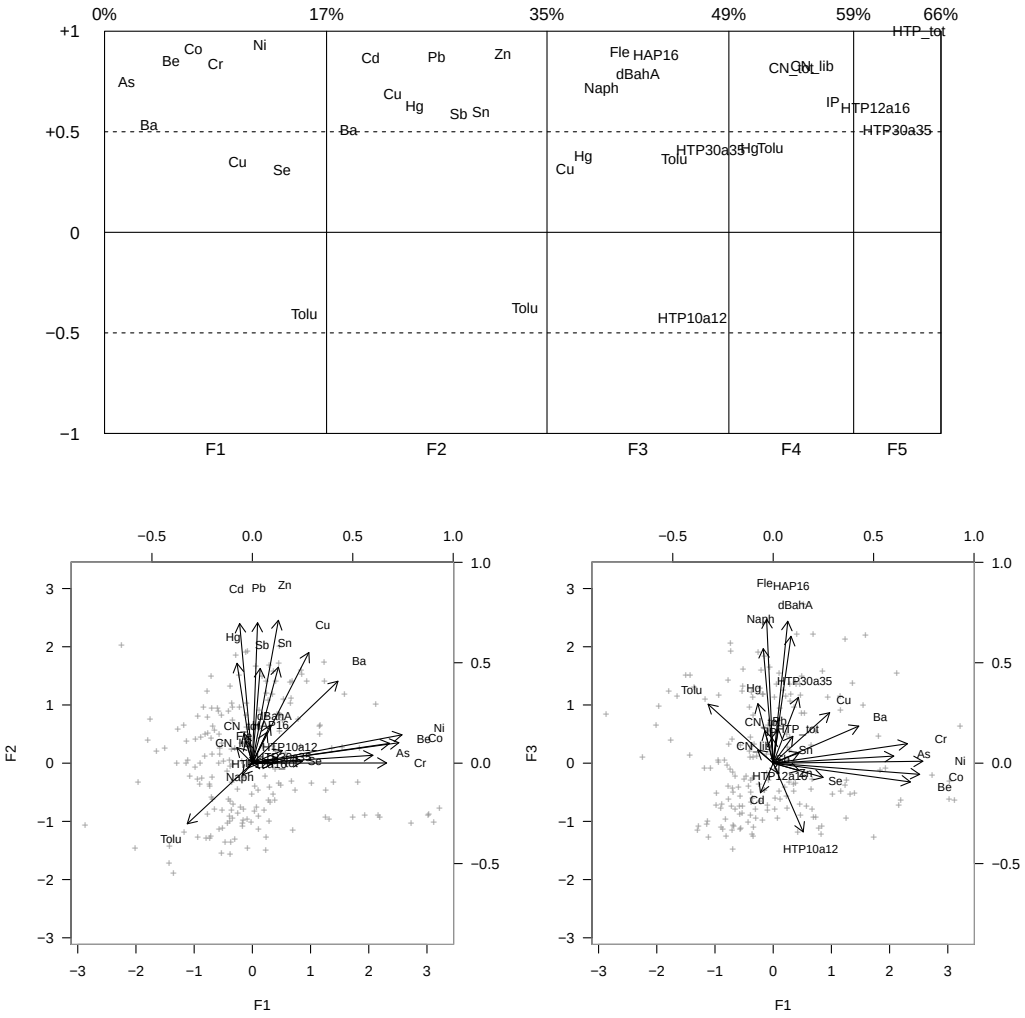


FIGURE 5.26 – Graphique de saturation factorielle (partie supérieure) et diagrammes de double projection (partie inférieure) des résultats de l'analyse en facteurs principaux robuste avec une rotation « Varimax » et 5 facteurs du sous-jeu de données comportant les horizons de surface des sols naturels avec les variables de type polluants organiques et inorganiques.

C.2 « Naturel Profond » : horizons profonds des sols naturels

Parmi les polluants organiques, seuls les HTP ont été étudiés dans ce jeu de données, vu l'abondance de valeurs <LQ pour les autres polluants.

Dans les horizons profonds des sols naturels (figure5.27), :

- le premier facteur est lié aux ETM contrôlés essentiellement par la teneur en fer dans le sol (Ni, Cr, Co, Be), ou aux argiles (Ba et Cu). Il peut être qualifié d'effet « minéralogique » ; aucun polluant organique n'y est lié.

- le deuxième facteur est lié aux HTP lourds

- le troisième est lié à Cd et Hg

- le quatrième facteur est lié à Pb

- le cinquième facteur représente les HTP légers.

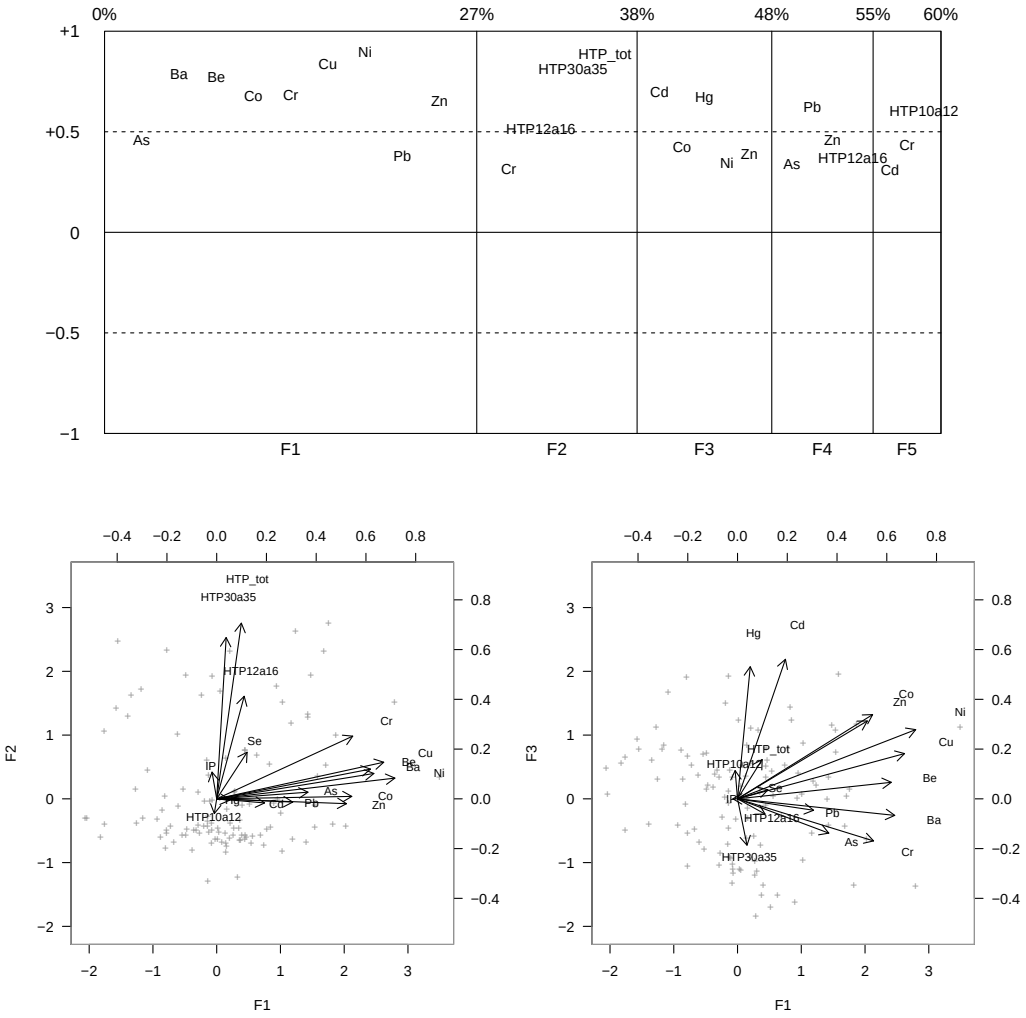


FIGURE 5.27 – Graphique de saturation factorielle (partie supérieure) et diagrammes de double projection (partie inférieure) des résultats de l'analyse en facteurs principaux robuste avec une rotation « Varimax » et 5 facteurs du sous-jeu de données comportant les horizons profonds des sols naturels avec les variables de type polluants organiques et inorganiques.

C.3 « Remblais Surface » : horizons de surface des remblais hors potagers
Dans les horizons de surface des remblais hors potagers (figure 5.28) :

- le premier facteur est associé aux ETM
- le deuxième facteur est associé aux HAP
- le troisième facteur est associé aux CN ainsi que HTP12a16
- le quatrième facteur est associé à Tolu et HTP30a35

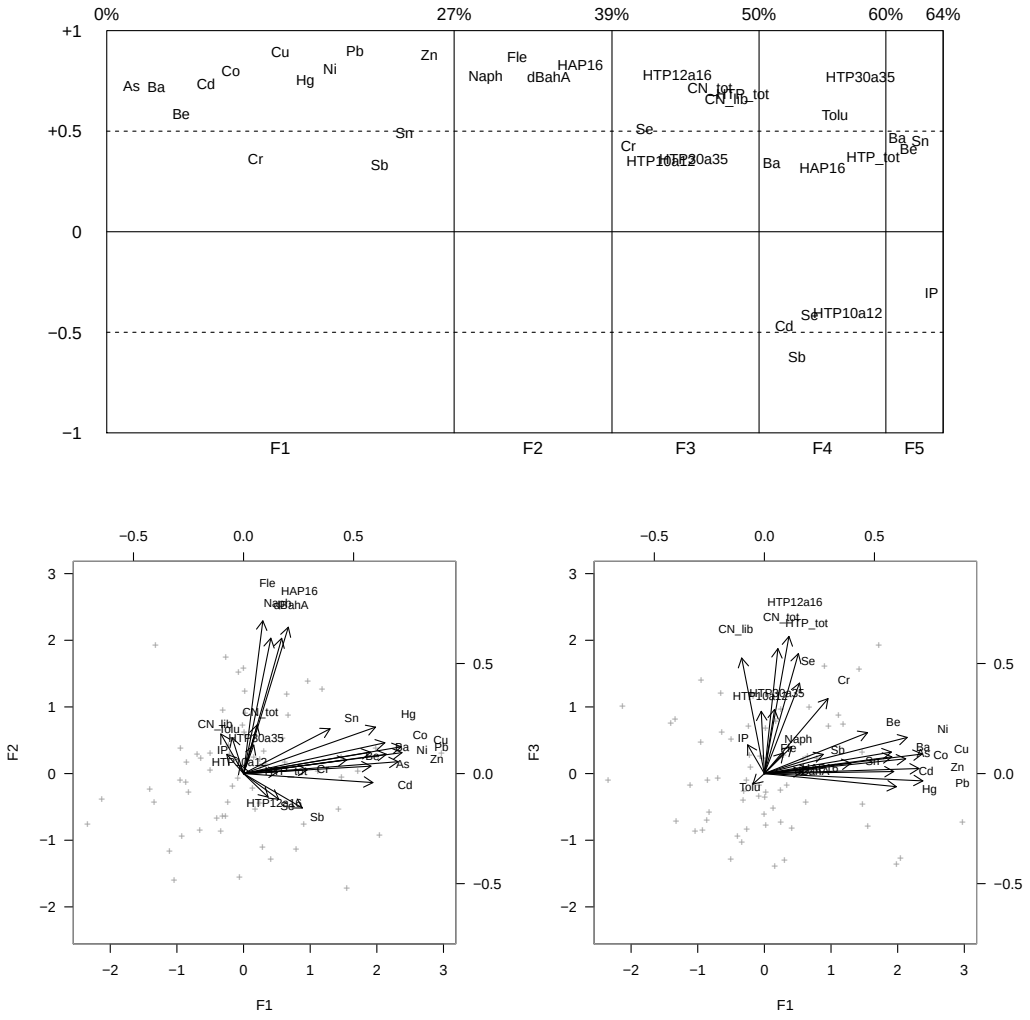


FIGURE 5.28 – Graphique de saturation factorielle (partie supérieure) et diagrammes de double projection (partie inférieure) des résultats de l'analyse en facteurs principaux robuste avec une rotation « Varimax » et 5 facteurs du sous-jeu de données comportant les horizons de surface des remblais avec les variables de type polluants organiques et inorganiques.

C.4 « Remblais Profond » : horizons profonds des remblais

Dans les horizons profonds des remblais (figure 5.29),

- le premier facteur est associé aux HAP

- le deuxième facteur est associé aux ETM contrôlés essentiellement par la teneur en fer dans le sol (Ni, Co et Be), mais également par la présence de déchets de construction (Cu, Ba, Pb, Zn) (table 5.18).

- le troisième facteur est associé aux ETM contrôlés essentiellement pas les retombées atmosphériques (Cd, Sn, Hg, Pb, Sb et Zn) (cf paragraphe 5.1.3.8).

- le quatrième facteur est associé aux HTP.

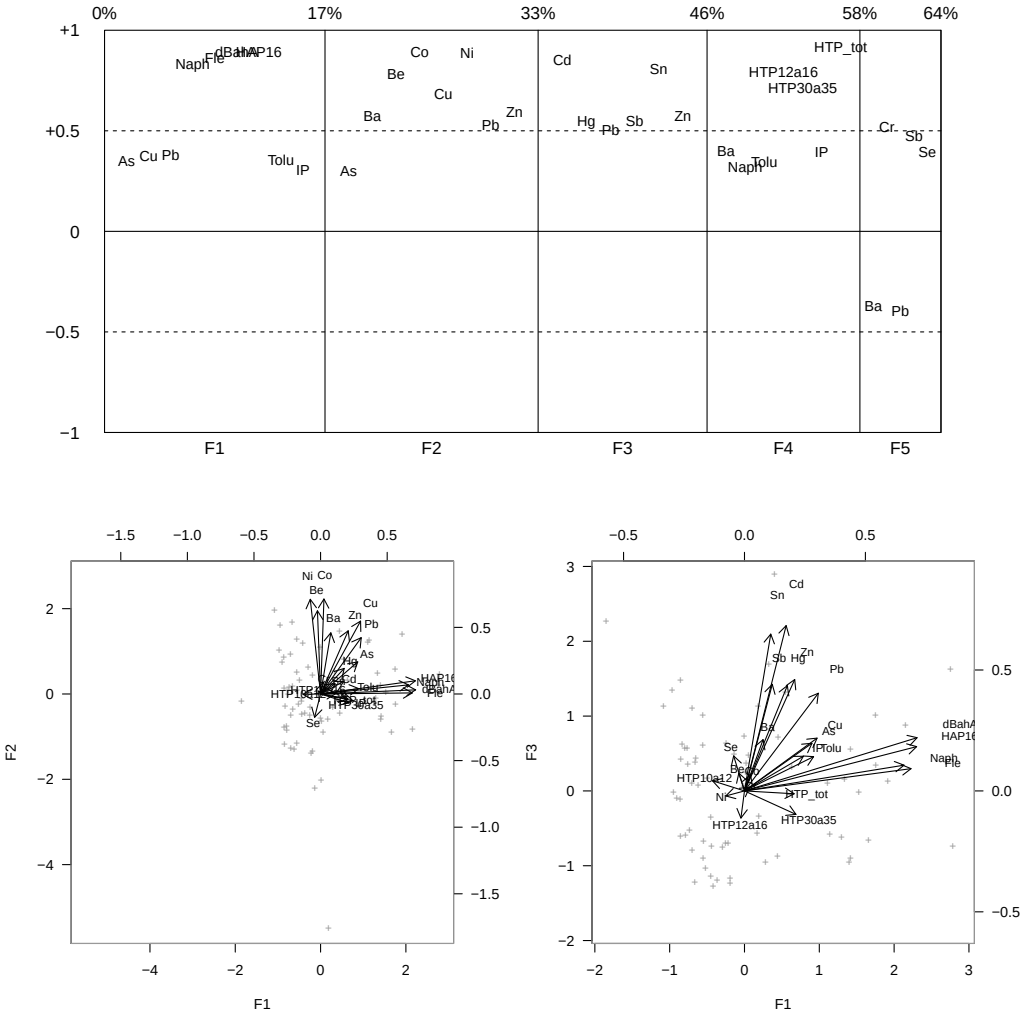


FIGURE 5.29 – Graphique de saturation factorielle (partie supérieure) et diagrammes de double projection (partie inférieure) des résultats de l'analyse en facteurs principaux robuste avec une rotation « Varimax » et 5 facteurs du sous-jeu de données comportant les horizons profonds des remblais avec les variables de type polluants organiques et inorganiques.

C.5 « Remblais Potager » : horizons de surface des remblais en potagers
Dans les horizons de surface des « remblais potagers » (table 5.30) :

- le premier facteur est corrélé à Cd, Zn, Pb, As, Cu, Hg, Sb, Sn, Mo et Ba. Il peut être associé à un effet « pollution », incluant les retombées atmosphériques (Cd, Zn, ...) mais également la pollution liée à l'apport de substrats technogéniques (As, Ba, Cu).

- le deuxième facteur est associé aux ETM contrôlés essentiellement par la teneur en fer dans le sol (Ni, Co, Cr, Be et Mo), mais également aux argiles (Cu, Ba). Il peut être qualifié d'effet « minéralogique ».

- le troisième facteur est associé aux HAP.

- le quatrième facteur est associé aux HTP.

- le cinquième facteur est associé aux CN.

Dans ces 5 sous-jeux de données, les polluants organiques et les ETM sont clairement associés à des facteurs distincts, suggérant qu'il existe peu de similitudes entre les mécanismes de contrôle de ces différents polluants. De même, parmi les polluants organiques, les HTP, HAP et CN ne sont jamais associés aux mêmes facteurs. Par contre, IP et CN sont associés dans les horizons de surface des sols naturels.

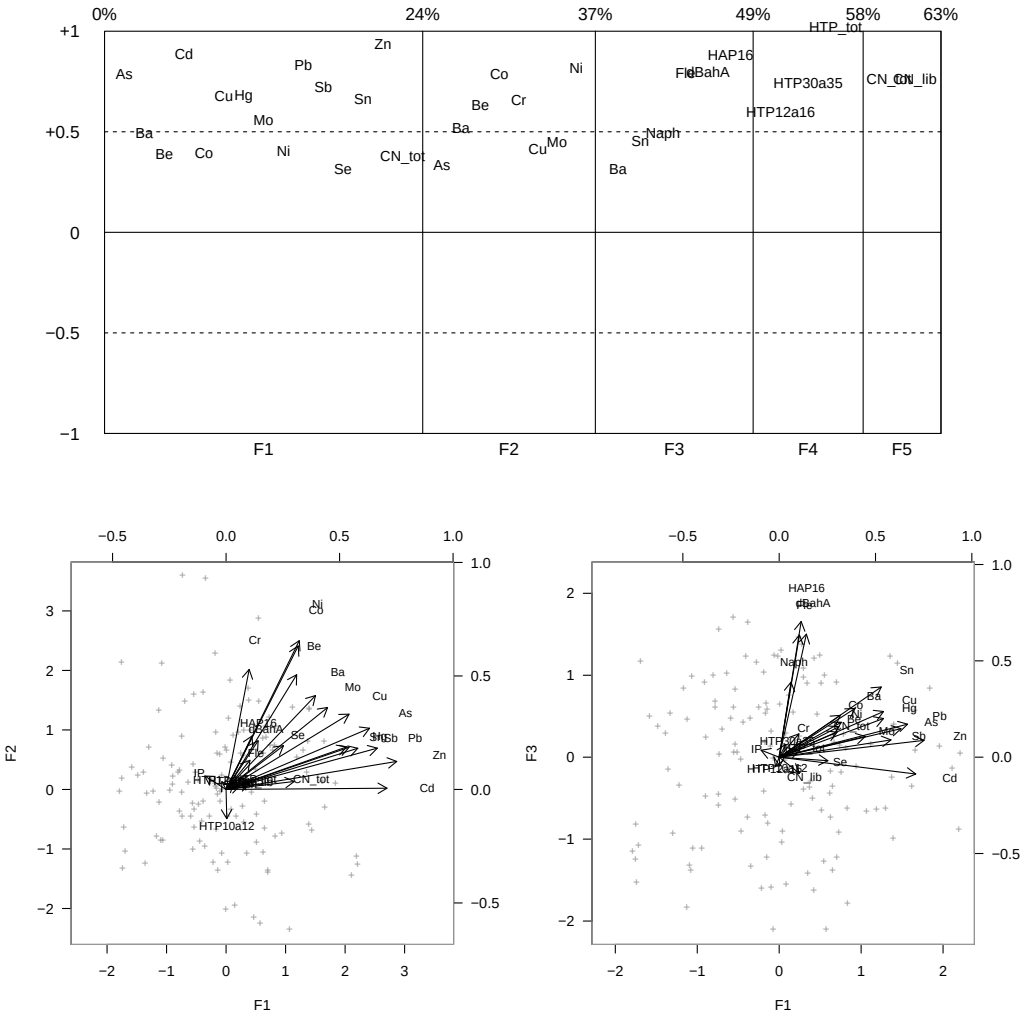


FIGURE 5.30 – Graphique de saturation factorielle (partie supérieure) et diagrammes de double projection (partie inférieure) des résultats de l'analyse en facteurs principaux robuste avec une rotation « Varimax » et 5 facteurs du sous-jeu de données comportant les remblais de type « potagers » avec les variables de type polluants organiques et inorganiques.

5.1.3.9 Synthèse : quels sont les principaux mécanismes impliqués dans le contrôle des teneurs en polluants ?

Sur base des analyses univariées, bivariés et multivariées, nous avons effectué des regroupements de polluants et mis en évidence les principaux facteurs explicatifs qui sont vraisemblablement impliqués dans leur contrôle.

Les ETM fortement influencés par la pollution (Cd, Zn, Pb, Hg, Sb et Sn)
Ce groupe est constitué de Cd, Zn, Pb, Hg, Sb et Sn. Ils présentent des concentrations beaucoup plus élevées en surface qu'en profondeur. Les teneurs en surface sont nettement plus élevées pour les groupes situés à proximité des anciennes industries de métallurgie du Pb et du Zn : les vallées de la Meuse (en aval de Namur) et de la Vesdre. Les retombées atmosphériques devrait donc avoir un effet majeur sur ces métaux. Parmi eux, Pb, Hg, Sb et Sn semblent également liés aux teneurs en matière organique et présentent généralement les concentrations les plus élevées en forêt. Il peut s'agir d'un effet « interception » des forêts ou de la fixation par la matière organique, plus abondante en forêts.

Certains d'entre eux (Zn et Pb en particulier) sont influencés par le substrat géologique, et semblent associés aux oxydes de fer. Cependant cet effet ne s'observe que dans les horizons profonds ou dans les horizons de surface loin des zones de PAP. Notons toutefois, que cet effet ne peut être exclu dans le cas des autres métaux, car il n'a peut-être pas pû être détecté en raison du pourcentage élevé de valeurs situées sous la limite de quantification en profondeur, du nombre trop réduits de points d'observation en profondeur pour certains groupes de sols (n°29 en particulier), et de l'absence de couverture hors zone de PAP pour Sb et Sn.

En outre, une influence positive très marquée de l'occupation « potager » est observée pour Zn et Pb. Cette influence semble être associée à l'abondance de Ca et pourrait s'expliquer par l'épandage de cendres et suies (poële au charbon, barbecue, déchets ménagers).

Enfin, ces 6 métaux sont également dépendants de l'abondance de charges caillouteuses d'origine anthropique, en particulier les déchets de constructions. Cet effet a été observé dans les remblais, ou ces charges sont les plus abondantes. Elles peuvent toutefois également se retrouver dans les horizons de surface de sols « naturels » (dans le sens de non-remblais).

Les ETM essentiellement influencés par la minéralogie du sol (As, Co, Ni, Cr, Be et Mo)
Dans les sols naturels, ils sont fortement corrélés au fer. Les phases porteuses dans les sols pourraient être principalement les oxydes et hydroxydes de fer (As et Mo) et les silicates riches en Mg et Fe (Co, Ni, Cr et Be). Les concentrations en Co, Ni, Cr et Be sont plus élevées dans les horizons profonds que dans les horizons de surface, alors

que le contraire est observé pour As (trop peu d'observations pour Mo). La dissolution des minéraux les plus altérables (dont font partie les silicates riches en Mg et Fe), et l'accumulation relative des oxydes de fer qui en résulte, peuvent expliquer ces observations. En raison de la forte dépendance de ces éléments vis-à-vis de la minéralogie du sol, nous observons un effet marqué du groupe de sol sur les concentrations en surface : certains sols de Lorraine (n°62, 64 et 65) [24], de Famenne (n°41) ainsi que certains sols calcaires (n°29) se caractérisent par des teneurs élevées ; les sols plus sableux (n°11 et 59) présentent des teneurs très basses.

Dans les remblais également, ces métaux sont associés au fer. Ils dépendraient donc de la composition du sol naturel utilisé pour le remblai, mais peut-être aussi de la présence de certains déchets riches en fer (poussières industrielles, figure 5.18). Nous avons mis en évidence un possible effet des schistes houillers et scories de combustion du charbon (mâchefer) sur les concentrations en Co et Ni, mais uniquement en surface.

Par ailleurs, As pourrait être influencé par les retombées atmosphériques de polluants, comme le suggère les corrélations moyennes avec Pb, Zn, Cu, Hg dans les horizons de surface.

Les ETM principalement associés aux potagers (Ba et Cu)

Ils présentent tous deux un effet marqué du type de sol dans les horizons profonds des sols naturels, qui semble lié à la teneur en argile. Toutefois, dans les horizons de surface, cet effet est largement masqué par d'autres facteurs qui semblent associés particulièrement aux potagers. Ces facteurs pourraient être liés l'apport de déchets de construction ou de cendres (charbon, barbecue, incinération de déchets ménagers) et à l'utilisation de bouillie bordelaise. Dans les remblais, en particulier en profondeur, les teneurs en Cu et Ba seraient principalement contrôlées par l'abondance de déchets de constructions.

Les HAP

Les concentrations en HAP sont nettement plus élevées en surface qu'en profondeur dans les sols naturels et les remblais. Ils ne sont pas associés à des groupes de sols, mais liés à la proximité avec les grands bassins industriels de Charleroi et de Liège. Ces polluants sont donc clairement liés aux retombées atmosphériques, mais ne semblent pas corrélés aux retombées d'ETM (Cd, Zn, etc.). Les HAP sont également liés à l'abondance des déchets de construction, miniers et industriels dans les sols. Etant liés à la teneur en Corg, leurs concentrations sont plus élevées en forêts et plus faibles en sols agricoles.

Les Cyanures et l'Indice Phénols

Les concentrations élevées en CN et IP sont très nettement associés aux horizons de surface des sols forestiers. Les teneurs élevées en Corg et le pH faibles liés à cette

24. Uniquement pour As et Mo.

catégorie d'échantillons expliquent les corrélations positives entre ces paramètres et Corg, et les corrélations négatives avec le pH, dans les sols naturels. L'absence d'effet positif des remblais en profondeur pour ces polluants, contrairement à tous les autres polluants liés à Corg (Pb, Hg, HAP en particulier) peut s'expliquer par le fait que les sols forestiers sont rarement utilisés comme substrat de remblais.

Ces observations semblent indiquer que la gamme de valeurs de nos observations (après élimination des outliers) est représentative du bruit de fond naturel pour ces paramètres. Elle dépendrait essentiellement de la présence, dans horizons de surface des sols forestiers, de molécules naturelles aux propriétés semblables à ces polluants (IP) ou induisant des interférences au cours de leur analyse (CN).

Les HTP et Tolu

Les HTP et Tolu ne présentent pas de tendance très claire. Les HTP les plus lourds et Tolu semblent liés aux teneurs élevées en matière organiques, tandis que les HTP plus légers sont plus abondants dans les sols agricoles. L'influence des charges d'origine anthropique varie selon la fraction concernée, mais on observe un possible effet du charbon sur HTPtot. De plus, il est probable que les molécules humiques naturelles constituent une part significative des teneurs mesurées (HTP).

5.2 Sols et légumes en jardins potagers (ULg-GxABT)

Les résultats concernant les sols de potagers sont présentés dans le chapitre 4 du rapport final partie « jardins potagers », aux pages 166 à 189.

5.3 Humus

5.3.1 Introduction

Le nombre relativement réduit de points d'observations (82) ne permet pas d'envisager une cartographie de ces paramètres. Par contre, ces résultats permettent de caractériser les liens entre les teneurs en polluants dans l'humus et dans l'horizon de surface sous-jacent (Ah) des sols forestiers. Nous avons considéré deux approches : la caractérisation des rapports « Humus/Ah » et la prédiction des teneurs dans les humus en fonction des teneurs dans l'horizon de surface.

5.3.2 Rapports de concentrations entre l'humus et l'horizon sous-jacent (Ah)

Les rapports entre les concentrations dans l'humus et l'horizon sous-jacent ont été calculés pour tous les points pour lesquels nous disposions de deux analyses (82 points). Les résultats ont ensuite été filtrés afin de supprimer les valeurs des rapports pour lesquels un des deux termes était inférieur à la limite de quantification ou aberrant, selon le test multivarié (*cf.* Chapitre 2, section « Détection des valeurs atypiques dans les sols »). Les valeurs de ces rapports sont reprises dans la table VG_HUMUS_ANA_RAP de la base de données. Nous avons calculé des statistiques de synthèse (table 5.27 et 5.28) sur ces rapports. Les paramètres pour lesquels nous disposions de moins de 20 valeurs après filtrage (soit 1/4 du jeu de donnée non filtré), ne sont pas présentés en raison de doutes sur la représentativité des résultats.

TABLE 5.27 – Statistiques descriptives concernant le rapport entre les concentrations en ETM dans l'humus et dans l'horizon sous-jacent (Ah) - IC95 : écart entre la valeur moyenne et la borne supérieure de l'intervale intégrant 95% des valeurs observées

	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	Zn
n obs	65	70	25	68	74	76	77	62	21	78	72	40	46	36	76
Moyenne	0.72	4.62	1.17	3.75	1.10	2.73	2.43	1.41	1.97	1.69	1.06	0.17	0.67	0.66	3.71
Ecart-type	0.46	2.32	0.61	2.52	0.53	1.42	1.17	0.84	1.34	0.68	0.50	0.12	0.41	0.47	2.45
Minimum	0.09	0.89	0.48	0.45	0.21	0.41	0.69	0.32	0.37	0.50	0.19	0.04	0.07	0.18	0.59
Médiane	0.68	4.25	0.95	3.14	1.02	2.82	2.32	1.37	1.65	1.70	1.03	0.14	0.59	0.53	3.24
Maximum	2.59	12.3	2.61	12	3.17	6.76	6.93	5.90	5.42	3.12	2.39	0.46	1.68	2.16	15
IC95	0.90	4.54	1.20	4.94	1.05	2.79	2.30	1.64	2.62	1.34	0.97	0.23	0.81	0.92	4.80

Les valeurs moyennes les plus basses pour les rapports « Humus/Ah » concernent Sb (0.2) et As, Se, Sn (0.7). A l'opposé, Ba, Cd et Zn présentent les valeurs les plus

élevées (> 3) indiquant une forte affinité pour la matière organique et l'importance d'apport de surface (retombées atmosphériques et/ou recyclage par la végétation suite au prélèvement racinaire). Les autres éléments présentent des valeurs intermédiaires reflétant un comportement intermédiaire. Il est délicat de pousser la comparaison plus en détail étant donné que (i) la variabilité des ces rapports est très élevées, comme l'indique le paramètre IC95 et (ii) les méthodes analytiques sont différentes dans ces deux compartiments (digestion « Eau régale » pour l'horizon Ah et digestion HNO_3 pour l'humus, considéré comme « végétal »).

TABLE 5.28 – Statistiques descriptives concernant le rapport entre les concentrations en HAP dans l'humus et dans l'horizon sous-jacent (Ah)

	Phen	Fla	Pyr	BaA	Chrys	BbF	BkF	BaP	BghiP
n obs	54	59	52	38	43	47	29	39	30
Moyenne	3.51	1.98	2.01	1.95	1.92	1.79	1.98	1.88	2.12
Ecart-type	4.97	1.93	1.68	1.40	1.55	1.37	1.24	1.18	1.27
Minimum	0.43	0.25	0.35	0.43	0.29	0.39	0.47	0.47	0.56
Médiane	1.82	1.45	1.49	1.50	1.27	1.36	1.68	1.43	1.90
Maximum	28.4	10.8	7.33	6.78	6.31	6.94	5.47	5.22	5.72
IC95	9.73	3.79	3.29	2.73	3.04	2.69	2.43	2.32	2.48

Pour les HAPs [25], les valeurs moyennes des rapports sont généralement 2 fois plus élevées dans les humus que dans les horizons Ah, avec une valeur atteignant 3.5 pour Phen. Contrairement aux métaux, la même méthode a été appliquée dans les deux compartiments, ce qui permet d'affirmer que l'humus joue le rôle de filtre pour ces polluants (de provenance exclusivement atmosphérique).

Malgré les précautions nécessaires concernant les métaux, ces résultats apportent des informations claires : les concentrations en certains métaux et en HAP sont nettement plus élevées dans les humus que dans les horizons Ah sous-jacents. Cela a des implications importantes pour deux aspects : la maîtrise du risque de transfert sol-homme et le problème de l'échantillonnage de ces sols. Les risques de transfert sol-homme concernent par exemple les enfants qui jouent dans les bois et la consommation de champignons poussant dans l'humus. Le problème de l'échantillonnage des sols se réfère à la difficulté de déterminer la limite exacte entre l'humus et l'horizon organo-minéral (Ah) dans les sols à texture limoneuse à humus épais (avec couche Oh). Selon la procédure habituelle, l'humus est éliminé avant le prélèvement de l'horizon de surface. Or, le risque est élevé d'éliminer le sommet de l'horizon Ah ou de prélever une partie de l'humus avec l'horizon Ah. Dans ces deux cas, l'effet sur les teneurs de certains polluants mesurées sera vraisemblablement marqué.

25. seuls sont présentés les HAP pour lesquels nous disposons d'un nombre suffisant (au moins 25%) de valeurs au dessus de la limite de quantification dans les deux compartiments

5.3.3 Prédictions des concentrations dans l'humus sur base des teneurs dans l'horizon Ah

Les teneurs en polluants dans les humus ont été prédites en fonction des teneurs mesurées dans les horizons sous-jacents (Ah) via des régressions linéaires après suppression des valeurs aberrantes multivariés et univariées. Nous n'avons pas effectué de transformation logarithmique afin d'obtenir des coefficients dont la signification physico-chimique peut être interprétée. La modélisation n'a pas été effectuée pour les paramètres présentant un nombre trop faible (< 25 %) de valeurs situées au-dessus du seuil de quantification pour l'humus et l'horizon Ah.

Les tables 5.29 et 5.30 indiquent le nombre de points utilisés pour les predictions, la moyenne des valeurs mesurées dans les échantillons de d'humus correspondant, l'écart absolu moyen par rapport à la moyenne « EAM(moy) », l'écart absolu moyen par rapport à la valeur prédite par la régression « EAM(regr) », l'incertitude [26] pour pour la prédiction d'une valeur en utilisant la moyenne des observation « IC95(moy) », ou en utilisant appliquant l'équation de la régression « IC95(regr) ».

TABLE 5.29 – Paramètres des modèles de prédiction des teneurs en ETM dans l'humus en fonction des teneurs dans l'horizon Ah (Equations des regressions : teneur Humus = « Constante » + « coeff. Ah » * teneur Ah)

	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	Zn
n	82	72	66	67	77	82	77	68	76	67	82	82	68	65
Moyenne	13	201	0.63	4.8	8.1	61	59	0.67	30	261	0.47	1.24	2.69	1288
EAM (moy)	9.8	69	0.28	2	3.96	26	20	0.23	10	110	0.48	0.67	1.66	263
EAM (regr)	9.0	56	0.20	0.9	3.10	26	12	0.16	8.5	60	0.42	0.67	0.98	181
IC95 (moy)	36	180	0.68	8.0	9.04	69	97	0.52	24	267	1.65	2.20	5.74	669
IC95 (regr)	33	138	0.49	2.4	7.24	69	29	0.39	21	160	1.37	2.13	2.58	501
r^2	0.11	0.46	0.52	0.93	0.36	0.01	0.43	0.63	0.31	0.65	0.17	0.10	0.47	0.73
Constante	7.2	146	0.25	1.52	4.37	59	26	0	18	0	0.11	0.89	0	106
coeff. Ah	0.15	1.09	0.55	1.13	0.48	0	0.95	1.24	0.53	0.95	0.04	0.20	0.47	2.42

Les coefficients de détermination les plus élevés correspondent à Cd, Hg, Pb et Zn. Pour ces métaux, EAM et IC95 sont nettement plus bas si l'on utilise l'équation de régression que si l'on se base sur la moyenne, ce qui indique que l'utilisation de la régression est très avantageuse. Nous observons également que les coefficients applicables aux teneurs dans l'horizon Ah (coeff.Ah) sont nettement plus faible que les valeurs des rapports « Humus/Ah » (table 5.27), alors que la valeur constante est relativement élevée. Il existe donc une relation étroite entre les deux teneurs, mais d'autres facteurs contribuent à l'accumulation de ces métaux dans l'humus par rapport à l'horizon Ah. Les retombées atmosphériques pourraient par exemple induire une augmentation des concentrations (par rapport à une situation naturelle) plus forte dans l'humus que dans l'horizon Ah, en raison de l'affinité de ces métaux pour la matière organique et/ou de la faible masse de l'humus (augmentation rapide de la teneur en cas d'apport).

Pour Ba, Be, Cu et Sn, malgré les coefficients de détermination proches de 0.4-0.5,

26. moitié de l'écart entre les deux bornes de l'intervale de confiance à 95% sur les résidus de la prédiction

nous observons une diminution des paramètres EAM et IC95 entre l'estimation basée sur la moyenne et celle basée sur la régression. Dès lors, l'utilisation de la régression est également recommandée. Par contre, l'utilisation de l'équation de régression n'est pas avantageuse pour As, Co, Cr, Ni, Sb et Se ; ces teneurs peuvent uniquement être prédites sur base des teneurs moyennes reprises dans cette table.

TABLE 5.30 – Paramètres des modèles de prédiction des teneurs en HAP dans l'humus en fonction des teneurs dans l'horizon Ah (équations des regressions : teneur Humus = « Constante » + « coeff. Ah » * teneur Ah)

	Phen	Fla	Pyr	BaA	Chrys	BbF	BkF	BaP	BghiP
n	67	72	73	69	68	70	82	66	69
Moyenne	0.45	0.62	0.44	0.30	0.35	0.37	0.19	0.31	0.26
EAM (moy)	0.13	0.27	0.17	0.10	0.12	0.12	0.18	0.07	0.07
EAM (regr)	0.11	0.17	0.14	0.06	0.08	0.10	0.17	0.05	0.04
IC95 (moy)	0.32	0.77	0.41	0.33	0.34	0.29	0.85	0.17	0.19
IC95 (regr)	0.26	0.42	0.32	0.16	0.20	0.24	0.83	0.13	0.11
r^2	0.34	0.51	0.33	0.63	0.43	0.30	0.12	0.32	0.65
Constante	0.13	0.15	0.10	0.04	0.06	0.08	0.07	0.07	0.06
coeff. Ah	0.53	0.54	0.45	0.86	0.50	0.42	0.18	0.44	0.52

Parmi les HAP, les régressions qui génèrent une diminution nette des statistiques EAM et IC95 par rapport à la prédiction basée sur la moyenne concernent Fla, BaA, Chrys et BghiP. Ces HAP peuvent donc être prédits sur base de ces régressions. Pour les autres HAP repris dans ce tableau, la prédiction sera basée sur la valeur moyenne indiquée.

5.3.4 Conclusion

Les teneurs en polluants dans les humus sont souvent plus élevées, voire beaucoup plus élevées, que dans l'horizon organo-minéral de surface, qui est généralement le seul à être analysé. Cette situation présente des risques encore très peu connus (ex : consommation de champignons) et des problèmes en terme de prise d'échantillons. Le point positif est que les teneurs dans l'humus peuvent être prédite de façon satisfaisante sur base des teneurs dans l'horizon organo-minéral de surface pour environ la moitié des polluants étudiés. Pour les autres, les teneurs peuvent être estimées par la valeur moyenne de nos observations.

Chapitre 6

Cartographie

6.1 Modélisation de la dispersion atmosphérique des polluants (UMons)

6.1.1 Contexte de l'étude

Cette section a été rédigée par l'équipe de la Faculté Polytechnique de l'université de Mons, service fluides machines, partenaire du projet et responsable de la réalisation d'une étude relative à la dispersion des émissions atmosphériques chroniques, d'un ensemble de sites industriels « historiques ». Les entreprises les plus anciennes recensées datent des années 1830 et certaines ont cessé leurs activités. C'est en fait une modélisation a postériori de rejets dans l'atmosphère correspondant à un fonctionnement normal d'installations, démarche très peu documentée dans la littérature. L'étude consiste en particulier à calculer l'impact au niveau du sol des rejets de métaux lourds et de HAP, polluants essentiellement particulaires.

Logiquement il faut tenir compte de l'état initial de l'environnement correspondant à la pollution de fond auquel on superpose l'impact des sites industriels.

Toutes les études d'impact nécessitent d'avoir recours à des outils de modélisation qui doivent être adaptés au problème à traiter (types de rejet, polluants,...) et de tenir compte des principales singularités des sites (complexité topographique, situation géographique, conditions météorologiques locales,...). Il existe aujourd'hui une multitude d'outils de modélisation allant des plus simples (modèles gaussiens rectilignes) aux plus compliqués (simulation numérique 3D) et il n'est pas toujours facile de faire un choix.

Vu le nombre important de sources (près de 700), le manque de précision dans leur localisation et le manque d'information concernant leurs caractéristiques à l'émission, la seule méthode utilisable pour évaluer la probabilité d'obtenir une concentration à un endroit donné est la méthode eulérienne. Ce modèle est particulièrement bien adapté aux calculs d'écoulements et notamment, dans le cas des analyses de dispersion, aux études d'ensemble comprenant de nombreuses sources émettrices. La précision dans

la connaissance des émissions est cependant un atout majeur pour la précision des résultats.

Nous avons développé un programme de dispersion aux volumes finis qui permet de prendre en compte l'ensemble des cheminées du fichier historique de SPAQuE et établi sur l'ensemble du territoire de la Wallonie des cartes de répartition spatiale des retombées de polluants. Ces cartes sont présentées dans le délivrable 16_A. Elles ont contribué à localiser les zones à risque pour la PAP et à orienter le choix des zones d'étude. Toutefois, ces résultats n'étaient qu'approximatifs puisqu'on ne disposait que d'une évaluation approchée et parfois subjective des émissions, tant pour les caractéristiques des cheminées que pour les quantités des polluants émis.

Dans une seconde étape, ce modèle a permis de mettre en évidence des zones d'accumulation de dépôts liés à dispersion dans l'atmosphère des émissions diffuses réparties de façon homogène sur l'ensemble du territoire wallon. Les zones de dépôts préférentiels sont liées à la couverture végétale et aux conditions météo sans prendre en compte les sources d'émissions canalisées.

Finalement, il a été convenu avec l'équipe de l'UCL de sélectionner les sources principales et de leur affecter une émission « unitaire » (100 t/an) et d'effectuer des simulations sur une année. Les retombées ont été évaluées dans ces conditions pour 125 sources. Ces simulations ont permis à l'UCL de calculer la contribution relative de chacune de ces sources aux retombées atmosphérique sur l'ensemble de la Wallonie.

6.1.2 Méthode de calcul de la modélisation

La méthode eulérienne aux volumes finis (figure 6.1), abondamment utilisée dans les domaines qui dépendent de la mécanique des fluides, se base sur la discrétisation de l'espace et l'application des lois de conservation (quantité de mouvement, énergie et masse) auxquelles on doit ajouter une ou des équations liées à la turbulence. Ces équations de base forment un système d'équations aux dérivées partielles à résoudre à la fois dans le temps et dans l'espace. Hors accident, les concentrations en polluants sont en général telles qu'elles n'interfèrent pas avec le champ porteur. On peut ainsi découpler le calcul du champ de concentration et le calcul du champ du vent.

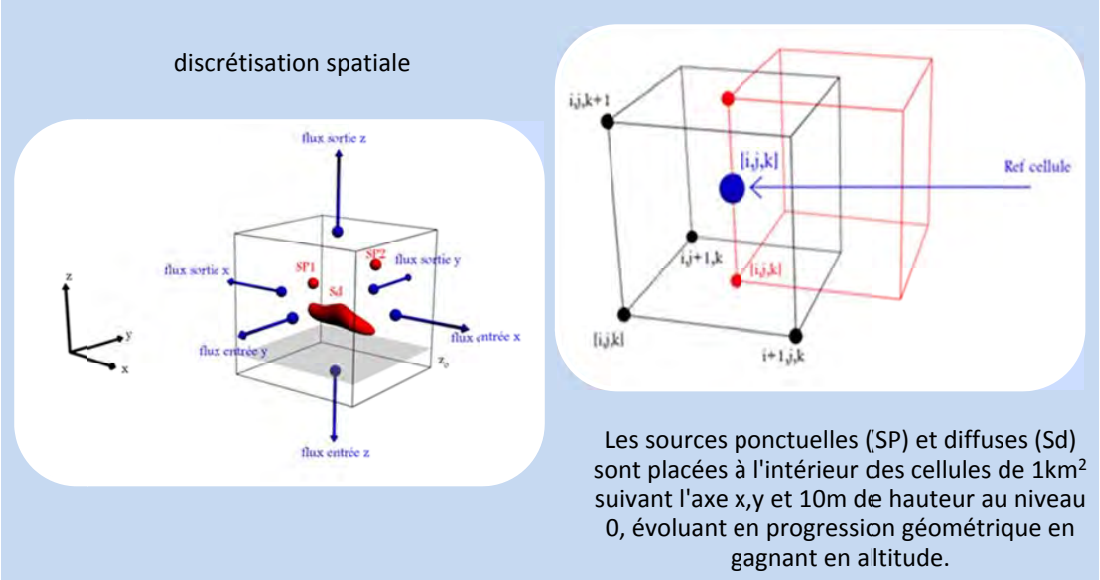


FIGURE 6.1 – Méthode eulérienne de modélisation de la dispersion dans l'atmosphère

Le champ du vent utilisé pour l'étude de la dispersion est recalculé dans un maillage fixe au départ d'une base de données météo déduite du modèle ALADIN de l'IRM qui travaille sur un maillage dynamique basé sur les isobares. En chacun des points du maillage fixe on recalcule les trois composantes de la vitesse (u, v, w) sur base de la conservation de la masse. Cette étape peut être associée à du pré-processing. Ce nouveau champ météo pourra ensuite être utilisé dans les calculs de dispersion. On peut aussi envisager de faire une ramification du maillage en vue d'améliorer la précision dans le cas de calculs locaux.

L'équation qui calcule l'évolution temporelle du champ de concentration nécessite la connaissance instantanée des émissions de polluants (intensité et position) et de l'état du champ atmosphérique (vitesses, pressions et températures). Cette équation prend en compte la diffusion et le transport. La diffusion se subdivise en deux composantes : la composante moléculaire et la composante turbulente. La diffusion moléculaire est négligeable à notre échelle. La diffusion turbulente est liée à la stabilité atmosphérique (champ de température).

Le modèle prend en compte la ségrégation gravitationnelle pour autant que l'on connaisse la masse volumique (ρ) du polluant et le diamètre équivalent (d) pour les particules solides. La vitesse de sédimentation est proportionnelle au produit ρd^2.

Le champ météo Aladin prend en compte les effets de relief et de la couverture du sol par l'intermédiaire d'une hauteur de rugosité (figure 6.2).

Sur base de la connaissance de l'état de surface, on a la possibilité de calculer le dépôt au sol. Nous avons illustré largement différents essais de faisabilité. Citons notamment les relations entre les quantités en suspension et déposées en fonction de la taille, de la masse volumique des particules et les hauteurs de cheminées.

En résumé, différents paramètres (figure 6.3) interviennent dans le calcul de la dispersion des polluants :

- Pour la météo : la vitesse du vent, le profil instantané, la direction du vent et les champs de température ;
- Pour les émetteurs (cheminées) : la hauteur effective d'émission, le débit de la source et la température d'émission, la localisation de la source, le type de polluant et la granulométrie (pour les particules) ;
- Pour les dépôts : la hauteur de rugosité locale et la nature du sol.

Pour avoir des temps de calcul acceptables le solveur développé utilise abondamment le calcul parallèle.

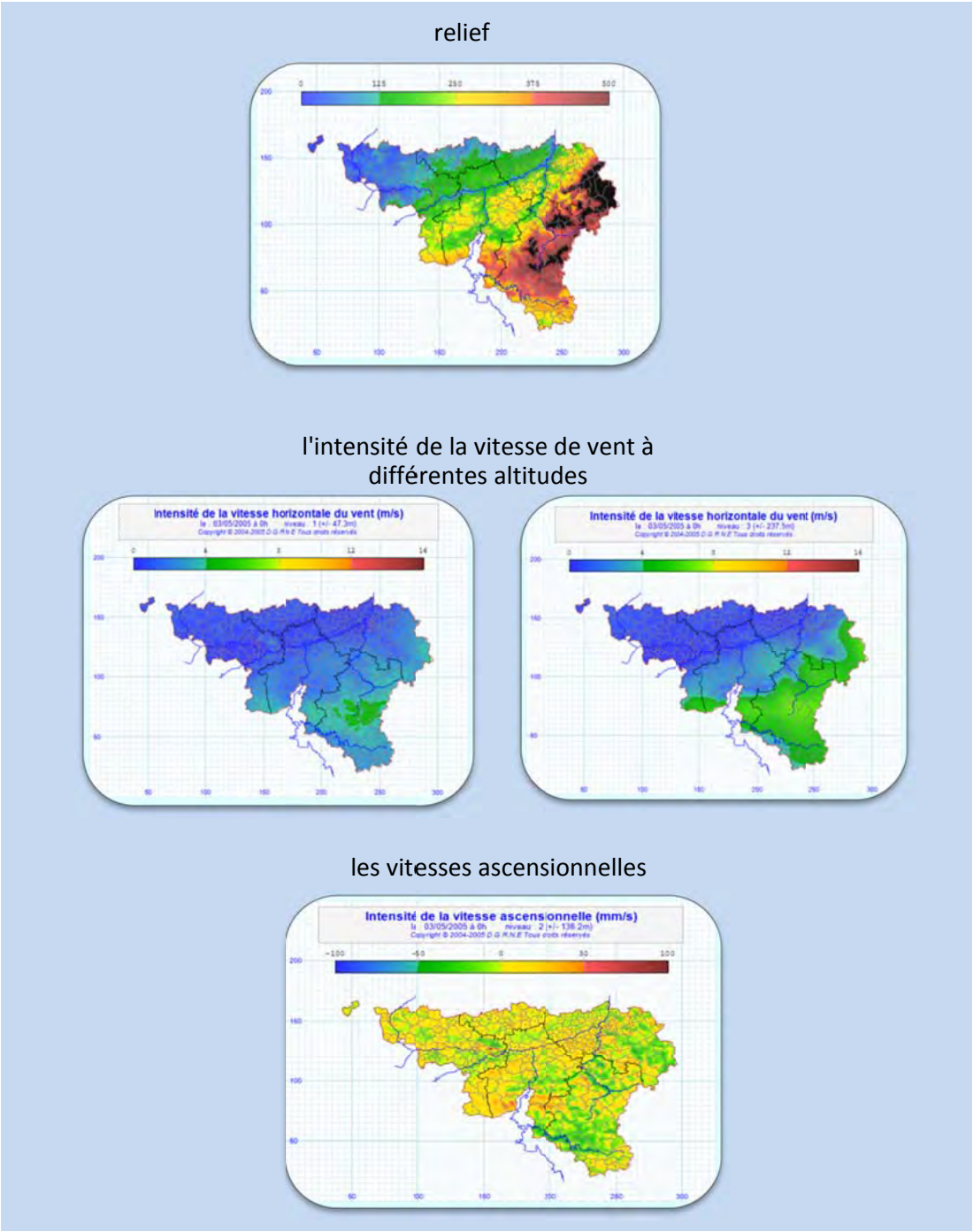
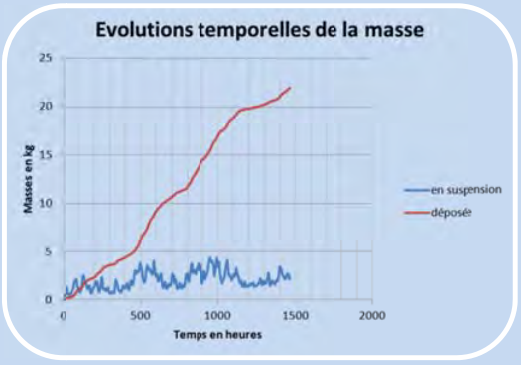
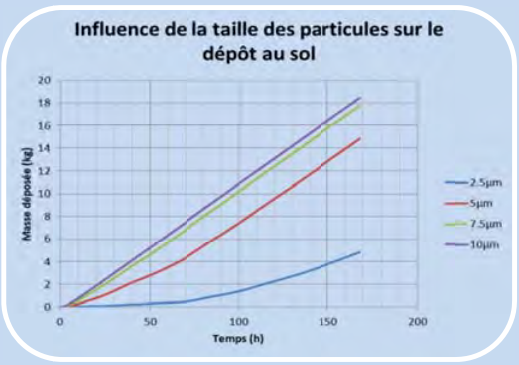


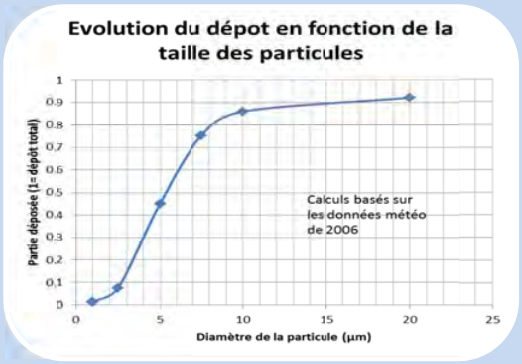
FIGURE 6.2 – Paramètres intégrés dans la base de données météo Aladin-3h



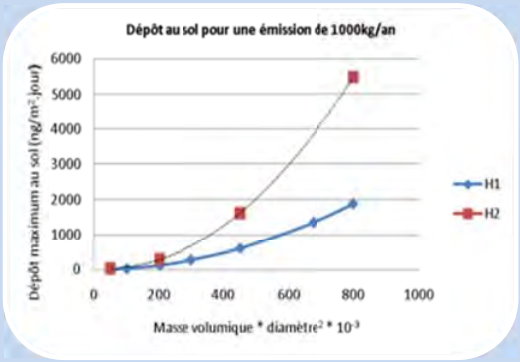
Au cours du temps, la quantité déposée croit, alors que la quantité en suspension reste quasiment constante et ce, dans des proportions nettement moins importantes.



Pour une quantité rejetée dans l'atmosphère, la quantité déposée dépend de la tailles des particules. Les plus fines sont majoritairement envoyées hors de nos frontières et ont tendance à rester en suspension pour un temps relativement long.



Pour une masse volumique de 4000kg/m^3, ce sont essentiellement les grosses (>7.5µm) particules qui participent à la pollution atmosphérique de proximité.



On peut établir des courbes de référence du dépôt au sol en fonction de la vitesse relative de sédimentation tenant compte des émissions à différentes hauteurs de cheminées (H1 et H2).

FIGURE 6.3 – Principaux paramètres influençant la dispersion atmosphérique des polluants

Le logiciel développé pour la modélisation de la dispersion atmosphériques des particules et des dépôts au sol à partir de sources historiques est articulé sur quatre volets séparés :

1. l'analyse et préparation des sources (émetteurs) ;
2. le pré conditionnement de la météo sur les années 2000 à 2009 ;
3. le calcul de la dispersion ;
4. le post-traitement des résultats.

Les volets a et d peuvent être utilisés séparément et ne demandent pas de moyens informatiques particuliers, hormis une zone de stockage importante (+/- 10 GB par modélisation pour 1 période d'un an).

Le volet c est constitué du programme de calcul qui utilise en entrée les fichiers ou bases de données des volets a et b et donne les résultats en fichiers binaires utilisables par le volet d. Il requiert l'utilisation d'ordinateurs ayant une capacité de calcul très importante. (Multiprocesseurs, multi-cœurs, avec une fréquence rapide).

Le volet d permet un post-traitement des résultats qui peuvent être partagés entre divers utilisateurs et être traités localement par un ordinateur de bureau normal avec une bonne carte graphique.

Le schéma général de la méthodologie est explicité à la figure 6.4.

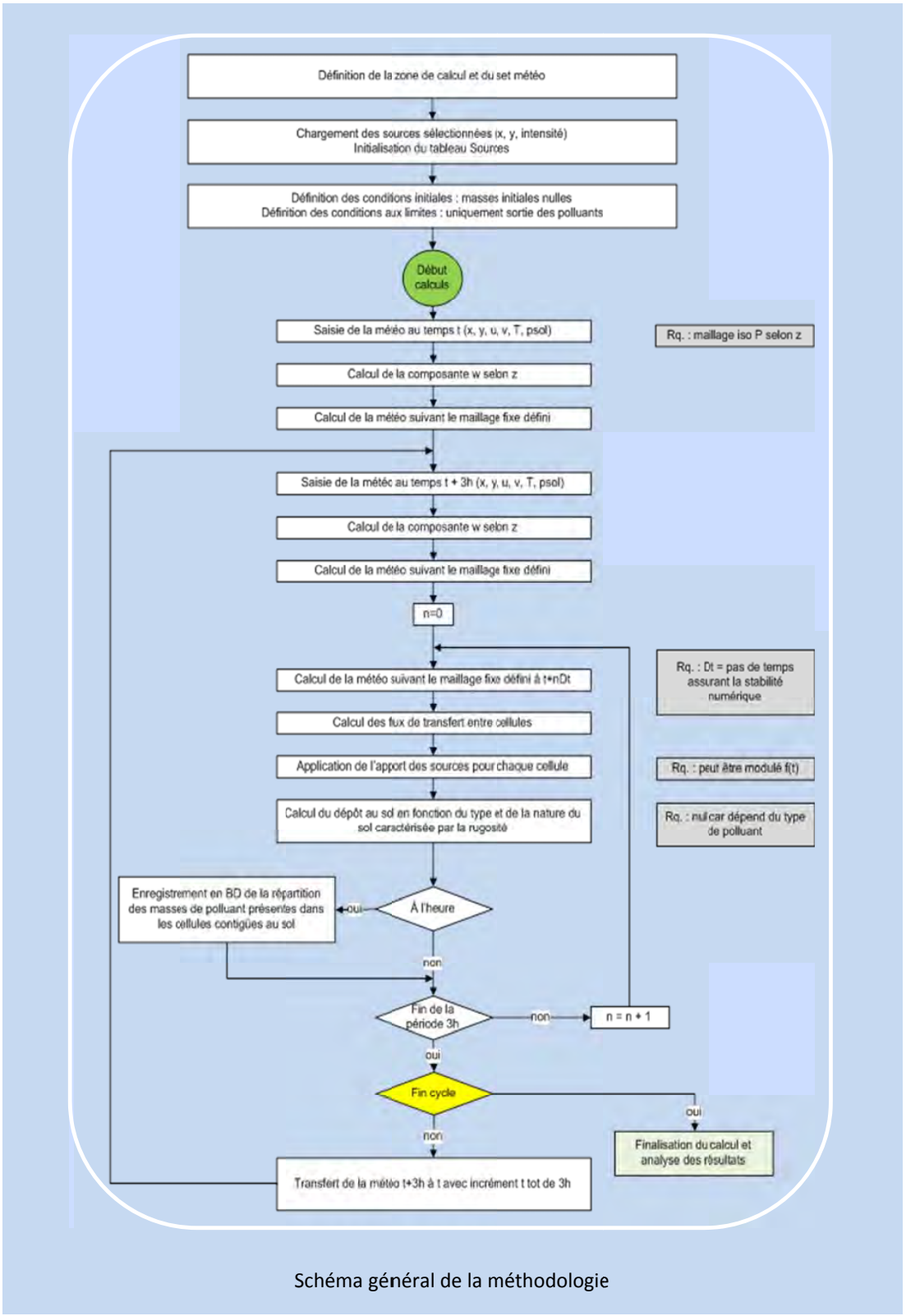


FIGURE 6.4 – Organigramme représentant la méthode de calcul de la modélisation

6.1.3 Détermination des zones particulièrement propices aux retombées

Le modèle présenté ci-dessus a permis de mettre en évidence des zones d'accumulation de dépôts liés à dispersion dans l'atmosphère des émissions diffuses sur l'ensemble du territoire wallon, en faisant l'hypothèse de travail que ces dernières sont uniformément réparties. Les zones de dépôts préférentiels sont liées uniquement à la couverture végétale, aux conditions météo et au relief, sans prendre en compte les sources d'émissions canalisées ni la répartition spatiale des sources diffuses.

On considère, pour le calcul de la dispersion, une distribution homogène de sources surfaciques [1] sur la Wallonie et les régions limitrophes, sur une grille de 1 km^2, pour des particules de 2.5 µm de diamètre et une masse volumique de 900 kg/m^3. Dans ce calcul de dispersion des rejets atmosphériques, on ne tient pas compte des émissions ponctuelles, c'est-à-dire des émissions aux cheminées.

Le calcul du dépôt est réalisé séparément par mois et par catégorie de sources endogènes à la Wallonie (IN) et exogènes (OUT). Ces résultats sont additionnés par la suite. En fonction des conditions météo ce sont soit les IN ou les OUT qui dominent localement.

La carte de répartition spatiale résultante (figure 6.5) met en évidence des dépôts plus importants dans certaines zones (indiquées en brun foncé) : le sillon Sambre-et-Meuse, en particulier à Liège, la dépression Fagne-Famenne, la vallée de la Semois, *etc.*

Il s'agit de dépôts fictifs, car il est clair que les émissions (canalisées et surfaciques) ne sont en réalité pas réparties uniformément sur le territoire. L'intérêt de cette carte est d'illustrer que les vallées, et plus particulièrement la région de Liège et de la basse Semois, sont potentiellement plus affectées que le reste du territoire, indépendamment de la localisation des sources émettrices.

Par ailleurs, ce calcul peut être adapté à une sélection de zones spécifiques et à une distribution hétérogène des émissions surfaciques. Aux cartes « de fond » liées aux émissions de surface, on pourrait superposer toute carte résultant d'une simulation à partir de sources canalisées uniques ou multiples, telle que les cartes réalisées sur base du fichier des sources historiques de SPAQuE. .

1. au niveau de la surface du sol

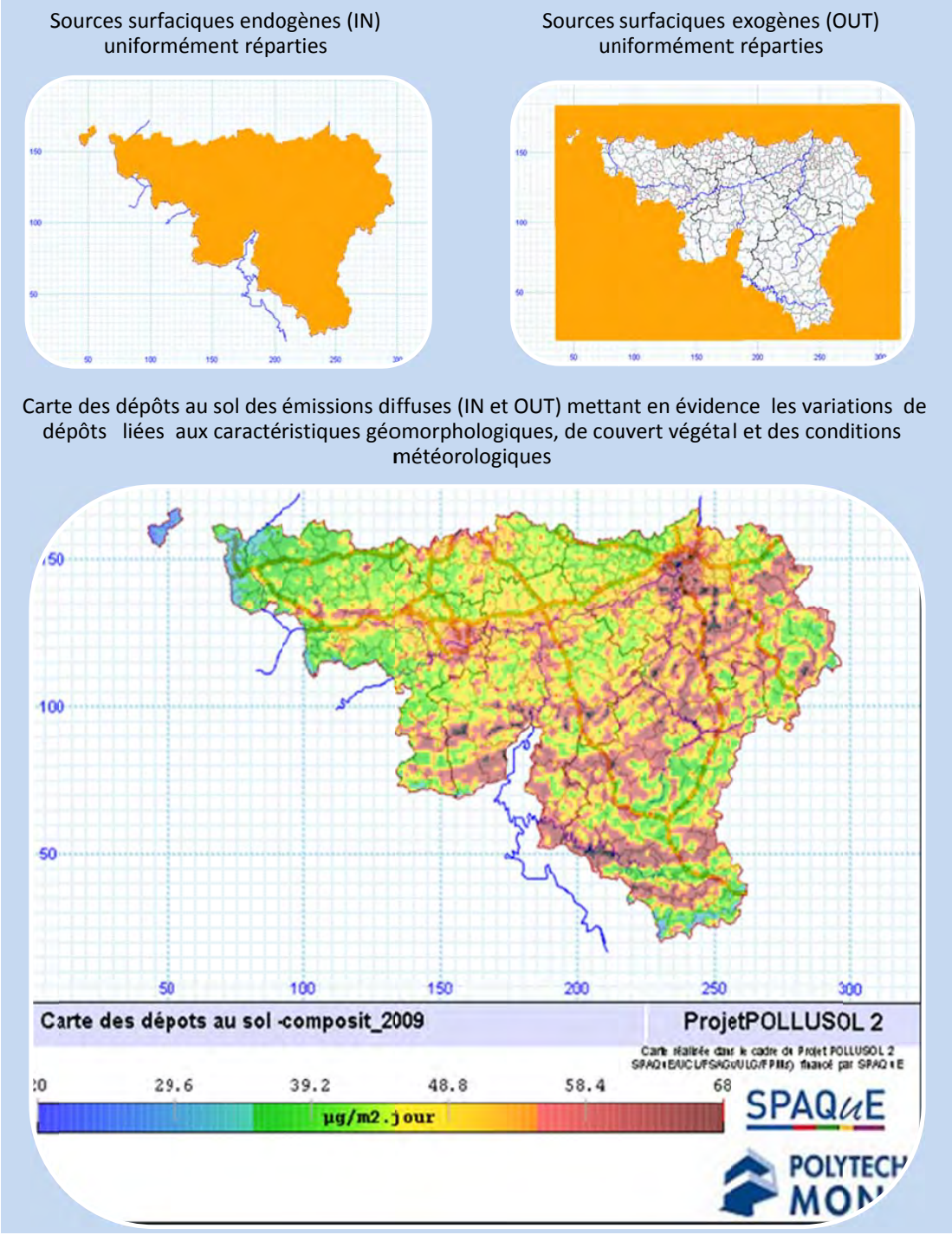


FIGURE 6.5 – Répartition spatiale des zones de dépôt préférentiel (en rouge-brun) résultant d'une émission surfacique uniformément répartie

6.1.4 Modélisation des auréoles de retombées autour de cheminées considérées individuellement

Les simulations ont été réalisées sur 125 cheminées sélectionnées par l'UCL (*cf.* section 6.2.1.1), correspondant essentiellement à des sources sidérurgiques (SI) et de la métallurgie des non ferreux (MNF).

Nous avons pris en considération des particules de 10 µm de diamètre, de masse volumique de 2500 kg/m^3 sur une grille de 1 km^2. Nous avons considéré que toutes ces sources ont émis un même débit de particules (100 t/an) durant une même période (1 an). Il est clair que cette hypothèse ne correspond pas à la réalité, mais ces résultats permettront à l'équipe de l'UCL de déterminer des coefficients représentant les contributions relatives de chaque cheminée à la pollution des sols liée aux retombées atmosphériques (cf. 6.2.1.3). Dans un premier temps, nous avons défini les limites de la zone de calcul à prendre en considération, fonction des hauteurs de cheminées.

Après une analyse des données météo Aladin-3h de 2004 à 2009, nous avons choisi l'année 2008 comme la plus représentative de conditions typiques de dispersion des polluants.

Les simulations sont calculées par mois (figure 6.6) et les dépôts mensuels sont ensuite additionnés pour reconstituer une année complète. Les cartes mensuelles mettent en évidence la variété des formes des auréoles des dépôts en fonction des conditions météorologiques. Ces effets sont évidemment atténués sur les cartes annuelles, qui ont été transmises à l'UCL pour leur étude cartographique.

Un total de 125 simulations annuelles ont ainsi été réalisées. Les résultats ont été transmis sous forme de fichiers CSV (x, y, concentration du dépôt au sol).

Pour chaque cheminée on obtient une « auréole » des dépôts au sol, qui seront appelée « auréoles de retombées unitaires ».

Sur l'ensemble des modélisations il nous a paru intéressant d'illustrer également les résultats basés sur une simulation d'un mois où la situation des vents est relativement stable en direction (figure 6.7) Ils montrent qu'une hauteur de cheminée importante peut conduire à des dépôts à longues distances du fait de la météo. La région de Liège est particulièrement sensible.

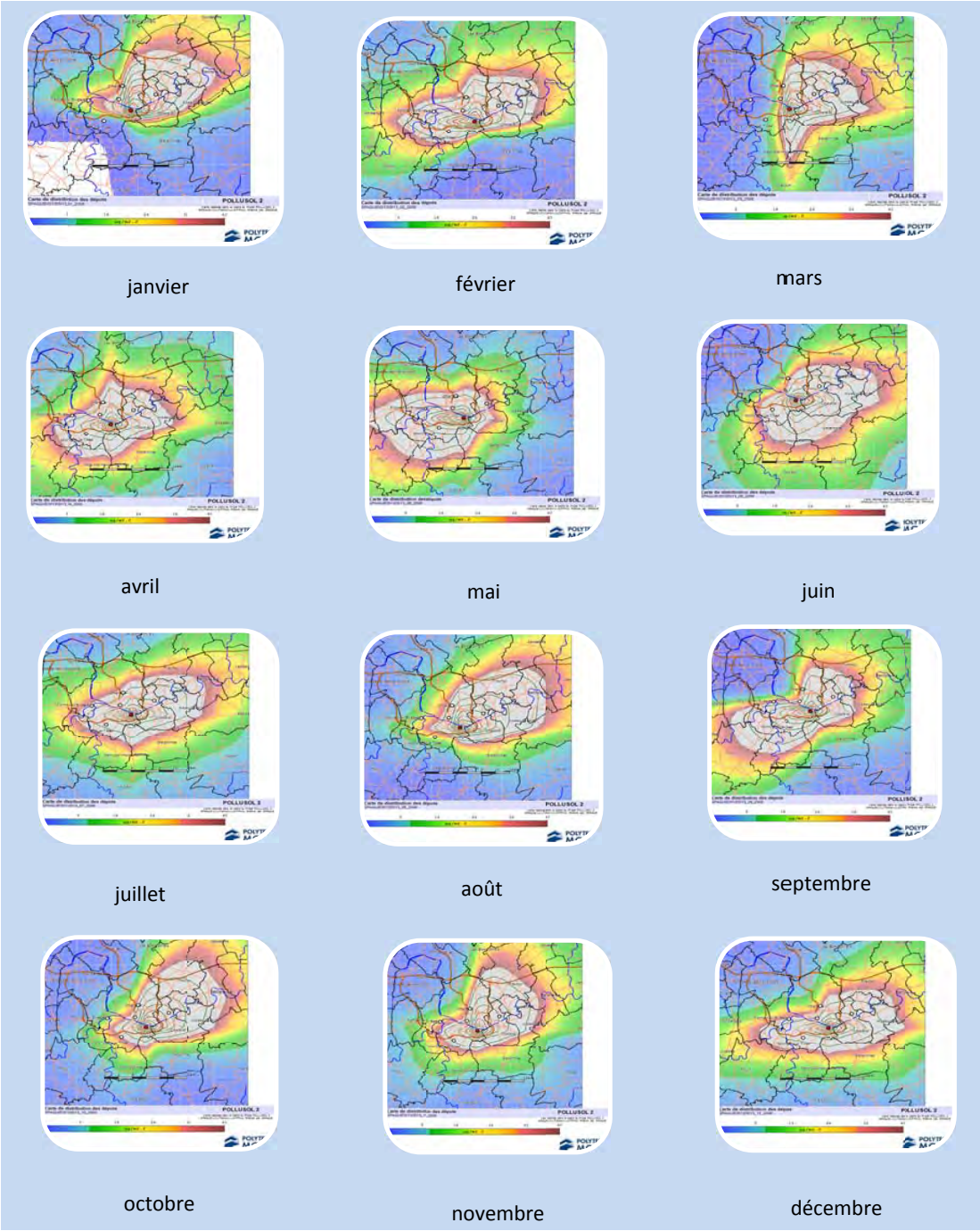
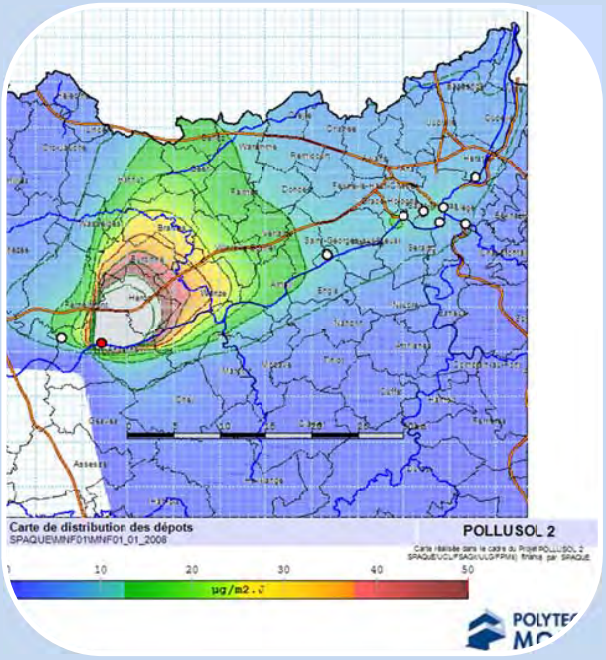


FIGURE 6.6 – Influence des conditions météorologiques mensuelles sur les caractéristiques de l'auréole de retombée

Auréole de concentration à proximité de la source pour une cheminée basse à Andenne durant le mois de janvier.



Auréole de concentration à proximité de la source pour une cheminée haute à Andenne durant le mois de janvier.

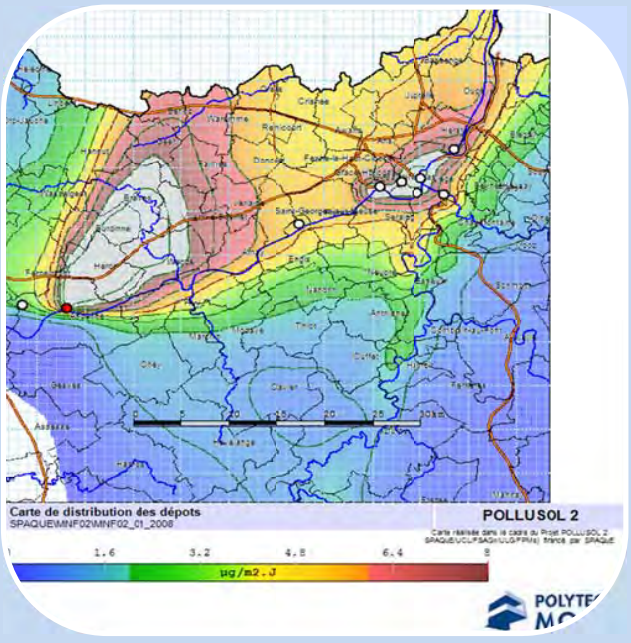


FIGURE 6.7 – Auréoles de retombées atmosphériques pour une cheminées basse et une cheminées haute sur le même site, au cours du mois de janvier 2008

6.1.5 Conclusions

Dans le cadre de Pollusol 2, nous avons donc développé un programme de dispersion aux volumes finis, pour évaluer les zones à risque de PAP.

La méthode aux volumes finis s'applique à de nombreuses situations, mais les temps de calcul sont importants et les résultats dépendent de la précision et de la connaissance des émissions :

- type de vecteur de transport (gazeux ou particules) ;
- masse volumique du vecteur de transport ;
- taille des particules ;
- évolution temporelle des émissions.

Du point de vue des calculs, la précision peut être augmentée si on diminue la taille des cellules de base.

6.2 Cartographie des retombées atmosphériques de polluants

6.2.1 Méthodologie

L'objectif de ce chapitre est de prédire l'enrichissement en polluants résultant des retombées atmosphériques en tout point de la Région wallonne. Nous disposons d'informations sur les principales sources potentiellement émettrices de pollution, compilées dans la base de données « Sources Historiques de Pollution » de SPAQuE. Cependant, nous ne disposons pas de certaines informations cruciales (tonnages, procédés industriels, etc.). De plus, les informations relatives aux émissions de polluants pour les procédés industriels anciens sont très rares et généralement pas quantitatives. Il est dès lors impossible de calculer directement les quantités cumulées de polluants émises par chaque source. De plus, une source a pu émettre des polluants par plusieurs cheminées de hauteur parfois très différentes. Nous avons donc opté pour une estimation indirecte via une pondération des cheminées des principales sources, basée sur les points de mesure des études POLLUSOL 1 et 2. À cette fin, nous avons adopté une méthodologie en quatre étapes :

1. Détermination des caractéristiques de l'auréole de retombées atmosphériques autour de chacune des cheminées (une source pouvant avoir plusieurs cheminées) prise individuellement, en considérant une émission cumulée identique pour chacune d'elles (*cf.* sections 6.1.4 et 6.2.1.1). Dans la suite du texte, nous désignerons ces auréoles par le terme « auréoles de retombées unitaires » ;
2. Calcul de l'enrichissement en polluants par voie atmosphérique pour le plus grand nombre possible de points de contrôle sur base des analyses de sols des études POLLUSOL 1 et 2 (*cf.* section 6.2.1.2) ;

3. Estimation des coefficients de pondération pour chaque cheminée et chaque polluant au moyen de régressions modélisant l'enrichissement sur les points de contrôle à l'aide d'une combinaison linéaire de l'ensemble des auréoles de retombées (*cf.* section *6.2.1.3*) ;
4. Pour chaque polluant, addition en tout point de la Région wallonne de l'ensemble des auréoles de pollution des cheminées en appliquant les coefficients de pondération calculé à la section précédante (*cf.* section 6.2.2.3).

6.2.1.1 Sélection de sources pour la détermination des auréoles de retombées atmosphériques unitaires

Nous appelons « auréole de retombées unitaire » la matrice reprenant en tous points de la Région wallonne les valeurs de retombées attribuées à une cheminée particulière ayant émis 100t de particules par an durant 1 an. Le calcul de ces auréoles a été réalisé par l'équipe de la FPMs (section 6.1.4). Le temps de calcul pour la détermination d'une auréole pour une cheminée est relativement conséquent (de l'ordre d'une journée). Il n'est dès lors pas possible de déterminer les auréoles de retombées unitaires pour l'ensemble des cheminées des sources de la base de données « Sources Historiques de Pollution » de SPAQuE (leur nombre dépasse 700). Il a donc été nécessaire d'effectuer une sélection parmi ces sources afin de ne s'intéresser qu'aux principales responsables des retombées de polluants. Toutes les sources étant potentiellement à l'origine de retombées atmosphériques de polluants, il a fallu effectuer un choix. Nous avons donc fait le choix de nous intéresser prioritairement aux industries potentiellement émettrices de métaux lourds. Ce choix se base sur les deux constats suivants : (i) nous ne disposons de points de contrôle couvrant de façon homogène l'ensemble de la Région wallonne que pour les métaux lourds (POLLUSOL 1), et (ii) les polluants organiques se dégradent au cours du temps, ce qui ajoute donc une complexité difficile à prendre en compte dans notre modèle (le polluant a pu se dégrader dans le sol entre le moment où il est retombé sur le sol et le moment ou nous avons effectué la mesure).

A partir de statistiques de comparaison entre zones (corrélation entre les teneurs en polluants et le nombre d'industries de chaque type à proximité), deux catégories de sources potentiellement responsables de retombées en métaux lourds ont été sélectionnées dans la base de données « Sources Historiques de Pollution » : les industries de la métallurgie des non-ferreux et les industries sidérurgiques. Pour ces industries, l'équipe de l'UCL a complété [2] les informations de la base de données « Sources Historiques de Pollution ». De plus, dans la mesure du possible, la localisation précise des principales cheminées des industries a été déterminée. Celle-ci peut en effet avoir un impact important sur les caractéristiques de l'auréole de retombées calculé par le modèle de la FPMs (ex. : l'auréole de retombées sera très différente si la cheminée se trouve dans une

2. Il ne s'agit pas d'une étude exhaustive, mais d'une vérification rapide (environ deux semaines de travail) à partir de documents divers (cartes postales anciennes, etc.) et d'informations retrouvées sur Internet. Une attention particulière a été portée aux sources frontalières luxembourgeoises et françaises (13 cheminées ajoutées) pour préciser les retombées sur la zone d'étude d'Aubange.

vallée ou quelques dizaines de mètres plus loin, sur le plateau). Si une source (industrie) comprend des cheminées de hauteur très différentes, deux cheminées distinctes sont considérées au même endroit (une cheminée « haute » et une cheminée « basse »), car la hauteur de la cheminée a un impact majeur sur la dispersion des polluants. Une liste de 120 cheminées a été fournie dans un premier temps à la FPMs. Il s'agit de 28 cheminées de métallurgie des non-ferreux et de 92 cheminées de l'industrie sidérurgique. Au cours des travaux d'estimation des coefficients de pondération du modèle de régression (*cf.* section 6.2.1.3), nous avons sélectionné 5 cheminées supplémentaires liées à d'autres types d'industries (transformation du charbon) afin de couvrir des zones où les résultats du modèle n'étaient pas satisfaisants (Verviers, est de Charleroi). L'équipe FPMs a effectué la modélisation des auréoles pour ces cheminées supplémentaires et les résultats ont été utilisés pour finaliser la calibration. Notons que la modélisation des auréoles de retombées atmosphériques de l'ensemble des cheminées liées à la transformation du charbon (152 sources) était impossible dans le temps imparti par le projet.

L'équipe FPMs a donc modélisé 125 « auréoles de retombées unitaires », correspondant à 125 cheminées ayant émis une quantité identique (hypothèse de départ) de 100 tonnes de particules durant un an (*cf.* section 6.1.4).

6.2.1.2 Calcul de l'enrichissement des sols en polluants par voie atmosphérique

Principe Pour les ETM considérés dans l'étude POLLUSOL 1 (As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn), l'enrichissement lié aux retombées atmosphériques est calculé par différence entre la teneur mesurée sur les points des études POLLUSOL 1 et 2 et la teneur naturelle attendue sur bases des paramètres pédologiques de ce point.

Pour les autres ETM, l'enrichissement est estimé par différence entre l'horizon de surface et l'horizon profond, en se basant sur l'hypothèse d'une faible mobilisation de la surface vers la profondeur.

Pour les polluants organiques, la teneur dans l'horizon de surface est directement considérée comme « enrichissement lié aux retombées atmosphériques », car les teneurs dans les horizons profonds pour l'étude POLLUSOL 1 sont toujours inférieures aux limites de quantification.

Etant donnés les faibles biais observés entre les laboratoires ayant réalisé les analyses POLLUSOL1 et POLLUSOL2 (*cf.* section 2.4), nous avons converti les valeurs POLLUSOL1 en « équivalent POLLUSOL2 », en tenant compte des biais moyens.

Prédiction des teneurs en fonction des paramètres pédologiques hors zone de PAP

Méthode L'objectif de ces prédictions est de caractériser le comportement des ETM dans les profils de sols en situation la plus « normale » possible afin de pouvoir

prédire les teneurs en surface. Le caractère « normal » fait référence à l'absence de pollution (atmosphérique de proximité ou localisée) ou d'anomalie géochimique (teneurs très basses ou très élevées liées à la particularité du substrat naturel). Ces prédictions ont été effectuées sur base d'une sélection des résultats de l'étude POLLUSOL1 et sont basées sur les horizons de surface et profonds. Nous avons donc tenté de sélectionner un horizon profond de référence pour chaque point. Cet horizon doit avoir une profondeur moyenne de 60 à 100 cm et être apparenté pédologiquement à l'horizon de surface (exclusion des situations de discontinuité pédologique).

Deux options ont été testées pour la prédiction : (i) basée uniquement sur les paramètres pédologiques et teneurs en éléments majeurs dans l'horizon de surface et (ii) basée simultanément sur les paramètres pédologiques des horizons de surface et profond, ainsi que sur la teneur de l'élément correspondant en profondeur.

Pour le premier scénario, les paramètres prédictifs sont : carbone organique en surface (S_Corg), pH-KCl en surface (S_pH_KCl) [3], éléments majeurs en surface (S_Ca, S_Mg, S_Fe) [4].

Pour le deuxième scénario [5], les paramètres prédictifs sont : carbone organique en surface (S_Corg), pH-KCl en surface (S_pH_KCl), la teneur de l'ETM correspondant dans l'horizon profond de référence (P_As, P_Ni, ...), les différences entre l'horizon de surface et l'horizon profond de référence pour les teneurs en Corg (S-P_Corg), argile (S-P_Argile), Ca (S-P_Ca), Mg (S-P_Mg) et Fe (S-P_Fe). Chaque paramètre a un impact potentiel sur les teneurs en surface selon des processus pédologiques identifiés :

S_Corg : Rétention de métaux par complexation sur les fonctions carboxyliques ou dillution de la matière minérale (et des métaux qui y sont associés) par la matière organique (ces deux processus ayant un effet inverse)

S_pH_KCl : Contrôle de la solubilité des métaux et donc de leur lessivage éventuel vers des horizons plus profonds

S-P_Corg : Mêmes processus que pour (S_Corg), mais la différence (S-P) permet de prendre en compte le gradient en carbone organique dans le profil (plus faible dans les sols alluviaux ou colluviaux que dans les autres types de sols)

S-P_Argile : Processus de translocation d'argiles (et des métaux qui y sont associés) de la surface vers la profondeur (si valeur négative pour ce paramètre)

S-P_Ca : Dissolution (altération chimique) de la calcite (et libération des métaux qui y sont associés) dans l'horizon de surface (si valeur négative pour ce paramètre)

3. Le pH KCl a été choisi à la place de pH H2O car pH H2O est manquant pour de nombreux points POLLUSOL2.

4. Al n'a pas utilisé car le contrôle qualité à révélé que les mesures POLLUSOL 2 étaient trop imprécises pour ce paramètre.

5. Dans la suite de cette section, nous utiliserons le préfixe « S_ » pour désigner la valeur du paramètres en surface, le préfixe « P_ » pour désigner la valeur du paramètre en profondeur et « S-P » pour désigner la différence entre les valeurs en surface et en profondeur.

S-P_Mg : Dissolution (altération chimique) des silicates ferromagnésiens et de la dolomie (et libération des métaux qui y sont associés) dans l'horizon de surface (si valeur négative pour ce paramètre)

S-P_Fe : Dissolution du fer (et des métaux qui y sont associés) par des processus de réduction (anaérobiose) ou de podzolization (altération chimique très prononcée). La podzolization tend à engendrer des valeurs négatives pour ce paramètre, tandis que la réduction peut engendrer des valeurs négatives ou positives, selon qu'elle affecte plutôt l'horizon de surface ou l'horizon profond.

La prédiction pour ce deuxième scénario est basée sur une régression linéaire selon l'équation suivante (ETM = As, Cd, Cr, Co, Cu, Ni, Hg, Pb ou Zn) :

S_ETM = x_0+ x_1* P_ETM + x_2* S_Corg + x_3 * S_pH_KCl + x_4* S-P_Corg * P_ETM + x_4* S-P_Argile * P_ETM + x_6* S-P_Ca * P_ETM + x_7 * S-P_Mg * P_ETM + x_8 * S-P_Fe * P_ETM

Les termes « S-P » sont systématiquement multipliés par la teneur en ETM dans l'horizon profond, car les effets attendus des processus pédologiques qui y sont liés sont des effets relatifs (proportionnels à la teneur en profondeur).

La méthode de régression « Stepwize » a été utilisée pour les deux scénarios, afin de ne sélectionner que les termes de l'équation qui contribuent significativement à la qualité de la prédiction.

Sélection des points Cette modélisation a été effectuée sur base des points de l'étude POLLUSOL1 (sans le complément en zones de PAP) en excluant d'amblée les points pour lesquels aucun des horizons profonds ne peut être considéré comme référence (discontinuité pédologique ou profil trop peu profond), ainsi que les points pour lesquels nous suspections une anomalie géochimique (outlier haut dans les horizons profonds).

Pour chaque paramètre, y compris les paramètres explicatifs, nous avons filtré les données de façon à exclure les valeurs potentiellement liées à une pollution, une erreur analytique, ou à une autre situation non représentative de la population. Dans cette optique, nous avons supprimé les valeurs identifiées comme « outliers univariés » au-delà des bornes +/- 4 MAD ou comme « outliers multivariés ». Nous avons également calculé les différences « S-P », pour tous les paramètres (y compris les ETM) et avons exclu les valeurs en surface et en profondeur si leur différence était outliers univariés aux bornes +/- 4 MAD.

Après un premier essai de modélisation (non présenté), nous avons calculé les résidus sur la prédiction, identifié et visualisé sur des cartes les outliers univariés pour ces résidus. Cette analyse nous a conduits à la suppression de certains points (anomalies géochimiques) ou de certaines valeurs (erreur analytique, pollution ou cas particulier) pour les paramètres explicatifs ou pour les ETM. Après ces multiples filtres, 139 points sont conservés et le nombre de valeurs conservées varie entre 70 et 115 selon les polluants (figures 6.1 et 6.2).

Résultats Les résultats des modèles linéaires pour le scénario « uniquement surface » sont repris à la table (6.1) . Sur base des coefficients de détermination (r^2), les éléments dont la variabilité est bien, voire très bien, prise en compte sont As, Co, Cr, Hg, Ni et Pb (0.67 - 0.82). Les prévisions sont un peu moins bonnes pour Cu et Zn (0.54-0.59) et très mauvaise pour Cd (0.13).

TABLE 6.1 – Paramètres des modèles linéaires prédisant les teneurs en ETM en surface en fonctions des paramètres pédologiques de cet horizon (teneurs en ETM et éléments majeurs exprimées en mg/kg ; Corg exprimé en g/kg ; les lignes 4 à 9 reprennent les coefficients attribués aux différents paramètres explicatifs de la régression linéaire « ETM=c_0 + c_1*S_Corg + c_2*S_pH_KCl + c_3*S_Argile + c_4*S_Ca + c_5*S_Mg + c_6*S_Fe »)

	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
n	101	94	94	100	110	114	115	102	93
r^2	0.7	0.13	0.82	0.69	0.54	0.69	0.82	0.73	0.59
Constante	3.5	0.17	1.2	7.2	2.8	0.04	-0.3	9.5	25
S_Corg	0	0	0	0	0	2.0E-03	0	0.87	0
S_pH_KCl	0	4.0E-02	0	0	0	0	0	0	0
S_Argile	2.3E-01	0	0	0	0	0	0	0	0
S_Ca	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S_Mg	-2.9E-03	0	3.3E-03	0	0	0	6.7E-03	0	1.1E-02
S_Fe	5.0E-04	0	0	1.2E-03	4.3E-04	0	0	0	0

Les résultats des modèles linéaires pour le scénario « surface et profond » sont présentés à la table (6.2). Sur base des coefficients de détermination (r^2), les éléments dont la variabilité est bien, voire très bien, prise en compte sont As, Co, Cu, Hg et Ni (0.67 - 0.86). Les prédictions sont nettement plus médiocres pour Cr et Zn (0.42-0.44) et franchement mauvaises pour Cd (0.13).

TABLE 6.2 – Paramètres des modèles linéaires prédisant les teneurs en ETM en surface en fonction des teneurs en profondeur et des paramètres pédologiques (teneurs en ETM et éléments majeurs exprimées en mg/kg ; Argile en % ; Corg en g/kg ; les lignes 4 à 11 reprennent les coefficients attribués aux différents paramètres explicatifs de la régression linéaire)

		As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
n		106	94	70	104	98	114	89	85	95
r^2		0.73	0.13	0.72	0.42	0.78	0.69	0.86	0.80	0.44
Constante	x_0	3.6	0.17	5.0	14	-4.9	0.039	0.3	-14	10.9
P_ETM	x_1	0.61	0	0.46	0.64	0.68	0	0.80	0	0.49
S_Corg	x_2	0	0	-6.4E-02	0	5.2E-02	2.0E-03	0	8.4E-01	0
S_pH_KCl	x_3	0	4.0E-02	0	0	1.5	0	0	4.0	3.5
P_ETM*S-P_Corg	x_4	5.8E-03	0	0	0	0	0	-3.2E-03	1.1E-02	0
P_ETM*S-P_Argile	x_5	0	0	-1.6E-02	0	0	0	-4.9E-03	3.4E-02	0
P_ETM*S-P_Ca	x_6	0	0	1.1E-04	0	0	0	4.3E-05	-5.4E-04	0
P_ETM*S-P_Mg	x_7	0	0	-5.4E-05	0	0	0	0	0	0
P_ETM*S-P_Fe	x_8	2.3E-05	0	2.1E-05	2.1E-05	1.4E-05	0	1.8E-05	0	0

Par rapport au scénario précédent, les résultats sont identiques dans le cas de Cd et Hg, vu qu'aucun paramètre concernant l'horizon profond n'est retenu. Les prédictions sont moins bonnes pour Co, Cr et Zn, légèrement meilleures pour As, Ni et Pb et

nettement meilleure pour Cu.

Nous avons donc sélectionné le premier scénario pour la plupart des ETM (As, Co, Cr, Hg, Ni, Pb, Zn) car le deuxième scénario n'apporte pas une prédiction nettement meilleure, impose la caractérisation de l'horizon profond et fait intervenir un plus grand nombre de variables (et donc de sources d'erreur). Par contre, les deux scénarios sont sélectionnés pour la prédiction de Cu. Les deux seront testés pour la pondération des sources. Enfin, aucun des scénarios n'est valable pour Cd ; ce métal sera donc estimé par sa moyenne sur ce jeu de données filtré. La synthèse des équations retenues est présentée à la table 6.3. Dans la suite du texte, ces estimations seront indiquées par le suffixe « _Nat » (Zn_Nat, etc.).

TABLE 6.3 – Equations de prédiction des teneurs « normales » (en absence de pollutions ou d'anomalies géochimiques) en fonction de paramètres pédologiques (Cu(SP) : prédiction pour Cu en tenant compte des horizons superficiels et profonds)

	Equation de prédiction
As	4.05 + 0.18 * S_Argile - 2.85E-03 * S_Mg + 5.08E-04 * S_Fe
Cd	0.34
Co	2.68 + 2.88E-03 * S_Mg
Cr	12.64 + 1.2E-3 * S_Fe
Cu	2.79 + 4.3E-04 * S_Fe
Cu(SP)	-5.7 + 0.68 * P_Cu + 0.048 * S_Corg + 1.53 * S_pH_KCl + 1.50E-05 * P_Cu * (S_Fe - P_Fe)
Hg	0.040 + 1.78 * S_Corg
Ni	3.55 + 6.39E-03 * S_Mg
Pb	8.85 + 0.80 * S_Corg
Zn	12.28 + 1.21E-02 * S_Mg

Calcul de l'enrichissement en polluant d'origine atmosphérique L'enrichissement en As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb et Zn est calculé par différence entre les teneurs mesurées en surface et les valeurs naturelles attendues (As_Nat, Cu_Nat, etc.) d'après les modèles sélectionnés ci-dessus. Ces différences, représentant l'enrichissement, sont identifiées par le préfixe « Pol_ » (Pol_Cd, etc.). Pour les HAP, les valeurs naturelles attendues sont inférieures à la limite de quantification. Pour les autres polluants organiques, nous ne disposions d'aucune référence hors ZPAP. Dès lors, nous avons considéré que l'enrichissement est égal aux valeurs mesurées pour l'ensemble des paramètres organiques.

Les enrichissements ont été calculés sur une sélection de 508 points (figure 6.8) issus du jeu de données POLLUSOL 1 et 2. Les points exclus sont :

- les remblais, car ils sont liés par définition à un déplacement de sol, ce qui les rend inutilisables comme points de calibration spatialisés ;
- les potagers ayant reçu un apport de terre, même minime, en raison de la possibilité de pollution par une terre contaminée, ou de dilution de la pollution par une terre propre ;
- les points où l'on suspecte une anomalie géochimique (localisée) en raison de teneurs anormalement élevées dans l'horizon profond.

Pour chaque élément, nous avons étudié l'effet de la famille de sol sur les teneurs dans l'horizon de profondeur de référence. Les valeurs correspondant aux familles de

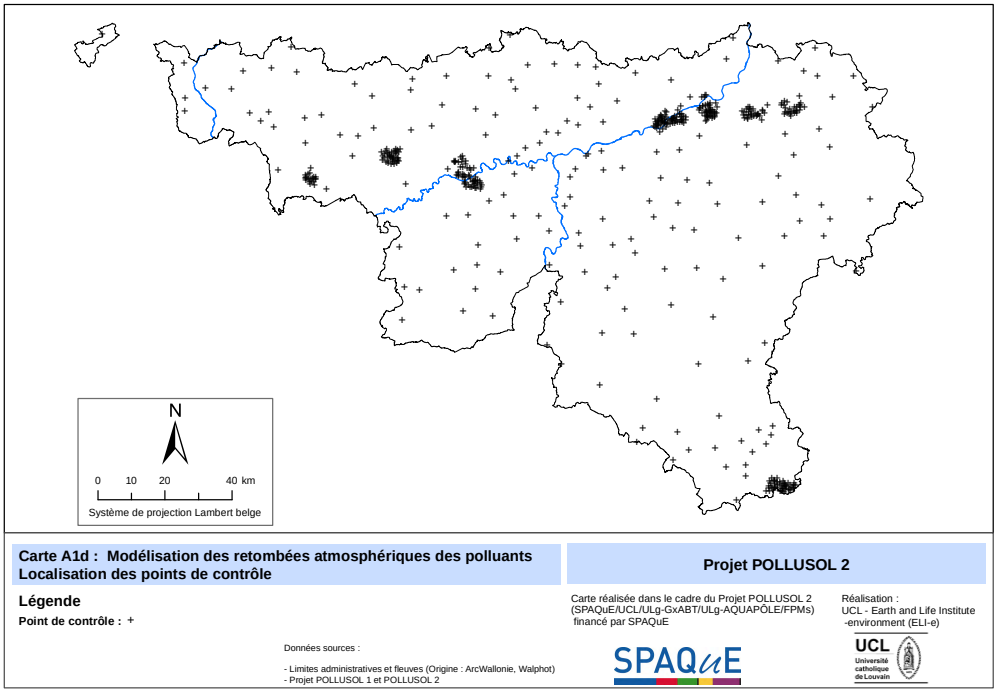


FIGURE 6.8 – Localisation des 508 points de contrôle (+)

sol dont les teneurs sont significativement différentes des autres (test ANOVA), ont été supprimées sauf si un lien évident avec une cheminée (ou plusieurs) était établi.

A ce stade, le jeu de données peut contenir des points dont les valeurs élevées sont liées à des erreurs analytiques, une pollution localisée ou une autre situation non représentative de la population. Pour exclure ces cas de figure, les valeurs ont été filtrées pour chaque paramètre, y compris les facteurs explicatifs, en supprimer les valeurs brutes identifiées comme « outliers univariés » au-delà des bornes +/- 4 MAD ou comme « outliers multivariés ». Ensuite, pour chaque paramètre explicatif, nous avons supprimé les valeurs éloignées de la gamme du jeu de données ayant servi à l'élaboration des modèles prédictifs (table 6.3), avec une tolérance allant de 0.5 fois la limite inférieure à 2 fois la limite supérieure.

Les résultats des calculs d'enrichissement ont ensuite été visualisés (box-plot et spatialisation) afin d'éliminer les derniers points aberrants. Les valeurs restantes, considérées comme représentatives des teneurs de fond « naturelles » et de la PAP, ont été utilisées comme points de contrôle pour la calibration des sources.

6.2.1.3 Pondération des cheminées à l'aide de points de contrôle

Principe

Le principe est d'expliquer par un modèle de régression linéaire l'enrichissement du

sol en polluant d'origine atmosphérique sur chacun des n points de contrôle (*cf.* section 6.2.1.2) par les valeurs de retombées relatives calculées par l'équipe de la FPMs pour chacune des 125 cheminées (*cf.* section 6.2.1.1).

Pour chaque polluant, l'équation du modèle de régression linéaire est la suivante : $e = Rx$

Avec :

e : le vecteur des concentrations en polluants attribuables à l'enrichissement du sol par voie atmosphérique aux n points de contrôle :
$e = (b_1, b_2, ..., b_n)^T$, avec b_i l'enrichissement du sol en polluant pour le $i^{ème}$ point de contrôle (et T indique la transposition).

x : le vecteur des coefficients de pondération des cheminées fournissant la meilleure estimation des concentrations du vecteur e :
$x = (p_1, p_2, ..., p_{125}, \alpha)^T$, avec p_j le poids de la $j^{ème}$source et ou α est le terme constant. α représente un éventuel enrichissement moyen des n points de contrôle par rapport aux points ayant servi à l'estimation des teneurs « normale » et qui n'est pas dû aux retombées des 125 cheminées .

R : la matrice de dimension (n x 126) contenant les valeurs de retombées relatives calculées par l'équipe de la FPMs pour chacune des 125 cheminées aux localisations XY des n points de contrôles :
$R = (r_1, r_2, ..., r_n)^T$, avec $r_i = (r_{i1}, r_{i2}, ..., r_{i125}, 1)$ les valeurs de retombées relative des 125 cheminées pour la $i^{ème}$ observation et 1 la constante pour l'ensemble des points (correspondant au paramètre α du vecteur x).

La méthode statistique utilisée est une régression linéaire « contrainte » estimant le vecteur x par la méthode des moindres carrés. La contrainte imposée est qu'aucun coefficient ne peut être inférieur à 0, car cela équivaudrait à considérer des « cheminées dépolluantes ». En pratique, pour résoudre cette équation, nous avons utilisé l'algorithme de Lawson-Hanson pour le calcul des moindres carrés non-négatifs (NNLS - non-negative linear least squares) fourni dans le package « nnls » du logiciel libre « R ».

Regroupement

La méthode présentée ci-dessus donne de bons résultats (en terme de coefficient de détermination r^2), mais conduit à des résultats peu utiles pour la prédiction des retombées en dehors des 8 zones prioritaires de cette étude. En effet, la plupart des sources situées à plus de 10 km de ces zones reçoivent soit un coefficient de pondération de 0, soit une valeur anormalement élévée. Le problème vient du fait qu'un grand nombre de ces cheminées ne sont pas entourées d'un nombre suffisant de points de contrôle pour être calibrées correctement. En effet, les auréoles de retombées autour des cheminées sont généralement de faible taille : les retombées à 15 km de la cheminée ne représentent que 5% de la valeur au point central, et 1% après 30 km. Certaines cheminées sont entourées de moins de 3 points de contrôle dans un rayon de 15 km. Dans ce cas, la moindre anomalie non détectée concernant un de ces points (faible pollution

localisée, erreur analytique, *etc.*) peut avoir un impact majeur sur le coefficient de pondération attribué à cette cheminée. Dans d'autres cas, plusieurs cheminées proches sont entourées d'un nombre limité de points de contrôle. Dans ce cas, une seule source peut être surpondérée et les autres ne sont pas prises en compte par le modèle, ce qui a un impact sur l'extrapolation dans les zones sans point de contrôle.

Pour ces raisons, nous avons décidé d'effectuer des regroupemements de cheminées selon le type de source. Nous attribuons à chaque groupe une auréole, qui correspond à la somme non pondérée des auréoles des cheminées qui le composent. L'attribution d'un coefficient de pondération à ce groupe est donc strictemement équivalente à l'attribution d'un coefficient de pondération identique aux différentes cheminées de ce groupe. L'avantage de cette approche est l'augmentation du nombre de points de contrôle influençant chaque coefficient. L'inconvénient est que l'on risque de diminuer l'ajustement du modèle en forçant deux sources différentes à « émettre la même quantité ». Dès lors, après avoir testé différentes stratégies de regroupement, les groupes ont été effectués sur base des types d'industrie, de la taille des cheminées et de la taille de l'implantation (pour les fonderies de Zn). Lorsque le nombre de points le permettait, des séparations supplémentaires ont été effectuées : séparation par « bassins industriels » pour les sources sidérurgiques, découpage plus fin pour les fonderies de Zn de taille moyenne (table 6.4).

Les cheminées « métallurgie des métaux non-ferreux » (MNF) n'ont pas été sélectionnées pour la prédiction des polluants organiques, car ils ne sont pas susceptibles d'avoir émis ce type de polluant.

TABLE 6.4 – Nom des groupes de sources et logique de regroupement

Groupe de cheminées	Caractéristiques des cheminées de ce groupe
MNF_A, MNF_K	Fonderies de Pb et Zn: petites exloitations en zone calaminaire (avant 1800 > 1920) (cheminées basses)
MNF_B, MNF_G, MNF_I	Fonderies de Zn: exploitations moyennes (1830 - 1970) (cheminées basses)
MNF_C	Fonderies de Zn: exploitations moyennes (1830 - 1970) (cheminées hautes)
MNF_D	Fonderies de Zn: grandes exploitations (après 1900) (cheminées basses)
MNF_E	Fonderies de Zn: grandes exploitations (après 1900) (cheminées hautes)
SI_A_HA	Hauts-Fourneaux du bassin de Charleroi (cheminées basses)
SI_A_LG	Hauts-Fourneaux du bassion liégeois (cheminées basses)
SI_A_LO	Hauts-Fourneaux de Lorraine (France, Belgique, Grand Duché de Luxembourg) (cheminées basses)
SI_C_HA	Hauts-Fourneaux du bassin de Charleroi (cheminées hautes)
SI_C_LG	Hauts-Fourneaux du bassion liégeois (cheminées hautes)
SI_C_LO	Hauts-Fourneaux de Lorraine (France, Belgique, Grand Duché de Luxembourg) (cheminées hautes)
SI_E_HA	Aciéries du bassin de Charleroi (cheminées basses)
SI_E_LG	Aciéries du bassion liégeois (cheminées basses)
SI_E_LO	Aciéries de Lorraine (France, Belgique, Grand Duché de Luxembourg) (cheminées basses)
SI_G_LG	Aciéries du bassin liégeois (cheminées hautes)
SI_G_LO	Aciéries de Lorraine (France, Belgique, Grand Duché de Luxembourg) (cheminées hautes)
SI_G_HA	Aciéries du bassin de Charleroi (cheminées hautes)
GZ	Usines à gaz (région de Verviers)
CC	Carbo-chimie (région de Charleroi)

6.2.2 Résultats

6.2.2.1 Paramètres du modèle et groupes de cheminées retenus

Les coefficients de pondération attribués aux cheminées de chaque groupe sont repris dans la table 6.5. Les coefficients correspondant aux différents groupes s'appliquent à toutes les cheminées de ce groupe. Des coefficients élevés indiquent une contribution importante des sources correspondantes, car les auréoles unitaires ont été calculées sur base d'une émission identique pour l'ensemble des sources. Toutefois, il ne s'agit pas d'estimation des quantités émises, car la calibration a été effectuée sur base de l'enrichissement dans les sols (par rapport à une situation « naturelle », *cf.* 6.2.1.2) et non de retombées proprement dites. En effet, l'enrichissement (exprimé par unité de masse), dépend évidemment des retombées (exprimées par unité de surface), mais également de la profondeur de sol affecté et de la densité du sol.

Selon les coefficients attribués aux cheminées de chaque groupe, les interprétations suivantes peuvent être formulées :

Pour Cd, les cheminées qui auraient le plus contribué à l'enrichissement dans les sols sont les cheminées basses des groupes « MNF », en particulier celles des groupes MNF_G et MNF_I, localisées dans la vallée de la Meuse. Les sources de type aciérie auraient également contribué significativement à la PAP en Hainaut, sauf en province de Liège, et dans une moindre mesure que pour les sources MNF. L'absence de contribution des ces sources à Liège est sans doute liée à la prédominance des sources MNF dans cette région et la très faible contribution en Lorraine peut s'expliquer pas l'incertitude sur l'estimation des teneurs « naturelles », à cause des contrastes lithologiques marqués dans cette région. Les sources GZ et CC semblent également avoir contribué aux émissions.

Pour Zn, les cheminées qui auraient le plus contribué à l'enrichissement dans les sols sont les cheminées basses des groupes « MNF », en particulier celle du groupe MNF_I, localisées dans la vallée de la Meuse. Les hauts fourneaux de Lorraine, les aciéries du Hainaut et les usines à Gaz de Verviers auraient également contribué significativement à la PAP mais dans une mesure nettement moindre que les sources MNF.

Pour Pb, pratiquement tous les groupes de sources MNF auraient eu une contribution à l'enrichissement dans les sols relativement semblable. Toutefois, les cheminées basses sont sélectionnées pour les petites sources (MNF_A et MNF_K) et moyennes (MNF_B, MNF_G et MNF_I), tandis que les cheminées hautes sont sélectionnées pour les sources les plus grosses (MNF_K). Ces observations peuvent être liées à l'âge respectif de ces sources : les plus petites sont aussi les plus vieilles et sont donc associées à des procédés industriels moins efficaces (pertes élevées) et moins soucieux de l'environnement. De plus, les sources les plus anciennes ont été actives durant une période plus longue. Les hauts fourneaux de Lorraine, aciéries du Hainaut et usines à gaz pourraient également avoir contribué à l'enrichissement dans les sols, mais dans une proportion nettement plus faible que la métallurgie des non-ferreux.

Pour les autres polluants, la précision des modèles est plus faible, rendant l'interprétation plus délicate. En résumé : la pollution en Hg semble être principalement liée aux sources MNF moyennes, aux hauts fourneaux de la province de Liège ainsi qu'aux usines à gaz ; la pollution en Cu semble provenir essentiellement des sources MNF petites et moyennes, aux aciéries du Hainaut et de Lorraine et aux usines à gaz ; la pollution en HAP semble essentiellement liée aux aciéries et à la carbochimie. Notons que pour Cu, le modèle basés sur le paramètre Cu(SP) (*cf.* table 6.3) ne permettait pas d'obtenir une meilleure modélisation des retombées que le modèles basés sur l'horizon de surface uniquement. Il n'a donc pas été retenu, en raison du nombre plus élevé de variables requises.

TABLE 6.5 – Paramètres calculés pour les modèles de prédiction de retombées de polluants. La première ligne du tableau indique le nombre de points de contrôle utilisé pour calibrer le modèle. Les lignes suivantes indiquent les paramètres du modèle (constante et coefficients de pondération pour les cheminées de chaque groupe).

	Cd	Cu	Hg	Pb	Zn	HAP
points contrôle (n)	437	382	434	439	408	346
constante	5.41E-02	2.84E+00	1.86E-02	8.48E+00	0	5.66E-01
MNF_A	9.75E-03	2.63E-02	0	5.84E-01	7.27E-01	0
MNF_B	2.17E-03	6.94E-02	2.82E-05	3.00E-01	1.14E+00	0
MNF_C	0	0	5.68E-04	0	0	0
MNF_D	9.27E-03	1.86E-02	0	5.24E-02	1.40E+00	0
MNF_E	0	0	0	7.75E-01	0	0
MNF_G	1.51E-02	3.00E-02	3.06E-04	3.80E-01	9.26E-01	0
MNF_I	2.74E-02	2.57E-02	2.01E-04	6.49E-01	3.78E+00	0
MNF_K	7.43E-03	0	0	4.46E-01	1.25E+00	0
SI_A_HA	0	0	0	7.04E-04	0	0
SI_A_LG	0	0	0	0	0	0
SI_A_LO	0	0	1.24E-05	1.23E-01	4.22E-01	3.46E-03
SI_C_HA	0	0	0	0	0	0
SI_C_LG	0	0	1.14E-04	0	0	0
SI_C_LO	0	8.09E-02	0	0	0	0
SI_E_HA	0	2.04E-03	5.73E-05	2.89E-02	1.09E-01	2.18E-03
SI_E_LG	0	0	0	0	0	0
SI_E_LO	1.10E-04	0	2.33E-05	0	0	8.57E-04
SI_G_HA	2.03E-03	7.74E-02	0	0	0	1.90E-03
SI_G_LG	0	0	0	0	0	2.18E-02
SI_G_LO	0	0	0	0	0	0
GZ	1.74E-03	3.64E-02	2.50E-04	1.17E-01	2.44E-01	0
CC	4.97E-04	0	0	0	0	1.14E-02

6.2.2.2 Qualité des modèles prédictifs

La table 6.6 fournit une indication de la qualité pour chaque modèle de retombées atmosphériques retenu. Il fournit d'une part le pourcentage de la variabilité expliquée par le modèle [6] et d'autre part le coefficient de corrélation robuste entre les retombées calculées aux points de contrôle (*cf.* section 6.2.1.2) et les retombées prédites par le modèle.

Les modèles développés ont tous un biais moyen nul. Cela signifie qu'en moyenne, sur l'ensemble de la Région wallonne, les modèles ne surestiment pas et ne sous-estiment pas les retombées atmosphériques. Ce résultat s'explique par les propriétés de la méthode statistique utilisée (*cf.* section 6.2.1.3).

TABLE 6.6 – Modélisation des retombées atmosphériques de polluants : qualité des modèles prédictifs

Retombées atmosphériques modélisées	**Variabilité expliquée (%)**	**Cor. robuste point de contrôle - modèle**
Cd	68.2	0.82
Cu	27.0	0.55
Hg	29.7	0.46
Pb	43.1	0.70
Zn	64.2	0.83
HAP	23.9	0.43

A titre d'illustration, les figures 6.9, 6.10, 6.11 présentent les résultats du modèle pour le Pb et le Zn et HAP16. Sur chaque graphique, les droites représentent la situation idéale ou le modèle prédit la même quantité de retombées atmosphériques que celle estimée aux points de contrôle. Dans l'ensemble, on observe que les trois modèles illustrés donnent des résultats satisfaisants, les points étant situés généralement à proximité de cette droite. Cependant, en comparant les trois figures, on observe que le modèle prédictif des retombées en Zn est meilleur que celui du Pb, et que celui du Pb est meilleur que celui pour HAP16.

D'une façon générale, les modèles prédictifs pour le Zn et le Cd donnent de bons résultats, celui du Pb donne des résultats moyens tandis que les modèles prédictifs du Cu, Hg et HAP sont moins fiables.

6. Pour cela, nous avons utilisé la somme des carrés résiduels (SCR, variabilité non expliquée par le modèle ; cette statistique est fournie par la fonction « nnls » du logiciel R) et calculé la somme des carrés totaux (SCT, variabilité totale). Le pourcentage de la variabilitée expliquée par le modèle = 100*(1-SCR/SCT).

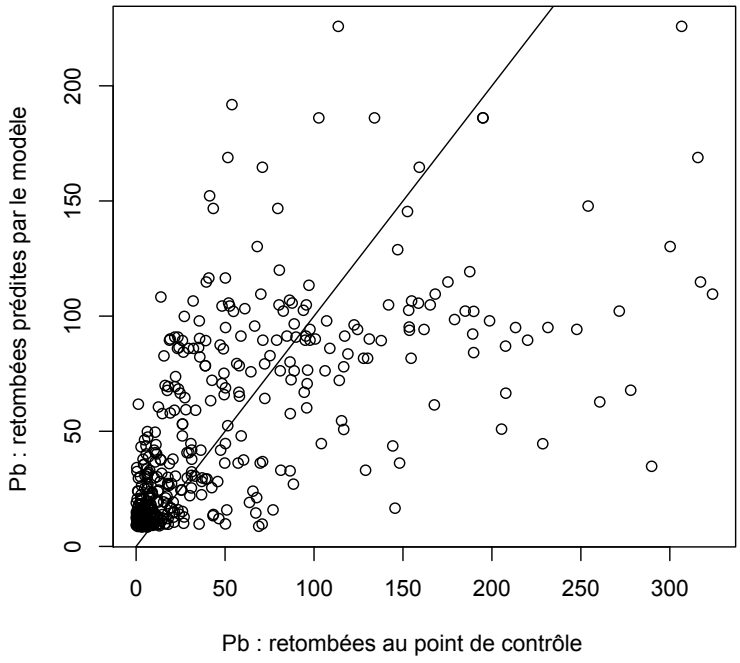


FIGURE 6.9 – Prédiction des retombées atmosphériques en Pb : résultat du modèle

Les HAP sont les seuls polluants organiques pour lesquels nous avons obtenu un modèle prédictif. Pour l'ensemble des HAP, nous avons retenu le modèle mis au point pour le paramètre HAP16 (somme des 16 polluants prioritaires EPA). Les modèles de retombées atmosphériques obtenus pour chacun des HAP pris individuellement donnent des résultats équivalents. On ne remarque pas de différence claire entre les modèles trouvés pour les HAP à chaîne carbonée plus courte ou plus longue. Ce résultat s'explique sans doute par la corrélation élevée que l'on retrouve entre les concentrations des différents HAP dans les sols. Le modèle obtenu est relativement peu fiable (*cf.* figure 6.11). Cette mauvaise prédiction peut être liée au fait que (i) la concentration mesurée ne reflète pas le cumul des retombées, vu que les HAP se décomposent dans le sol ou/et (ii) que seules quelques sources liées à la chimie du charbon (5) ont été prises en compte. La prise en compte de l'ensemble des sources de cette catégorie (152) pourrait améliorer les prédictions.

Pour les polluants organiques autres que les HAP, aucune prédiction valable n'a été obtenue. Cela n'est pas étonnant vu que les valeurs pour ces composants seraient plutôt associées à des pollutions localisées ou des interférences avec les molécules humiques. Toutefois, la prise en compte des sources de la catégorie « chimie du charbon » pourrait peut-être augmenter la fiabilité des modèles.

Nous ne présentons pas en détail les résultats pour les polluants qui n'ont pas été retenus. L'As, le Ni, le Cr et le Co ne présentent pas une claire augmentation des teneurs autour des sources émettrices. Ce constat est généralement valable pour les autres éléments traces. Cependant, pour ceux-ci, nous manquons de points de contrôle

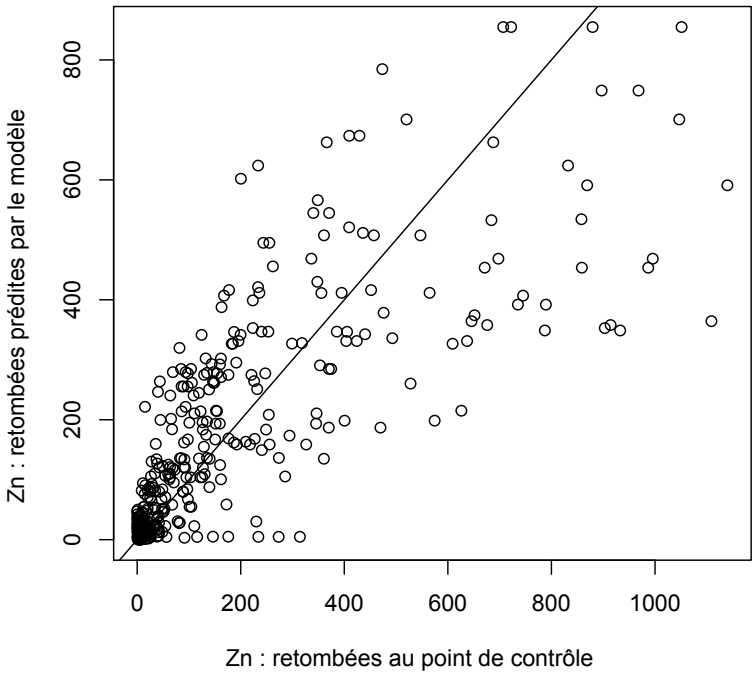


FIGURE 6.10 – Prédiction des retombées atmosphériques en Zn : résultat du modèle

en dehors des huit zones POLLUSOL 2 pour pouvoir efficacement pondérer les sources émettrices.

6.2.2.3 Carte des retombées atmosphériques de polluants

Le modèle prédictif a été appliqué à la grille de points utilisés pour la cartographie de l'ensemble de la RW. Certains points de la grille se trouvent tellement proches des sources émettrices sélectionnées (< 1 km) que les valeurs prédites pour ces points dépassant largement la gamme observée dans notre étude. Nous ne pouvons considérer ces valeurs comme représentatives de la PAP, mais plutôt comme des cas de pollutions ponctuelles. Dès lors, nous avons défini des valeurs maximales pour Cd (6 mg/kg), Cu (50 mg/kg), Pb (240 mg/kg) et Zn (1000 mg/kg) et remplacé les valeurs dépassant ces seuils (7 points pour Cd, 2 points pour Cu, 6 points pour Pb et Zn) par la valeur de ces seuils.

Les cartes qui suivent présentent le résultat des modèles retenus pour la prédiction des retombées atmosphériques en Cd, Cu, Hg, Pb, Zn, et HAP. L'augmentation des teneurs [7] (en mg/ kg MS) dans l'horizon de surface du sol attribuable aux retombées atmosphériques de polluant est cartographiée sur l'ensemble de la Wallonie.

7. synonyme d'enrichissement

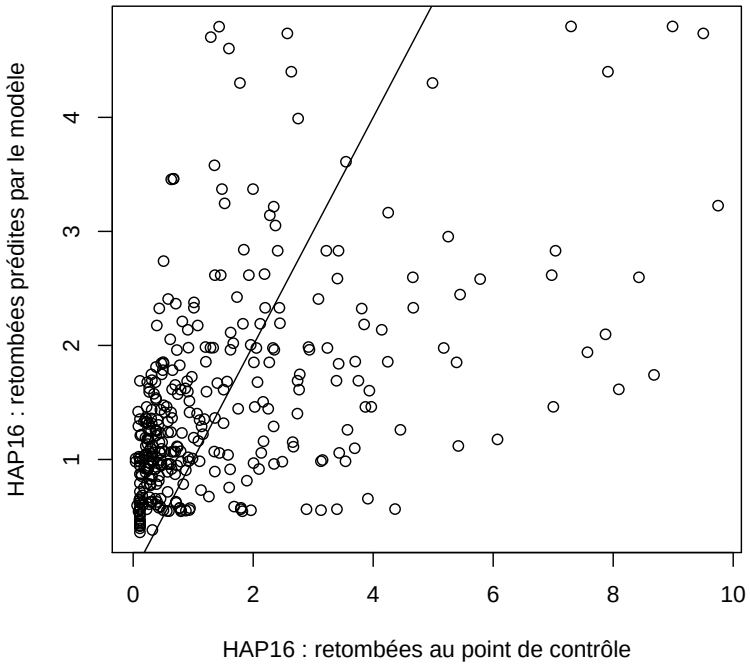
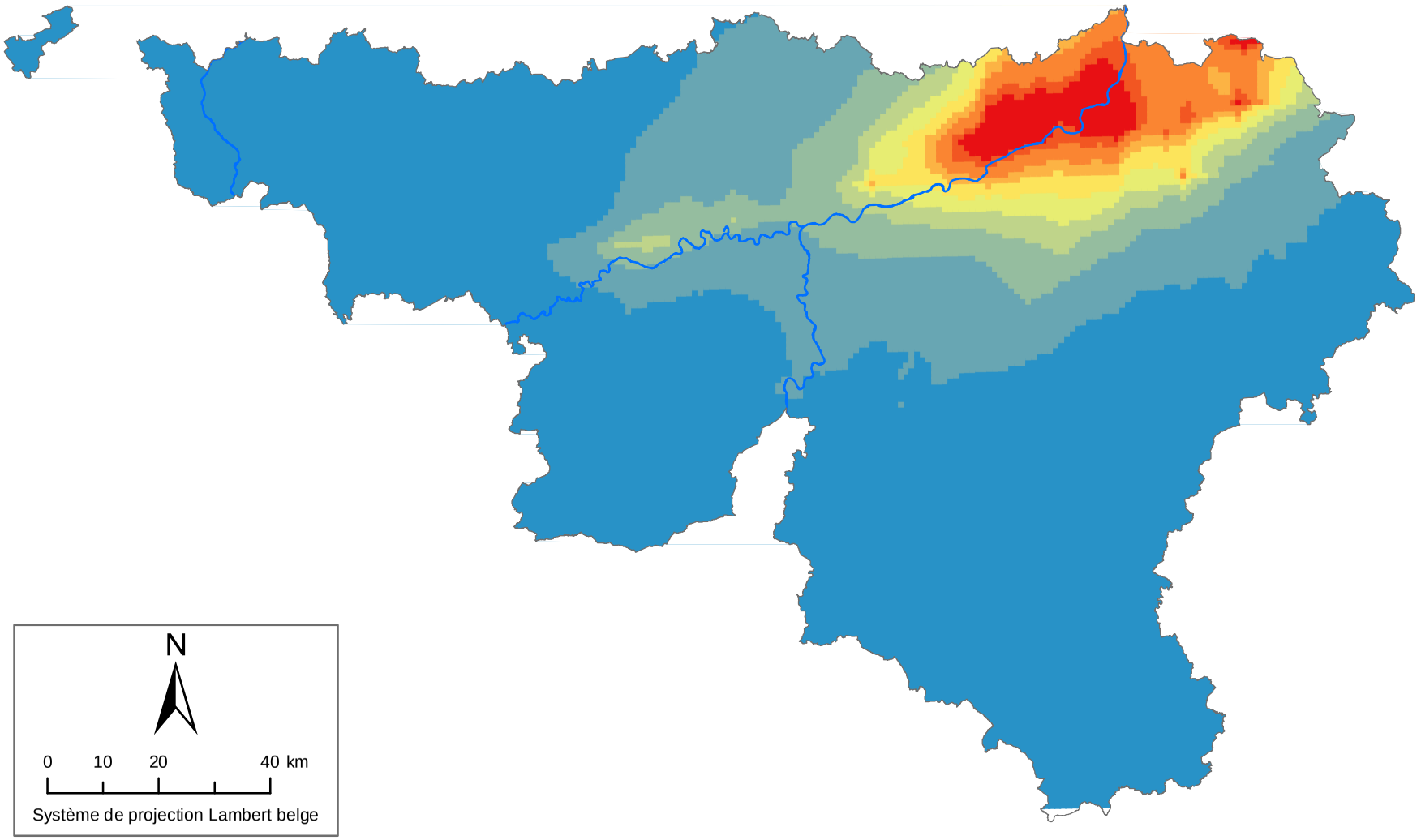


FIGURE 6.11 – Prédiction des retombées atmosphériques en HAP16 : résultat du modèle



Carte A1d : Cadmium : modélisation des retombées atmosphériques
Prédiction de l'augmentation des teneurs dans l'horizon de surface du sol

Projet POLLUSOL 2

Légende

Augmentation des teneurs en cadmium (ppm)

< 0.15	0.61 - 0.80
0.16 - 0.25	0.81 - 1.00
0.26 - 0.35	1.01 - 1.50
0.36 - 0.45	1.51 - 2.00
0.46 - 0.60	2.01 - 6.0

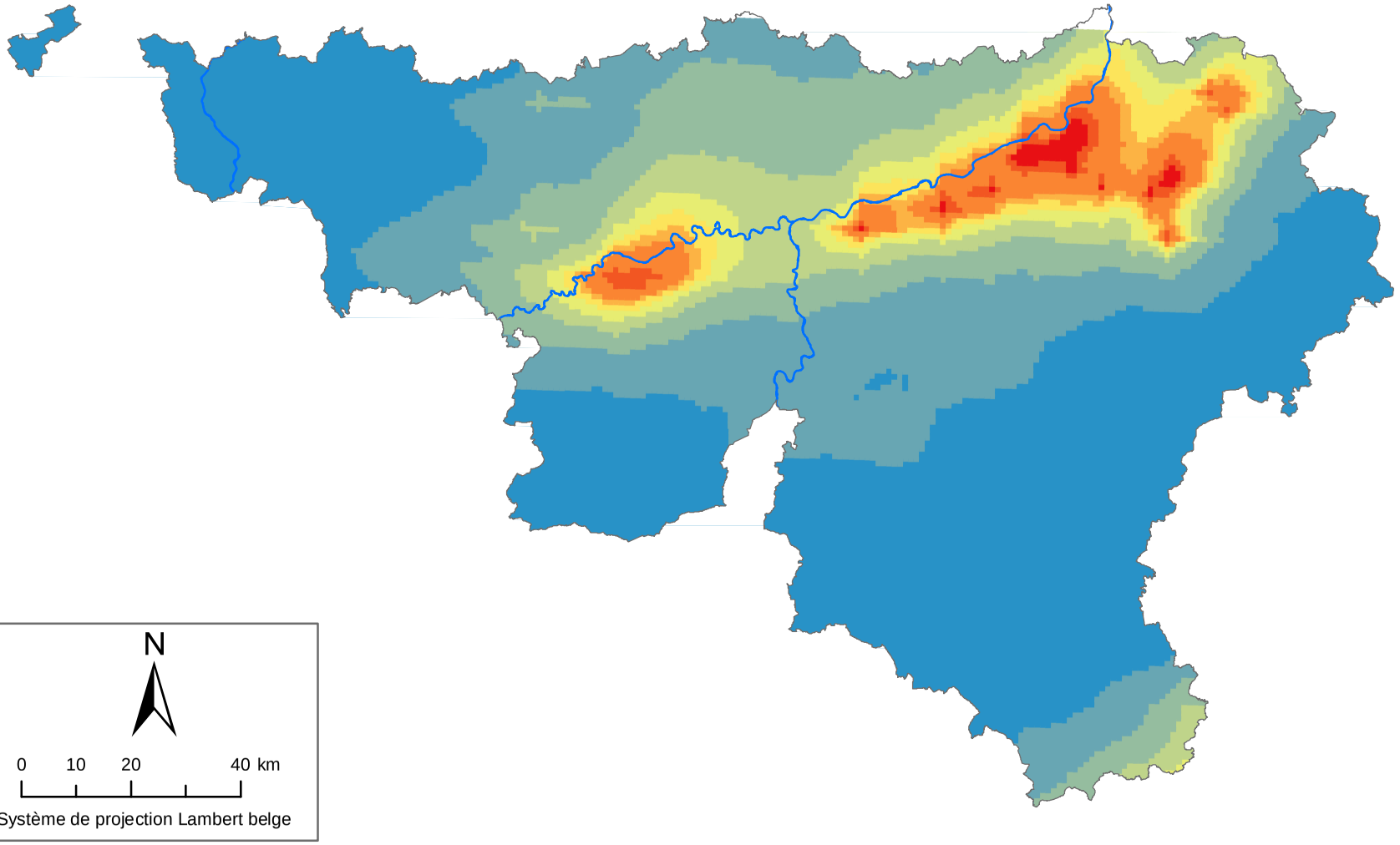
Données sources :
- Modélisation des auréoles de retombées atmosphériques autour des sources du type "sidérurgie" et "métallurgie des non-ferreux" (POLLUSOL 2- FPMs : Passelecq et Marijns)
- Limites administratives et fleuves (Origine : ArcWallonie, Walphot)
- Analyses de sol des projet POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

Réalisation :
UCL - Earth and Life Institute -environment (ELI-e)

UCL Université catholique de Louvain



Carte A1d : Cuivre : modélisation des retombées atmosphériques
Prédiction de l'augmentation des teneurs dans l'horizon de surface du sol

Projet POLLUSOL 2

Légende

Augmentation des teneurs en cuivre (ppm)

< 4.0	8.1 - 9.0
4.1 - 5.0	9.1 - 10.0
5.1 - 6.0	10.1 - 15.0
6.1 - 7.0	15.1 - 20.0
7.1 - 8.0	20.1 - 50.0

Données sources :

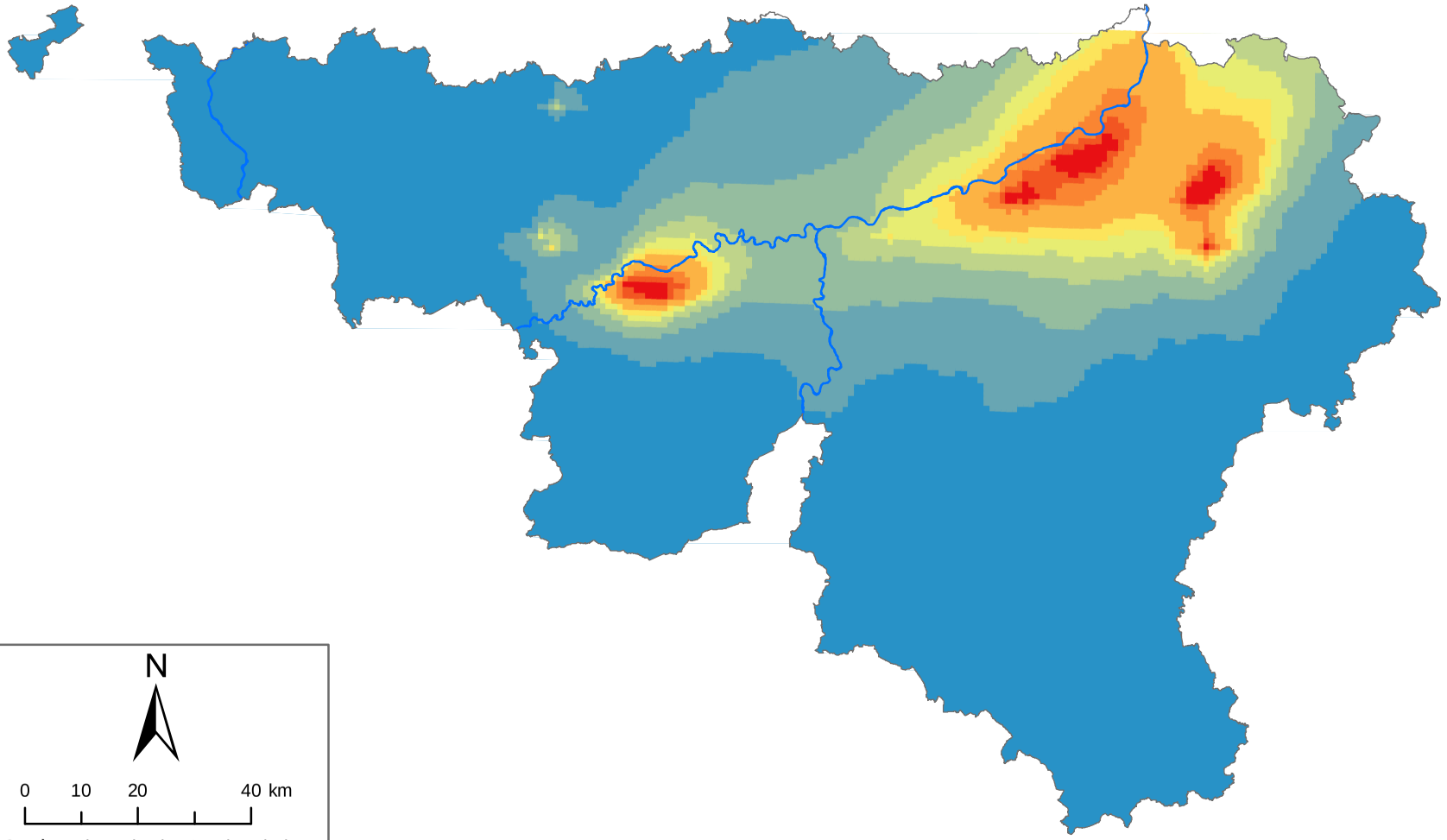
- Modélisation des auréoles de retombées atmosphériques autour des sources du type "sidérurgie" et "métallurgie des non-ferreux" (POLLUSOL 2- FPMs : Passelecq et Marijns)
- Limites administratives et fleuves (Origine : ArcWallonie, Walphot)
- Analyses de sol des projet POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

Réalisation :
UCL - Earth and Life Institute -environment (ELI-e)

UCL Université catholique de Louvain



Carte A1d : Mercure : modélisation des retombées atmosphériques
Prédiction de l'augmentation des teneurs dans l'horizon de surface du sol

Projet POLLUSOL 2

Légende

Augmentation des teneurs en mercure (ppm)

< 0.025	0.045 - 0.050
0.026 - 0.030	0.051 - 0.070
0.031 - 0.035	0.071 - 0.090
0.036 - 0.040	0.091 - 0.110
0.041 - 0.045	0.111 - 0.220

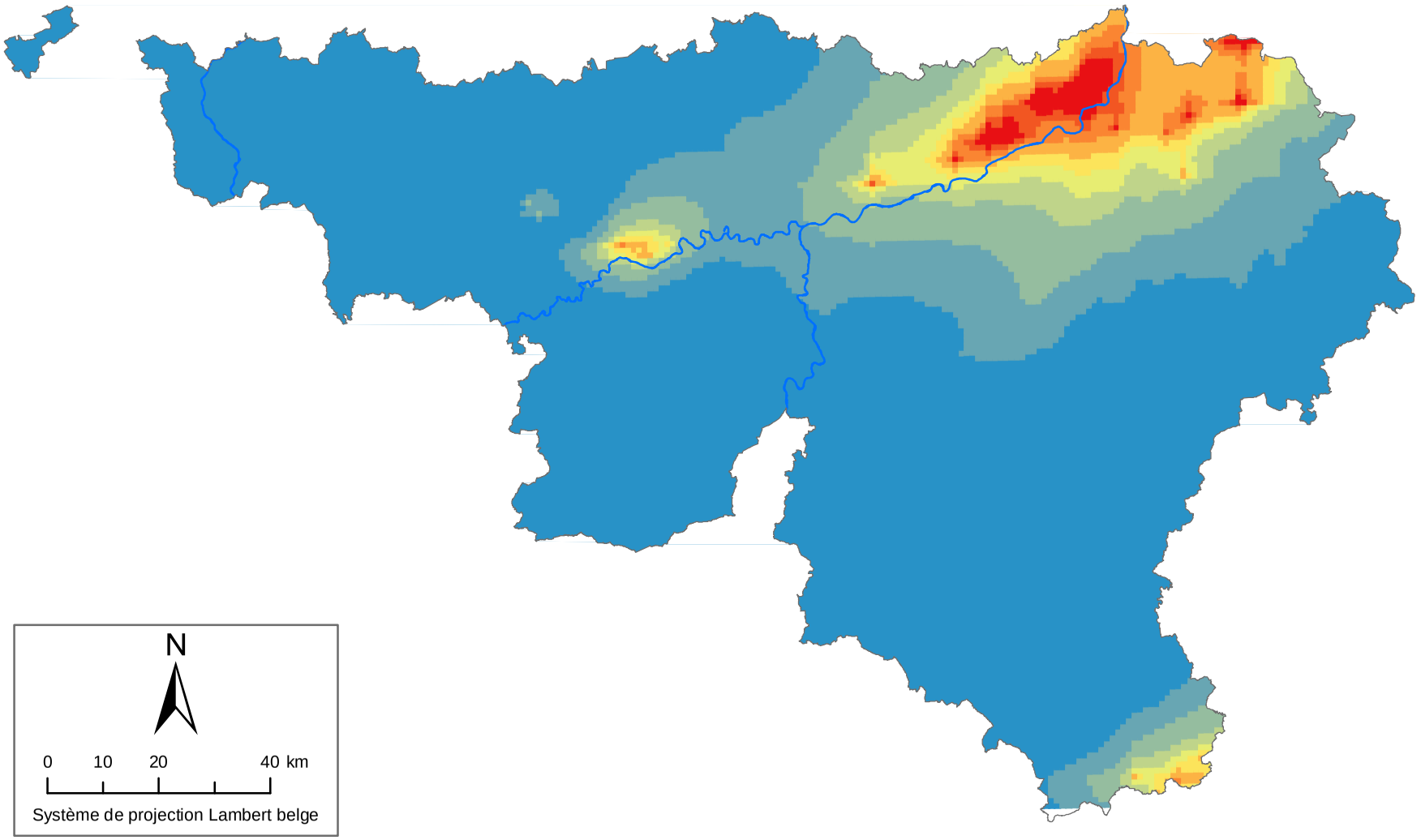
Données sources :
- Modélisation des auréoles de retombées atmosphériques autour des sources du type "sidérurgie" et "métallurgie des non-ferreux" (POLLUSOL 2- FPMs : Passelecq et Marijns)
- Limites administratives et fleuves (Origine : ArcWallonie, Walphot)
- Analyses de sol des projet POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

Réalisation :
UCL - Earth and Life Institute -environment (ELI-e)

UCL Université catholique de Louvain



Carte A1d : Plomb: modélisation des retombées atmosphériques
Prédiction de l'augmentation des teneurs dans l'horizon de surface du sol

Projet POLLUSOL 2

Légende

Augmentation des teneurs en plomb (ppm)

< 15	50.1 - 60.0
15.1 - 20.0	60.1 - 80.0
20.1 - 30.0	80.1 - 100.0
30.1 - 40.0	100.1 - 120.0
40.1 - 50.0	120.1 - 240.0

Données sources :

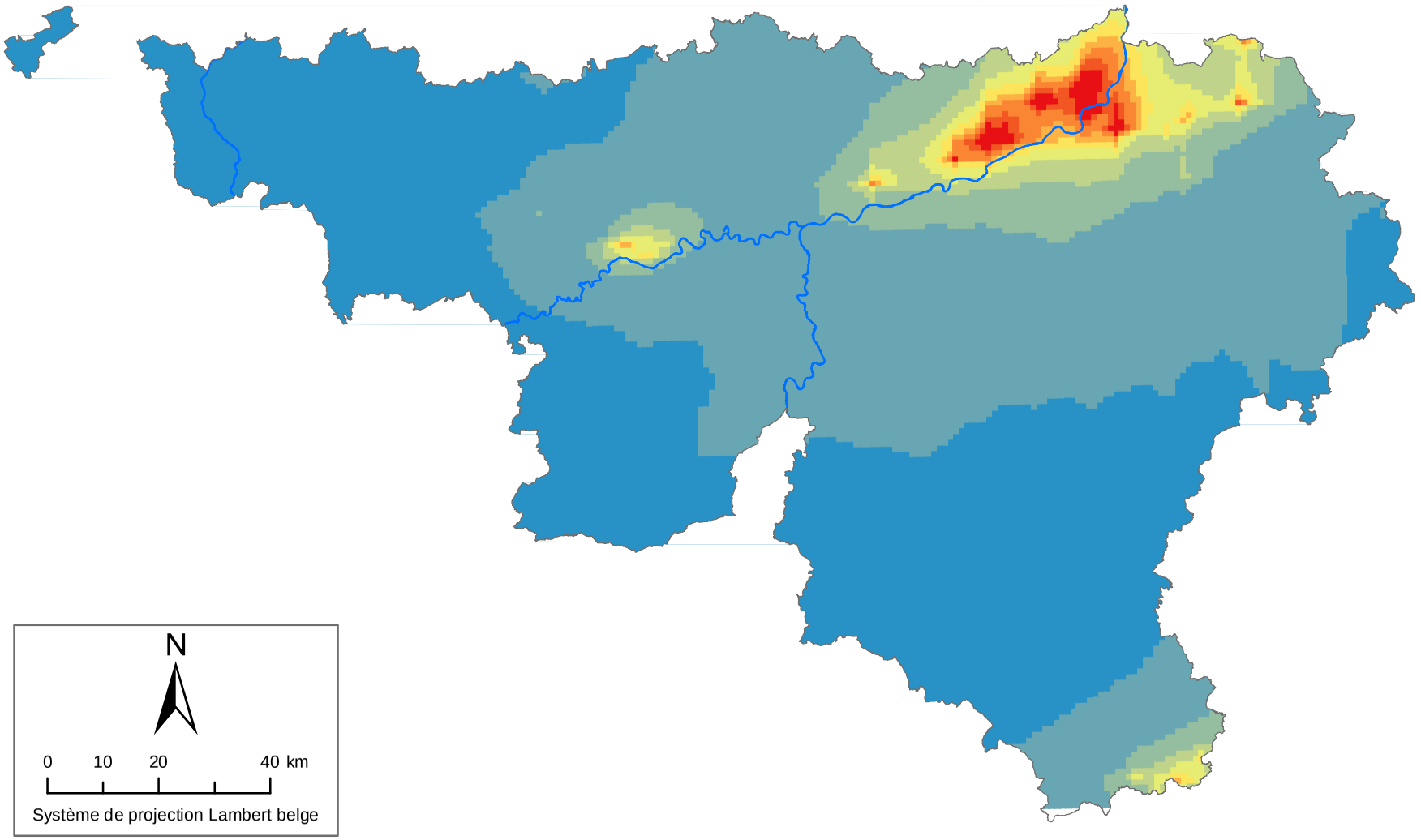
- Modélisation des auréoles de retombées atmosphériques autour des sources du type "sidérurgie" et "métallurgie des non-ferreux" (POLLUSOL 2- FPMs : Passelecq et Marijns)
- Limites administratives et fleuves (Origine : ArcWallonie, Walphot)
- Analyses de sol des projet POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

Réalisation :
UCL - Earth and Life Institute -environment (ELI-e)

UCL Université catholique de Louvain



Carte A1d : Zinc : modélisation des retombées atmosphériques
Prédiction de l'augmentation des teneurs dans l'horizon de surface du sol

Légende

Augmentation des teneurs en zinc (ppm)

0.0 - 10.0	200.1 - 250.0
10.1 - 50.0	250.1 - 300.0
50.1 - 100.0	300.1 - 400.0
100.1 - 150.0	400.1 - 500.0
150.1 - 200.0	500.1 - 1000.0

Données sources :

- Modélisation des auréoles de retombées atmosphériques autour des sources du type "sidérurgie" et "métallurgie des non-ferreux" (POLLUSOL 2- FPMs : Passelecq et Marijns)
- Limites administratives et fleuves (Origine : ArcWallonie, Walphot)
- Analyses de sol des projet POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2

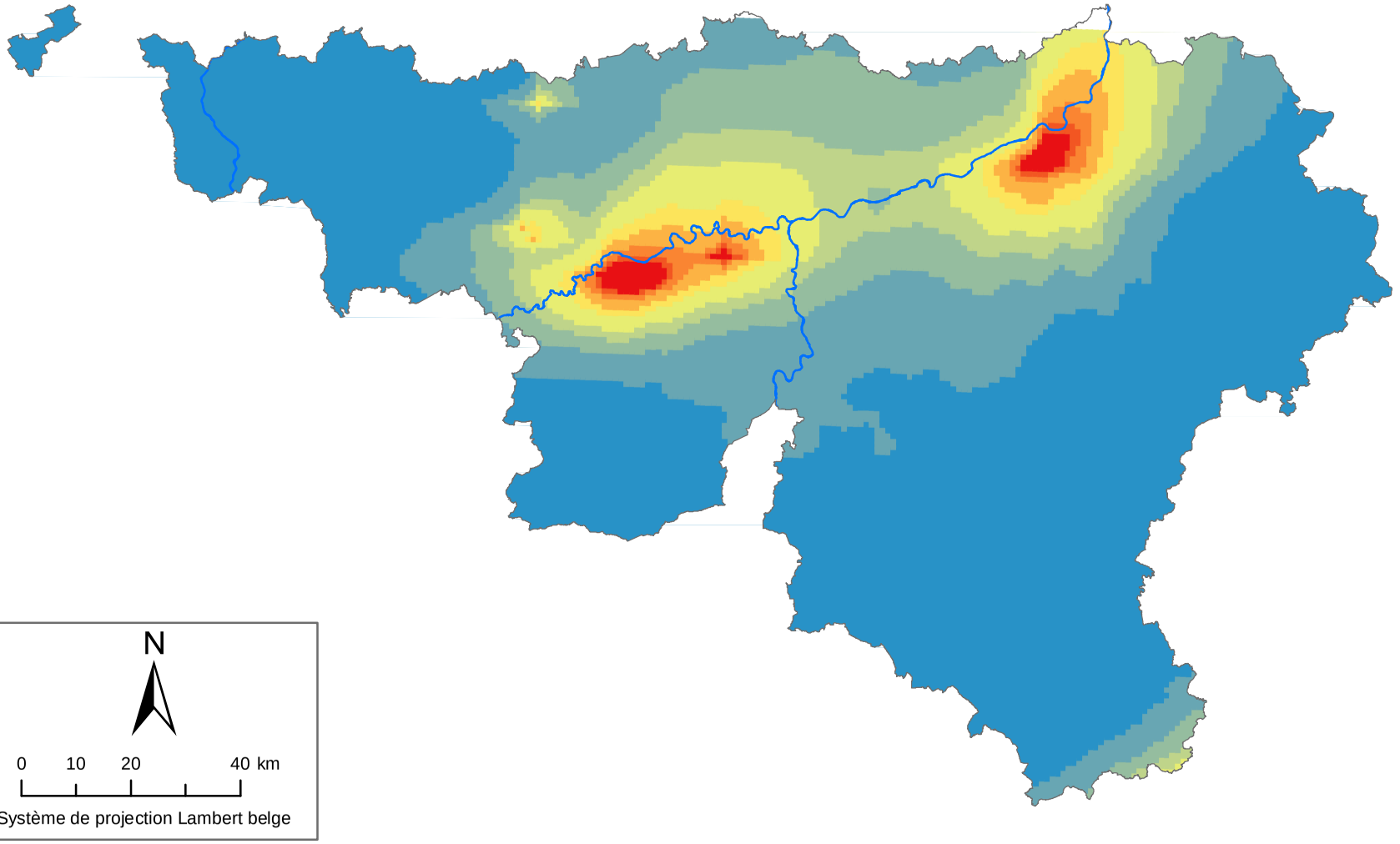
Projet POLLUSOL 2

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

Réalisation :
UCL - Earth and Life Institute -environment (ELI-e)

UCL Université catholique de Louvain



Carte A1d : HAP16 : modélisation des retombées atmosphériques
Prédiction de l'augmentation des teneurs dans l'horizon de surface du sol

Projet POLLUSOL 2

Légende

Augmentation des teneurs en HAP16 (ppm)

< 0.70	1.26 - 1.50
0.71 - 0.80	1.51 - 2.00
0.81 - 0.90	2.01 - 2.50
0.91 - 1.00	2.51 - 3.00
1.01 - 1.25	3.01 - 6.28

Données sources :
- Modélisation des auréoles de retombées atmosphériques autour des sources du type "sidérurgie" et "métallurgie des non-ferreux" (POLLUSOL 2- FPMs : Passelecq et Marijns)
- Limites administratives et fleuves (Origine : ArcWallonie, Walphot)
- Analyses de sol des projet POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

Réalisation :
UCL - Earth and Life Institute -environment (ELI-e)

UCL Université catholique de Louvain

6.3 Cartographie des polluants dans les sols

La présente section a été réalisée grâce à la collaboration de l'équipe de l'UCL avec le Dr. P. Goovaerts (PGeostat LLC, Michigan, USA).

6.3.1 Constitution du jeu de données pour la cartographie

Les concentrations de fond sont définies dans le Décret « sols » de la façon suivante : « Les concentrations de fond sont les concentrations ambiantes d'un polluant dans le sol ou l'eau souterraine ; les concentrations ambiantes peuvent indiquer des variations géologiques naturelles ou l'influence d'une activité agricole, industrielle ou urbaine généralisée ». Jusqu'à présent, l'outil INFO-FONDS permettait d'anticiper la concentration de fond qui prévaut localement, en l'absence de pollution atmosphérique de proximité. Cet outil était basé sur les cartes produites lors du projet POLLUSOL 1. L'objectif de cette section est d'expliquer le travail de mise à jour des cartes d'INFO-FONDS avec les résultats acquis dans les zones touchées par la PAP lors des deux campagnes d'échantillonnage et d'analyses du projet POLLUSOL 2.

Afin de prédire les concentrations de fond en tout point de la Wallonie, il est nécessaire de s'appuyer sur la connaissance des processus qui déterminent les concentrations en polluants dans les sols. Le projet POLLUSOL 1 et le travail d'analyse des données POLLUSOL 2 réalisé dans les chapitres qui précèdent montrent que les concentrations en polluants sont gouvernées par les principaux facteurs suivants :

1. l'occupation du sol : c'est un facteur à considérer pour tous les polluants, organiques et inorganiques,
2. le type de substrat pédogéologique : c'est un facteur à considérer pour tous les éléments traces qui sont généralement naturellement présents dans les sols, à l'exception du Hg,
3. les retombées atmosphériques de polluant : POLLUSOL 1 avait déjà montré que Cd et Zn étaient fortement influencés par ce facteur, et POLLUSOL 2 a pu mettre en évidence l'effet des retombées sur les teneurs observées pour un plus grand nombre de polluants organiques et inorganiques.

Pour établir un modèle prédictif des concentrations de fond, il est nécessaire de disposer d'une information sur ces facteurs en tout point de la Wallonie. Pour le premier facteur, l'occupation du sol, nous disposons de la Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie (CNOSW). Pour le second facteur, le type de substrat pédogéologique, nous disposons de la Carte Numérique des Sols de Wallonie (CNSW) classée en groupes pédogéologiques de sol (*cf.* Chapitre 5). Pour les retombées atmosphériques de polluant (troisième facteur), nous disposons des cartes des retombées atmosphériques de polluants obtenues à la section précédente.

Comme pour les cartes de POLLUSOL 1, les concentrations en polluants sont cartographiées dans les horizons de surface des sols. En effet, les informations disponibles

actuellement pour prédire les teneurs en polluants ne sont pas adaptées à la cartographie des horizons profonds. Pour la plupart des polluants organiques, les concentrations dans les horizons profonds se situent à des niveaux inférieurs aux limites de quantification, ce qui ne permet pas (ni ne justifie) un travail de cartographie. Pour les polluants inorganiques, nous ne disposons pas actuellement d'une de cartographie suffisamment complète et sous forme digitale du sous-sol de la Wallonie, information indispensable à la prédiction en tout point des concentrations de fond étant donné le lien étroit entre les concentrations en polluant et le substrat pédogéologique. De plus, les profils de sol étudiés lors dans les projets POLLUSOL 1 et 2 montrent en effet très fréquemment une discontinuité de substrat pédogéologique entre l'horizon de surface (0-30cm) et l'horizon profond (70-100cm). Même en disposant de la nouvelle carte géologique au complet [8], celle-ci ne nous renseignerait pas sur la profondeur des sols ni ne donnerait d'indication sur la présence éventuelle d'altérites (roche du sous-sol altéré, parfois sur des épaisseurs importantes).

Avant de présenter la méthode utilisée pour la cartographie des concentrations en polluants, il est nécessaire de constituer un jeu de données contenant des résultats d'analyse géoréférencés représentatifs des concentrations de fond en Wallonie. Ce jeu de données sera appelé dans ce qui suit le *jeu de données de référence*. L'approche réalisée pour sa constitution comporte les étapes suivantes :

Etape 1 Constitution d'un premier *jeu de données de référence* (v1) à l'aide des informations disponibles dans les bases de données POLLUSOL 1 et 2. Le *jeu de données de référence* (v1) est constitué des résultats analytiques (valeurs mesurées de concentrations en polluants) obtenus sur 520 points d'échantillonnage.

Etape 2 Constitution d'une nouvelle version (v2) du *jeu de données de référence* par suppression des valeurs atypiques des résultats analytiques sur base d'une détection univariée et multivariée.

Etape 3 Vérification du caractère « représentatif des concentrations de fond » des points non repris dans le *jeu de données de référence* (v2) par prédiction des concentrations sur ces points à partir du *jeu de données de référence* (v2). Constitution d'un nouveau *jeu de données de référence* (v3) par addition de 276 nouveaux points jugés représentatifs des concentrations de fond à la précédente version du jeu de données (v2).

Etape 4 Constitution d'une nouvelle version (v4) du *jeu de données de référence* par suppression des outliers spatiaux de la précédente version (= v3) du jeu de données.

Ces étapes sont détaillées aux sous-sections 6.3.1.1 à 6.3.1.4.

8. L'ancienne carte géologique (1/40.000) étant une carte chronostratigraphique, elle ne se prête pas à une utilisation pour une cartographie des éléments en trace. La nouvelle carte géologique (1/25.000), qui est une carte lithostratigraphique basée sur le concept de formation géologique, est plus propice à ce genre d'exercice. Cependant, seul 49 des 142 feuilles couvrant la Wallonie sont actuellement publiées et disponibles sous une forme digitale (au 6-6-2012).

6.3.1.1 Constitution d'un premier *jeu de données de référence* (v1)

Les bases de données POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 ont été établies afin d'améliorer les connaissances sur les concentrations de fond régionales. Ces deux bases de données ont été établies avec des objectifs différents : la première, POLLUSOL 1, portait principalement sur les concentrations en ETM dans les endroits éloignés de toute source de pollution connue (bassins industriels, agglomérations urbaines, etc.). La seconde, POLLUSOL 2, porte sur les concentrations de fond en polluants inorganiques et organiques dans des zones touchées par la PAP. Dans les paragraphes qui suivent, l'extraction des informations utiles à la constitution d'un premier *jeu de données de référence* (v1) pour la cartographie sera détaillé après un bref rappel du contenu des bases de données POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2.

POLLUSOL 1

L'étude POLLUSOL 1 est basée sur une campagne d'échantillonnage concernant 163 points répartis sur l'ensemble de la Wallonie dans 21 catégories de sol définies sur base de critères géologiques et pédologiques. La campagne d'échantillonnage POLLUSOL 1 a considéré les sols agricoles ou forestiers à l'exclusion de tout sol remanié, de remblais ou d'alluvion. De plus, les zones situées à moins de 15 km d'une source de pollution connue (bassins industriels, agglomérations urbaines, etc.) ont été systématiquement évitées. Les échantillons prélevés sur les 161 points ont été analysés pour neuf éléments traces métalliques (As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb et Zn), ainsi qu'une série de paramètres pédologiques.

Par ailleurs, à titre exploratoire lors de l'étude POLLUSOL, 28 points situés à des distances variables de sources potentielles de pollution ont été échantillonnés et analysés. Plusieurs polluants organiques ont été analysés sur ces 28 points, ainsi que sur 20 points parmi les 163 de l'étude. Il s'agit des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), huiles minérales, polychlorobiphényls (PCB), pesticides organochlorés, cyanures, hydrocarbures mono-aromatiques (HAM) et solvants halogénés.

POLLUSOL 2

L'étude POLLUSOL 2 est basée sur deux campagnes d'échantillonnage concernant 796 points répartis sur huit zones d'étude. Ces huit zones d'études ont été sélectionnées pour représenter les secteurs wallons touchés par la PAP. Les échantillons prélevés sur les 796 points ont été analysés pour dix-sept polluants inorganiques (As, Ba, Be, Cd, Co, Cr, CrVI, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Sn, Tl, Zn), vingt paramètres dans six catégories de polluants organiques (BTEX, hydrocarbures aromatiques polycycliques, composés organo-halogénés extractibles, cyanures, huiles minérales et indice phénol) ainsi qu'une série de paramètres pédologiques.

Points représentatifs des concentrations de fond

Il est nécessaire d'extraire des bases de données POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 les informations des points utiles à la prédiction des concentrations de fond. Un point utile à la prédiction des concentrations de fond est un point qui peut être utilisé comme référence pour tous les points ayant des caractéristiques semblables en ce qui concerne les principaux facteurs influençant les concentrations de fond (*cf.* section 6.3.1). Dans un premier temps, nous avons considéré comme non représentatifs :

- les points anomaliques suite à la présence d'une situation géologique particulière localement. Une anomalie géochimique locale peut résulter (par exemple) de la mise en place de minéralisations dans le matériau parental (concentration de minéraux métallifère). Ces points présentent généralement des teneurs beaucoup plus élevées en éléments traces que les autres points appartenant à la même famille pédogéologiques de sol. On ne peut donc pas s'en servir comme référence pour la prédiction.
- les points sur remblais et les points potagers ayant reçu un apport de terre. En effet, le matériel composant le remblai ou l'apport de terre peut provenir de matériaux allochtones à la zone ou de substrat pollué. Il n'est donc pas nécessairement représentatif du type de matériel pédogéologique rencontré localement. De plus, l'apport de terre ou de matériel exogène a pu être réalisé à différentes époques, et la quantité de retombées de PAP au point échantillonné n'est donc pas nécessairement représentative du niveau local de retombées de PAP. Finalement, lorsqu'un potager ou un remblai a reçu des matériaux technogènes, l'éventualité de la présence d'une pollution locale pour un ou plusieurs polluants est toujours à considérer.

En excluant les points anomaliques, les points sur remblais et les points sur potager ayant reçu un apport de terre, nous obtenons 520 points représentatifs des concentrations de fond : 175 points de la base de données POLLUSOL 1 et 345 de la base de données POLLUSOL 2. Ce jeu de données constitué des points représentatifs des concentrations de fond sera appelé dans ce qui suit la première version (v1) du *jeu de données de référence*. Il comprend tous les résultats analytiques disponibles sur les 520 points représentatifs.

Polluants cartographiés

En chaque point, le nombre de polluants pour lequel on dispose de concentrations mesurées dépend de la base de données dont il provient (*cf.* texte qui précède). Les polluants mesurés aux points POLLUSOL 1 et 2 sont As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb et Zn pour les polluants inorganiques, et les 16 HAP et CN_tot pour les polluants organiques. Plusieurs polluants organiques étudiés dans POLLUSOL 1 ne se retrouvent pas dans POLLUSOL 2 (par exemple : pesticides organochlorés). Ces polluants, presque toujours situés à des concentrations inférieures aux limites de quantification (*cf.* rapport final du projet POLLUSOL 1) ne seront pas cartographiés. Enfin, les méthodes analytiques

de POLLUSOL 1 ne correspondent pas avec celles utilisées lors de POLLUSOL 2 pour quelques polluants organiques (par exemple : huiles minérales). Pour ces polluants, les résultats analytiques de POLLUSOL 1 sont presque toujours inférieurs aux limites de quantification, et ne seront donc pas cartographiés.

Les polluants inorganiques et organiques mesurés lors de POLLUSOL 2 seront tous cartographiés, à l'exception des polluants présents dans les sols à des niveaux de concentrations très majoritairement inférieures aux limites de quantification. C'est le cas du Tl par exemple, ou les mesures sont soit inférieures à leur limite de quantification haute (limite de reportage : 5 mg/kg) soit inférieures à leur limite de quantification basse (limite analytique : 1.5 ppm). Représenter les concentrations de fond de ce polluant sur une carte reviendrait à cartographier des valeurs de seuils de quantification. Nous avons estimé que lorsque plus deux tiers des résultats dans les horizons de surface sont inférieurs aux limites de quantification, la mise au point d'un modèle de prédiction spatial n'est pas possible. Il s'agit des polluants inorganiques suivants : CrVI, Mo, Tl et des polluants organiques suivants : Ben, EBen, oXyl, mpXyl, Xyltot, BTEX, Styr, HTP35a40, EOX, CNncd.

Le modèle de prédiction spatial sera donc appliqué à un total de 41 polluants [9] : il s'agit de 27 polluants organiques (Naph, Ace, Fle, Phen, Ant, Fla, Pyr, BaA, Chrys, BbF, BkF, BaP, dBahA, BghiP, I123cdP, HAP10, HAP16, HTP10a12, HTP12a16, HTP16a21, HTP21a30, HTP30a35, HTP_tot, Tolu, CN_tot, CN_lib et IP) et de 14 polluants inorganiques (As, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, Se, Sn, Zn).

6.3.1.2 Suppression des valeurs atypiques

Un point a été considéré comme représentatif des concentrations de fond si il répondait aux critères énoncés à la sous-section qui précède. Sur chaque point représentatif des concentrations de fond, des analyses de polluants organiques et inorganiques ont été réalisées. Il a été démontré précédemment que les résultats analytiques peuvent ne pas être cohérents (*cf.* Chapitre 2 : section concernant le « contrôle qualité des analyses »). Afin de détecter la présence de valeurs incohérentes, les algorithmes détaillés dans la section « Valeurs atypiques » du Chapitre 2 ont été utilisés sur le *jeu de données de référence* v1.

Les valeurs écartées à cette étape sont :

- les valeurs classées en outliers multivariés (« OUI » dans la table « outliers multivariés » de la base de données POLLUSOL 2),
- les valeurs classées en outliers univariés qui sont les plus suspectes. Pour sélectionner les outliers univariés les plus suspects, un seuil d'écart à la médiane de 3.48*MAD [10] a été utilisé comme critère (*cf.* Chapitre 5 : section concernant les

9. Afin de simplifier la lecture, dans le cadre de cette section, nous utiliserons aussi le terme « polluant » pour désigner des indicateurs de pollution comme HAP10, HAP16 et HTP_tot.

10. Ce seuil correspond à une valeur qui a une probabilité d'environ 0.5 chance sur 1000 d'occurrence, en prenant comme hypothèse que les valeurs sont distribuées suivant la loi normale.

« Valeurs atypiques » pour l'explication de la signification du « seuil d'écart à la médiane »).

Le résultat souhaité de cette étape de suppression de valeurs atypiques est de supprimer du *jeu de données de référence* v1 les éventuelles erreurs analytiques (erreurs grossières de laboratoire : erreur de pesée, inversion d'échantillon, etc.) et les valeurs anomales (effet de pépite lié à l'hétérogénéité de l'échantillon de sol). Pour chaque valeur écartée, il est cependant impossible de déterminer spécifier avec certitude la raison exacte pour laquelle elle est atypique et qui a donc justifié son écartement du jeu de données. Par exemple, une valeur extrême mesurée est probablement une valeur anomale ou une erreur analytique, mais il est possible qu'il s'agisse d'une pollution locale. En effet, les points du *jeu de données de référence* v1 sont représentatifs des concentrations de fond pour la majorité des polluants mesurés, mais il n'est pas impossible que ces points présentent des concentrations élevées pour un ou plusieurs polluants qui correspondent au niveau de concentration rencontré en cas de pollution locale.

L'écartement des polluants non cartographiés (*cf.* section précédente), ainsi que des valeurs atypiques sur base d'une détection univariée et multivariée sur les polluants cartographiés de la première version du *jeu de données de référence* conduit à la création d'une seconde version (v2) du *jeu de données de référence*.

6.3.1.3 Ajout de points représentatifs des concentrations de fond au *jeu de données de référence v2*

Le *jeu de données de référence* est une sélection de points représentatifs des concentrations de fond qui exclut la majorité des points POLLUSOL 2 (453 sur un total de 796). En effet, sur les 398 potagers de POLLUSOL 2, l'enquête de terrain a révélé que 301 ont reçu un apport de terre ou se situent sur des remblais. Pour les apports de terre, il n'a pas été possible de déterminer s'il s'agissait d'un sac de sable (ce qui aurait à priori peu d'influence sur les concentrations trouvées dans le sol) ou d'un camion de « bonne » terre provenant par exemple d'un sol localisé à une trentaine de kilomètres du potager échantillonné. Par ailleurs, sur les 398 autres points de POLLUSOL 2, 152 points ont été classés en remblais suite à la description des profils de sol. Dans la majorité des situations, il s'agit de remblais composés en grande partie de matériaux technogènes (déchets miniers, scories, matériau de construction, etc.). Cependant il s'agit parfois de remblais constitués de matériaux que l'on pourrait retrouver dans les sols « naturels » de l'environnement immédiat. Les concentrations en polluants retrouvés dans ces remblais pourraient être représentatives des concentrations de fond retrouvées localement. La variété des situations rencontrées sur les points sur remblais et les points ayant reçu un apport de terre a donc justifié la mise au point d'un algorithme pour sélectionner les points pouvant être considérés comme représentatifs des concentrations de fond parmi les remblais et les points ayant reçu un apport de terre.

Le principe de l'algorithme est de calculer, pour chaque point, son niveau d'écart par rapport aux concentrations de fond par le modèle de prédiction spatial présenté à

la section 6.3.2 à partir des 520 points du *jeu de données de référence* v2. Le résultat de l'algorithme permet ensuite de déterminer les points de type « remblais » ou ayant reçu un apport de terre avec un faible niveau d'écart par rapport aux concentrations de fond (estimé par le modèle de prédiction spatial). Ces points seront alors considérés comme représentatifs des concentrations de fond retrouvées localement ; ils seront ajoutés aux 520 points représentatifs des concentrations de fond pour former le nouveau *jeu de données de référence* (v3). L'algorithme comporte les étapes suivantes :

1. **Préparation du jeu de données**.
   Le modèle de prédiction spatial (*cf.* section 6.3.2) nécessite que chaque point soit associé à un groupe de sol. Or les points sur remblais et les points ayant reçu un apport de terre ne correspondent souvent à aucun groupe de sol. Dans ce cas, le groupe de sol localisé le plus proche du point (à partir du résultat de la classification de la CNSW en groupe de sol) a été attribué au point.

2. **Prédiction des concentrations de fond sur les points écartés du *jeu de données de référence v1***.
   La prédiction des concentrations a été effectuée sur base du *jeu de données de référence* v2 à l'aide du modèle de prédiction spatial détaillé à la section 6.3.2. Les concentrations de fond ont été prédites pour une sélection de 15 polluants. En effet, l'objectif étant de comparer les valeurs mesurées avec les valeurs prédites (*cf.* étape suivante), nous avons choisi les polluants pour lesquels le modèle de prédiction spatial donnait les meilleurs résultats. Ces polluants sont : As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg ,Ni, Pb, Sb, Zn et les HAP. Pour les HAP, nous avons sélectionné 3 paramètres : Phen, BaP et HAP16 (les HAP étant fortement autocorrélés, la prédiction n'a pas été effectuée sur les 16 pour limiter les temps de calcul). A la fin de cette étape, on dispose de concentrations prédites par le modèle de prédiction spatial pour 15 polluants sur les points sur remblais et les points ayant reçu un apport de terre.

3. **Comparaison des valeurs prédites par le modèle avec les concentrations mesurées**.
   Les valeurs atypiques des résultats analytiques des points prédits à l'étape précédente ont été écartées. On souhaite en effet comparer les valeurs de concentrations de fond prédites par le modèle avec les concentrations mesurées, à l'exception des valeurs atypiques (c'est-à-dire les éventuelles erreurs analytiques ou les valeurs anomales). Les critères pour l'écartement des valeurs atypiques sont les mêmes que ceux utilisés pour le *jeu de données de référence* v1 (*cf.* sous-section 6.3.1.2). L'écart entre les concentrations prédites par le modèle avec les concentrations mesurées a été calculé en %. Ces écarts en % ont été comparés à l'incertitude élargie (erreur aléatoire de mesure en %) du laboratoire de POLLUSOL 2 [11] (*cf.* Chapitre

11. Pour les HAP, il n'y a pas de résultat du contrôle qualité pour ce paramètre et nous ne connaissons donc pas précisément l'incertitude élargie de mesure du laboratoire. Afin d'avoir une base de comparaison pour les HAP, nous avons choisi de prendre les valeurs d'incertitude élargie du mercure comme valeur d'incertitude pour les HAP.

5, section « Contrôle qualité des analyses »). Un « scoring » des mesures a ensuite été réalisé : une valeur mesurée prédite avec un pourcentage d'erreur inférieur au pourcentage d'incertitude élargie du « laboratoire 1 » a reçu un score nul, une valeur prédite avec un pourcentage d'erreur supérieur à une fois le pourcentage d'incertitude élargie et inférieur à deux fois le pourcentage d'incertitude élargie a reçu un score de 1, et une valeur prédite avec un pourcentage d'erreur supérieur à deux fois le pourcentage d'incertitude élargie a reçu un score de 2. Pour chaque point les scores obtenus pour chacun des 15 polluants ont été sommés. Un score de 0 indique que le point est parfaitement estimé par le modèle prédictif des concentrations de fond. Ce point peut alors être considéré comme représentatif des concentrations de fond retrouvées localement. Au plus le score est élevé, au plus le point s'écarte des concentrations de fond retrouvées localement. L'analyse des résultats de ce scoring indique qu'un point peut être considéré comme représentatif des concentrations de fond jusqu'à un score maximum de sept. Deux cent septante-six points satisfont ce critère, et seront donc considérés comme représentatifs des concentrations de fond retrouvées localement. Ces points sont principalement des potagers.

4. **Constitution de la troisième version (v3) du *jeu de données de référenc*e.**
   Les valeurs atypiques des résultats analytiques de chacun des 276 points sélectionnés à l'étape précédente ont été écartées, comme pour le *jeu de données de référence* v2 (*cf.* sous-section 6.3.1.2). Une troisième version (v3) du *jeu de données de référence* a été constituée par addition au *jeu de données de référence* v2 des 276 nouveaux points. Le *jeu de données de référence* v3 comprend 796 points : 181 points de la base de données POLLUSOL 1 et 615 points de la base de données POLLUSOL 2.

6.3.1.4 Détection des outliers spatiaux et suppression des valeurs atypiques

Afin de baser les cartes de concentrations de fond sur un jeu de données le plus fiable possible, la présence éventuelle d'outliers spatiaux a été recherchée sur le *jeu de données de référence* v3. Une valeur outlier spatiale est une observation qui s'écarte fortement des valeurs voisines, compte tenu des corrélations spatiales existant entre les observations.

En chaque point, la qualité des valeurs mesurées a été évaluée en comparant ces mesures avec les valeurs estimées par le modèle de prédiction spatial détaillé à la section 6.3.2. Afin d'estimer les concentrations en polluant par le modèle de prédiction spatial, chaque observation (valeur localisée en un point XY) est enlevée temporairement du jeu de données et réestimée à partir des observations restantes.

Les polluants suivent une distribution log-normale, et la précision de mesure des valeurs hautes est plus faible (en valeur absolue) que la précision de mesure des valeurs moyennes ou faibles (*cf.* Chapitre 5 : section concernant le « contrôle qualité

des analyses »). Ces considérations nous ont conduits à calculer les erreurs (valeur estimée - valeur mesurée) après une transformation logarithmique des valeurs (logarithme népérien). Ceci aura pour conséquence de considérer l'importance des erreurs en unité relative plutôt qu'en unité absolue. Par exemple, si une valeur mesurée en Zn est de 50 mg/kg et que le modèle prédit 53 mg/kg, l'erreur après transformation logarithmique sera équivalente à une valeur mesurée de 500 mg/kg prédite à 530 mg/kg ($ln(50) - ln(53) = ln(\frac{50}{53}) = ln(500) - ln(530)$), alors que l'erreur calculée sans transformation logarithmique est dix fois aussi importante ($[500 - 530] = 10 \times [50 - 53]$). Cet exemple illustre bien l'intérêt de la transformation logarithmique : dans le cadre de la détection d'outliers spatiaux, il est en effet souhaitable de considérer qu'une erreur de 3 mg/kg lorsque l'on se trouve dans une gamme de valeur autour de 50 mg/kg de Zn est aussi « problématique » qu'une erreur de 30 mg/kg lorsqu'on est en présence de valeur autour des 500 mg/kg de Zn.

Pour chaque polluant, la distribution des erreurs (valeur estimée-valeur mesurée en chaque point) a été examinée. Comme attendu, ces distributions sont centrées sur 0, et elles suivent une loi normale. Pour chaque polluant, la variance de distribution est différente : celle-ci dépend de l'ordre de grandeur de la mesure du polluant (par exemple, les mesures du Hg sont autour des 0.1 à 1 mg/kg, ce qui est bien inférieur au Zn : 10 à 1000 mg/kg) ainsi que de la performance du modèle prédictif (discuté dans les sections qui suivent). Pour chaque polluant, la distribution des erreurs a été réduite, c'est à dire divisée par l'écart-type (ici : par le MAD, estimateur robuste de l'écart-type). Les distributions d'erreurs sont rendues ainsi comparables pour chaque polluant, elles ne dépendent plus des unités de mesure ni des performances du modèle prédictif. Un exemple de distribution d'erreur pour le Hg et le Zn est donné à la figure 6.12 :

Les valeurs prises par chaque point dans ces distributions dépendent donc de l'importance de l'erreur : une valeur proche de 0 signale qu'une mesure est correctement prédite par le modèle de prédiction spatiale, elle sera donc considérée comme fiable, tandis qu'une valeur élevée ou faible signale qu'une mesure s'écarte fortement de la valeur attendue par le modèle, elle sera donc considérée comme moins fiable. La transformation des distributions d'erreur permet d'appliquer un critère unique pour tous les polluants afin de considérer une valeur comme « outlier spatial ». Une valeur sera considérée comme outlier spatial si elle est <-2.576 ou >2.576. Comme on peut considérer que les distributions d'erreur après transformation suivent une loi normale centrée sur 0 et de variance 1, ce critère revient à classer en outlier spatial les valeurs qui ont une probabilité d'occurrence inférieure à 1 pour cent.

Une quatrième version du *jeu de données de référence* a été constituée par suppression des outliers spatiaux du *jeu de données de référence* v3. C'est ce *jeu de données de référence* v4 qui sera utilisé pour la réalisation des cartes de concentrations de fond à l'aide du modèle de prédiction spatial détaillé à la section 6.3.2.

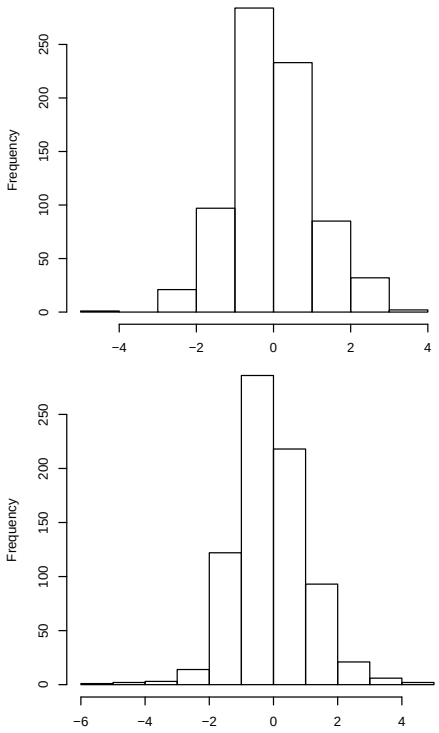


FIGURE 6.12 – Histogrammes des erreurs (valeur estimée-valeur mesurée en chaque point) pour Hg (haut) et Zn (bas) après réduction (division par le MAD).

6.3.2 Prédiction des teneurs en polluants dans les sols

Afin de réaliser des cartes qui prédisent de manière optimale les teneurs en polluants dans les sols, il est souhaitable de tenir compte de toutes les sources d'information disponibles qu'elles soient directes (teneurs observées) ou indirectes (carte des sols, type d'occupation, retombées atmosphériques). Il est également important de prendre en compte les propriétés de dépendance spatiale des teneurs entre elles : les teneurs observées en des points géographiquement proches ont tendance à être plus similaires que les teneurs mesurées en des points très distants (par ex. séparés par une distance de 50 km). La géostatistique permet de modéliser la dépendance spatiale entre observations et d'incorporer toute information secondaire ou indirecte dans l'interpolation des concentrations en des endroits où aucune mesure n'a été effectuée. Un processus classique en géostatistique pour réaliser cette interpolation est d'effectuer un krigeage : cette méthode estime en chaque point de l'espace une moyenne (la valeur attendue en ce point) et la variance associée (la précision de cette estimation) à partir des analyses qui entourent le point pour lequel on fait l'estimation.

L'approche réalisée pour la cartographie de chacun des polluants dans ce rapport comporte les étapes suivantes, illustrées pour les concentrations en cuivre :

Etape 1 Transformation des données constituées par les teneurs mesurées en un nombre limité d'endroits (762 pour le Cu, leur localisation géographique étant visible à la figure 6.16). Cette transformation a pour but de réduire l'impact des valeurs extrêmes dans les analyses statistiques et de créer une distribution normale nécessaire au calcul des centiles lors de l'étape 7. Cette étape est détaillée à la sous-section 6.3.2.1.

Etape 2 Régression linéaire entre valeurs transformées et variables explicatives (type de sol, type d'occupation, retombées atmosphériques) pour évaluer l'apport de cette information secondaire au modèle prédictif. Cette étape est détaillée à la sous-section 6.3.2.2.

Etape 3 Application de ce modèle de régression à une grille d'interpolation qui couvre l'ensemble de la Wallonie pour créer une carte de moyennes locales des teneurs en polluant. Cette étape est détaillée à la sous-section 6.3.2.3.

Etape 4 Analyse variographique des résidus de la régression pour évaluer si la variabilité résiduelle (c.à.d. la variabilité dans les teneurs du polluant qui n'est pas expliquée par l'information secondaire) est structurée dans l'espace et peut faire l'objet d'une étude géostatistique. Cette étape est détaillée à la sous-section 6.3.2.4.

Etape 5 Interpolation par krigeage en tout nœud de la grille d'interpolation (voir étape 3) des résidus de la régression disponibles uniquement aux points échantillonnés. Addition des résidus krigés (étape 5) à la carte des moyennes locales obtenues à l'étape 3, de manière a créer la carte finale des teneurs en polluant. Cette étape est détaillée à la sous-section 6.3.2.5.

Etape 6 Calcul en tout nœud de la grille d'interpolation du 95^{e} centile qui représente la teneur en polluant qui a 5% de chance d'être dépassée en cet endroit. Cette étape est détaillée à la sous-section 6.3.2.6.

Etape 7 Transformation de la carte de teneurs estimées et des 95^{e} centiles pour exprimer les résultats en mg/kg. Cette transformation est basée sur l'inverse de la transformation appliquée aux données à l'étape 1. Cette étape est détaillée à la sous-section 6.3.2.7.

6.3.2.1 Transformation des données

Les teneurs observées ont d'abord été transformées par l'application d'un « normal score transform » (Goovaerts, 1997 [12]) de manière à normaliser la distribution de probabilité (histogramme) des données. La figure 6.13 illustre la transformation pour les teneurs en cuivre. Après transformation, la distribution des 762 concentrations suit une loi normale réduite (c.-à-d. moyenne zéro et variance unité). La relation entre données originales et normalisées (figure 6.13 graphe c) sera utilisée pour effectuer la transformation inverse des résultats finaux (valeurs estimées et 95^{e} centiles) lors de l'étape 8.

6.3.2.2 Régression linéaire

Variables explicatives

Une régression linéaire a été appliquée sur les données transformées en utilisant une ou plusieurs variables explicatives parmi les trois suivantes : le type de sol, le type d'occupation, ou la contribution des retombées atmosphériques. Les variables explicatives considérées dépendent du polluant. Pour les polluants inorganiques, les groupes pédogéologiques de sols sont à considérer comme facteur explicatif des concentrations (*cf.* Chapitre 5). Pour tous les polluants, l'occupation du sol est susceptible d'influencer les concentrations de fond (*cf.* Chapitre 5). Enfin, on dispose de cartes de retombées atmosphériques de polluant pour Cd, Cu, Hg, Pb, Zn et les HAP (*cf.* la première section de ce Chapitre). La table 6.8 synthétise les variables explicatives prises en compte pour le modèle de régression linéaire.

Pour appliquer le modèle de régression linéaire, chaque point doit être associé à un type de sol, à une occupation du sol et à une valeur de retombées atmosphérique. Pour le type de sol, les groupes de sols définis au Chapitre 5 ont été utilisés. Pour les polluants dépendant des retombées et des types de sols (Cd, Cu, Pb et Zn), les trois groupes de sols composés essentiellement de loess comme matériau parental (groupes "7", "15" et "20") ont été réunis en une catégorie. Cela revient à négliger l'éventualité d'un effet « groupe de sol » entre ces trois groupes très proches au niveau de leur signature géochimique. L'objectif du regroupement des 3 groupes de sol en une catégorie

12. P. Goovaerts, 1997. Geostatistics for Natural Resources Evaluation. Oxford University Press, Applied Geostatistics Series, 483 p.

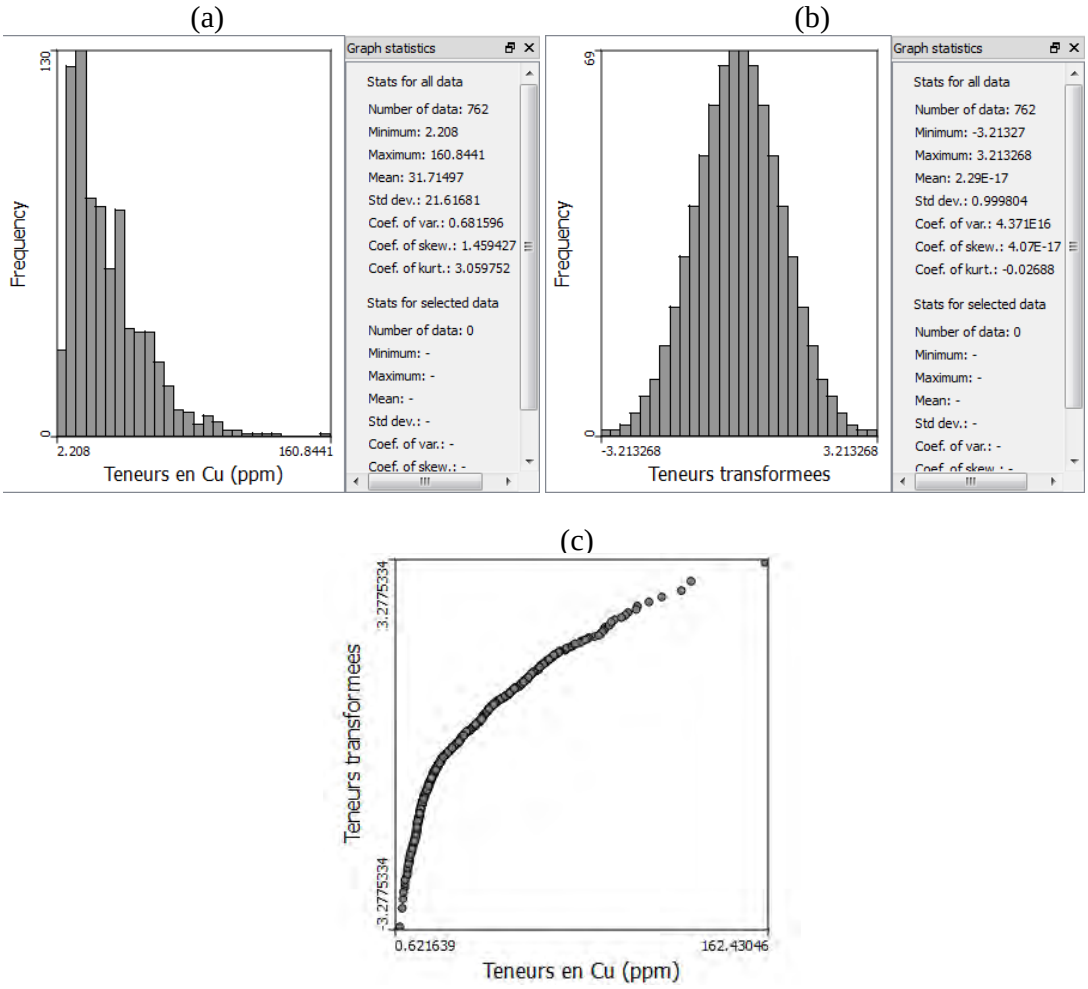


FIGURE 6.13 – Histogrammes des teneurs en cuivre avant (a) et après (b) transformation. Chaque teneur observée est remplacée par son quantile correspondant dans la distribution normale réduite, ce qui garantit la normalité de la distribution des données transformées. La relation entre données originales et normalisées (c) sera utilisée pour effectuer la transformation inverse des résultats finaux (valeurs estimées et 95^{e} centiles).

est d'empêcher le modèle d'attribuer les différences de concentrations entre les sols fortement et faiblement impactés par la PAP à une différence de groupe de sol. En effet, ces groupes de sols sont localisés au niveau des gradients de retombées atmosphériques pour ces polluants. Par exemple, le groupe « 20 » constitué des loess de la vallée de la Meuse et de la Vesdre est beaucoup plus touché par la PAP que le groupe « 7 » constitué de loess de la région limoneuse centrale et occidentale. Lorsque ces trois groupes de sols sont séparés, le modèle de régression peut imputer la différence de concentration entre les groupes soit à l'effet « groupe de sol », soit à l'effet « retombées atmosphériques ». Réunir ces trois groupes va donc forcer le modèle de régression à négliger l'effet « groupe de sol », ce qui permettra de pondérer correctement l'effet des retombées atmosphériques sur les concentrations de fond.

L'occupation du sol correspondant à chaque point a été utilisée pour le modèle. Les sols agricoles de prairie (non labouré) et de culture (labouré) ont été réunis en une classe « agricole », car les informations disponibles pour la grille de prédiction couvrant la Région wallonne ne permettent pas de faire la nuance entre ces deux catégories (assez proches d'un point de vue concentrations en polluant, *cf.* Chapitre 5). Les sols forestiers ont été réunis dans la classe « forestier », les potagers dans la classe « habitat », et les autres sols dans une classe « parc ». Finalement, les valeurs de retombées atmosphériques en polluant correspondant aux valeurs calculées à la section précédente (« Cartographie des retombées atmosphériques de polluants ») ont été attribuées à tous les points connus.

Résultats pour le Cu

Pour les teneurs en cuivre, les trois variables utilisées (le type de sol, le type d'occupation et la contribution des retombées atmosphériques ; *cf.* table 6.8) conduisent au modèle présenté à la table 6.9.

D'après ce modèle, la valeur prédite pour un échantillon situé par exemple en milieu forestier et sur le groupe de sol 11 sera : -0.529076 -1.436754 – 0.441495 + 1.251143 × Retombées, où Retombées est le logarithme en base 10 de la contribution des retombées atmosphériques pour le cuivre. La qualité du modèle de régression peut être évaluée en comparant les valeurs prédites avec les valeurs observées. Pour le cuivre, la corrélation entre teneurs observées et prédites par régression est de 0.837 (figure 6.14), résultant en un coefficient de détermination (R^2) de $0.8372^2 = 0.7$. En d'autres termes 70% la variabilité dans les teneurs en cuivre est expliquée par les trois variables secondaires.

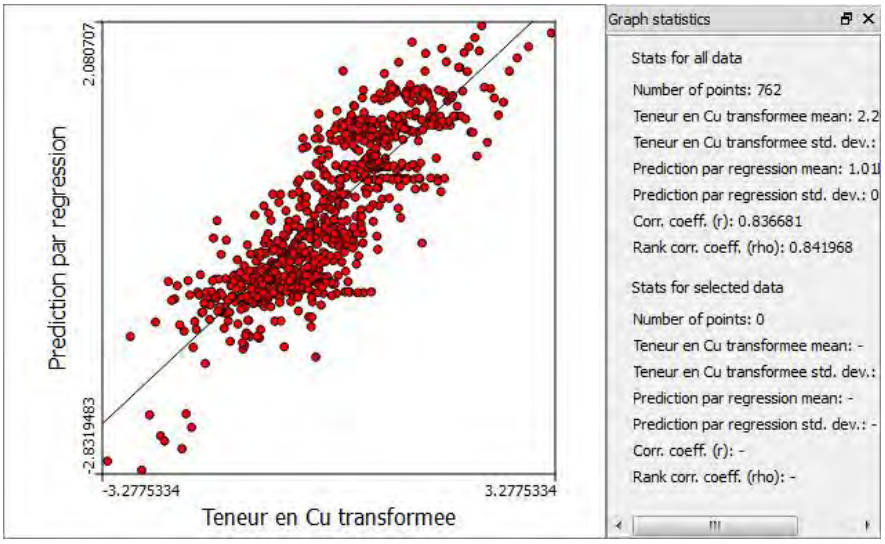


FIGURE 6.14 – Diagramme de dispersion entre teneurs en cuivre normalisées et valeurs prédites par le modèle de régression de la figure 6.9.

TABLE 6.8 – Variable explicative prise en compte pour le modèle de régression linéaire. « OUI » : variable prise en compte ; « / » variable non prise en compte, « OUI* » : variable prise en compte, en réunissant en un groupe les trois groupes de sols composés essentiellement de loess comme matériau parental (voir texte).

	Groupe de sol	Occupation du sol	Retombées atmosphériques
Polluants inorganiques			
As	OUI	OUI	/
Ba	OUI	OUI	/
Be	OUI	OUI	/
Cd	OUI*	OUI	OUI
Co	OUI	OUI	/
Cr	OUI	OUI	/
Cu	OUI*	OUI	OUI
Hg	/	OUI	OUI
Ni	OUI	OUI	/
Pb	OUI*	OUI	OUI
Sb	OUI	OUI	/
Se	OUI	OUI	/
Sn	OUI	OUI	/
Zn	OUI*	OUI	OUI
Polluants organiques			
HAP			
Naph	/	OUI	OUI
Ace	/	OUI	OUI
Fle	/	OUI	OUI
Phen	/	OUI	OUI
Ant	/	OUI	OUI
Fla	/	OUI	OUI
Pyr	/	OUI	OUI
BaA	/	OUI	OUI
Chrys	/	OUI	OUI
BbF	/	OUI	OUI
BkF	/	OUI	OUI
BaP	/	OUI	OUI
dBahA	/	OUI	OUI
BghiP	/	OUI	OUI
I123cdP	/	OUI	OUI
HAP16	/	OUI	OUI
HAP10	/	OUI	OUI
Huiles minérales			
HTP10a12	/	OUI	/
HTP12a16	/	OUI	/
HTP16a21	/	OUI	/
HTP21a30	/	OUI	/
HTP30a35	/	OUI	/
HTP_tot	/	OUI	/
Autres			
Tolu	/	OUI	/
CN_tot	/	OUI	/
CN_lib	/	OUI	/
IP	/	OUI	/

TABLE 6.9 – Coefficients de la régression linéaire entre teneurs en cuivre normalisées et trois variables explicatives : le type de sol (22 groupes), le type d'occupation, et la contribution des retombées atmosphériques (logarithme en base 10). Le coefficient est significativement différent de zéro si la valeur dans la dernière colonne (Pr > |t|) est inférieure a 0.05. Intercept : valeur de la constante de la régression.

Parameter	Estimate	Standard Error	t Value	Pr > |t|
Intercept	-0.52907622	0.13870312	-3.81	0.0001
Occupation du sol : "agricole"	-1.230791554	0.05020897	-24.51	<.0001
Occupation du sol : "forestier"	-1.436754144	0.06739775	-21.32	<.0001
Occupation du sol : "parc"	-0.704852523	0.0735062	-9.59	<.0001
Occupation du sol : "habitat"	0	.	.	.
groupe de sol : 11	-0.441495058	0.12134065	-3.64	0.0003
groupe de sol : 13	0.077285579	0.23169382	0.33	0.7388
groupe de sol : 17	0.346938924	0.1401703	2.48	0.0135
groupe de sol : 18	-0.085822697	0.08747965	-0.98	0.3269
groupe de sol : 21	0.340745649	0.08895266	3.83	0.0001
groupe de sol : 22	0.637491809	0.10597193	6.02	<.0001
groupe de sol : 29	0.724938887	0.13384744	5.42	<.0001
groupe de sol : 30	-0.256109157	0.18960011	-1.35	0.1772
groupe de sol : 34	0.472649292	0.16472226	2.87	0.0042
groupe de sol : 41	0.129153315	0.17556382	0.74	0.4622
groupe de sol : 45	0.251564309	0.10505226	2.39	0.0169
groupe de sol : 50	0.236235689	0.16495346	1.43	0.1525
groupe de sol : 51	0.116369755	0.21970964	0.53	0.5965
groupe de sol : 53	0.394937838	0.1539928	2.56	0.0105
groupe de sol : 59	-1.684522615	0.25312526	-6.65	<.0001
groupe de sol : 60	-0.272422301	0.21676271	-1.26	0.2092
groupe de sol : 61	-1.222052256	0.32629776	-3.75	0.0002
groupe de sol : 62	-0.072631761	0.14676082	-0.49	0.6208
groupe de sol : 64	-0.225222269	0.12298136	-1.83	0.0675
groupe de sol : 65	0.61863617	0.11538726	5.36	<.0001
groupe de sol : 66	-0.469481018	0.25157034	-1.87	0.0624
groupe de sol : 100	0	.	.	.
Retombées atmosphériques	1.251143495	0.13032059	9.6	<.0001

6.3.2.3 Application du modèle de régression à la Wallonie

Etablissement de la grille d'interpolation

Le modèle de prédiction spatial nécessite une discrétisation de la Région wallonne. Cette discrétisation se fait ordinairement sous forme de grille, et l'interpolation (ici par krigeage, *cf.* étape 5) se fait en tout nœud de la grille d'interpolation. La version précédente d'INFO-FONDS basée sur les résultats de POLLUSOL 1 fournissait des valeurs de concentrations de fond sur une grille de maille de 500m*500m. La nouvelle grille utilisée pour POLLUSOL 2 est basée sur une maille de 500m*500m en dehors des huit zones d'étude de POLLUSOL 2. Dans les zones d'étude, la maille a été réduite à 250m*250m, soit un niveau de détail quatre fois plus important que pour le reste de la Wallonie (il y a en effet quatre mailles de 250m*250m dans une maille de 500m*500m). Dans ces zones, nous disposons de beaucoup de points connus, il est donc raisonnable de s'attendre à une meilleure prédiction, et ce malgré la forte variabilité spatiale des concentrations attendue dans les zones péri-industrielles.

Le modèle de régression linéaire nécessite d'avoir en tout point de prédiction les informations concernant les principaux facteurs explicatifs des concentrations en polluants (occupation du sol, le type de substrat pédogéologique et les retombées atmosphériques de polluant).

Pour le facteur « occupation du sol », nous avons utilisé les informations de la Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie (CNOSW). La version utilisée est la dernière en date publiée (la « V1_05 »), qui reflète la situation de l'occupation du sol au terme de l'année 2005. Elle est structurée en 5 niveaux de détails. Le niveau 1, le plus global, comporte 6 classes d'occupation du sol et le niveau 5, le plus détaillé, en contient 97. Les différentes occupations de la carte ont été regroupées pour correspondre aux quatre classes d'occupation du sol considérées par le modèle de régression linéaire (c'est-à-dire « agricole », « forestier », « habitat » et « parc »). En « agricole », nous avons regroupé les sols cartographiés en « Territoires agricoles » au niveau 1 de symbologie de la COSW . De même, les « Forêts et milieux semi-naturels » du niveau 1 de symbologie de la COSW ont été regroupés pour former la classe « forestier ». Les « Terrains résidentiels » du niveau 2 de symbologie de la COSW ont été regroupés pour former la classe « habitat ». Les autres classes d'occupation du sol de la COSW (correspondant principalement aux classes « Espaces d'activité économique, de service, d'équipement et de communication » et « Espaces verts artificialisés, non agricoles » du niveau 2 de la COSW) ont été regroupées pour former la classe « parc ».

Pour les types de substrat pédogéologique de sol, les groupes de sols définis au Chapitre 5 ont été utilisés [13]. Finalement, les cartes de retombées atmosphériques en polluant correspondant aux valeurs calculées à la section précédente (« Cartographie des retombées atmosphériques de polluants ») ont été utilisées pour le facteur « retombées atmosphériques de polluant ».

13. Pour les polluants dépendant des retombées et des types de substrat pédogéologique (Cd, Cu, Pb et Zn), les trois groupes de sols composés essentiellement de loess comme matériau parental (groupes "7", "15" et "20") ont été réunis en une catégorie (*cf.* 6.3.2.2)

Afin d'attribuer à chaque maille une classe unique de facteur, la superficie occupée par chaque classe a été calculée pour chaque maille et la classe occupant la plus grande superficie a été retenue. Par exemple, le territoire couvert par une maille (500m*500m ou 250m*250m) peut appartenir à deux groupes de sols, le premier couvrant 80% de la maille et le second couvrant 20% de la maille. Dans ce cas, la maille sera considérée comme appartenant au premier groupe de sol, car il est le plus représenté sur cette maille. Lorsqu'une maille n'est pas couverte par une classe d'un facteur, nous avons attribué la valeur de la classe la plus probable sur base de la distance au centre de la maille. Par exemple, si une maille se trouve sur un « sol non cartographié » de la la CNSW, on ne pourra pas lui attribuer de classe de groupe de sols. La maille a alors reçu la classe de groupe de sol correspondant au groupe de sol cartographié localisé le plus près du centre de cette maille.

Résultats pour le cuivre

Nous continuons, comme précédemment, à utiliser l'exemple du Cu pour illustrer notre démarche. Le modèle de régression linéaire a été utilisé pour prédire la distribution spatiale de la concentration en cuivre à travers la Wallonie en appliquant les coefficients répertoriés à la table 6.9 à la carte des types de sols, la carte d'occupation des sols et la carte des contributions contribution des retombées atmosphériques (*cf.* figure 6.15). Comme attendu, la carte des valeurs prédites pour le cuivre (bas de la figure) montre des teneurs élevées dans les zones urbaines.

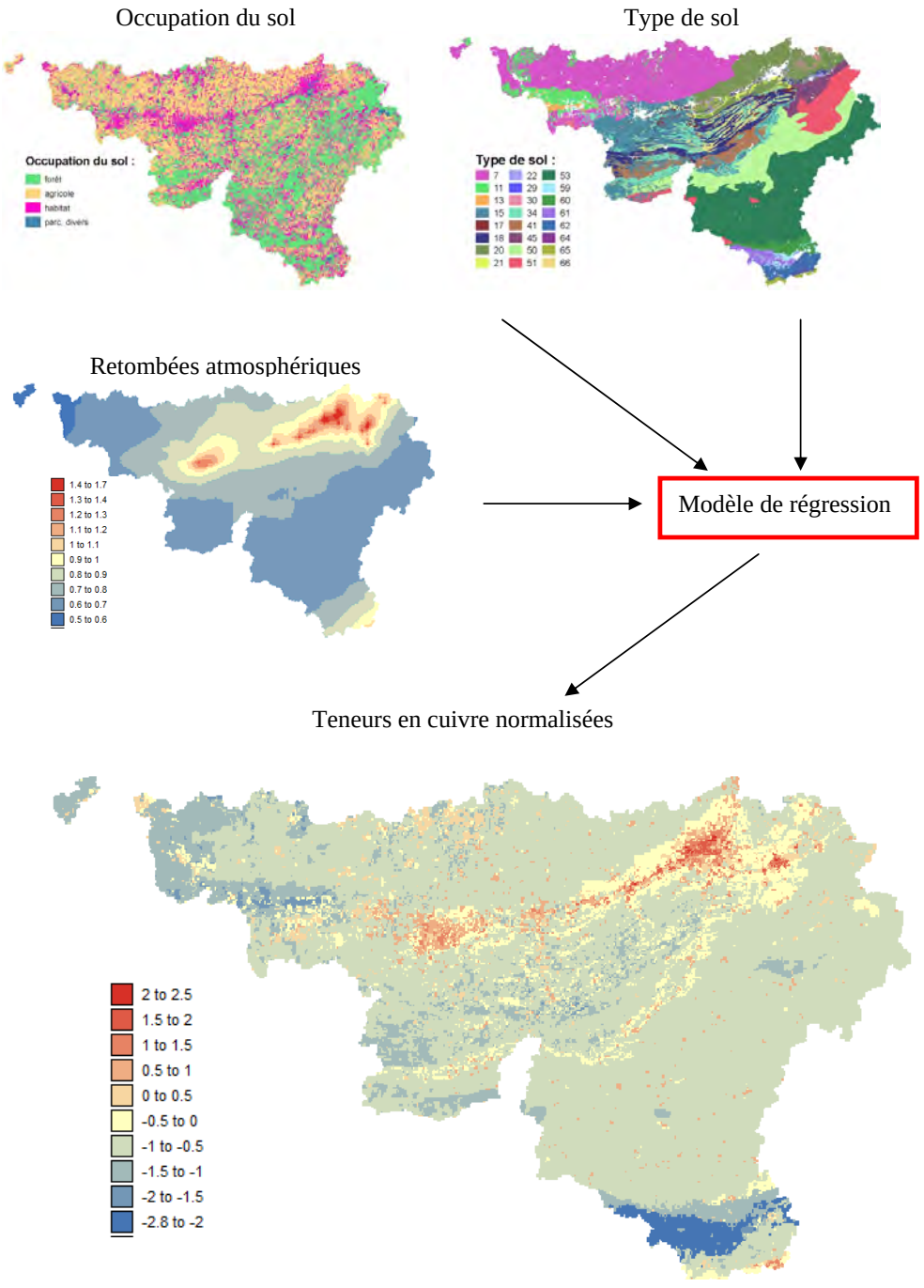
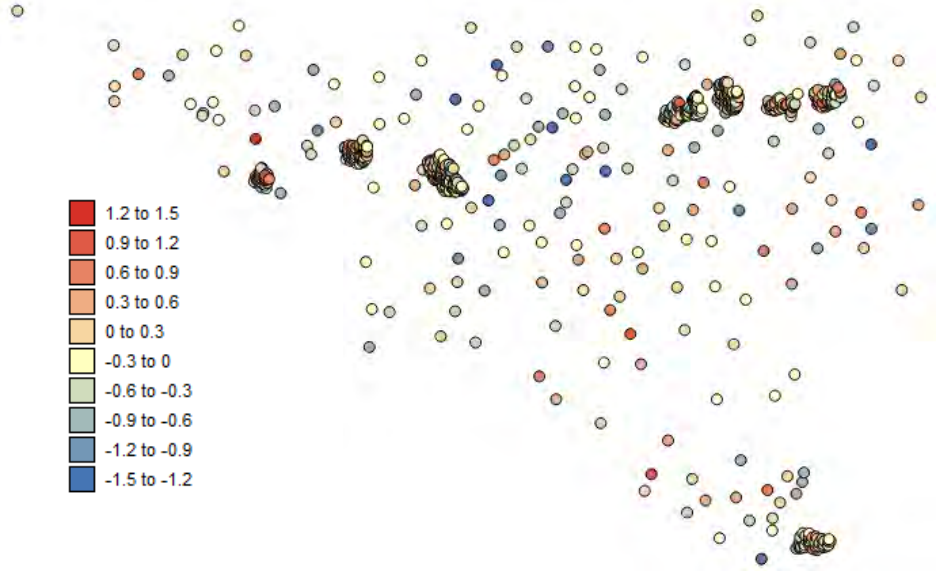


FIGURE 6.15 – Carte des teneurs en cuivre (valeurs normalisées) prédites par le modèle de régression de la table 6.9 sur base de la carte des types de sols, la carte d'occupation des sols, et la contribution des retombées atmosphériques.

6.3.2.4 Analyse spatiale des résidus de la régression

Le modèle de régression linéaire n'expliquant pas la totalité de la variabilité spatiale des données, il est utile d'examiner la partie non expliquée des données, c'est-à-dire la différence entre valeurs observées et prédites (résidus de la régression). Pour le cuivre, la carte de la figure 6.16 montre en bleu les échantillons où la valeur prédite est supérieure à la valeur observée (résidus négatifs) tandis que les données en rouge correspondent aux résidus positifs où la valeur observée dépasse la valeur prédite par régression. Si ces résidus sont corrélés dans l'espace, cela signifie qu'une surestimation (sous-estimation) des teneurs en cuivre en un endroit s'accompagne d'une surestimation (sous-estimation) des teneurs pour les échantillons voisins. En d'autres termes, les erreurs liées à l'utilisation du modèle de régression ne sont pas aléatoires dans l'espace. La corrélation spatiale des résidus peut être mesurée par le variogramme qui est un indicateur de la dépendance qui existe entre les valeurs en fonction de leur distance (dépendance spatiale). Le variogramme pour les résidus du cuivre (bas de la figure 6.16) indique que les différences entre résidus (axe vertical) augmentent avec la distance entre échantillons (axe horizontal), ce qui signifie que la variabilité résiduelle est structurée spatialement. Cette information peut dès lors être utilisée pour corriger a posteriori la carte obtenue par régression au bas de la figure 6.15 à l'aide d'un krigeage des résidus.

Carte des résidus de la régression linéaire pour le cuivre



Variogramme des résidus de la régression linéaire pour le cuivre

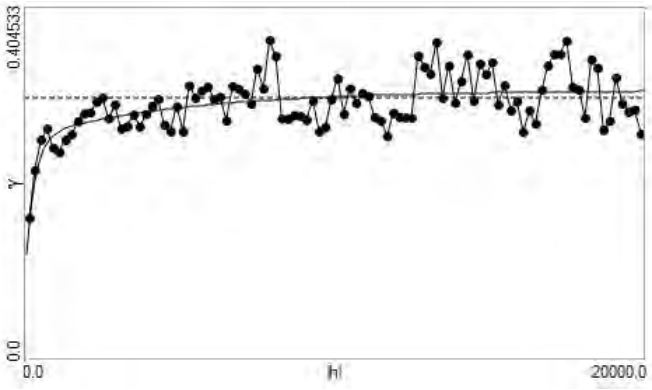


FIGURE 6.16 – Carte des résidus observés de la régression linéaire pour le cuivre (haut de la figure) et leur variogramme qui démontre que ces résidus sont corrélés dans l'espace (bas de la figure). Variogramme : échelle horizontale : distance en m ; échelle verticale : degré de dissimilarité entre les points en valeurs normalisées (par transformation « normal score » au carré).

6.3.2.5 Krigeage des résidus

L'existence de corrélation spatiale entre résidus de la régression permet de prédire les résidus du modèle de régression linéaire aux nœuds d'une grille d'interpolation couvrant la totalité de la Wallonie (figure 6.17).

La carte des résidus interpolés indique que les résidus ont tendance à être négatifs dans la partie nord de la Wallonie (couleur jaune pour la figure 6.17), ce qui signifie que les teneurs prédites par régression linéaire ont tendance à être trop élevées et ont besoin d'être corrigées vers le bas. Par contre, les résidus ont tendance à être positifs dans la partie nord du Luxembourg (couleur brun pâle pour la figure 6.17), ce qui signifie que les teneurs prédites par régression linéaire ont tendance à être trop faibles et ont besoin d'être corrigées vers le haut. Cette correction est effectuée simplement en additionnant la carte des résidus (figure 6.17) à la carte des valeurs prédites par le modèle de régression (bas de la figure 6.15). Le résultat est la carte des teneurs en cuivre (valeurs normalisées) de la figure 6.18. L'incertitude liée à la carte des teneurs en cuivre a été calculée comme la somme de l'incertitude liée aux prévisions du modèle de régression et de l'incertitude liée au krigeage des résidus (variance de krigeage). Ces deux cartes situées en haut de la figure 6.19 indiquent que l'incertitude due au krigeage des résidus est toujours plus élevée que l'incertitude associée aux prévisions du modèle de régression. La variance de krigeage est plus faible à proximité des points échantillonnés, ce qui est particulièrement le cas dans les zones urbaines qui ont été échantillonnées plus densément.

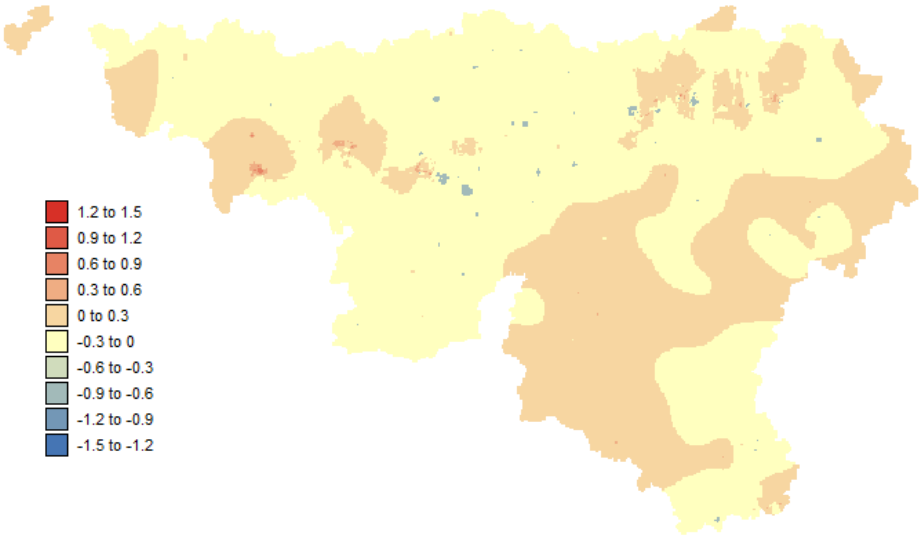


FIGURE 6.17 – Carte krigées des résidus de la régression linéaire pour le cuivre obtenu par interpolation spatiale des données de la figure 6.18.

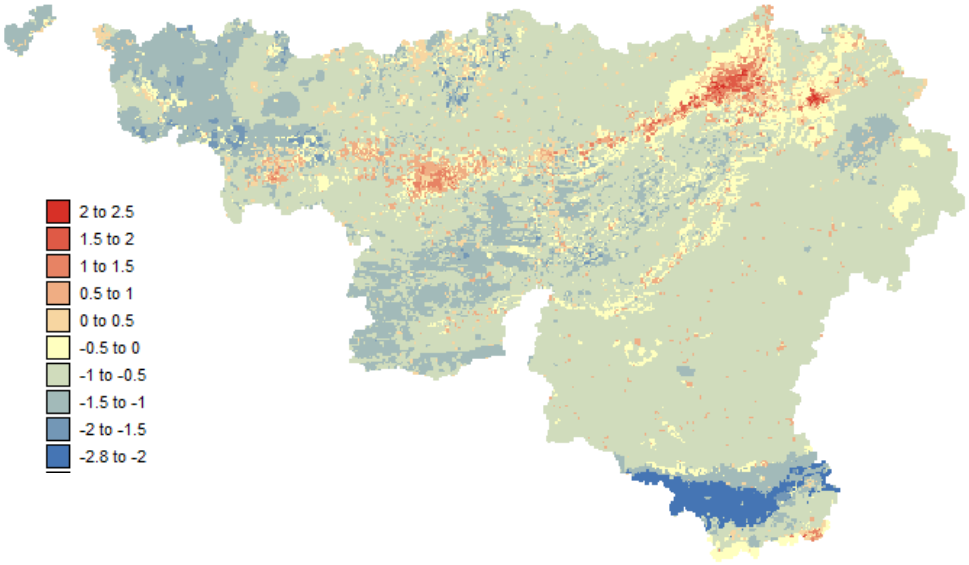


FIGURE 6.18 – Carte finale des teneurs en cuivre (valeurs normalisées) obtenue en additionnant la carte des résidus de la figure 6.17 avec la carte des valeurs prédites par le modèle de régression de la table 6.14.

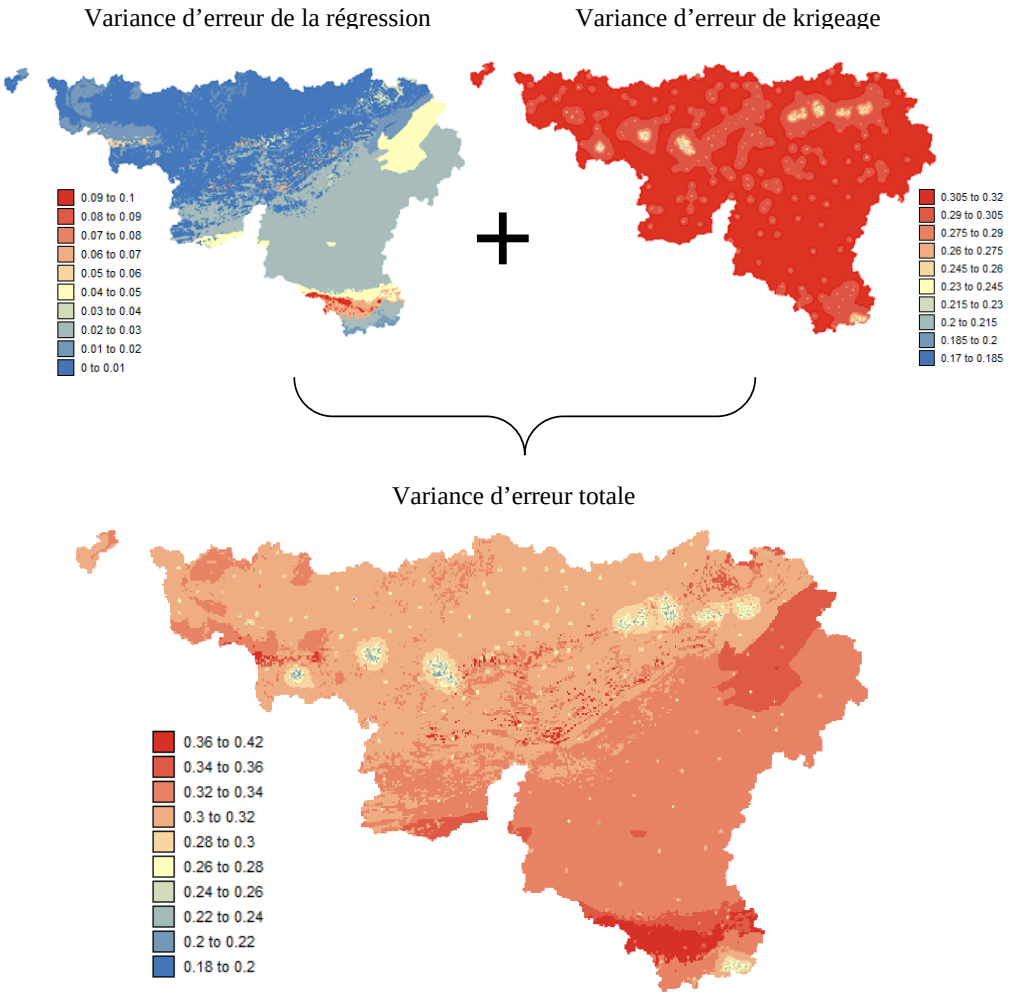


FIGURE 6.19 – Carte de la variance d'erreur totale obtenue en additionnant la carte des variances d'erreur du modèle de régression et la carte des variances d'erreurs du krigeage.

6.3.2.6 Calcul du 95^{e} centile

Le 95^{e} centile est la valeur qui a une probabilité de 0.95 de ne pas être dépassée. Étant donné la normalisation des observations au départ, la distribution de probabilité en tout point de la grille d'interpolation suit une loi normale avec comme moyenne et variance la teneur krigée en cuivre (figure 6.20) et la variance d'erreur totale (figure 6.20). Le 95^{e}centile a été calculé en utilisant la formule suivante qui est basée sur les propriétés de la distribution normale réduite : 95^{e}centile = valeur krigée + 1.645 $\times$ déviation standard de krigeage.

6.3.2.7 Transformation inverse des résultats

La carte des teneurs krigées en cuivre (figure 6.18) ainsi que la carte du 95^{e} centile (figure 6.20) ne sont pas directement interprétables, car elles sont basées sur des données transformées et dès lors sans unité. Pour exprimer les résultats dans les unités de concentration (mg/kg), les teneurs krigées et 95^{e} centiles ont été convertis en mg/kg en utilisant la relation entre données originales et normalisées illustrée au bas de la figure 6.21. Par exemple, l'application de cette transformation inverse conduit aux cartes ci-dessous pour le cuivre.

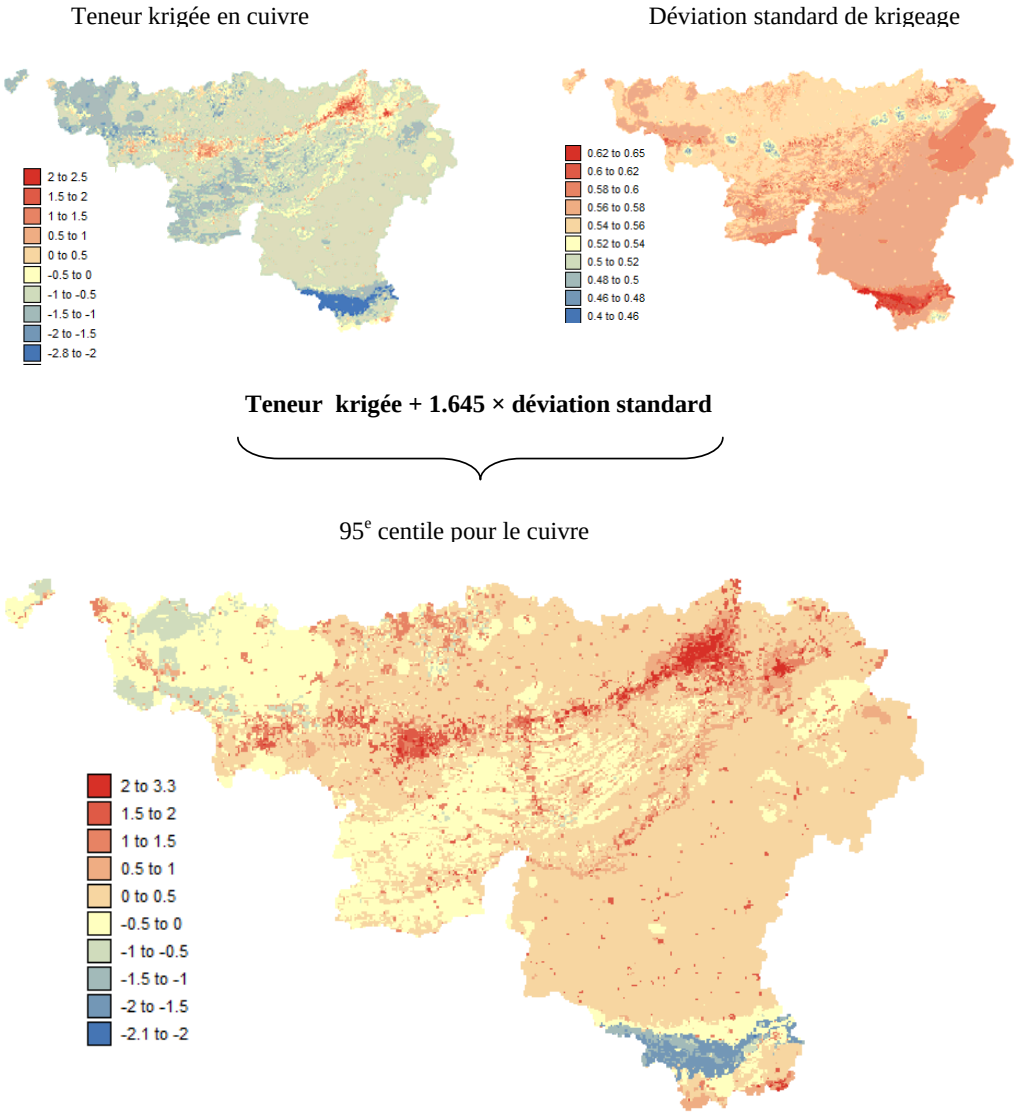


FIGURE 6.20 – Carte du 95^{e} centile pour les teneurs en Cuivre (valeurs normalisées). Le 95^{e} centile est la valeur qui a une probabilité de 0.95 de ne pas être dépassée. Elle est calculée à partir de la carte des valeurs krigées (figure 6.18) et de la déviation standard de krigeage (figure 6.19) en utilisant la formule suivante : 95^{e} centile = teneur krigée + 1.645 × déviation standard de krigeage.

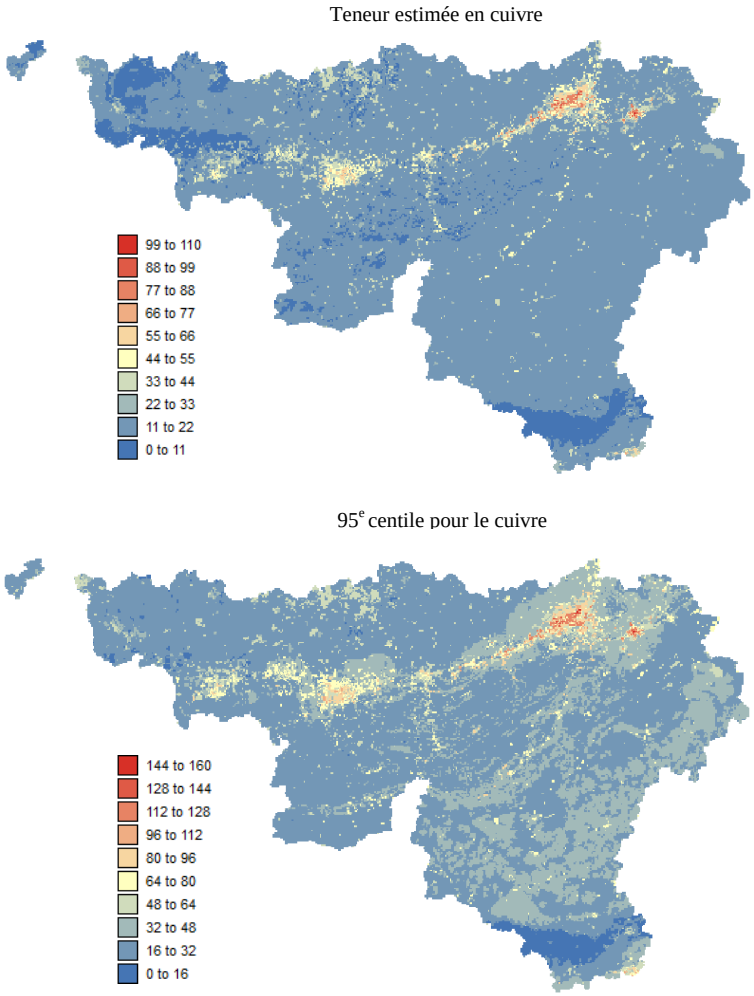


FIGURE 6.21 – Carte des valeurs krigées et du 95^{e} centile pour les teneurs en cuivre (unités : mg/kg) obtenues par la transformation inverse (données normalisées => teneurs en cuivre) des cartes des figures 6.18et 6.20.

6.3.2.8 Détermination des zones où l'interpolation est possible

Afin de prédire les concentrations en polluant en tout point de la Wallonie, il faut disposer en tout point des informations sur les principaux facteurs gouvernant les teneurs en polluant. Le modèle de prédiction spatiale, qui fondamentalement, effectue une interpolation spatiale des résultats, doit pouvoir s'appuyer sur un nombre suffisant de points connus qui soient bien répartis sur l'ensemble de la Wallonie. Par exemple, la cartographie des concentrations en Pb et Zn est possible en tout point de la Wallonie, car grâce à POLLUSOL 1 et 2, on dispose (1) de points bien répartis sur l'ensemble de la région (*cf.* figure 6.22) et (2) d'informations complètes sur les principaux facteurs gouvernant les teneurs (occupation du sol, groupes pédogéologiques de sol et retombées atmosphériques). D'une façon générale, on dispose pour les neuf éléments traces métalliques de POLLUSOL 1 (As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb et Zn) d'informations complètes permettant d'interpoler les résultats en tout point de la Wallonie à l'aide d'un modèle de prédiction des concentrations en polluant.

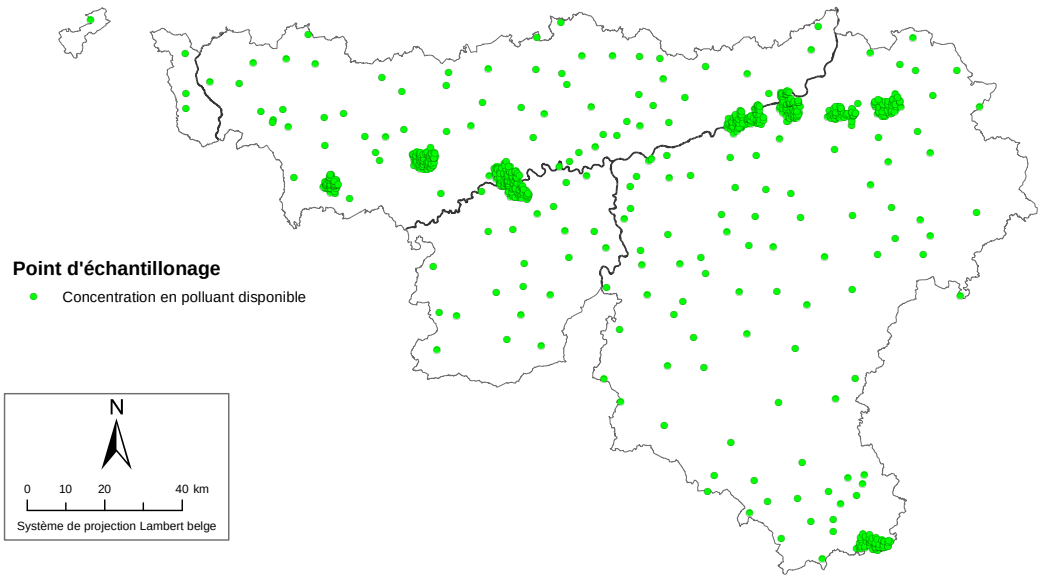


FIGURE 6.22 – Points de mesure des concentrations en As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb et Zn dans les bases de données POLLUSOL 1 et 2.

Pour les polluants organiques mesurés dans POLLUSOL 1 et 2 (les HAP et CN_tot), la répartition spatiale des points connus sur lesquels on peut s'appuyer pour l'interpolation spatiale n'est pas idéale (*cf.* figure 6.23). Les concentrations en HAP dans les sols sont principalement dépendant des retombées atmosphériques et de l'occupation du sol. Comme nous disposons d'une information en tout point de la Région wallonne pour ces deux facteurs explicatifs, il sera possible de fournir des cartes de la Wallonie fiables pour les HAP. De même, les concentrations en cyanures semblent dépendre uniquement de l'occupation du sol. Pour CN_tot, le modèle prédictif sera donc en mesure de fournir une valeur de concentration de fond cohérente pour l'ensemble de la Région

wallonne.

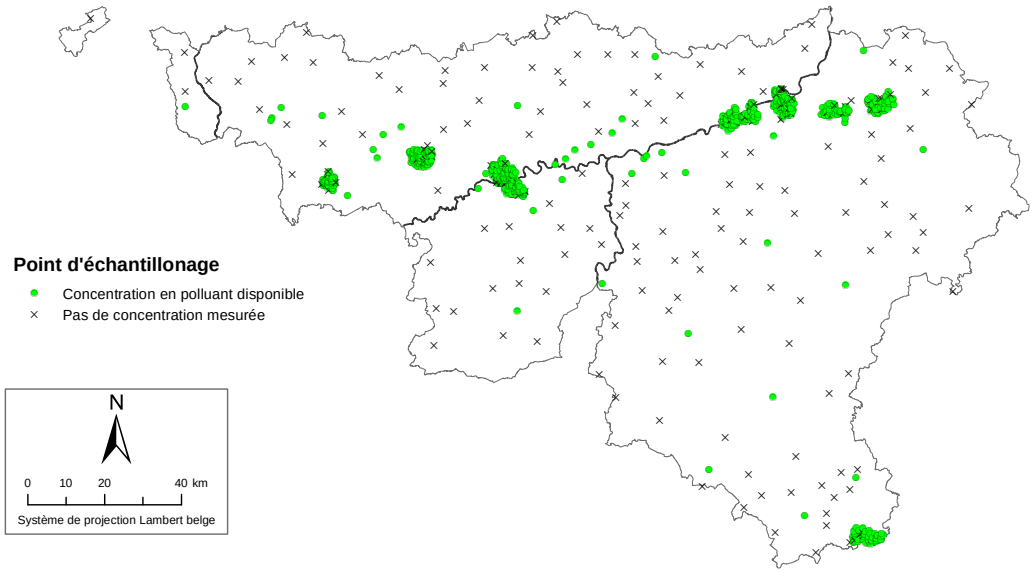


FIGURE 6.23 – Point de mesure des polluants organiques communs à POLLUSOL 1 et 2 (les HAP et CN_tot).

Pour les autres polluants, le modèle de prédiction spatiale ne dispose pas de points connus bien répartis sur l'ensemble de la Wallonie (*cf.* figure 6.24). Ces polluants n'ayant été mesurés que dans POLLUSOL 2, nous ne disposons donc pas de point de mesure en dehors des huit zones du projet. La mauvaise répartition des points connus sur le territoire wallon conduit aussi à ne pas avoir une connaissance suffisante de la façon dont les facteurs principaux gouvernent les teneurs. Par exemple, pour prédire les concentrations en Be, il est nécessaire de connaitre l'influence des groupes pédogéologiques de sol en tout point de la Wallonie. Rappelons que nous avons vu au Chapitre 5 que les concentrations en Be dépendaient principalement du type de substrat pédogéologique. Or nous ne disposons pas d'information sur les teneurs en Be de tous les groupes pédogéologiques de sols. La prédiction en tout point de la Wallonie n'est donc pas possible pour ce polluant. Pour ce polluant ainsi que les autres soumis à ces mêmes limitations, il sera cependant toujours possible de prédire des concentrations dans le périmètre des zones d'étude de POLLUSOL 2.

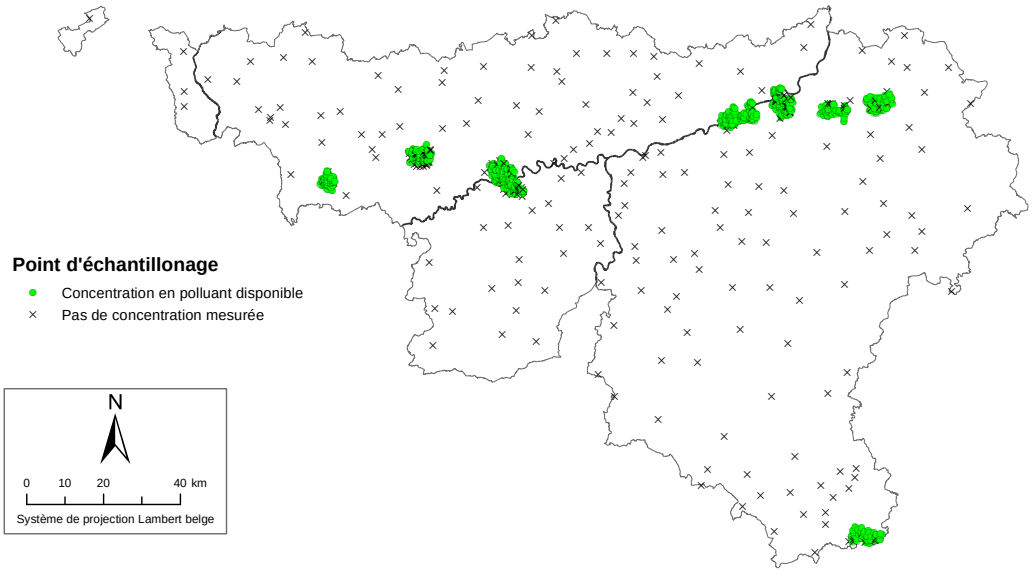


FIGURE 6.24 – Point de mesure pour les polluants non étudiés lors de POLLUSOL 1.

Finalement, il n'est pas possible de réaliser une modélisation spatiale pour les polluants retrouvés dans les sols à des niveaux de concentration très majoritairement inférieurs aux limites de quantification. Pour rappel, il s'agit des polluants suivants : CrVI, Mo, Tl, Ben, EBen, oXyl, mpXyl, Xyltot, BTEX, Styr, HTP35a40, EOX, CNncd.

6.3.3 Validation des cartes de teneurs estimées

6.3.3.1 Principe et exemple pour le cuivre

La qualité des estimations a été évaluée en utilisant une approche de validation croisée durant laquelle chaque observation est enlevée temporairement du jeu de données et réestimée à partir des observations restantes. La comparaison des teneurs observées et estimées peut être effectuée à l'aide d'un diagramme de dispersion (figure 6.25) et le calcul d'un coefficient de corrélation. Pour le cas du cuivre, la figure 6.25 démontre une très bonne corrélation entre valeurs observées et estimées (corrélation = 0.88). Pour certains polluants, la corrélation entre valeurs observées et estimées peut être fort influencée (positivement ou négativement) par la présence de quelques observations. Pour confirmer la présence d'une corrélation entre valeurs observées et estimées, il est donc préférable d'utiliser la méthode de la corrélation robuste. Pour le Cu, la corrélation robuste est de 0.86, cela confirme la présence d'une très bonne corrélation entre valeurs observées et estimées pour l'ensemble des points connus.

La proximité des moyennes pour les données observées (31.71 mg/kg) et estimées (31.21 mg/kg) démontre également l'absence de biais dans l'estimation. En d'autres mots, la prédiction par le modèle spatial n'a pas tendance, en moyenne, à surestimer ou sous-estimer les concentrations.

Une autre statistique intéressante est de calculer l'erreur absolue moyenne d'estimation. L'histogramme des erreurs d'estimation (figure 6.26) indique que l'erreur d'estimation varie de 0 mg/kg (parfaite estimation) à 68 mg/kg. L'erreur absolue moyenne d'estimation est de 8.06 mg/kg, ce qui représente 25% de la teneur moyenne en cuivre (31.71 mg/kg). L'erreur d'estimation que l'on ferait si on utilisait la valeur de la moyenne régionale comme prédiction en tout point serait de 16.8 mg/kg. L'erreur absolue moyenne d'estimation serait alors de 8.8 mg/kg plus élevée qu'avec l'utilisation des estimations du modèle de prédiction spatiale. Utiliser la moyenne régionale à la place du modèle de prédiction spatiale ferait augmenter l'erreur absolue moyenne d'estimation de 109% ($= \left(\frac{(16.8-8.06)}{8.06}\right) \times 100$). Le modèle de prédiction spatiale présente donc un gain en précision de 109% en terme d'erreur absolue moyenne d'estimation par rapport à l'utilisation de la valeur de la moyenne régionale comme prédiction en tout point.

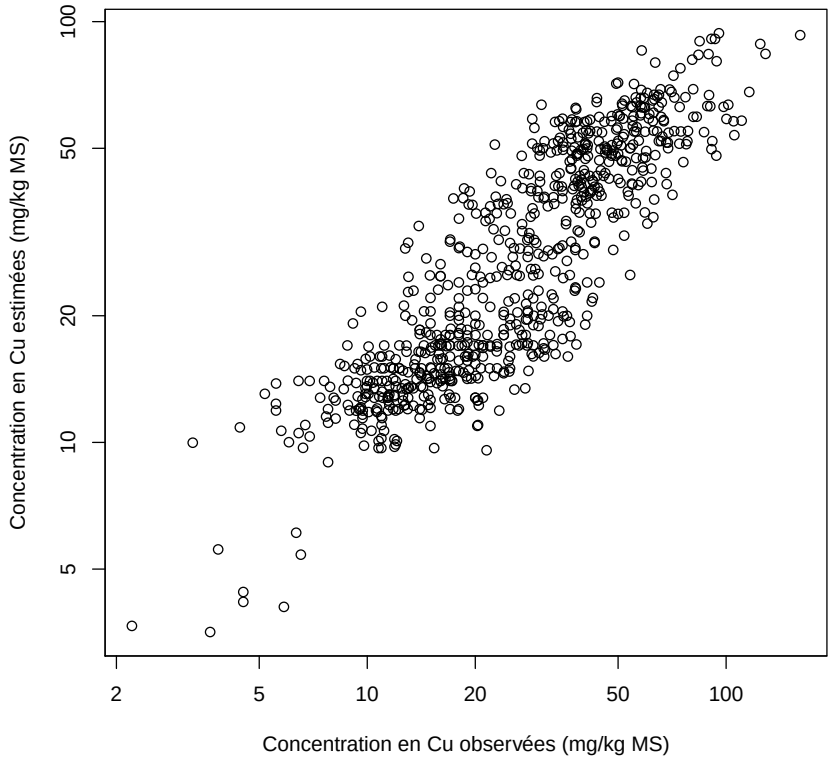


FIGURE 6.25 – Comparaison des teneurs en cuivre observées et estimées par validation croisée.

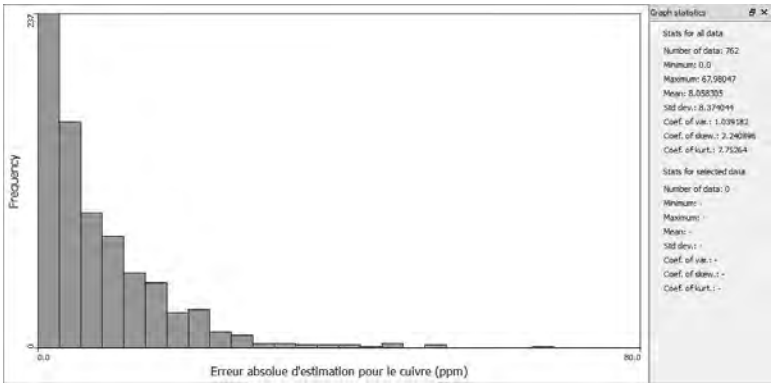


FIGURE 6.26 – Histogramme des erreurs d'estimation (valeur absolue).

6.3.3.2 Statistiques descriptives de la capacité prédictive des cartes produites

La table 6.10 fournit des statistiques de qualité des estimations permettant d'apprécier si les données disponibles concernant chaque polluant se prêtent bien à la prédiction spatiale : corrélations « classique » et « robuste » [14] entre les valeurs observées et estimées (deux premières colonnes de la table), le biais moyen de l'estimation (troisième colonne de la table), l'erreur absolue moyenne d'estimation en mg/kg MS et en pourcentage de la moyenne du jeu de données de référence (quatrième et cinquième colonne de la table) et gain de précision du modèle de prédiction spatiale par rapport à l'utilisation de la moyenne régionale comme prédiction, exprimé en pour cent d'erreur de prédiction (dernière colonne de la table) .

Dans la table 6.10, les corrélations inférieures à 0.5 ont été soulignées en rouge. Les polluants pour lesquels les corrélations « classique » et « robuste » entre les valeurs observées et estimées sont inférieures à 0.5 indiquent que la capacité prédictive n'est pas satisfaisante : les valeurs estimées sont mal corrélées aux valeurs observées. Quatre catégories de résultats ont été réalisées d'évaluer si les données disponibles concernant chaque polluant se prêtent bien à la prédiction spatiale :

1. Les données se prêtent à très bonne prédiction spatiale : As, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, Zn. Ces polluants sont surlignés en vert foncé dans la table 6.10.
2. Les données se prêtent à une bonne prédiction spatiale : Sn, Naph, Fle, Phen, Ant, Fla, Pyr, BaA, Chrys, BbF, BkF, BaP, dBahA, BghiP, I123cdP, HAP10, HAP16. Ces polluants sont soulignés en vert clair dans la table 6.10.
3. Les données se prêtent à une prédiction spatiale de qualité moyenne : Ace, Tolu, CN_tot, CN_lib, IP. Ces polluants sont soulignés en jaune dans la table 6.10.
4. Les données ne se prêtent pas à une prédiction spatiale : Se, HTP10a12, HTP12a16, HTP16a21, HTP21a30, HTP30a35, HTP_tot. Ces polluants sont soulignés en rouge dans la table 6.10. Il s'agit des polluants pour lesquels les corrélations « classique » et « robuste » entre les valeurs observées et estimées sont inférieures à 0.5 (les corrélations sont alors indiquées en rouge).

A l'exception du Se et Sn, les polluants inorganiques se prêtent très bien à la prédiction spatiale. Les corrélations entre teneurs observées et estimées se trouvent autour de 0.8. Ces très bonnes corrélations indiquent que les cartes prédisent bien des valeurs basses lorsque les sols présentent des concentrations faibles, et des valeurs élevées lorsque les sols présentent des concentrations élevées. Les meilleures corrélations observées sont celles du Cd et du Zn (proches de 0.9), et les moins bonnes corrélations sont celles de Sb et Cr (proches de 0.6 en corrélation robuste). Le biais est très faible, il

14. La méthode « classique » pour le calcul des coefficients de corrélation est la méthode de Pearson. La méthode « robuste » fournit le coefficients de corrélation de Pearson à partir d'une estimation robuste de la matrice de covariance par la méthode du "Minimum Covariance Determinant" (MCD) de Rousseeuw (Rousseeuw PJ. Least median of squares regression. J Amn Statist Assoc 1984, 79 : 871–880.).

TABLE 6.10 – Statistiques descriptives de la capacité prédictive des cartes produites

Polluant cartographié	Cor. entre valeurs observées et estimées	Cor. robuste entre valeurs observées et estimées	Biais moyen (val. observées - val. estimées) (mg/kg MS)	Erreur absolue moyenne d'estimation (mg/kg MS)	Erreur absolue moyenne d'estimation (% de la moyenne)	Gain de précision par rapport à l'utilisation de la moyenne régionale (%)
Polluants inorganiques						
As	0.91	0.71	0.42	3.3	22.3%	125.1%
Ba	0.78	0.84	5.1	42.2	29.1%	80.4%
Be	0.81	0.72	0.031	0.192	19.2%	79.2%
Cd	0.88	0.92	0.067	0.402	28.9%	175.9%
Co	0.86	0.76	0.19	2.21	18.0%	84.4%
Cr	0.78	0.65	0.9	6.41	17.4%	56.3%
Cu	0.84	0.86	0.5	8.06	25.4%	108.7%
Hg	0.7	0.78	0.014	0.0676	34.7%	62.2%
Ni	0.85	0.8	0.26	5.56	20.1%	90.0%
Pb	0.78	0.83	6.8	41.9	35.5%	91.9%
Sb	0.81	0.65	0.11	0.61	29.9%	94.6%
Se	0.43	0.33	0.38	0.911	40.7%	18.6%
Sn	0.62	0.53	0.56	1.98	37.2%	34.4%
Zn	0.87	0.89	7.8	78.6	29.2%	154.9%
Polluants organiques						
HAP						
Naph	0.56	0.57	0.00559	0.0112	63.6%	55.5%
Ace	0.59	0.37	0.00321	0.00596	62.3%	44.6%
Fle	0.6	0.62	0.00335	0.00722	54.3%	56.3%
Phen	0.67	0.71	0.0297	0.11	51.9%	67.9%
Ant	0.66	0.59	0.00742	0.0168	53.3%	62.9%
Fla	0.65	0.65	0.0959	0.276	54.0%	63.1%
Pyr	0.62	0.63	0.0598	0.192	57.5%	55.7%
BaA	0.7	0.73	0.0374	0.113	51.6%	75.9%
Chrys	0.69	0.75	0.0369	0.122	50.8%	68.1%
BbF	0.72	0.74	0.0399	0.138	49.1%	73.5%
BkF	0.7	0.72	0.0181	0.0611	50.9%	73.9%
BaP	0.72	0.71	0.0284	0.11	49.8%	81.3%
dBahA	0.68	0.67	0.00811	0.0178	58.4%	65.7%
BghiP	0.72	0.68	0.0237	0.081	53.3%	66.0%
I123cdP	0.71	0.65	0.0367	0.104	56.5%	63.7%
HAP10	0.7	0.7	0.307	0.98	52.1%	71.0%
HAP16	0.7	0.72	0.404	1.31	51.6%	71.7%
Huiles minérales						
HTP10a12	0.32	0.42	0.699	2.35	52.2%	13.6%
HTP12a16	0.33	0.33	0.513	1.51	38.9%	15.7%
HTP16a21	0.28	0.12	0.619	1.58	42.8%	11.2%
HTP21a30	0.32	0.25	1.89	4.61	59.6%	10.2%
HTP30a35	0.47	0.46	0.807	2.69	42.7%	20.4%
HTP_tot	0.31	0.25	3.21	11.1	42.7%	6.3%
Autres						
Tolu	0.67	0.39	0.0154	0.0234	62.6%	101.3%
CN_tot	0.6	0.48	0.0584	0.276	32.7%	24.5%
CN_lib	0.61	0.34	0.0507	0.172	36.9%	23.8%
IP	0.64	0.37	0.00912	0.029	46.0%	33.3%

: Les données se prêtent à très bonne prédiction spatiale
: Les données se prêtent à une bonne prédiction spatiale
: Les données se prêtent à une prédiction spatiale de qualité moyenne
: Les données ne se prêtent pas à une prédiction spatiale

représente en général moins de 5% de la moyenne des teneurs mesurées. L'erreur absolue moyenne d'estimation se trouve entre 20% et 30% (en pourcentage de la moyenne du jeu de données de référence), ce qui peut être considéré comme très satisfaisant étant donné l'importance de l'erreur aléatoire de mesure (*cf.* Chapitre 2 : section concernant le « contrôle qualité des analyses »). Enfin, si l'on souhaitait utiliser la moyenne régionale à la place du modèle de prédiction spatiale, cela ferait augmenter l'erreur d'estimation de 56% (Cr) à 176% (Cd). Les cartes apportent donc un gain de précision important par rapport à l'utilisation d'une valeur unique (moyenne) pour l'ensemble de la Wallonie.

Sn se prête bien à la prédiction spatiale, mais présente des corrélations entre teneurs observées et estimées autour de 0.6, ce qui est inférieur à la plupart des autres polluants inorganiques (*cf.* paragraphe précédent). La moins bonne performance du modèle de prédiction spatiale pour ce polluant s'explique principalement par le fait que ce polluant est peu lié à l'occupation du sol ou aux groupes pédogéologiques de sol (*cf.* Chapitre 5). Le modèle de prédiction spatiale présente un gain de précision de 34.4% en terme d'erreur d'estimation par rapport à l'utilisation de la valeur de la moyenne régionale comme prédiction en tout point.

A l'exception d'Ace, les HAP se prêtent bien à la prédiction spatiale. Les corrélations entre teneurs observées et estimées sont d'environ 0.7. Les cartes d'HAP ont un faible biais : elles sous-estiment légèrement les teneurs. L'importance de ce biais est étroitement liée à la présence de valeurs inférieures aux limites de quantification dans la distribution des concentrations du jeu de données de référence. Le biais moyen représente environ 15% de la moyenne des teneurs mesurées. L'erreur absolue moyenne d'estimation se trouve à environ 50% (en pourcentage de la moyenne du jeu de données de référence), ce qui peut être considéré comme satisfaisant étant donné l'importance de l'erreur aléatoire de mesure (*cf.* Chapitre 2 : section concernant le « contrôle qualité des analyses »). Enfin, si l'on souhaitait utiliser la moyenne régionale à la place du modèle de prédiction spatiale, cela ferait augmenter l'erreur d'estimation de 55.5% (Naph) à 81.3% (BaP). Les cartes apportent donc un gain de précision important par rapport à l'utilisation d'une valeur unique (moyenne régionale) pour l'ensemble de la Wallonie.

Plus de 45% du jeu de données de référence pour Ace est constitué de valeurs inférieures aux limites de quantification, ce qui explique les moins bonnes statistiques de qualité des estimations pour cet HAP. La corrélation entre teneurs observées et estimées est de 0.59. Cette corrélation descend à 0.39 en corrélation robuste. En effet, le modèle estime bien les quelques pour cent de valeurs les plus hautes (>0.02 mg/kg). Cependant, la plupart de la distribution des concentrations observées en Ace se situe entre 0.0002 et 0.02 mg/kg. Ceci est visible sur le diagramme de dispersion de la figure 6.27. La corrélation robuste est calculée en excluant les points extrêmes, qui s'écartent du corps principal du nuage de point de la figure 6.27. Elle indique donc la corrélation entre les points situés dans le corps principal du nuage de point situé entre 0.0002 et 0.02 mg/kg. Dans cette gamme de concentrations, le modèle prédictif ne fournit pas une bonne estimation, ce qui explique la faible corrélation robuste.
Le biais moyen est assez élevé et représente environ 33 % de la moyenne des teneurs

mesurées. Comme signalé précédemment, ce biais est a mettre en correspondance avec la présence d'une proportion très importante de valeurs inférieures aux limites de quantification.

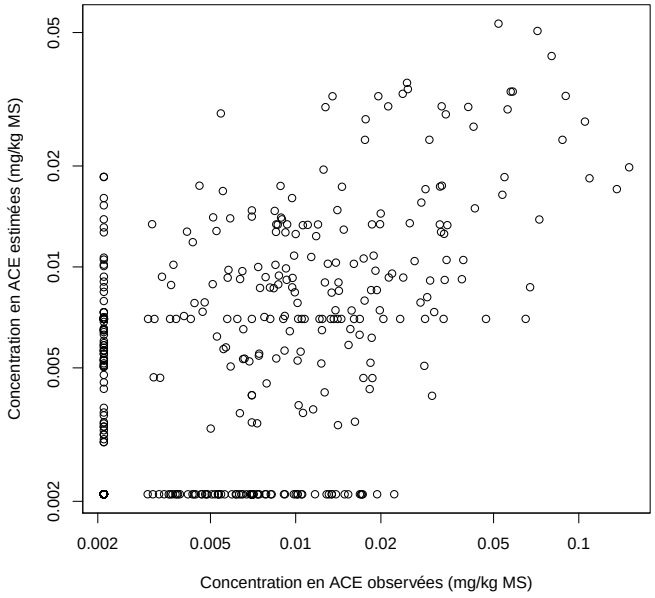


FIGURE 6.27 – Comparaison des teneurs en acénaphtène (Ace) observées et estimées par validation croisée.

Les polluants organiques Tolu, CN_tot, CN_lib et IP se prêtent à une prédiction spatiale de qualité moyenne. En effet, ces polluants sont peu liés à l'occupation du sol et sont assez peu spatialement corrélés. Ils présentent de plus un grand nombre de valeurs inférieures aux limites de quantification. Comme pour Ace, pour ces polluants, les corrélations entre teneurs observées et estimées d'environ 0.6 descendent à environ 0.4 en robuste. Les corrélations robustes plus faibles témoignent de la difficulté du modèle de prédire les concentrations dans les valeurs habituelles du jeu de données de références, celles-ci étant proches des limites de quantification.
Tolu présente un biais très élevé, qui est a mettre en relation avec les 88% de valeurs situées en dessous de la limite de quantification la plus haute (0.05 mg/kg = limite de reportage du laboratoire). L'erreur absolue moyenne de prédiction de 62.6% est aussi élevée pour ce polluant. Cependant, utiliser la moyenne régionale à la place du modèle de prédiction spatiale ferait augmenter l'erreur d'estimation de 101%. Ceci s'explique par la bonne corrélation spatiale observée entre les teneurs en Tolu dans le jeu de données de référence. La carte du Tolu apporte donc un gain de précision important par rapport à l'utilisation d'une valeur unique (moyenne régionale) pour l'ensemble de la Wallonie.
Les cartes du CN_tot, CN_lib et IP ont un faible biais : elles sous-estiment légèrement les teneurs. Enfin, si l'on souhaitait utiliser la moyenne régionale à la place du modèle de prédiction spatiale, cela ferait augmenter l'erreur d'estimation d'environ 25% pour

CN_tot et CN_lib et de 33% pour IP. Les cartes apportent donc un gain de précision faible par rapport à l'utilisation d'une valeur unique (moyenne) pour l'ensemble de la Wallonie.

Les huiles minérales et le Se ne se prêtent pas à une prédiction spatiale. Ces polluants sont peu liés à l'occupation du sol, et les concentrations rencontrées dans les sols ne sont pas spatialement corrélées. Les concentrations dans les sols sont proches des limites de quantification et l'erreur aléatoire de mesure est très importante pour ces polluants (*cf.* Chapitre 2 : section concernant le « contrôle qualité des analyses »). Si ce qui rentre comme données dans le modèle est de qualité, ce qui en sortira le sera aussi ; mais le contraire est également vrai : c'est le sens de l'expression anglaise « garbage in, garbage out ». Le jeu de données ne permet donc pas au modèle prédictif d'estimer correctement les concentrations de fond pour ces polluants. La corrélation entre teneurs observées et estimées est inférieure à 0.5, ce qui montre que les cartes ne prédisent pas bien les concentrations élevées ou basses rencontrées en Wallonie pour ces polluants. Utiliser la moyenne régionale à la place du modèle de prédiction spatiale fait augmenter l'erreur d'estimation de 13 % en moyenne pour les huiles minérales et de 19% pour le Se. Si l'on tient compte du biais, le résultat du modèle de prédiction spatiale ne présente pas de gain de précision par rapport à l'utilisation de la valeur de la moyenne régionale comme prédiction en tout point.

6.3.4 Présentation des résultats cartographiques

6.3.4.1 Cartes des concentrations attendues dans les sols (cartes « A3 »)

Les cartes produites sont le résultat du modèle de prédiction spatial présenté à la section 6.3.2. Il s'agit de cartes représentatives des teneurs habituelles (POLLUSOL 1) et des pollutions atmosphériques de proximité (POLLUSOL 2). Ces cartes permettent donc d'anticiper la concentration de fond qui prévaut localement en tout point de la Wallonie. Les cartes des concentrations attendues dans les sols se trouvent en annexe 4 ; ces cartes portent un nom qui commence par le code « A4 ». Toutes les cartes ont été produites à deux échelles : à l'échelle de la zone (cartes commençant par le code « A3zones ») et à l'échelle de la Wallonie (cartes commençant par le code « A3wal »). Le code couleur utilisé pour représenter les concentrations en polluant est identique pour les deux échelles (zone et Wallonie).

On peut observer dans ces cartes l'influence des principaux facteurs gouvernant les concentrations en polluant dans les sols (occupation du sol, groupes pédogéologiques de sol et retombées atmosphériques).
La carte du plomb (*cf.* carte A3wal_Pb) illustre bien l'influence de l'occupation du sol sur les concentrations. En Ardenne, les plages en bleu (teneur basse : entre 14 et 30 mg/kg) correspondent aux sols agricoles, alors que les plages de couleur verte à orange (teneur moyenne : entre 51 et 100 mg/kg) correspondent aux sols forestiers.
La carte de l'arsenic (*cf.* carte A3wal_As) illustre bien l'influence des groupes pédogéologiques de sols sur les concentrations. La plupart des sols sont situés à des concentrations inférieures à 13 mg/kg (plages en bleu), à l'exception des sols situés sur le groupe de sols « schistes et grès du Revinien » (plages en jaune et vert situées sur le massif de Stavelot, présentant des teneurs comprises entre 17 et 22 mg/kg) et des sols du sud de la Wallonie appartenant aux groupes de sols 62, 64 et 65 (62 : sols argileux et limoneux de Lorraine, 64 : sols sur grès calcaires de la formation d'Aubange, 65 : sols argileux et calcaires des formations de Grancourt et Longwy) qui ont des supérieures à 23 mg/kg (plages en orange et rouge sur la carte).
La carte du zinc (*cf.* carte A3wal_Zn) illustre bien l'influence des retombées atmosphériques sur les concentrations. L'influence des retombées est particulièrement visible dans les variations de concentrations observables entre les sols situés entre Liège (concentrations $>$ 500 mg/kg , en rouge sur la carte) et les sols situés à la frontière avec la Flandre (concentrations comprises entre 121 et 150 mg/kg, en vert clair sur la carte). A cet endroit, les sols sont principalement agricoles et appartiennent au groupe pédogéologique 20 (sols sur loess de la vallée de la Meuse, de la Vesdre et de la région limoneuse orientale), la variation de concentration est donc principalement à imputer aux retombées atmosphériques.

Pour les cartes produites à l'échelle de la Wallonie, il convient de remarquer que le modèle de prédiction spatial présenté à la section 6.3.2 caractérise l'effet de l'occupation du sol de type « habitat » à l'aide des sols de potagers provenant des huit zones d'étude. Toutes les mailles avec une occupation du sol de type « habitat » de la Wallonie sont

donc prédites sur base des sols provenant des huit zones d'étude. Or il n'est pas certain que l'effet occupation du sol de type « habitat » caractérisé sur base des sols des huit zones d'étude soit représentatif de l'ensemble des sols de type « habitat » en Wallonie.

Pour les polluants inorganiques, les concentrations prédites par les cartes peuvent être comparées avec les valeurs européennes données par l'Atlas géochimique de l'Europe [15]. La table 6.11 permet de comparer la médiane des concentrations du jeu de données de référence (1re colonne de la table), des cartes de la Wallonie (A3wal) (2e colonne de la table) et de l'atlas géochimique de l'Europe (3e colonne du table). Les principaux polluants affectant les zones de PAP (Cd, Cu, Pb et Zn) présentent des valeurs plus élevées dans les sols du jeu de données de référence qu'au niveau des cartes couvrant la totalité de la Wallonie. Ceci s'explique par le fait que la majorité des sols du jeu de données de référence proviennent des huit zones d'étude de POLLUSOL 2 (*cf.* section 6.3.1). La comparaison des deux dernières colonnes de la table 6.11 permet de comparer les concentrations de fond de Wallonie avec celles des sols européens. Par rapport aux sols européens, les sols wallons présentent des concentrations plus élevées en Cu, Zn, Co, Ni, As, Hg et Cd. Pour le Cu, Zn, Hg et Cd, les concentrations plus élevées en Wallonie pourraient être expliquées par les retombées atmosphériques de polluants, tandis que pour Co, Ni et As, le fond pédogéochimique des sols wallons est vraisemblablement plus élevé que celui des sols européens. Pour les éléments pour lesquels les données n'ont pas permis une cartographie de l'ensemble de la Wallonie, il est possible de comparer les valeurs du jeu de données de référence (1re colonne de la table) avec celles de l'Atlas géochimique de l'Europe (3e colonne de la table). Ces éléments se trouvent généralement à un même niveau de concentration que celui des sols européens, à l'exception de Ba et Sb que l'on trouve à des concentrations plus élevées en Wallonie. Les teneurs en Ba étant beaucoup plus élevées dans les sols de potagers (*cf.* Chapitre 5), les concentrations plus élevées en Wallonie s'expliquent probablement par la proportion importante de potagers dans le jeu de données de référence, ce type d'occupation du sol n'ayant pas été échantillonné pour l'Atlas géochimique de l'Europe.

6.3.4.2 Cartes de l'incertitude sur la valeur prédite (cartes « A4 »)

Le modèle de prédiction spatiale (*cf.* section 6.3.2) fournit des valeurs prédites avec une certaine incertitude. On peut calculer une valeur correspondant à la « borne supérieure de l'incertitude ». La borne utilisée est la concentration qui a une probabilité inférieure à 5 chances sur 100 d'être dépassée. Cette borne est appelée ici le « 95ecentile », car elle correspond au 95ecentile de la distribution des concentrations attendues dans le sol. Les cartes d'incertitude sur la valeur prédite se trouvent en annexe 4 ; ces cartes portent un nom qui commence par le code « A4 ». Toutes les cartes d'incertitude

15. Salminen et al., 2005 R. Salminen, M.J. Batista, M. Bidovec, A. Demetriades, B. De Vivo, W. De Vos, M. Duris, A. Gilucis, V. Gregorauskiene, J. Halamic, P. Heitzmann, A. Lima, G. Jordan, G. Klaver, P. Klein, J. Lis, J. Locutura, K. Marsina, A. Mazreku, P.J. O'Connor, S.Å. Olsson, R.-T. Ottesen, V. Petersell, J.A. Plant, S. Reeder, I. Salpeteur, H. Sandström, U. Siewers, A. Steenfelt, T. Tarvainen Geochemical Atlas of Europe. Part 1 : Background Information, Methodology and Maps Geological Survey of Finland, Espoo (2005) downloaded at 17.12.2006 http ://www.gtk.fi/publ/foregsatlas

TABLE 6.11 – Comparaison des médianes des concentrations du jeu de données de référence, des cartes de la Wallonie (A3wal) et de l'atlas géochimique de l'Europe. Les concentrations correspondent à des teneurs extraites à « l'eau régale », à l'exception des valeurs suivies de (*) ou il s'agit de teneurs extraites par « attaque tri-acide ».

	Concentration médiane du jeu de données de référence (mg/kg MS)	Concentration médiane des cartes de la Wallonie (A3wal) (mg/kg MS)	Concentration médiane de l'atlas géochimique de l'Europe (mg/kg MS)
As	11.2	9.2	6
Ba	117	/	65
Be	0.84	/	<2
Cd	0.73	0.45	0.15*
Co	11.0	10.0	7
Cr	34.1	32.0	32.6
CrVI	<0.03	/	/
Cu	26.5	14.1	12
Hg	0.15	0.07	0.037*
Mo	<1.5	/	0.62*
Ni	25.0	20.3	14
Pb	80.2	37.0	40.7
Sb	0.96	/	0.6*
Se	1.62	/	/
Sn	<5	/	3*
Tl	<1.5	/	0.66*
Zn	170	67.0	48

(*) Les concentrations correspondent à des teneurs extraites par attaque tri-acide

sur la valeur prédite ont été produites à deux échelles : à l'échelle de la zone (cartes commençant par le code « A4zones ») et à l'échelle de la Wallonie (cartes commençant par le code « A4wal »). Le code couleur utilisé pour représenter les concentrations en polluant est identique aux cartes de concentration de fond, afin de permettre une comparaison visuelle des deux types de cartes.

Il convient d'interpréter de façon correcte les cartes de l'incertitude sur la valeur prédite (A4). Une valeur élevée ne veut pas dire que les sols à cet endroit présentent des concentrations élevées en polluant. Une valeur élevée pour les cartes de l'incertitude sur la valeur prédite indique qu'à cet endroit il n'est pas impossible que l'on puisse rencontrer des valeurs élevées, étant donnée la valeur prédite par le modèle de prédiction spatiale et l'incertitude que l'on a sur cette prédiction.

6.3.4.3 Cartes de concentrations dans les sols aux points d'échantillonnage (cartes « A5 »)

Pour les polluants qui ne se prêtent pas à une modélisation spatiale des concentrations (CrVI, Mo, Se, Tl, les BTEX, les HTP, EOX et CNncd), des cartes de concentration dans les sols aux points d'échantillonnage ont été réalisées afin d'avoir tout de même une représentation cartographique (*cf.* annexe 4 ; ces cartes portent un nom qui commence par le code « A5 »). Dans cette représentation, chaque point où il y a eu un échantillonnage est figuré par un cercle coloré. Lorsque la valeur mesurée est une limite de reportage (valeur inférieure à un seuil correspondant à une limite de reportage), le point est figuré par un triangle. La couleur indique la concentration au point sur une échelle de couleur allant des couleurs froides (basse valeur) aux couleurs chaudes (haute valeur).

6.3.4.4 Cartes de concentrations dans les sols par rapport aux normes du Décret « sols » (cartes « A6 »)

Les cartes de concentrations attendues (A3) fournissent des valeurs de concentrations qui peuvent par endroits être élevées par rapport à l'ensemble de la Wallonie, mais faibles par rapport aux normes de qualité des sols. Il est donc intéressant de comparer les valeurs des cartes de concentrations de fond avec des valeurs normatives de qualité des sols. Dans son annexe 1, le Décret « sols » définit pour une série de polluant trois types de valeurs normatives :

- VR : « valeur de référence » : valeur indicative des concentrations de fond en polluants attendues dans le sol en l'absence de variations géologiques naturelles et en l'absence d'influence d'une activité agricole, industrielle ou urbaine généralisée ; cette valeur correspond en principe à l'objectif à atteindre par l'assainissement ;
- VS : « valeur seuil » : concentration en polluants dans le sol correspondant à un niveau au-delà duquel une étude de caractérisation doit être entreprise, ainsi qu'en cas de menace grave ou de pollution nouvelle, un assainissement et, le cas échéant, des mesures de sécurité ou des mesures de suivi ;

– VI : « valeur d'intervention » : concentration en polluants dans le sol correspondant à un niveau au-delà duquel une intervention est systématiquement entreprise, laquelle peut prendre la forme, le cas échéant simultanément :

  a) d'un assainissement ;

  b) de mesures de sécurité ;

  c) de mesures de suivi ;

Les valeurs normatives sont différentes selon le type d'usage du sol : (I) naturel, (II) agricole, (III) résidentiel, (IV) récréatif ou commercial et (V) industriel.

Afin de comparer les cartes de concentrations attendues (A3) aux valeurs normatives, il est nécessaire d'établir la correspondance entre les types d'usage du Décret « sols » et les quatre occupations considérées par le modèle prédictif : « agricole », « forestier », « habitat » et « parc » (*cf.* sous-section 6.3.2.3). Les valeurs prédites pour les occupations « forestier », « agricole » et « habitat » peuvent directement être comparées aux normes correspondantes (respectivement (I) naturel, (II) agricole, (III) résidentiel). Pour les normes correspondant aux usages (IV) récréatif ou commercial et (V) industriel, les valeurs prédites en « parc » ont été prises comme base de comparaison. Lorsque pour un polluant, les normes pour les usages (IV) et (V) étaient différentes, la valeur de la norme la plus basse a été prise.

La table 6.12 compare les valeurs prédites dans les cartes de concentrations attendues (A3) aux valeurs normatives du Décret « sols ». La table 6.12 indique le pourcentage de la superficie des sols de Wallonie qui présente des concentrations inférieures à la VR (1recolonne), entre la VR et la VS (2^{e} colonne), entre la VS et la VI (3^{e} colonne) et supérieures à la VI (4^{e} colonne). Le Zn est le seul polluant dont les concentrations prédites dépassent les VI sur plus de 1% de la superficie de la Wallonie. Cd, Pb, BbF, et I123cdP dépassent les VS sur plus de 1% de la superficie de la Wallonie. Les autres polluants présentent des niveaux de concentration généralement inférieurs aux VS ou aux VR. Des cartes de concentration dans les sols par rapport aux normes du Décret « sols » ont été produites pour les polluants dépassant les VS sur plus de 1% des sols de la Wallonie (Cd, Pb, Zn, BbF, et I123cdP ; *cf.* annexe 4 : ces cartes portent un nom qui commence par le code « A6 »).

Avec la même méthode, il est possible de comparer les valeurs prédites dans les cartes de concentrations attendues aux valeurs normatives du Décret « sols » en fonction du type d'occupation du sol considéré par le modèle prédictif (*cf.* sous-section 6.3.2.3). La table 6.13 compare les valeurs prédites sur les sols agricoles aux valeurs du Décret « sols ». La table 6.14 compare les valeurs prédites sur les sols forestiers aux valeurs du Décret « sols ». La table 6.15 compare les valeurs prédites sur les sols résidentiels aux valeurs du Décret « sols ». Enfin, la table 6.16 compare les valeurs prédites sur les sols de type récréatif, commercial ou industriel aux valeurs du Décret « sols ».

TABLE 6.12 – Cartes de concentrations attendues dans les sols (A3) par rapport aux normes du Décret « sols ». La table indique le pourcentage de la superficie des sols (toutes occupations du sol confondues) de Wallonie qui présente des concentrations inférieures à la VR (dans la colonne intitulée « <VR »), entre la VR et la VS (dans la colonne intitulée « VR-VS ») , entre la VS et la VI (dans la colonne intitulée « VS-VI ») et supérieures à la VI (dans la colonne intitulée « >VI »).

	< VR	VR - VS	VS - VI	> VI
Polluants inorganiques				
As	87.7%	11.9%	0.5%	0
Cd	1.0%	93.3%	5.6%	0.0%
Cr	61.8%	38.2%	0.0%	0
Cu	49.7%	50.3%	0.0%	0
Hg	0.0%	100.0%	0.0%	0
Ni	65.3%	34.7%	0.0%	0
Pb	20.7%	76.4%	2.2%	0.7%
Zn	53.5%	38.7%	6.4%	1.3%
Polluants organiques				
HAP				
Naph	100.0%	0.0%	0.0%	0
Ace	99.4%	0.6%	0.0%	0
Fle	98.5%	1.5%	0.0%	0
Phen	94.4%	5.6%	0.0%	0
Ant	89.7%	10.3%	0.0%	0
Fla	0.0%	100.0%	0.0%	0
Pyr	0.0%	100.0%	0.0%	0
BaA	0.4%	99.6%	0.0%	0
Chrys	0.0%	100.0%	0.0%	0
BbF	0.0%	98.6%	1.4%	0
BkF	3.2%	96.8%	0.0%	0
BaP	0.0%	99.4%	0.5%	0
dBahA	93.3%	6.7%	0.0%	0
BghiP	27.0%	73.0%	0.0%	0
I123cdP	13.9%	84.9%	1.3%	0
Autres				
Tolu	99.9%	0.1%	0.0%	0
CN_lib	0.0%	99.8%	0.2%	0
IP	71.0%	29.0%	0.0%	0

TABLE 6.13 – Cartes de concentrations attendues dans les sols (A3) par rapport aux valeurs normatives du Décret « sols ». La table indique le pourcentage de la superficie des *sols agricoles* de Wallonie qui présente des concentrations inférieures à la VR (dans la colonne intitulée « <VR »), entre la VR et la VS (dans la colonne intitulée « VR-VS ») , entre la VS et la VI (dans la colonne intitulée « VS-VI ») et supérieures à la VI (dans la colonne intitulée « >VI »).

	< VR	**VR - VS**	**VS - VI**	**> VI**
Polluants inorganiques				
As	94.1%	5.3%	0.6%	0
Cd	0	92.4%	7.6%	0
Cr	62.6%	37.4%	0	0
Cu	49.0%	51.0%	0	0
Hg	0.1%	99.9%	0	0
Ni	69.8%	30.1%	0.1%	0
Pb	29.9%	70.0%	0	0
Zn	44.5%	48.7%	5.4%	1.5%
Polluants organiques				
HAP				
Naph	100.0%	0.0%	0	0
Ace	99.9%	0.1%	0	0
Fle	99.8%	0.2%	0	0
Phen	99.4%	0.6%	0	0
Ant	98.6%	1.4%	0	0
Fla	0	100.0%	0	0
Pyr	0	100.0%	0	0
BaA	0.6%	99.4%	0	0
Chrys	0	100.0%	0	0
BbF	0	100.0%	0	0
BkF	5.0%	95.0%	0	0
BaP	0.1%	99.9%	0.1%	0
dBahA	99.2%	0.8%	0	0
BghiP	42.6%	57.4%	0	0
I123cdP	22.1%	77.9%	0	0
Autres				
Tolu	100.0%	0	0	0
CN_lib	0	100.0%	0	0
IP	100.0%	0	0	0

TABLE 6.14 – Cartes de concentrations attendues dans les sols (A3) par rapport aux valeurs normatives du Décret « sols ». La table indique le pourcentage de la superficie des *sols forestiers* de Wallonie qui présente des concentrations inférieures à la VR (dans la colonne intitulée « <VR »), entre la VR et la VS (dans la colonne intitulée « VR-VS ») , entre la VS et la VI (dans la colonne intitulée « VS-VI ») et supérieures à la VI (dans la colonne intitulée « >VI »).

	< VR	VR - VS	VS - VI	> VI
Polluants inorganiques				
As	75.7%	23.4%	0.9%	0
Cd	3.6%	94.6%	1.8%	0
Cr	60.7%	39.3%	0	0
Cu	57.5%	42.5%	0	0
Hg	0	100.0%	0	0
Ni	59.2%	40.8%	0	0
Pb	3.2%	88.5%	4.9%	3.5%
Zn	78.5%	17.4%	2.4%	1.7%
Polluants organiques				
HAP				
Naph	100.0%	0	0	0
Ace	99.8%	0.2%	0	0
Fle	98.9%	1.1%	0	0
Phen	94.5%	5.5%	0	0
Ant	87.1%	12.9%	0	0
Fla	0	100.0%	0	0
Pyr	0	100.0%	0	0
BaA	0	100.0%	0	0
Chrys	0	100.0%	0	0
BbF	0	100.0%	0	0
BkF	0	100.0%	0	0
BaP	0	99.7%	0.3%	0
dBahA	98.4%	1.6%	0	0
BghiP	0	100.0%	0	0
I123cdP	0	100.0%	0	0
Autres				
Tolu	99.5%	0.5%	0	0
CN_lib	0	98.6%	1.40%	0
IP	3.7%	99.7%	0	0

TABLE 6.15 – Cartes de concentrations attendues dans les sols (A3) par rapport aux valeurs normatives du Décret « sols ». La table indique le pourcentage de la superficie des *sols résidentiels* de Wallonie qui présente des concentrations inférieures à la VR (dans la colonne intitulée « <VR »), entre la VR et la VS (dans la colonne intitulée « VR-VS ») , entre la VS et la VI (dans la colonne intitulée « VS-VI ») et supérieures à la VI (dans la colonne intitulée « >VI »).

	< VR	VR - VS	VS - VI	> VI
Polluants inorganiques				
As	56.7%	41.8%	1.5%	0
Cd	0	84.9%	15.1%	0
Cr	11.5%	88.5%	0	0
Cu	0.9%	99.1%	0	0
Hg	0	100.0%	0	0
Ni	17.9%	82.1%	0	0
Pb	0.7%	81.9%	17.3%	0
Zn	5.3%	49.8%	33.3%	11.7%
Polluants organiques				
HAP				
Naph	100.0%	0	0	0
Ace	89.7%	10.3%	0	0
Fle	77.8%	22.2%	0	0
Phen	37.5%	62.5%	0	0
Ant	10.3%	89.7%	0	0
Fla	0	100.0%	0	0
Pyr	0	100.0%	0	0
BaA	0	99.6%	0.4%	0
Chrys	0	100.0%	0	0
BbF	0	70.0%	30.0%	0
BkF	0	100.0%	0	0
BaP	0	88.7%	11.3%	0
dBahA	14.9%	85.1%	0	0
BghiP	0	100.0%	0	0
I123cdP	0	72.7%	27.3%	0
Autres				
Tolu	100.0%	0	0	0
CN_lib	0	100.0%	0	0
IP	99.9%	0.1%	0	0

TABLE 6.16 – Cartes de concentrations attendues dans les sols (A3) par rapport aux valeurs normatives du Décret « sols ». La table indique le pourcentage de la superficie des *sols de type récréatif, commercial ou industriel* de Wallonie qui présente des concentrations inférieures à la VR (dans la colonne intitulée « <VR »), entre la VR et la VS (dans la colonne intitulée « VR-VS ») , entre la VS et la VI (dans la colonne intitulée « VS-VI ») et supérieures à la VI (dans la colonne intitulée « >VI »).

	< VR	VR - VS	VS - VI	> VI
Polluants inorganiques				
As	70.5%	28.6%	1.0%	0
Cd	0	99.6%	0.4%	0
Cr	65.4%	34.6%	0	0
Cu	5.1%	94.9%	0	0
Hg	0	100.0%	0	0
Ni	27.7%	72.3%	0	0
Pb	2.8%	95.1%	2.2%	0
Zn	16.4%	54.2%	26.4%	3.0%
Polluants organiques				
HAP				
Naph	100.0%	0	0	0
Ace	91.2%	8.8%	0	0
Fle	78.6%	21.4%	0	0
Phen	60.7%	39.3%	0	0
Ant	57.0%	43.0%	0	0
Fla	0	100.0%	0	0
Pyr	0	100.0%	0	0
BaA	0	100.0%	0	0
Chrys	0	100.0%	0	0
BbF	0	100.0%	0	0
BkF	0	100.0%	0	0
BaP	0	100.0%	0	0
dBahA	64.8%	35.2%	0	0
BghiP	0	100.0%	0	0
I123cdP	0	100.0%	0	0
Autres				
Tolu	99.8%	0.2%	0	0
CN_lib	0	100.0%	0	0
IP	100.0%	0	0	0

Avec la même méthodologie que pour la comparaison des cartes concentrations attendues (A3) aux valeurs normatives du Décret « sols », la table 6.17 compare les cartes de la concentration dans les sols qui a une probabilité inférieure à 5% d'être dépassée (95^{e} centile, Cartes A4) aux valeurs normatives du Décret « sols ».

TABLE 6.17 – Cartes de l'incertitude sur la valeur prédite (A4) par rapport aux valeurs normatives du Décret « sols ». La table indique le pourcentage de la superficie des sols (toutes occupations du sol confondues) de Wallonie ayant des concentrations qui ont une probabilité inférieure à 5% d'être dépassée qui sont inférieures à la VR (dans la colonne intitulée « <VR »), entre la VR et la VS (dans la colonne intitulée « VR-VS »), entre la VS et la VI (dans la colonne intitulée « VS-VI ») et supérieures à la VI (dans la colonne intitulée « >VI »).

	< VR	VR - VS	VS - VI	> VI
Polluants inorganiques				
As	15.4%	76.1%	8.5%	0
Cd	0.0%	66.5%	33.5%	0.0%
Cr	5.4%	73.6%	21.0%	0
Cu	1.9%	97.0%	1.1%	0.0%
Hg	0.0%	100.0%	0.0%	0
Ni	12.6%	77.4%	10.0%	0.1%
Pb	0.4%	69.0%	19.2%	11.5%
Zn	9.1%	42.2%	37.4%	11.3%
Polluants organiques				
HAP				
Naph	99.2%	0.8%	0.0%	0
Ace	55.4%	44.6%	0.0%	0
Fle	24.8%	75.2%	0.0%	0
Phen	56.4%	43.6%	0.0%	0
Ant	0.0%	100.0%	0.0%	0
Fla	0.0%	100.0%	0.0%	0
Pyr	0.0%	100.0%	0.0%	0
BaA	0.0%	99.0%	1.0%	0
Chrys	0.0%	100.0%	0.0%	0
BbF	0.0%	92.8%	7.2%	0
BkF	0.0%	100.0%	0.0%	0
BaP	0.0%	79.4%	20.6%	0
dBahA	0.3%	99.7%	0.1%	0
BghiP	0.0%	100.0%	0.0%	0
I123cdP	0.0%	93.5%	6.5%	0
Autres				
Tolu	68.4%	31.6%	0.0%	0
CN_lib	0.0%	68.3%	3.4%	28.3%
IP	3.0%	68.1%	29.0%	0

6.4 L'outil INFO-FONDS

6.4.1 Transcription des résultats cartographiques dans l'outil

La nouvelle version d'INFO-FONDS permet d'accéder aux nouveaux résultats cartographiques de POLLUSOL 2. Les cartes de concentrations de fond (A3wal) et les cartes d'incertitude (A4wal) fournissent une information en tout point de la wallonie pour les polluants suivants : As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn, CN_tot et les HAP. Ces cartes vont donc être insérées dans la nouvelle version d'INFO-FONDS. Pour une série de polluants (Ba, Be, Sb, Se, Sn, Tolu, CN_lib, IP), des cartes sont disponibles sur la surface des huit zones d'étude. Les cartes de concentrations de fond (A3zones) et les cartes d'incertitude (A4zones) seront alors insérées dans la nouvelle version d'INFO-FONDS.

Pour certains polluants, nous ne disposons pas de résultats cartographiques. Il s'agit par exemple des polluants situés majoritairement à un niveau inférieur aux limites de quantification (par ex. : Tl et BTEX), ou aux polluants qui ne se prêtent pas à une prédiction spatiale (par ex. : huiles minérales et Se ; *cf.* section 6.3.3). Pour ces polluants, nous ne pourrons donc pas utiliser les résultats cartographiques du projet pour INFO-FONDS. Par ailleurs, pour d'autres polluants, il y a absence complète de données en dehors des zones d'étude. Les données disponibles ne permettent donc pas de fournir des cartes pour INFO-FONDS en dehors des zones d'étude de POLLUSOL 2 (par ex : Be et Ba ; *cf.* section 6.3.2.8). Afin de renseigner dans INFO-FONDS des valeurs indicatives de concentrations de fond attendues et de 95^{e} centile lorsque les cartes ne sont pas disponibles, nous proposons de prendre la médiane et au 95^{e} centile du *jeu de données de référence* (*cf.* section 6.3.1).

Pour la grande majorité des polluants, on peut observer un effet de l'occupation du sol sur les concentrations rencontrées dans les sols (*cf.* Chapitre 5). C'est pourquoi les valeurs indicatives ont été calculées par type d'occupation du sol toujours sur base du *jeu de données de référence*. La table 6.18 présente les valeurs indicatives proposées comme concentrations de fond attendues (quatre premières colonnes de la table), comme 95^{e} centile (colonnes 5 à 8 de la table) ainsi que les mailles pour lesquelles les cartes de concentration de fond et de 95^{e} centile ne sont pas disponibles (dernière colonne de la table).

Les valeurs de la table 6.18 seront indiquées par une (*) dans l'outil, car il ne s'agit pas d'une valeur prédite par notre modèle, mais d'une valeur proposée à SPAQuE à titre indicatif. Ces valeurs indicatives proposées ont un caractère très hypothétique : en effet, nous ne disposons pas de points connus bien répartis sur l'ensemble de la Wallonie (*cf.* figure 6.24) permettant de bien maîtriser les principaux facteurs explicatifs des concentrations pour ces polluants. Par exemple, pour les polluants inorganiques (par ex. : Ba, Be, Sb, Se, Sn), les concentrations dépendent du type de substrat pédogéologique. Or nous ne disposons pas d'information sur tous les groupes pédogéologiques de sols wallons. Pour les polluants organiques (par ex. : CN_lib, IP, BTEX), les concen-

trations peuvent être influencées par la présence à proximité de certaines installations industrielles (actuelles ou du passé). Or nous ne disposons pas de points de contrôle bien répartis sur l'ensemble du territoire wallon nous permettant de prendre en compte cet effet de retombées de polluants dues aux installations industrielles (en dehors de celles présentes sur les huit zones d'étude).

Les cartes A3, A4 et les valeurs de la table 6.18 introduites dans INFO-FONDS permettent à l'outil de fournir une valeur de concentration en polluant en tout point de la Wallonie.

A partir des valeurs d'INFO-FONDS, une concentration moyenne en polluant a été calculée pour chaque commune de Wallonie. Pour cela, la moyenne des concentrations des mailles pondérée par leur surface [16] a été calculée. Par exemple, pour le polluant A, si une commune fictive correspondant à 2500000 m^2est couverte par 4 mailles de 250000 m^2 (500m×500m) avec chacune 25 mg/kg de A, 20 mailles de 62500 m^2 (250m×250m) avec chacune 35 mg/kg de A, et 2 demi-mailles de 250000 m^2 (soit 125000 m^2 = 500m×500m×0.5) avec chacune 30 mg/kg de A, la moyenne pondérée de la concentration en polluant A sur la commune sera calculée de la façon suivante :

$$\frac{4\times250000m^2\times25mg/kg+20\times62500m^2\times35mg/kg+2\times125000m^2\times30mg/kg}{2500000m^2} = 30.5 \text{ mg/kg}$$

Le résultat de ce calcul de concentration moyenne en polluant par commune se trouve en annexe 5. Les valeurs « inférieures aux limites de quantification » ont été remplacées par la valeur de la limite de quantification pour le calcul. De ce fait, lorsque les concentrations en polluants sont proches des valeurs des limites de quantification sur une commune, les valeurs renseignées dans les tables de l'annexe 5 surestiment légèrement les concentrations moyennes.

6.4.2 Documentation de l'outil et manuel d'utilisation

La documentation de l'outil INFO-FONDS se trouve en annexe 6, dans le livret intitulé « Manuel d'utilisation de l'outil informatique INFO-FONDS pour la détermination et l'interprétation des concentrations de fond en polluants inorganiques et organiques en Région wallonne ».

16. NB : les mailles ont différentes tailles *(cf.* section 6.3.2.3) et peuvent couvrir une partie du territoire de plusieurs communes

TABLE 6.18 – Valeurs indicatives proposées pour INFO-FONDS. Les concentrations attendues par type d'occupation du sol et les valeurs de 95^{e} centile se trouvent dans les huit premières colonnes de la table. La dernière colonne de la table indique les mailles concernées par ces valeurs indicatives (« hors zone d'étude » lorsque des cartes sont disponibles pour les huit zones d'étude, « en Wallonie » lorsqu'aucune carte n'est disponible).

	Concentration attendue (mg/kg MS)				95^{e} centile (mg/kg MS)				Valeurs indicatives proposées pour les mailles situées :
	Agricole	Forêt	Parc	Habitat	Agricole	Forêt	Parc	Habitat	
Ba	79	48	95	191	167	136	217	451	hors zones d'étude
Be	<1	<1	<1	<1	2.21	1.7	1.59	1.98	hors zones d'étude
CrVI	<0.1	<0.03	<0.03	<0.03	0.749	0.07	0.163	0.278	en Wallonie
Mo	<5	<5	<1.5	<1.5	<5	19.2	<5	<5	en Wallonie
Sb	<2	2.31	<2	<2	1.79	7.18	3.31	8.11	hors zones d'étude
Se	<2	<2	<2	<2	5.4	4.61	4.41	5.27	en Wallonie
Sn	<5	<5	<5	5.2	6.2	7.9	9.9	16.8	hors zones d'étude
Tl	<5	<1.5	<1.5	<1.5	<5	<5	<5	<1.5	en Wallonie
Acyl	<0.015	<0.015	<0.015	<0.015	<0.015	<0.015	<0.015	<0.015	en Wallonie
Ben	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.0119	0.0109	0.019	0.0113	en Wallonie
Tolu	<0.01	0.0263	0.0387	<0.01	0.156	0.77	0.367	0.0125	hors zones d'étude
EBen	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.0199	0.0279	0.0114	<0.01	en Wallonie
oXyl	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.0206	0.0183	0.014	0.0125	en Wallonie
mpXyl	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.0188	0.018	0.0321	0.0127	en Wallonie
Xyl_tot	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	0.0308	0.0314	0.0381	0.0221	en Wallonie
BTEX	<0.05	<0.05	0.0662	<0.05	0.175	0.414	0.372	<0.05	en Wallonie
Styr	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	0.0057	0.004	0.0065	0.0041	en Wallonie
HTP10a12	4.51	2.26	1.86	3.77	13.7	12.5	9.75	9.7	en Wallonie
HTP12a16	3.5	3.31	<3	3.02	7.4	9.28	5.54	8.32	en Wallonie
HTP16a21	<3	<3	<3	<3	7.39	6.02	8.89	8.73	en Wallonie
HTP21a30	3.6	6.79	6.63	7.23	11.3	20.6	27.5	25.5	en Wallonie
HTP30a35	3.63	5.53	5.37	6.85	9.41	14.3	17.8	20	en Wallonie
HTP35a40	<3	<3	<3	<3	4.22	4.66	5.64	5.26	en Wallonie
HTP_tot	18.1	27.3	24.8	24.9	39.2	45.5	61.8	60.4	en Wallonie
EOX	<0.3	0.527	0.314	<0.3	0.347	1.45	0.805	0.75	en Wallonie
CN_lib	0.36	0.785	0.33	0.373	0.7	1.78	0.822	0.898	hors zones d'étude
CN_ncd	<0.5	0.524	<0.5	<0.5	0.741	1.26	0.762	0.994	en Wallonie
IP	0.0391	0.158	0.0461	0.0406	0.108	0.466	0.144	0.093	hors zones d'étude

Chapitre 7

Typologie des situations en zone de PAP (remblais et sols naturels)

7.1 Introduction

Dans le chapitre 5, consacré à l'analyse statistique des résultats, nous avons dégagé les principaux facteurs qui peuvent expliquer la variabilité au niveau des concentrations de polluants dans les sols. Sur base de ces résultats, nous avons sélectionné, combiné et hiérarchisé ces facteurs, de façon à obtenir des classes d'échantillons de sols les plus homogènes possible en terme de teneurs en polluants, et représentées par un nombre d'observations le plus élevé possible. Il va de soi que ces deux critères sont contradictoires et doivent faire l'objet d'un choix équilibré. Ces classes doivent représenter au mieux les différentes situations rencontrées dans les zones de PAP. Pour chacune de ces classes, nous avons ensuite calculé quelques statistiques permettant de prédire les concentrations attendues pour chaque polluant dans les différentes situations rencontrées en zone de PAP. Ces prédictions ne sont pas aussi précises que les prédictions cartographiques, en particulier pour les polluants fortement affectés par les retombées. Par contre, cette approche permet de bien mettre en évidence les effets combinés des facteurs explicatifs majeurs, y compris les facteurs non cartographiables (ex : présence de charges technogéniques) et les horizons profonds.

L'identification des classes de remblais passe par la détermination de certaines charges caillouteuses d'origine technogéniques. Si l'identification des briques ou du charbon ne pose pas de réels problèmes, il n'en va pas de même pour les scories. Nous avons donc réalisé un travail préalable visant à faciliter l'identification de ces matériaux sur le terrain. Nous ne nous sommes pas limité aux catégories (peu nombreuses) rencontrées dans les sols que nous avons échantillonnés ; nous avons également réalisé une collecte

d'échantillons dans des dépôts de scories et dans certains sites gérés par SPAQuE [1].

7.2 Identification des scories

7.2.1 Introduction

Nous avons établi une stratégie en 4 points : (1) rassembler les données de la bibliographie sur les différentes classes de scories industrielles et autres déchets apparentés ; (2) récolter des échantillons sur le terrain ; (3) identifier les échantillons dont on ne connaît pas l'origine sur base d'analyses chimiques et minéralogiques ; (4) établir des liens entre l'origine des déchets industriels et leurs propriétés macroscopiques (morphologie et tests simples) afin de proposer des critères d'identification de terrain et, si possible, une clef de détermination.

7.2.2 Définition

Les scories industrielles sont des sous-produits métallurgiques essentiellement composés de silicates, formés au cours des fusions d'élaboration et rassemblant les impuretés provenant des matières premières. Ces matières premières sont constituées essentiellement des minerais et des « additifs » (chaux, dolomie, ferrailles...). Les scories issues de hauts-fourneaux sont généralement appelées « laitiers de hauts-fourneaux » (blast-furnace slags). Les scories issues de la production d'acier (steel slags) sont souvent appelées « scories métallurgiques », mais ce terme doit absolument être évité, car les laitiers de hauts-fourneaux et les scories issues de la métallurgie des non-ferreux (Cu-slags, Zn-slags, ...) sont également des scories métallurgiques.

Les mâchefers peuvent également être assimilés aux scories industrielles. Il s'agit de résidus semi-fondus issus de procédés de combustion (charbon, déchets ménagers).

7.2.3 Revue bibliographique

Sur base de la littérature scientifique et d'analyses fournies par les vendeurs de tels matériaux, nous avons calculé des compositions moyennes pour les catégories de scories suivantes :

- Laitiers de haut-fourneau (Blast-Furnace Slags)
- Scories d'aciérie (Steel Slags) : LD (=BOF) / EAF / BOH / AOH / Inox
- Scories de fonderie : Ladle/ Cupola
- Scories des non-ferreux : Cu, Pb, Zn, Pb-Zn, Ni
- Résidus de combustion (mâchefers) : Coal Bottom Ash, Boiler Slags, Municipal Solid Waste Incineration Ash (MSWI)

1. « Chimeuse » à Saint-Nicolas et « BOMA » à Bierset

- Autres résidus partiellement fondus
  - poussières de haut-fourneau, poussières d'aciérie (LD, EAF),
  - boues de hauts-fourneaux, boues d'aciérie

Nous présentons ci-dessous (table 7.1) les compositions moyennes pour les catégories les plus couramment rencontrées en Wallonie.

TABLE 7.1 – Composition chimique élémentaire (analyse totale) des principales classes de scories, d'après les données de la littérature. La colonne « SD » représente l'écart type et « n » fait référence au nombre de données disponibles pour l'élément concerné.

	Laitier H-F			Aciérie (LD)			Aciérie (EAF)			Aciérie (Acide)			Fonderie (Cupola)			Fonderie (Ladle)			Métalurgie Pb-Zn			Mâchefer de charbon		
%	mean	SD	n	mean	SD	n	mean	SD	n	mean	SD	n	mean	SD	n	mean	SD	n	mean	SD	n	mean	SD	n
Si	**16.1**	*1.71*	(12)	**5.8**	*0.90*	(11)	**6.5**	*0.52*	(9)	**25.2**	*0.85*	(3)	**21.8**	*1.32*	(3)	**8.9**	*3.63*	(7)	**12.2**	*5.27*	(3)	**24.8**	*3.63*	(13)
Fe	**0.8**	*0.59*	(12)	**20.3**	*2.44*	(11)	**22.3**	*4.49*	(10)	**19.5**	*3.36*	(3)	**2.5**	*1.08*	(3)	**2.8**	*2.54*	(7)	**25.0**	*4.38*	(3)	**4.5**	*5.24*	(13)
Al	**5.3**	*1.88*	(12)	**1.2**	*0.54*	(10)	**5.3**	*6.70*	(8)	**1.9**	*0.31*	(3)	**5.7**	*1.06*	(3)	**5.5**	*4.99*	(6)	**2.9**	*0.41*	(3)	**12.2**	*3.11*	(13)
Mn	**0.6**	*0.30*	(8)	**3.1**	*1.40*	(8)	**4.0**	*2.29*	(9)	**10.7**	*4.33*	(3)	**1.0**	*0.25*	(2)	**1.9**	*1.58*	(7)	**1.6**	*0.60*	(2)	**0.03**	*0.02*	(4)
Ca	**29.6**	*2.77*	(12)	**32.2**	*3.31*	(11)	**24.8**	*5.92*	(10)	**2.5**	*1.75*	(3)	**19.4**	*3.78*	(3)	**34.9**	*5.02*	(7)	**10.8**	*4.39*	(4)	**4.9**	*4.40*	(13)
Mg	**5.0**	*2.05*	(10)	**3.2**	*2.36*	(11)	**3.9**	*2.26*	(9)	**0.05**	*0.04*	(3)	**2.8**	*2.39*	(3)	**4.4**	*2.33*	(6)	**0.6**	*0.21*	(2)	**1.6**	*1.12*	(13)
K	**0.45**	*0.20*	(5)	**0.06**		(1)	**0.07**	*0.03*	(3)			(0)	**0.34**	*0.31*	(3)	**0.05**	*0.07*	(2)	**1.08**		(1)			(0)
Na	**0.20**	*0.28*	(5)	**0.03**		(1)	**0.26**	*0.12*	(3)			(0)	**0.27**	*0.41*	(3)	**0.04**		(1)	**0.82**		(1)			(0)
S	**1.14**	*0.60*	(10)	**0.16**	*0.19*	(5)	**0.12**	*0.04*	(4)			(0)	**0.20**		(1)	**0.69**	*0.26*	(5)	**1.93**	*0.90*	(3)	**1.79**	*1.57*	(3)
P	**0.02**	*0.03*	(11)	**0.79**	*0.52*	(8)	**0.21**	*0.15*	(6)	**0.01**	*0.01*	(3)	**0.00**		(1)	**4.60**	*6.15*	(2)			(0)	**0.31**	*0.003*	(2)
Zn	**0.005**	*0.004*	(11)	**0.03**	*0.04*	(4)	**0.02**	*0.01*	(4)			(0)			(0)	**0.04**	*0.01*	(2)	**7.01**	*3.59*	(3)	**0.019**	*0.02*	(5)
Cu	**0.001**	*0.001*	(11)	**0.002**	*0.001*	(3)	**0.02**	*0.01*	(3)			(0)			(0)	**0.002**		(1)	**0.12**		(1)	**0.012**	*0.015*	(5)
Pb	**0.0004**	*0.001*	(11)	**0.002**	*0.002*	(3)	**0.001**	*0.001*	(2)			(0)			(0)	**0.002**		(1)	**1.67**	*0.57*	(3)	**0.010**	*0.013*	(5)
Cr	**0.01**	*0.023*	(11)	**0.14**	*0.09*	(5)	**1.18**	*1.21*	(7)			(0)			(0)	**0.16**	*0.11*	(3)			(0)	**0.015**	*0.017*	(4)
Ni	**0.0001**	*0.000*	(11)	**0.00**	*0.00*	(3)	**0.01**	*0.00*	(2)			(0)			(0)	**0.01**		(1)			(0)	**0.009**	*0.005*	(5)

Nous avons également rassemblé des informations concernant la composition minéralogique de certains types de scories (table 7.2).

TABLE 7.2 – Composition minéralogique des principales classes de scories, d'après les données de la littérature

	Dominants	Mineurs
Laitier de haut-fourneau	gehlenite, $2CaO.Al_2O_3.SiO_2$ akermanite, $2CaO.MgO.2SiO_2$ melilite (solution solide gehlenite-akermanite)	calcium sulphide (oldhamite) merwinite ($3CaO.MgO.2SiO_2$) dicalcium silicate $2CaO.SiO_2$ anorthite (CaO.Al2O3.2SiO2)
Scorie d'aciérie basique (LD)	dicalcium silicate ($2CaO.SiO_2$) tricalcium silicate ($3CaO.SiO_2$) calcium ferrite (Ca2Fe2O5) wustite (FeO) free lime (CaO)	Fe metal Magnesio-wustite (Mg,Fe,Mn)O alumino-ferrite (Ca4AF) Olivine
Scories d'aciérie basique (EAF)	2CaO.SiO2 C3S CaF2	54CaO.MgO.Al2O3.16SiO2 Merwinite 3CaO.MgO.2SiO2 CaO/Ca(OH2)
Scories de la métallurgie des non-ferreux	ferrosilicate (fayalite Fe2SiO4) magnetite (Fe3O4)	
Mâchefer	Quartz Montmorillonite amorphe Kaolinite amorphe	CaO Gehlenite CaAlSi
Boues d'aciérie	Fe metal Wustite Magnetite Calcite	
Poussières d'aciérie	magnetite périclase (MgO)	calcium ferrite Ca2Fe2O5
Poussières de haut-fourneau	Fe metal	MgO Ca2Si04 C
Poussières d'aciérie EAF	Franklinite Zincite Magnetite Hydrocerusite	

7.2.4 Échantillons analysés

Nous avons sélectionné 94 échantillons de charges caillouteuses d'origine industrielle. Ces échantillons ont été récoltés *(1)* dans les colonnes de sols de la campagne de sondage, *(2)* en surface du sol à proximité des points de sondage, ou *(3)* dans des chantiers SPAQuE. Ces échantillons ont subi une analyse chimique totale (fusion au métaborate de lithium pour les éléments majeurs et attaque NNO3/HF/HClO4 pour les ETM). La moitié d'entre eux ont été soumis à la diffraction aux rayons X. Les résultats analytiques et les informations sur leur origine sont intégrés à la base de données (SOLS_CC_ANA), avec un lien vers l'horizon correspondant lorsqu'ils proviennent de sondages de sols de cette campagne.

7.2.5 Identification des échantillons

Une méthode d'analyse graphique nous a permis l'identification du procédé industriel dont sont issus la plupart des échantillons analysés. Elle est basée sur la localisation des résultats d'analyses par rapport aux résultats de la littérature dans des diagrammes triangulaires « progressifs » (figure 7.1) : la position de chaque point indique la proportion des 3 éléments concernés, tandis que sa taille indique la somme des teneurs de ces 3 éléments. En combinant l'information de 3 triangles pour les principaux éléments majeurs (CaO - SiO_2- Fe_2O_3 ; SiO_2- Fe_2O_3- Al_2O_3 ; SiO_2- MnO_2- CaO), une proportion élevée d'échantillons de scories ont été indentifiés. Pour certaines catégories de scories, les teneurs en ETM et les analyses minéralogiques (DRX) permettent de vérifier ou préciser l'identification. Les catégories les mieux représentées sont les laitiers de haut-fourneau, les scories de fonderie et les mâchefers. La catégorie « scorie siliceuse » regroupe des échantillons dont la composition chimique correspond aux mâchefers, mais qui s'en distinguent au niveau morphologique.

Outre l'identification de l'origine (catégorie industrielle), nous avons également établi, par classification k-means, des catégories basées sur les teneurs en éléments majeurs. Ces classes ont permi l'établissement de liens entre le procédé industriel, les critères chimiques et les critères de terrain. L'origine des échantillons identifiés, ainsi que la classe « chimique » sont repris dans la table 7.3.

7.2.6 Critères d'identification de terrain

Sur base de la description détaillée des échantillons et du résultats de nombreux tests empruntés à la minéralogie, nous avons mis au point une clef de détermination des différentes catégories de scories (annexe 7). A cette fin, nous avons sélectionné prioritairement des critères binaires (ex. : présence ou absence d'alvéoles). Toutefois, nous n'avons pu éviter de faire appel à des critères plus subjectifs tels que la densité apparente, ou la porosité. Il sera donc important de confronter le résultat obtenu aux descriptions plus complètes présentées dans les fiches descriptives en annexe 8. Il est

TABLE 7.3 – Classification des échantillons analysés selon l'origine industrielle et la composition chimique

ID	Catégorie "industrielle"	Classe "chimique"	ID	Catégorie "industrielle"	Classe "chimique"
S01	Mâchefer	Si-Al	S48	Laitier de Haut-Fourneaux	Si-Ca-Mn
S02	Mâchefer	Si-Al	S49	Scorie de fonderie	Fe-Si-Ca
S03	Scorie d'aciérie "basique"	Fe	S50	Laitier de Haut-Fourneaux	Ca-Si
S04	Laitier de Haut-Fourneaux	Ca-Si	S51	Scorie de fonderie	Si-Fe-Mn
S05	Déchet de haut fourneau arrêté	Fe-perte au feu	S52	Scorie de fonderie (Cupola)	Fe-Ca-Mn
S06	Laitier de Haut-Fourneaux	Ca-Si	S53	Scorie de fonderie (Cupola)	Si-Ca-Mn
S07	"Boues" métallurgique	Fe	S54	Béton de laitier de Haut-Fourneaux	Ca-Si
S08	Scorie siliceuse	Si	S55	Brique brûlée	Si
S09	Mâchefer	Si-Al	S56	Scorie de fonderie	Si-Fe-Mn
S10	Scorie d'aciérie "basique"	Fe-Ca-Mn	S57	Brique brûlée	Si
S11	Scorie d'aciérie "acide"	Si-Fe-Mn	S58	Mâchefer	Si-Al
S12	Scorie siliceuse	Si-Al	S59	Scorie siliceuse	Si
S13	Mâchefer	Si-Al	S60	Scorie de fonderie	Si-Fe-Mn
S14	Scorie siliceuse	Si-Fe-Mn	S61	Scorie de la métallurgie Zn	Fe-perte au feu
S15	Mâchefer	Si-Al	S62	Scorie de fonderie (Cupola)	Si-Ca-Mn
S16	Scorie de fonderie (Cupola)	Si-Ca-Mn	S63	Scorie de fonderie (Cupola)	Si-Ca-Mn
S17	Brique brûlée	Si	S64	Scorie de fonderie (Cupola)	Si-Ca-Mn
S18	Scorie de fonderie (Cupola)	Si-Ca-Mn	S65	Scorie de fonderie (Cupola)	Si-Ca-Mn
S19	Scories de la métalurgie Pb-Zn	Fe-Si-Ca	S66	Scorie de fonderie (Cupola)	Si-Ca-Mn
S20	Scories de la métalurgie Pb-Zn	Fe-Si-Ca	S67	Laitier de Haut-Fourneaux	Ca-Si
S21	Laitier de Haut-Fourneaux	Ca-Si	S68	Mâchefer	Si-Al
S22	"Boues" métallurgique	Fe	S69	Scorie siliceuse	Si
S23	Scorie siliceuse	Si	S70	Scorie siliceuse	Si-Fe-Mn
S24	"Boues" métallurgique	Fe	S71	Scorie siliceuse	Si
S25	Mâchefer	Si-Ca-Mn	S72	Scorie siliceuse	Si-Al
S26	Scorie d'aciérie "basique"	Fe-Ca-Mn	S73	Scorie de la métallurgie Zn	Fe-perte au feu
S27	Cendres	Fe-perte au feu	S74	Brique brûlée	Si
S28	Mâchefer	Si-Al	S75	Mâchefer	Si-Ca-Mn
S29	Laitier de Haut-Fourneaux	Ca-Si	S76	Laitier de Haut-Fourneaux	Ca-Si
S30	Laitier de Haut-Fourneaux	Ca-Si	S77	Laitier de Haut-Fourneaux	Si-Ca-Mn
S31	Laitier de Haut_Fourneaux	Si-Ca-Mn	S78	Brique brûlée	Si
S32	"Boues" métallurgique	Fe	S79	Scorie de fonderie	Si
S33	Laitier de Haut-Fourneaux	Ca-Si	S80	Mâchefer	Si-Al
S34	Scorie siliceuse	Si-Fe-Mn	S81	Mâchefer	Si-Al
S35	Scories de la métalurgie Pb-Zn	Fe-Si-Ca	S82	Réfractaire	pas scorie
S36	Béton de laitier de Haut-Fourneaux	pas scorie	S83	Déchet de haut fourneau arrêté	Fe-perte au feu
S37	Laitier de Haut-Fourneaux	Ca-Si	S84	Laitier de Haut-Fourneaux enrichi en Si	Si-Al
S38	Brique brûlée	Si	S85	Minerai de Fer	pas scorie
S39	Laitier de Haut-Fourneaux	Ca-Si	S86	Indéterminé	Fe-perte au feu
S40	Laitier de Haut-Fourneaux	Ca-Si	S87	Brique brûlée	Si
S41	Scorie siliceuse	Si	S88	Indéterminé	Si-Al
S42	Laitier de Haut-Fourneaux	Ca-Si	S89	Béton de laitier de Haut-Fourneaux	pas scorie
S43	Scorie d'aciérie "basique"	Fe-Ca-Mn	S90	Mâchefer	Si-Fe-Mn
S44	Indéterminé	pas scorie	S91	Concrétion Si	pas scorie
S45	Coke	perte au feu	S92	Indéterminé	pas scorie
S46	Dolomie calcinée	pas scorie	S93	Mâchefer	Si
S47	Laitier de Haut-Fourneaux	Ca-Si	S94	Scorie de la métallurgie Zn	Fe-perte au feu

également vivement conseillé de ne pas considérer un échantillon isolé, mais d'étudier simultanément plusieurs échantillons semblables provenant du même horizon de sol.

Certains tests minéralogiques utilisés dans la clef méritent quelques précisions :

- test HCl : il s'agit d'observer si des bulles de gaz (CO_2) se dégagent lors de l'ajout de quelques gouttes d'HCl 10%

- couleur du trait : le test consiste à gratter l'arrête d'une cassure fraîche sur une plaque de porcelaine spécialement concue à cet effet.

- dureté par rapport au verre : le test consiste à vérifier si une arrête fraîche de l'échantillon est capable de rayer le verre.

- dégagement d'H_2S : ce gaz est aisément détecté par son ôdeur caractéristique (oeuf pourri).

- couleur des éclats : il s'agit de regarder si la couleur de la poudre fraîche [2] (visible

2. Ne pas confondre avec des revêtements ou des impuretés sur les faces de cassures anciennes

au niveau de l'impact du marteau) est claire ou foncée.

Les catégories « morphologiques », définies par les critères de la clef, correspondent généralement aux catégories « industrielles », mais il n'a pas été possible d'établir une correspondance parfaite. Certains catégories industrielles comportent en effet des échantillons qui sont très proches au niveau de leur morphologie et de leurs propriétés « minéralogiques ».

A chaque étape, l'utilisateur doit choisir entre 2 ou 3 possibilités et poursuivre, en fonction de ce choix, la voie indiquée dans la colonne de droite. Il est très important de commencer chaque fois par l'étape « 0 », car certains critères utilisés ne sont pertinents que si les conditions préalables (étapes précédentes) sont rencontrées.

7.2.7 Teneurs en polluants inorganiques dans les échantillons

Nous avons calculé les rapports entre les concentrations en ETM mesurés dans les différentes échantillons et les normes légales dans les sols (tables 7.4et 7.5). Dans ces tables, les échantillons sont classés selon leur appartenance aux catégories « morphologiques », définies dans la clef de détermination. Notons que ces rapports sont purement indicatifs, dans la mesure où la méthode d'analyse utilisée pour identifier ces charges (attaque NNO3/HF/HClO4) ne correspond pas à la méthode sur laquelle se basent les normes (Eau régale). Nous observons que certains types de scories, tels que les laitiers de haut-fourneaux, les scories de fonderies typiques (cupola) et les scories d'aciérie présentent peu de risque en termes de dépassement des normes. Par contre, les mâchefers, les scories siliceuses et surtout les scories de la métallurgie de Pb et Zn présentent des risques potentiels élevés à très élevés.

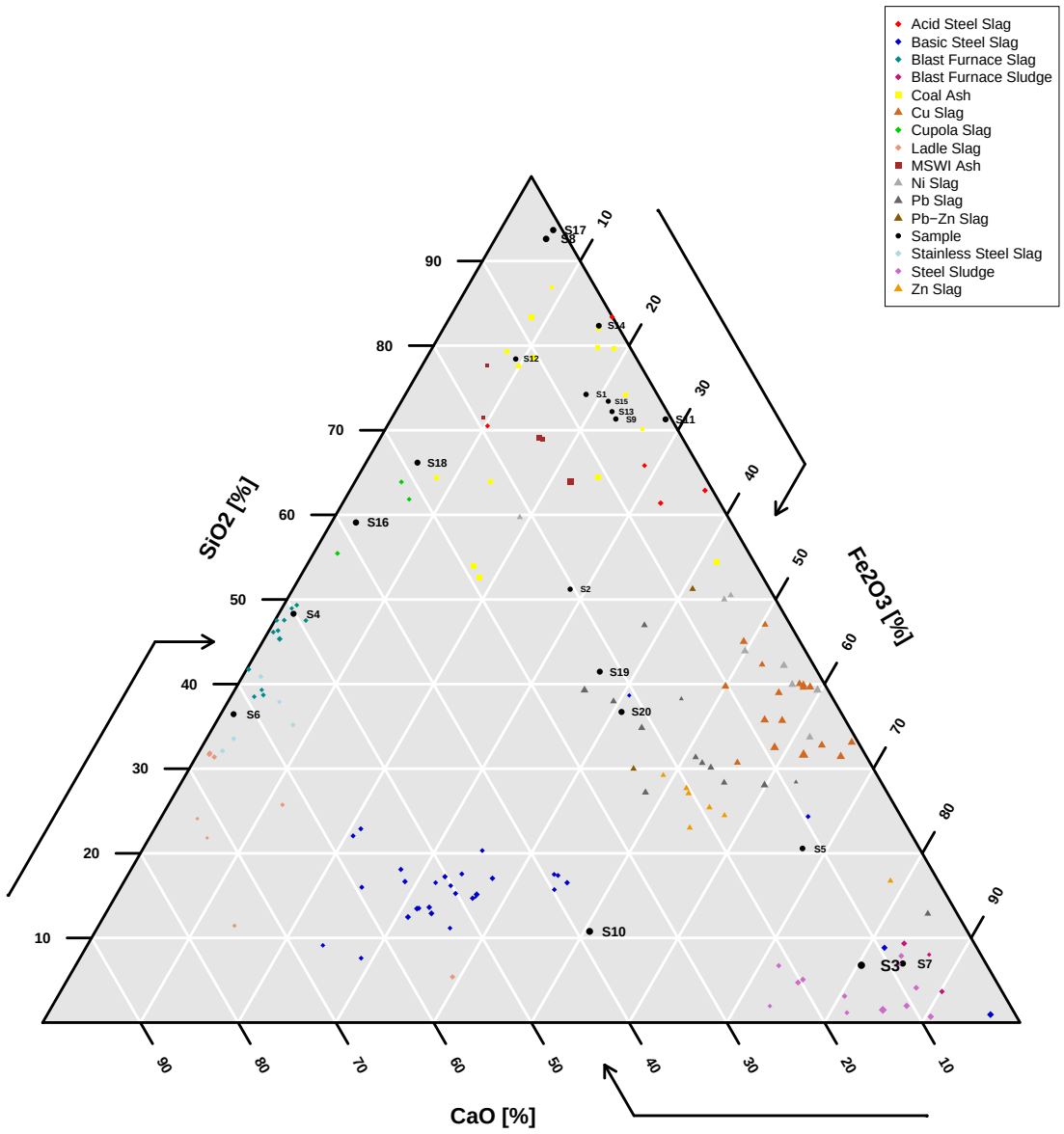


FIGURE 7.1 – Diagramme triangulaire « progressif » SiO_2 -CaO- Fe_2O_3- pour les échantillons 1 à 20

TABLE 7.4 – Rapports entre les résultats d'analyses et les normes légales dans les sols (VS) en zone résidentielle

ID	Catégorie	Rapports entre valeurs mesurées et les VS en zones résidentielles						
		As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
S45	Coke	0.0	0.3	0.0	0.1	0.0	0.5	0.4
S04	Laitier de haut-fourneau typique	0.3	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0
S30	Laitier de haut-fourneau typique	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.3
S37	Laitier de haut-fourneau typique	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1
S40	Laitier de haut-fourneau typique	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.7
S42	Laitier de haut-fourneau typique	0.0	0.0	3.2	1.3	0.0	0.0	0.3
S50	Laitier de haut-fourneau typique	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.4
S76	Laitier de haut-fourneau typique	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	1.3
S84	Laitier de haut-fourneau typique	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	1.1
S29	Laitier de haut-fourneau massif	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1
S31	Laitier de haut-fourneau massif	0.0	0.0	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0
S33	Laitier de haut-fourneau massif	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
S67	Laitier de haut-fourneau massif	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
S06	Laitier de haut-fourneau cristalisé broyé	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
S39	Laitier de haut-fourneau cristalisé broyé	0.2	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.4
S05	Résidus de haut-fourneau arrêté	4.5	0.0	0.7	1.4	0.0	0.4	0.8
S83	Résidus de haut-fourneau arrêté	0.0	0.0	0.0	1.1	0.0	0.0	0.3
S16	Scorie de fonderie typique	0.1	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.1
S18	Scorie de fonderie typique	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.1
S21	Scorie de fonderie typique	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2
S62	Scorie de fonderie typique	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	11.2
S63	Scorie de fonderie typique	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	3.1
S64	Scorie de fonderie typique	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.7
S65	Scorie de fonderie typique	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
S66	Scorie de fonderie typique	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
S77	Scorie de fonderie typique	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7
S49	Scorie de fonderie	0.0	0.0	1.6	2.1	1.0	0.2	0.1
S51	Scorie de fonderie	0.0	0.0	5.8	0.1	7.5	0.0	0.1
S53	Scorie de fonderie	0.0	0.0	0.6	0.5	0.0	0.3	0.1
S56	Scorie de fonderie	0.3	0.0	2.3	0.2	1.4	0.1	0.2
S60	Scorie de fonderie	0.0	0.0	1.1	0.1	1.5	0.1	0.2
S93	Scorie de fonderie	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.3
S10	Scorie d'aciérie basique typique	0.0	0.0	5.5	0.3	0.0	0.0	0.0
S26	Scorie d'aciérie basique typique	0.0	0.0	7.5	0.1	0.0	0.0	0.0
S52	Scorie d'aciérie basique typique	0.0	0.0	8.1	0.0	0.0	0.0	0.0
S02	Scorie d'aciérie basique siliceuse	0.0	0.7	2.2	0.2	3.9	0.0	0.1
S11	Scorie d'aciérie "acide"	0.0	0.0	3.2	0.4	0.0	0.1	0.0
S03	Scorie d'aciérie tres riche en Fe	0.0	0.0	20.0	53.3	3.9	0.6	24.8
S22	Scorie d'aciérie tres riche en Fe	0.0	0.0	0.1	0.3	0.0	0.0	0.1
S24	Scorie d'aciérie tres riche en Fe	0.4	0.0	0.0	0.4	0.0	0.3	2.0
S32	Scorie d'aciérie tres riche en Fe	0.0	0.0	0.0	1.1	0.0	0.0	4.6
S07	Déchet métallurgique ferreux	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.5	1.6
S17	Brique brûlée	0.1	0.0	1.0	0.2	1.0	0.2	0.4
S38	Brique brûlée	0.0	0.0	1.3	0.2	2.0	0.0	0.3
S55	Brique brûlée	0.2	0.0	0.3	0.1	0.0	0.1	0.3
S57	Brique brûlée	0.3	0.0	1.4	0.1	2.9	0.3	0.5
S74	Brique brûlée	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.7
S78	Brique brûlée	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6
S87	Brique brûlée	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
S61	Mâchefer fin	10.5	4.5	0.1	35.3	0.0	9.0	273.5
S75	Mâchefer fin	0.0	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	0.7
S01	Mâchefer massif	0.0	0.3	4.6	2.5	7.8	0.1	1.4
S08	Mâchefer massif	0.0	0.0	0.7	0.2	0.0	0.0	0.1
S71	Mâchefer massif	0.0	6.8	0.0	3.9	0.0	41.6	195.2
S15	Mâchefer riche en fer	0.2	0.0	0.8	0.6	0.0	0.5	2.3
S72	Mâchefer riche en fer	8.8	3.3	0.6	0.0	0.0	23.8	4.6
S09	Mâchefer typique	0.1	0.0	0.7	1.4	0.0	0.0	0.2
S13	Mâchefer typique	0.2	1.1	2.5	1.1	5.6	0.1	2.2
S28	Mâchefer typique	0.3	0.0	1.0	0.9	0.0	1.5	3.1
S58	Mâchefer typique	0.1	0.0	0.5	0.4	0.0	0.0	0.1
S70	Mâchefer typique	0.0	0.0	1.5	2.1	0.0	4.0	92.4
S80	Mâchefer typique	0.0	0.0	1.6	0.0	1.0	0.0	0.1
S90	Mâchefer typique	0.0	0.0	1.8	1.5	0.0	0.0	0.3
S73	Scorie de la métallurgie du Zn	7.3	6.6	0.0	114.4	0.0	30.2	449.9
S94	Scorie de la métallurgie du Zn	2.6	0.0	0.0	36.6	0.0	0.9	410.8
S19	Scorie de la métallurgie Pb_Zn	0.2	0.0	0.8	3.7	0.0	186.7	247.1
S20	Scorie de la métallurgie Pb_Zn	4.3	0.0	0.0	14.3	0.0	67.7	313.2
S34	Scorie de la métallurgie Pb_Zn	0.2	5.1	0.0	2.2	0.0	80.1	129.3
S35	Scorie de la métallurgie Pb_Zn	0.2	0.0	0.6	7.0	0.0	64.5	292.8
S69	Scorie de la métallurgie Pb_Zn	0.0	0.0	0.4	4.4	0.0	38.1	331.8
S12	Scorie siliceuse indéterminée	0.1	0.8	1.3	183.4	0.2	0.0	1.5
S14	Scorie siliceuse indéterminée	0.1	0.0	1.3	14.7	1.2	7.1	515.9
S23	Scorie siliceuse indéterminée	31.6	0.6	0.0	0.2	0.0	0.4	0.1
S25	Scorie siliceuse indéterminée	0.2	0.0	0.7	0.7	0.0	1.9	1.1
S41	Scorie siliceuse indéterminée	0.0	0.0	1.5	1075.1	10.9	0.0	0.9
S59	Scorie siliceuse indéterminée	0.1	0.0	0.5	0.2	0.4	0.1	0.1
S68	Scorie siliceuse indéterminée	0.0	0.0	1.9	1.3	0.2	0.0	0.2
S79	Scorie siliceuse indéterminée	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	1.1	1.1
S81	Scorie siliceuse indéterminée	0.0	0.0	1.5	0.0	1.3	0.0	0.1
S27	Non déterminé	1.5	0.0	1.0	1.1	0.0	0.4	0.6
S47	Non déterminé	0.2	0.1	0.0	0.2	0.0	0.2	0.8
S48	Non déterminé	0.0	0.0	0.2	0.1	3.5	0.0	0.2
S43	Non déterminé	0.0	0.0	144.6	0.5	0.0	0.0	0.6
S86	Non déterminé	3.7	0.0	0.3	21.3	0.0	8.9	6.6
S36	Pas scorie	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2
S44	Pas scorie	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1
S46	Pas scorie	0.0	0.0	4.8	0.2	0.0	0.7	0.6
S54	Pas scorie	0.4	0.1	0.0	0.1	0.0	1.8	5.1
S82	Pas scorie	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.2
S85	Pas scorie	1.6	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	1.6
S88	Pas scorie	0.0	8.8	0.0	1.2	0.0	192.8	359.5
S89	Pas scorie	0.0	0.0	0.1	1.5	0.0	0.0	0.9
S91	Pas scorie	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
S92	Pas scorie	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0

TABLE 7.5 – Rapports entre les résultats d'analyses et les normes légales dans les sols (VS) en zone industrielle

ID	Catégorie	Rapports entre valeurs mesurées et VS en zones industrielles						
		As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
S45	Coke	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.2	0.3
S04	Laitier de haut-fourneau typique	0.3	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
S30	Laitier de haut-fourneau typique	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	0.2
S37	Laitier de haut-fourneau typique	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1
S40	Laitier de haut-fourneau typique	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.5
S42	Laitier de haut-fourneau typique	0.0	0.0	2.4	1.1	0.0	0.0	0.2
S50	Laitier de haut-fourneau typique	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.3
S76	Laitier de haut-fourneau typique	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.9
S84	Laitier de haut-fourneau typique	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.8
S29	Laitier de haut-fourneau massif	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
S31	Laitier de haut-fourneau massif	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0
S33	Laitier de haut-fourneau massif	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
S67	Laitier de haut-fourneau massif	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
S06	Laitier de haut-fourneau cristalisé broyé	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
S39	Laitier de haut-fourneau cristalisé broyé	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.3
S05	Résidus de haut-fourneau arrêté	3.6	0.0	0.6	1.3	0.0	0.2	0.6
S83	Résidus de haut-fourneau arrêté	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.2
S16	Scorie de fonderie typique	0.1	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.1
S18	Scorie de fonderie typique	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.1
S21	Scorie de fonderie typique	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2
S62	Scorie de fonderie typique	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	8.1
S63	Scorie de fonderie typique	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	2.2
S64	Scorie de fonderie typique	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.5
S65	Scorie de fonderie typique	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
S66	Scorie de fonderie typique	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
S77	Scorie de fonderie typique	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3
S49	Fonderie	0.0	0.0	1.2	1.9	0.7	0.1	0.1
S51	Fonderie	0.0	0.0	4.4	0.1	5.4	0.0	0.1
S53	Fonderie	0.0	0.0	0.5	0.4	0.0	0.1	0.0
S56	Fonderie	0.3	0.0	1.7	0.1	1.0	0.0	0.1
S60	Fonderie	0.0	0.0	0.9	0.1	1.1	0.0	0.2
S93	Fonderie	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.2
S10	Scorie d'aciérie basique typique	0.0	0.0	4.2	0.3	0.0	0.0	0.0
S26	Scorie d'aciérie basique typique	0.0	0.0	5.7	0.1	0.0	0.0	0.0
S52	Scorie d'aciérie basique typique	0.0	0.0	6.1	0.0	0.0	0.0	0.0
S02	Scorie d'aciérie basique siliceuse	0.0	0.1	1.7	0.2	2.8	0.0	0.1
S11	Scorie d'aciérie "acide"	0.0	0.0	2.4	0.3	0.0	0.1	0.0
S03	Scorie d'aciérie tres riche en Fe	0.0	0.0	15.2	48.9	2.8	0.3	17.8
S22	Scorie d'aciérie tres riche en Fe	0.0	0.0	0.1	0.3	0.0	0.0	0.1
S24	Scorie d'aciérie tres riche en Fe	0.3	0.0	0.0	0.3	0.0	0.2	1.4
S32	Scorie d'aciérie tres riche en Fe	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	3.3
S07	Déchet métallurgique ferreux	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.2	1.1
S17	Brique brûlée	0.1	0.0	0.8	0.1	0.7	0.1	0.3
S38	Brique brûlée	0.0	0.0	1.0	0.2	1.5	0.0	0.2
S55	Brique brûlée	0.2	0.0	0.2	0.1	0.0	0.1	0.2
S57	Brique brûlée	0.2	0.0	1.1	0.1	2.1	0.1	0.3
S74	Brique brûlée	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.5
S78	Brique brûlée	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4
S87	Brique brûlée	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
S61	Mâchefer fin	8.4	0.9	0.1	32.3	0.0	4.7	196.6
S75	Mâchefer fin	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	0.5
S01	Mâchefer massif	0.0	0.1	3.5	2.3	5.6	0.0	1.0
S08	Mâchefer massif	0.0	0.0	0.6	0.2	0.0	0.0	0.1
S71	Mâchefer massif	0.0	1.4	0.0	3.6	0.0	21.6	140.3
S15	Mâchefer riche en fer	0.1	0.0	0.6	0.5	0.0	0.2	1.7
S72	Mâchefer riche en fer	7.0	0.7	0.5	0.0	0.0	12.4	3.3
S09	Mâchefer typique	0.1	0.0	0.5	1.3	0.0	0.0	0.1
S13	Mâchefer typique	0.2	0.2	1.9	1.0	4.0	0.1	1.6
S28	Mâchefer typique	0.2	0.0	0.8	0.9	0.0	0.8	2.2
S58	Mâchefer typique	0.1	0.0	0.4	0.3	0.0	0.0	0.0
S70	Mâchefer typique	0.0	0.0	1.1	1.9	0.0	2.1	66.4
S80	Mâchefer typique	0.0	0.0	1.2	0.0	0.7	0.0	0.1
S90	Mâchefer typique	0.0	0.0	1.4	1.4	0.0	0.0	0.2
S73	Scorie de la métallurgie du Zn	5.9	1.3	0.0	104.8	0.0	15.7	323.4
S94	Scorie de la métallurgie du Zn	2.1	0.0	0.0	33.6	0.0	0.5	295.3
S19	Scorie de la métallurgie Pb_Zn	0.1	0.0	0.6	3.4	0.0	97.0	177.6
S20	Scorie de la métallurgie Pb_Zn	3.4	0.0	0.0	13.1	0.0	35.2	225.1
S34	Scorie de la métallurgie Pb_Zn	0.2	1.0	0.0	2.0	0.0	41.6	93.0
S35	Scorie de la métallurgie Pb_Zn	0.2	0.0	0.4	6.4	0.0	33.5	210.5
S69	Scorie de la métallurgie Pb_Zn	0.0	0.0	0.3	4.1	0.0	19.8	238.5
S12	Scorie siliceuse indéterminée	0.1	0.2	1.0	168.1	0.1	0.0	1.1
S14	Scorie siliceuse indéterminée	0.1	0.0	1.0	13.5	0.9	3.7	370.8
S23	Scorie siliceuse indéterminée	25.3	0.1	0.0	0.2	0.0	0.2	0.1
S25	Scorie siliceuse indéterminée	0.2	0.0	0.6	0.6	0.0	1.0	0.8
S41	Scorie siliceuse indéterminée	0.0	0.0	1.2	985.5	7.8	0.0	0.6
S59	Scorie siliceuse indéterminée	0.1	0.0	0.4	0.2	0.3	0.0	0.1
S68	Scorie siliceuse indéterminée	0.0	0.0	1.4	1.2	0.2	0.0	0.2
S79	Scorie siliceuse indéterminée	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.6	0.8
S81	Scorie siliceuse indéterminée	0.0	0.0	1.2	0.0	0.9	0.0	0.1
S27	Non déterminé	1.2	0.0	0.8	1.0	0.0	0.2	0.4
S47	Non déterminé	0.1	0.0	0.0	0.2	0.0	0.1	0.6
S48	Non déterminé	0.0	0.0	0.2	0.1	2.5	0.0	0.2
S43	Non déterminé	0.0	0.0	109.5	0.5	0.0	0.0	0.4
S86	Non déterminé	3.0	0.0	0.2	19.6	0.0	4.6	4.8
S36	Pas scorie	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1
S44	Pas scorie	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1
S46	Pas scorie	0.0	0.0	3.6	0.2	0.0	0.4	0.4
S54	Pas scorie	0.3	0.0	0.0	0.1	0.0	0.9	3.7
S82	Pas scorie	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.1
S85	Pas scorie	1.3	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	1.1
S88	Pas scorie	0.0	1.8	0.0	1.1	0.0	100.2	258.4
S89	Pas scorie	0.0	0.0	0.1	1.4	0.0	0.0	0.6
S91	Pas scorie	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
S92	Pas scorie	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7

7.3 Sélection des critères pour la typologie des situations

7.3.1 Sols de remblais

7.3.1.1 Matériaux de remblais

Les régressions multiples basées sur la contribution des groupes de charges caillouteuses technogéniques (*cf.* section 5.1.3.6) ont mis en évidence une influence marquée (directe ou indirecte) de ces paramètres (principalement déchets de construction et schistes houillers) sur les concentrations en polluants dans les horizons profonds des remblais. Ces contributions devraient donc être pris en compte dans la définition des classes de matériaux remblais.

Etant donné que ces contributions sont des paramètres quantitatifs, qui peuvent se combiner, il est nécessaire de fixer des valeurs seuils et d'effectuer des regroupements de façon à obtenir un faible nombre de classes de matériaux, qui peuvent être identifiés facilement sur le terrain. Nous avons commencé par effectuer des regroupements via la procédure « k-means » sur base des proportions de chaque groupe de charge dans les remblais profonds. Nous avons comparé les résultats pour 3, 4, 5 et 6 classes. La solution à 4 classes permet d'obtenir le meilleur compromis entre la proportion de la variance expliquée par les groupes (56%) et la nécessité de pouvoir distinguer facilement les classes. Les 4 classes ressortant de cette analyse sont les matériaux avec : (i) proportion relativement élevée de déchets de brique, ciment [3] et béton (BCB), (ii) proportion relativement élevée de schiste houiller, (iii) proportion relativement élevée de scories de combustion de charbon (SCC) et (iv) aucun des critères précédents.

Etant donné que certains groupes de charges ne sont pas pris en compte dans ces critères, la 4e classe comprend à la fois les matériaux naturels et les matériaux divers. Dès lors, nous avons créé une classe supplémentaire caractérisée par la présence d'artefacts qui ne sont ni des déchets (BCB), ni des mâchefers (SCC) ni du schiste houiller.

Les remblais contiennent également des matériaux technogéniques (artefacts) de diamètre inférieur à 2mm (mortier désagrégé, charbon broyé, sable de fonderie, suies, *etc.*). Les artefacts fins visibles et identifiables à l'oeil nu (sable, mortier, charbon) sont comptabilisés dans les groupes de charges caillouteuses technogéniques correspondants. Par contre, les particules les plus fines ne peuvent être détectées ni quantifiées sur le terrain et ne peuvent donc être utilisées comme critère de classification.

Les classes de couches de remblai définies sont :

- Remblais Naturel (RN) : couches de remblais constituée essentiellement de matériaux d'origine naturelle. Les matériaux technogéniques visibles à l'oeil nu (caillouteux ou sableux) doivent représenter moins de 2% du volume de la couche de remblais. Par contre, des matériaux très fins non détectables à l'oeuil nu (suies, poussières) peuvent éventuellement être présents en quantité significative.

3. le terme « ciment » est utilisé dans ce rapport pour désigner à la fois le ciment et le mortier

- Remblais Technogénique de type Construction (RTC) : couche de remblais avec présence en quantité significative de briques, ciment, mortier ou béton.
- Remblais Technogénique de type Houiller (RTH) : couche de remblais avec présence en quantité significative de schiste houiller, brûlé ou non
- Remblais Technogénique de type Mâchefer (RTM) : couche de remblais avec présence en quantité significative de scories de combustion du charbon (mâchefers)
- Remblais Technogénique Divers (RTD) : couche de remblais avec présence en quantité significative de matériaux technogéniques divers, non repris dans les 3 classes précédentes

Les classes RTC, RTM, RTH et RTD sont réunies sous l'appelation « Remblais Technogénique » (RT) correspondant aux couches de remblai avec plus de 2% de charges technogéniques. Ce groupe correspond au concept de « remblais » pour la plupart des professionnels dans le domaine de la gestion des sols pollués. Il est important de rappeler que dans ce rapport, nous utilisons toujours le terme « remblais » dans un sens plus général : tout sol ayant reçu un apport de matériaux visant à en modifier le relief, qu'il s'agisse de matériaux naturels ou technogéniques.

Vu que les différentes charges peuvent se retrouver dans le même remblai, l'identification de la classe doit se faire de façon hiérarchisée (figure 7.2). Un seuil de 2% de contribution volumique définissant les limites entre classes, a été déterminé sur base de l'observation des « box-plots » représentant la distribution des proportions des différents groupes de charges selon les 4 classes définis précédemment par l'analyse k-means. Pour les sols de potagers, ce seuil de 2% est remplacé par le critère de présence/absence étant donné que les charges n'ont pas été quantifiées dans ce type de sol.

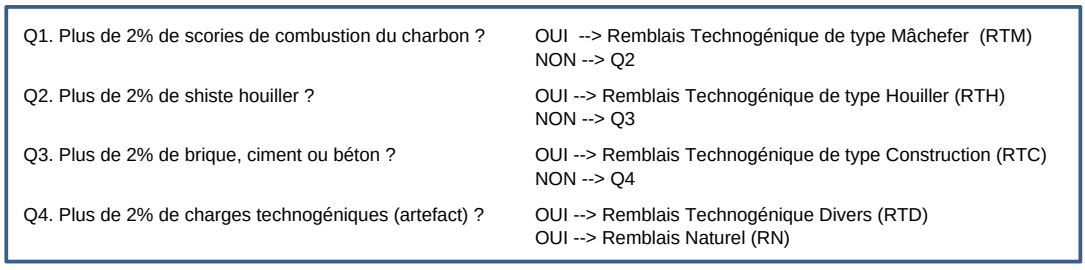


FIGURE 7.2 – Procédure de classification d'une couche de remblais

Nous avons ensuite classé l'ensemble de nos échantillons de sols selon ces critères et vérifié que ces classes étaient également discriminantes par rapport aux teneurs en polluants. La zone d'Aubange a été exclue en raison de l'influence élevée du substrat dans cette zone. En profondeur, nous avons observé pour la plupart des polluants que les trois classes de remblais technogéniques (RTC, RTM, RTH) se distinguent bien du type « RN » (ex : figure 7.3). Les 3 classes « technogéniques » (RTC, RTH, RTM) se distinguent également entre elles pour certains polluants (ex : figures 7.4et 7.5). En surface, les classes RTH, RTM et RTD sont très peu voir pas représentées. Globalement, les remblais technogéniques (RT) se caractérisent par des concentrations plus élevées

en polluants que les remblais d'origine naturelle (RN) (ex : figure 7.6).

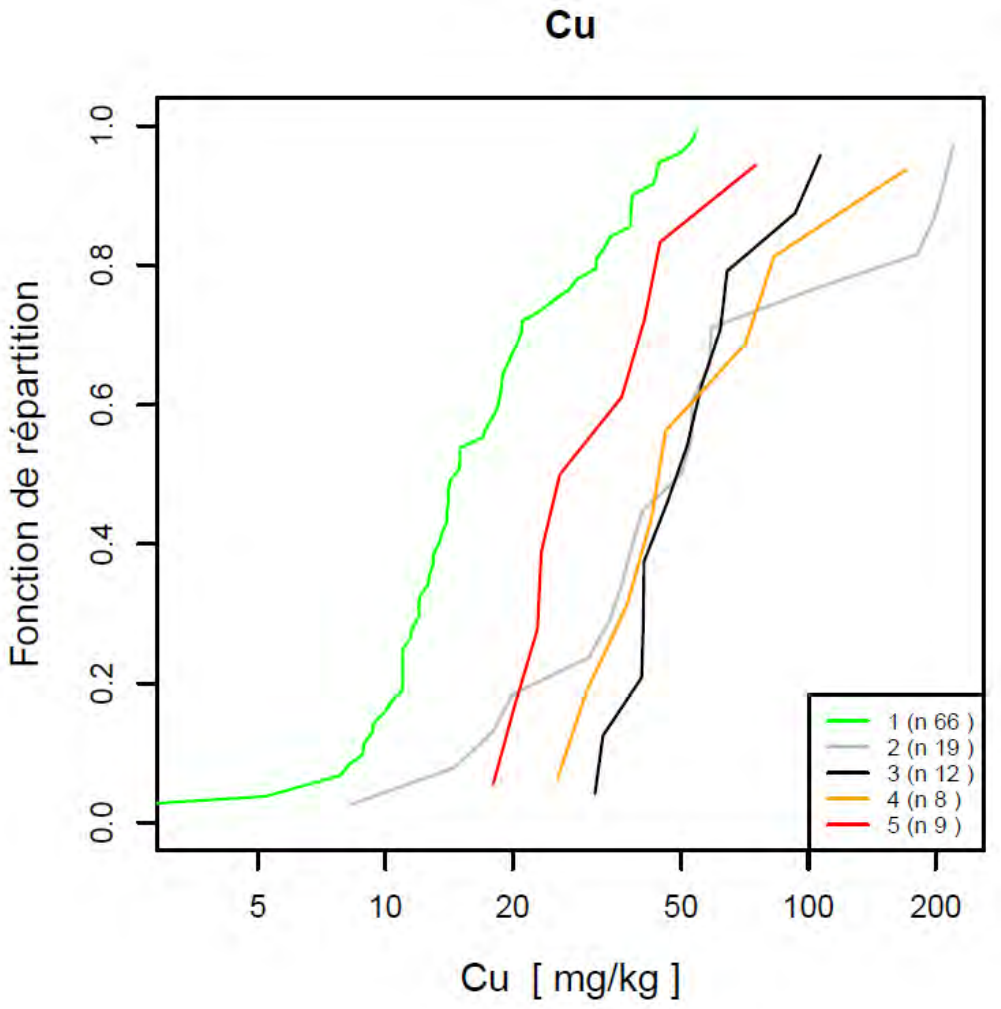


FIGURE 7.3 – Fonction de répartition des teneurs en Cu dans les horizons profond dans les zones d'étude des provinces du Hainaut et de Liège, selon le type de couche de remblais (1 : Remblais Naturel (RN) ; 2 : Remblais Technogénique de type Construction (RTC) ; 3 : Remblais Technogénique de type Houiller (RTH) ; 4 : Remblais Technogénique de type Mâchefer (RTM) ; 5 : Remblais Technogénique Divers (RTD))

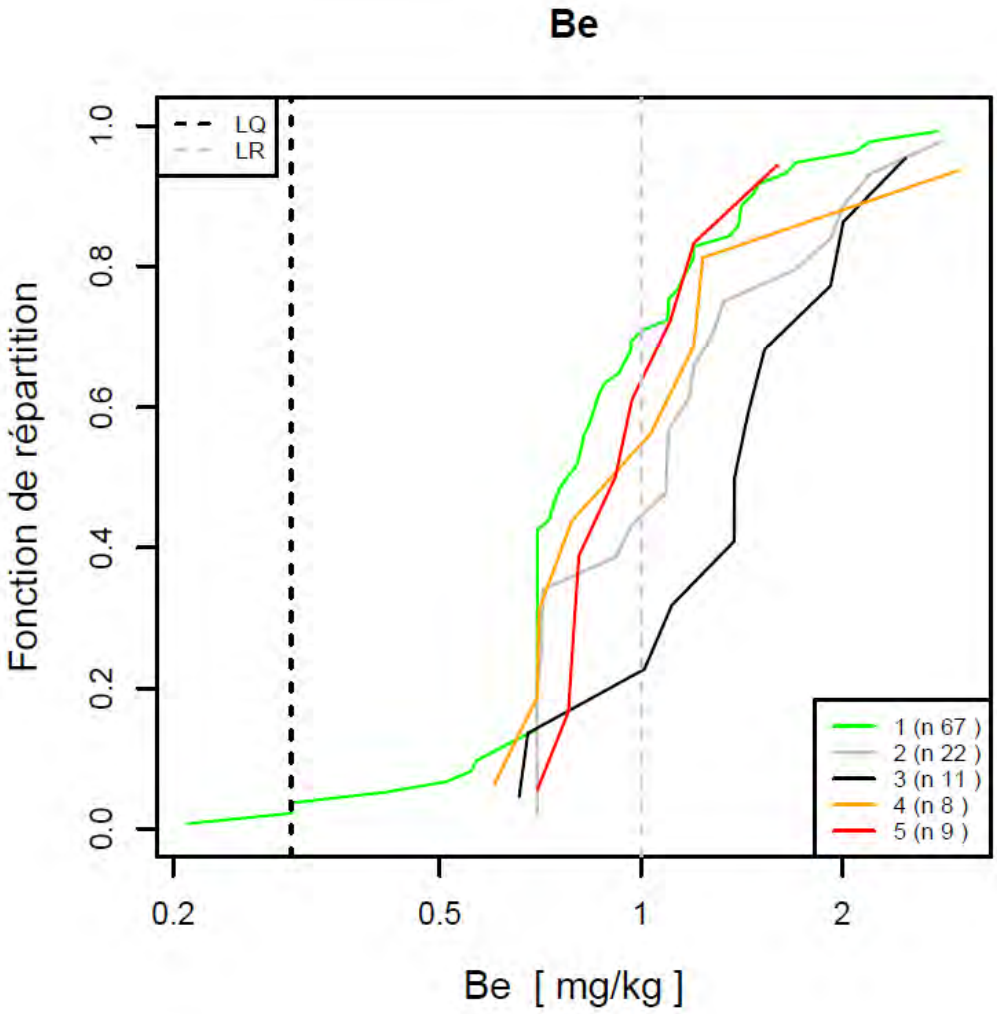


FIGURE 7.4 – Fonction de répartition des teneurs en Be dans les horizons profond dans les zones d'étude des provinces du Hainaut et de Liège, selon le type de couche de remblais (1 : Remblais Naturel (RN) ; 2 : Remblais Technogénique de type Construction (RTC) ; 3 : Remblais Technogénique de type Houiller (RTH) ; 4 : Remblais Technogénique de type Mâchefer (RTM) ; 5 : Remblais Technogénique Divers (RTD))

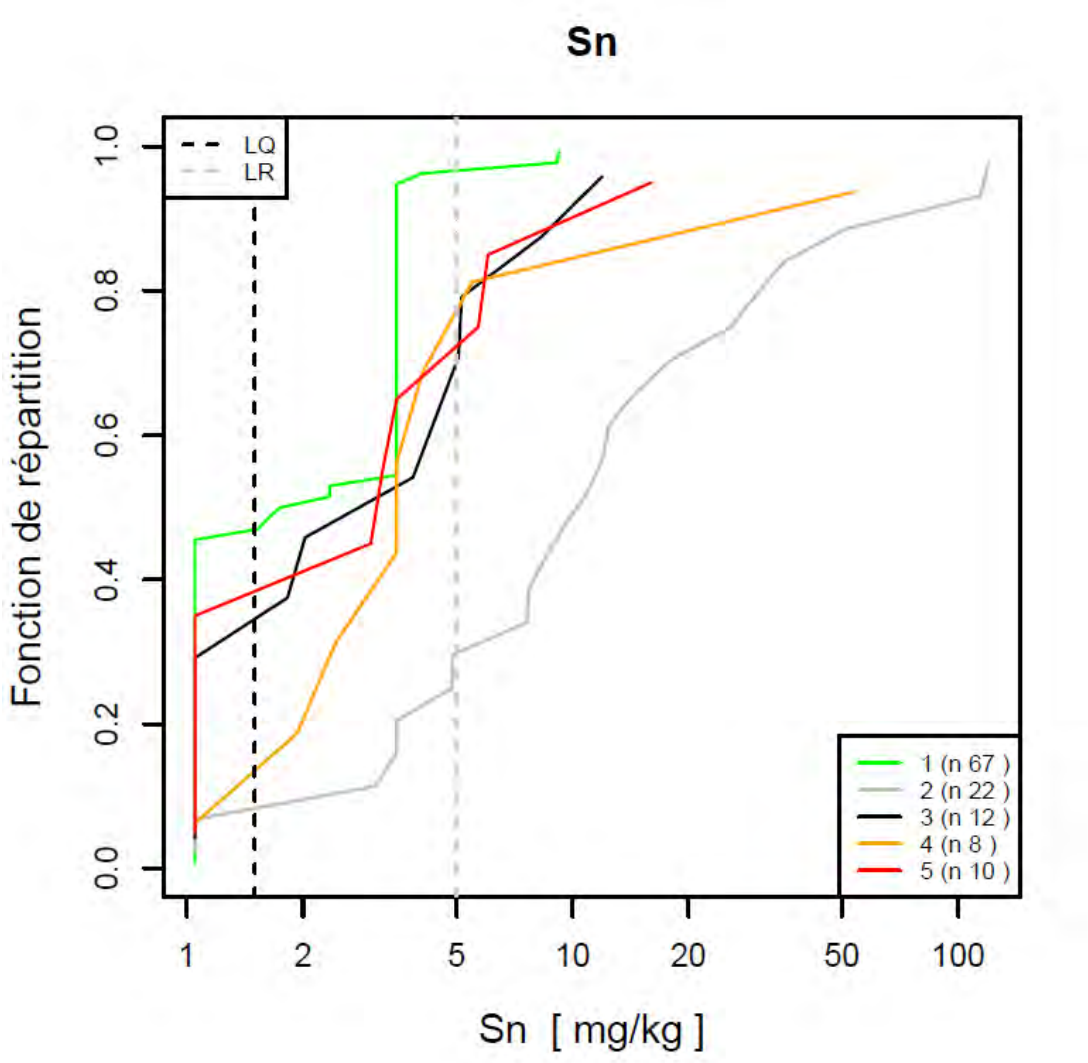


FIGURE 7.5 – Fonction de répartition des teneurs en Sn dans les horizons profond dans les zones d'étude des provinces du Hainaut et de Liège, selon le type de couche de remblais (1 : Remblais Naturel (RN) ; 2 : Remblais Technogénique de type Construction (RTC) ; 3 : Remblais Technogénique de type Houiller (RTH) ; 4 : Remblais Technogénique de type Mâchefer (RTM) ; 5 : Remblais Technogénique Divers (RTD))

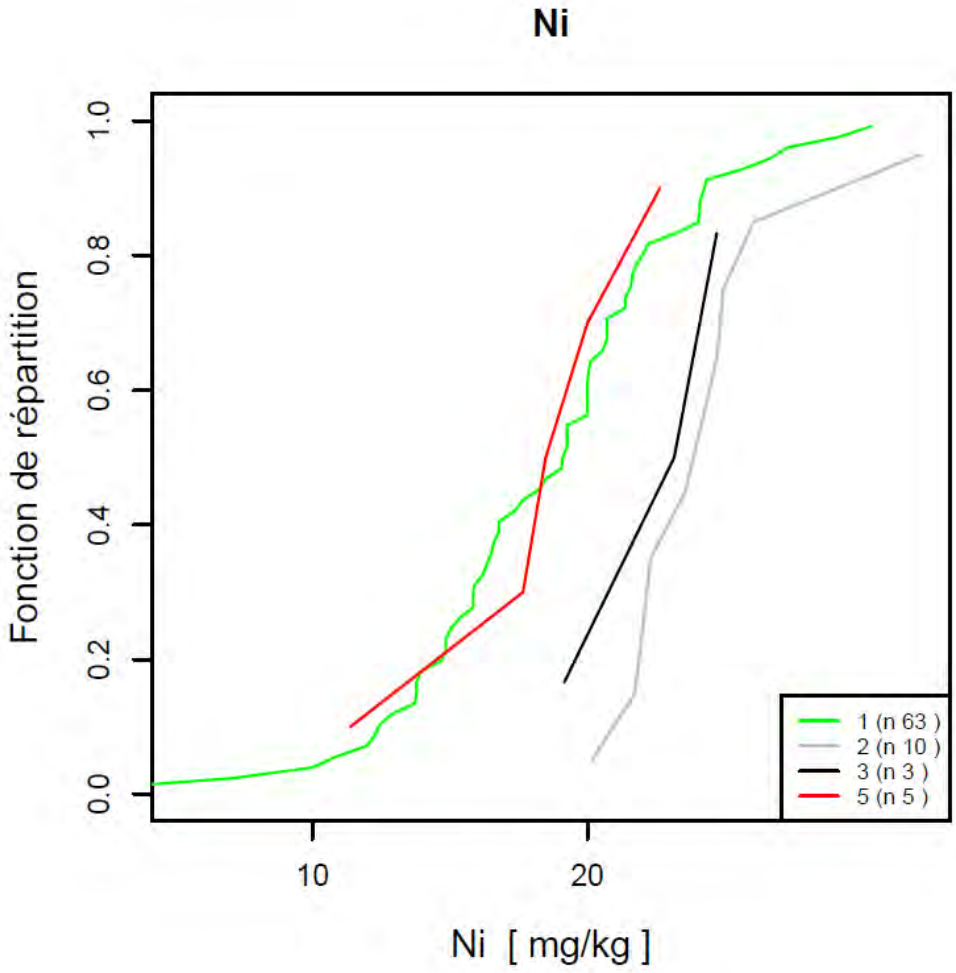


FIGURE 7.6 – Fonction de répartition des teneurs en Ni dans les horizons de surface dans les zones d'étude des provinces du Hainaut et de Liège, selon le type de couche de remblais (1 : Remblais Naturel (RN) ; 2 : Remblais Technogénique de type Construction (RTC) ; 3 : Remblais Technogénique de type Houiller (RTH) ; 4 : Remblais Technogénique de type Mâchefer (RTM) ; 5 : Remblais Technogénique Divers (RTD))

7.3.1.2 Influence de la localisation

Dans la section 6.2.2, nous avons mis en évidence un impact des retombées atmosphériques sur certains polluants (Cd, Cu, Hg, Pb, Zn et HAP) dans les sols naturels (non remblais). Ces retombées pourraient également influencer les teneurs de ces polluants dans les remblais, malgré la perturbation des sols et le transport liés à la mise en place du remblai. Nous avons donc estimé les retombées aux points de prélèvement de tous les remblais d'après les modèles de retombées présentés dans la section 6.2.2. Nous avons ensuite réalisé des régressions multiples en combinant les retombées estimées et les contributions des charges technogéniques, selon la méthode utilisée à la section 5.1.3.6. Ces régressions n'ont pas un but prédictif, mais visent à mettre en évidence les impacts combinés des charges technogéniques et des retombées atmosphériques.

TABLE 7.6 – Coefficients associés à chaque groupe de charge et aux retombées estimées dans les équations de régression linéaire visant à prédire les teneurs en Cd, Cu, Hg, Pb, Zn et HAP16 dans les horizons de surface des remblais, en fonction des contributions volumiques des différents groupes de charges technogéniques (les coefficient non significatifs ($p>0.05$) sont remplacés par 0 ; les coefficients hautement significatifs ($p<0.01$) sont indiqués en gras ; la signification des codes des groupes de charges est reprise dans la table 5.16) et des retombées atmosphériques (RET) estimées en ce point par les modèles de retombées (*cf.* chapitre 6, section 6.2)

(n=123)	Cd	Cu	Hg	Pb	Zn	HAP16
r^2	0.49	0.22	0.16	0.31	0.33	0.28
CH	0	0	0	0	0	0
SHT	0	**0.12**	0	0	0	0
BCB	0	0.09	0.15	**0.22**	**0.16**	**0.45**
DD	0	0	0	0	0	0
SCC	0	0.26	0	0.42	0	0
SCW	0	0	-0.27	0	0	0
DI	0	0	0	0	0	0
RET	**0.41**	0.20	0.23	**0.40**	**0.25**	**0.58**

Les retombées sont prises en compte dans les modèles, à l'exception de Hg en profondeur, et permettent d'obtenir une augmentation des coefficients de détermination par rapport aux régressions prenant uniquement en compte les charges (tables 7.6 et 7.7). Cette augmentation est plus marquée en surface qu'en profondeur.

Ces observations signifient que l'impact des retombées atmosphériques est visible également dans les remblais, probablement parce qu'une proportion significative des remblais est antérieure aux retombées ou est constituée à partir de d'horizons de surface locaux préalablement soumis aux retombées. Dans le cas des horizons profonds, seule la deuxième alternative peut expliquer l'influence des retombées.

Il n'est pas envisageable de prendre en compte les retombées en un point donné dans la typologie des situations, car l'objectif n'est pas d'obtenir des cartes. Par contre, il apparaît indispensable de prendre également en compte un facteur régional dans la

TABLE 7.7 – Coefficients associés à chaque groupe de charge et aux retombées estimées dans les équations de régression linéaire visant à prédire les teneurs en Cd, Cu, Hg, Pb, Zn et HAP16 dans les horizons profonds des remblais, en fonction des contributions volumiques des différents groupes de charges technogéniques (les coefficient non significatifs ($p>0.05$) sont remplacés par 0 ; les coefficients hautement significatifs ($p<0.01$) sont indiqués en gras ; la signification des codes des groupes de charges est reprise dans la table 5.16) et des retombées atmosphériques (RET) estimées en ce point par les modèles de retombées (*cf.* chapitre 6, section 6.2)

(n=123)	Cd	Cu	Hg	Pb	Zn	HAP16
r^2	0.47	0.45	0.47	0.49	0.33	0.49
CH	**0.37**	0	0	0	0	0
SHT	0	**0.18**	**0.25**	0.14	0	**0.56**
BCB	**0.25**	0.14	**0.41**	**0.37**	**0.18**	**0.61**
DD	**0.22**	**0.22**	0.19	**0.36**	0.17	0
SCC	0	0	0	0	0	0
SCW	0	0	**-0.38**	0	0	0
DI	0.22	0	0	0	0	**0.56**
RET	**0.26**	0.29	0	**0.25**	**0.16**	0.55

classification des couches de remblais, car les cartes de retombées (section 6.2.2) font apparaître de forts contrastes entre la région liégeoise et les autres zones de PAP.

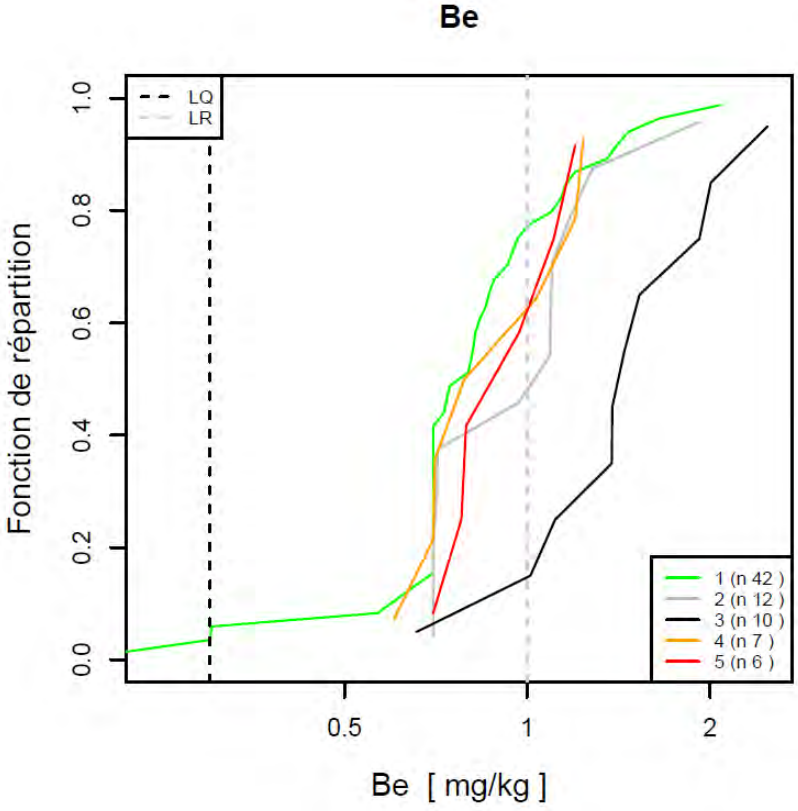
Par ailleurs, les analyses statistiques (*cf.* chapitre 5) ont montré un impact majeur du substrat géologique sur les sols naturels, qui sont eux-mêmes utilisés comme matériaux de remblai. La région d'Aubange se démarque particulièrement des autres zones, sutout pour As.

La localisation peut également influencer la nature exacte des charges technogéniques que l'on retrouve dans les remblais. Si l'on considère uniquement les zones d'étude du Hainaut [4], l'influence de la classe de remblais (figure 7.2) se confirme par rapport aux figures 7.3, 7.4, 7.5 et 7.6 mais des nuances apparaissent. Par exemple, Be semble être encore plus spécifiquement lié aux remblais de classe « RTH » tandis que les remblais de classe « RTC », « RTM » et « RTD » se confondent avec les remblais de classe « RN » (figure 7.7).

En considérant la variabilité régionale au niveau des retombées atmosphériques, de la nature des matériaux naturels et des matériaux technogéniques, il apparaît indispensable de considérer le facteur « région » comme critère de classification des situations en ce qui concerne les sols de remblais. Trois groupes de zones devraient être distinguées : Hainaut (CH, CO et LL), Liège (SE, AE, VE, TR) et Aubange (AU).

4. Hainaut et de Liège étaient considérés simultanément à la section précédente

FIGURE 7.7 – Fonction de répartition des teneurs en Be dans les horizons de surface du Hainaut, selon le type de couche de remblais (1 : Remblais Naturel (RN) ; 2 : Remblais Technogénique de type Construction (RTC) ; 3 : Remblais Technogénique de type Houiller (RTH) ; 4 : Remblais Technogénique de type Mâchefer (RTM) ; 5 : Remblais Technogénique Divers (RTD))



7.3.1.3 Influence de l'occupation

Dans les horizons de surface, les classes RTH, RTM et RTD sont très peu représentées, c'est pourquoi nous avons considéré toutes les classes « technogéniques » (RTC, RTH, RTM et RTD) simultanément, sous le sigle « RT ».

Nous avons observé un effet marqué de l'occupation « potager » sur les concentrations de nombreux polluants dans les non-remblais (*cf.* chapitre 5) et nous avons observé un effet « remblais » dans les potagers (*cf.* chapitre 5). L'influence des charges technogéniques ne peut donc pas être appréhendée indépendamment de ces deux effets, sous peine de confondre les facteurs. Nous avons donc étudié de manière croisée les effets des potagers, de la présence de remblais et de la présence de charges technogéniques. Les sols du Hainaut et de Liège ont été traités séparément. Les forêts n'ont pas été prises en compte, car leur effet n'est pas lié aux facteurs étudiés ici. Nous observons que pour la plupart des polluants, les potagers se démarquent des autres occupations qu'il s'agisse ou non de remblais, et qu'il contiennent ou non des artefacts (figures 7.8 et 7.9). En outre, nous observons une différence marquée entre sols de remblais et non remblais pour de nombreux éléments, essentiellement pour les sols de parcs et agricoles dans les deux régions (figures 7.8 et 7.9), mais aussi pour les potagers en province de Liège (figure 7.9). L'impact de la présence de charges technogéniques dans les horizons de surface des remblais est positif pour les sols agricoles et de parcs, mais peu marqué et de signe variable pour les sols de potagers (figures 7.8 et 7.9).

En surface, l'impact de l'occupation est donc prépondérant par rapport à l'effet « remblais », qui est lui-même plus marqué que l'effet « charges technogéniques ».

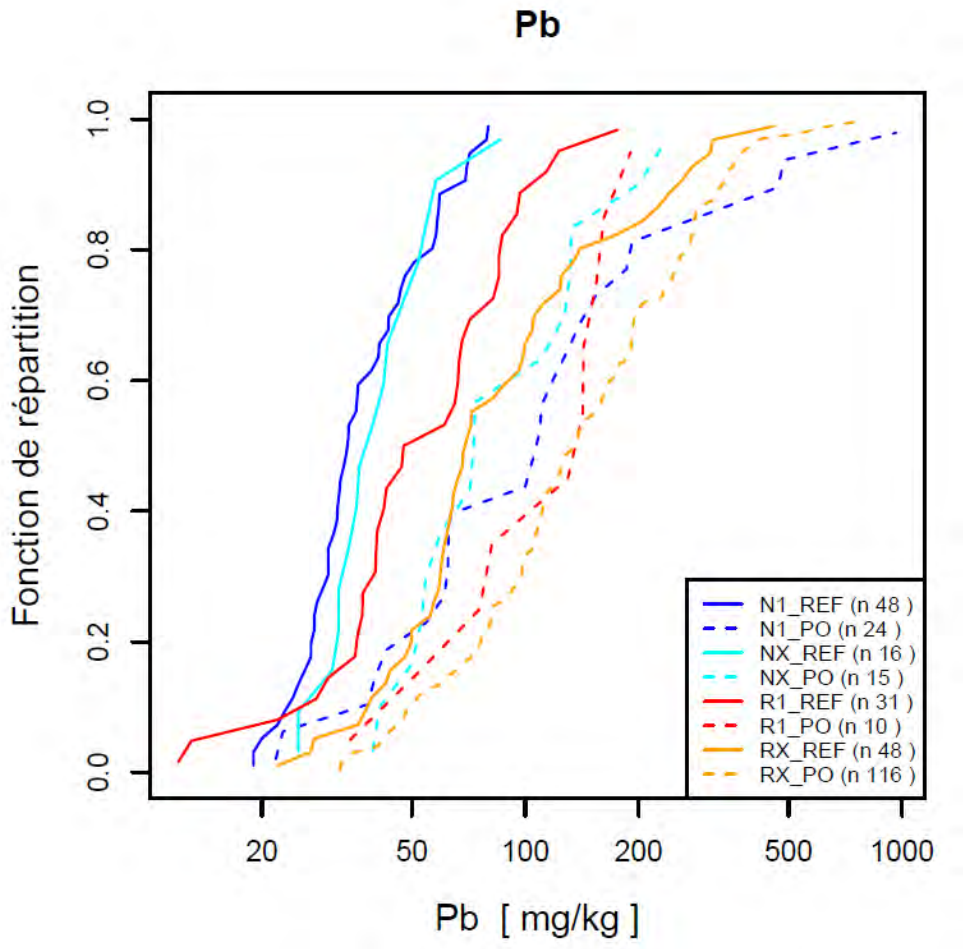


FIGURE 7.8 – Fonction de répartition des teneurs en Pb dans les horizons de surface du Hainaut, selon les combinaisons entre le caractère remblais/non-remblais (N : Naturel ; R : Remblais), la présence de charges technogéniques (« 1 » : matériaux d'origine naturelle ; « X » : présence significative de matériaux technogéniques) et occupations (« REF » : parcs, culture, prairie ; PO : potager)

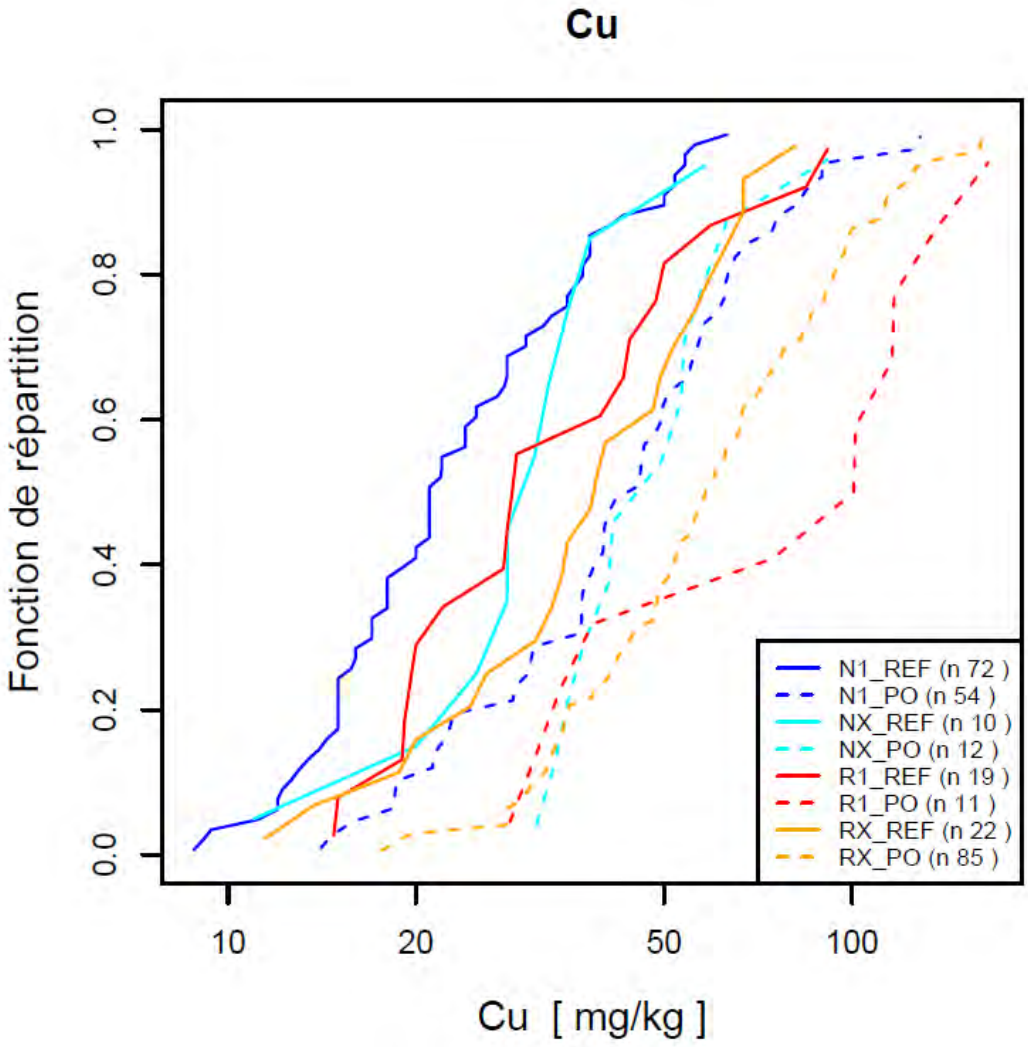


FIGURE 7.9 – Fonction de répartition des teneurs en Cu dans les horizons de surface de la région liégeoise, selon les combinaisons entre le caractère remblais/non-remblais (N : Naturel ; R : Remblais), la présence de charges technogéniques (« 1 » : matériaux d'origine naturelle ; « X » : présence significative de matériaux technogéniques) et occupations (« REF » : parcs, culture, prairie ; PO : potager)

7.3.2 Sols naturels

7.3.2.1 Horizons profonds

Le principal facteur qui explique la variabilité des teneurs en profondeur dans les sols naturels est la nature du matériau parental (*cf.* chapitre 5). La séparation des zones d'étude en trois groupes régionaux (Hainaut, Liège et Aubange, *cf.* section 7.3.1.2) permet de former des classes cohérentes en terme de composition des matériaux parentaux. Les groupes de sols représentés à Aubange (n°62, 64 et 65, *cf.* section 5.1.3.5) sont caractérisés par des concentrations très élevées en As, Be, Co, Cr et Ni ; la région liégeoise est riche en sols schisteux, gréseux et calcaires, tandis que les sols du Hainaut sont essentiellement des sols limoneux.

Au sein de chacune des régions, un ou plusieurs groupes de sols se démarquent des autres. En Lorraine, les sols du groupe n° 65 présentent des teneurs en Cd, Cu et Mo plus élevées que les deux autres groupes, tandis que le groupe n° 64 se distingue par les teneurs très élevées en Cr et Ni. Dans les zones du Hainaut, peu de différences sont observées entre les sols, à l'exception des sols sur sables tertiaires et loess de la région limoneuse occidentale (groupe n°11), qui présentent des teneurs plus basses pour Cu, Ni, Zn. En région liégeoise, les différences entre groupes de sols sont principalement expliquées par les retombées et sont peu observables en profondeur [5]. Les sols sur calcaires des vallées de la Meuse et de la Vesdre (groupe n°29) pourraient présenter un effet positif pour As, Cr, Cu et Ni. Nous ne disposons pas d'informations sur les horizons profonds, mais les teneurs élevées en As, Cr et surtout Ni dans les horizons de surface des sols de ce groupe ne peuvent s'expliquer par des retombées atmosphériques.

7.3.2.2 Horizons de surface

Les concentrations en Cd, Cu, Hg, Pb et Zn sont fortement affectées par les retombées atmosphériques, et la région liégeoise est particulièrement touchée (*cf.* section 6.2.2). Etant donné que l'objectif de ce chapitre n'est pas de donner une prédiction en tout point, nous n'utiliserons pas directement les cartes de retombées. Par contre, dans l'optique de minimiser la variabilité au sein des classes, il est indispensable de considérer les 4 zones de PAP de la province de Liège séparément des autres zones.

Tout comme en profondeur, le matériau parental influence fortement les concentrations en polluants dans les horizons de surface, en particulier ceux qui sont liés aux minéraux ferrifères (As, Ni, *etc.*). Les effets les plus prononcés concernent les sols d'Aubange, ce qui justifie que l'on considère également cette zone séparément.

Le troisième facteur qui a une influence majeure sur les teneurs en polluant est l'occupation du sol, en particulier les forêts et les potagers (*cf.* section 5.1.3.3).

Enfin, les teneurs en polluants sont influencées par la présence de remblais et de charges technogéniques. Ces dernières sont également observées dans les horizons de

5. en raison du faible nombre d'échantillons profonds pour les sols très caillouteux

surface des sols naturels, mais leur contribution volumique y est beaucoup plus faible que dans les remblais (*cf.* section 5.1.3.6). Afin de comparer l'ampleur de ces effets, ils ont été étudiés de manière croisée afin de tenir compte des liens existant entre ces facteurs (exemple : les sols de parcs sont essentiellement des remblais). Ces comparaisons ont été effectuées séparément pour les sols du Hainaut et de Liège. Nous observons que l'effet occupation est souvent le plus marqué, en particulier les potagers et forêts. L'effet « charge technogénique » est généralement le plus faible (figures 7.10 et 7.11).

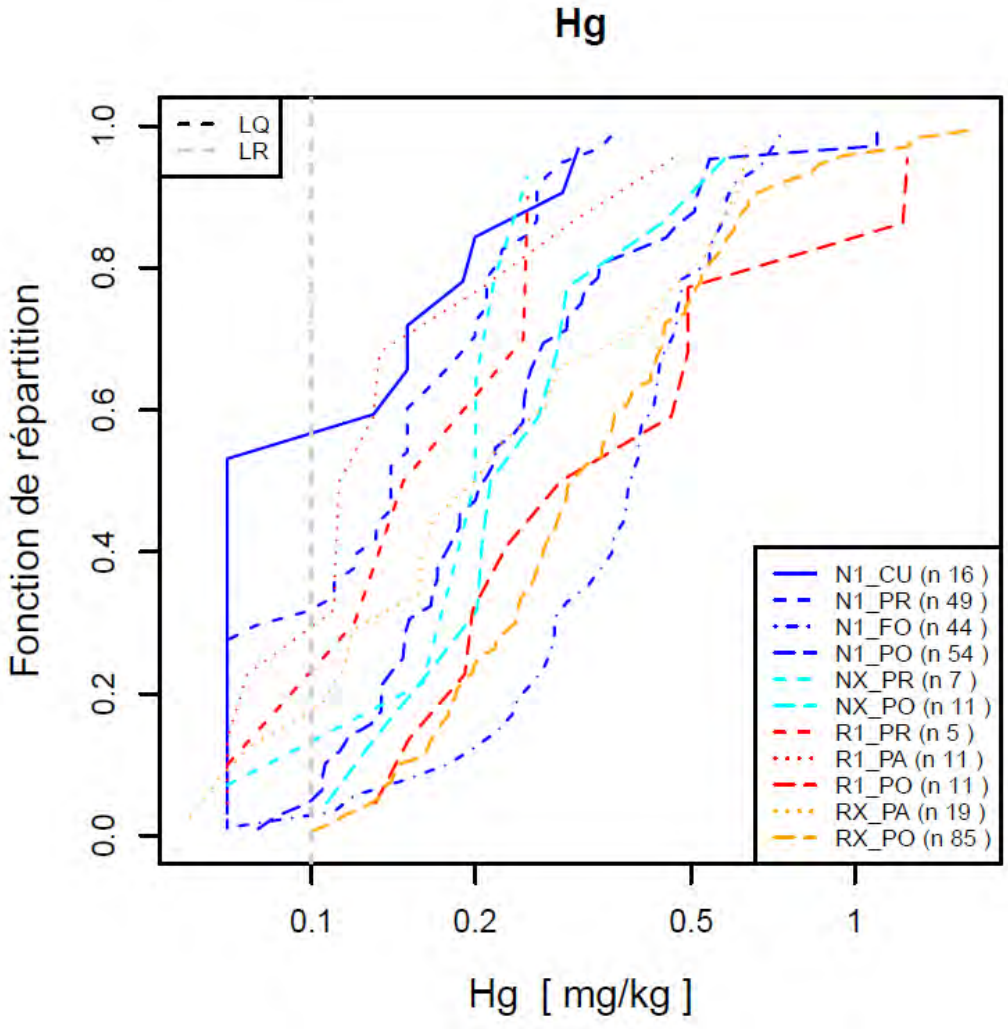


FIGURE 7.10 – Fonction de répartition des teneurs en Hg dans les horizons de surface du Hainaut, selon les combinaisons entre le caractère remblais/non-remblais (N : Naturel ; R : Remblais), la présence de charges technogéniques (1 : matériaux d'origine naturelle « RN » ; X : présence significative de matériaux technogéniques) et occupations (CU : culture ; PR : Prairie ; PA : parcs ; FO : forêt ; PO : potager)

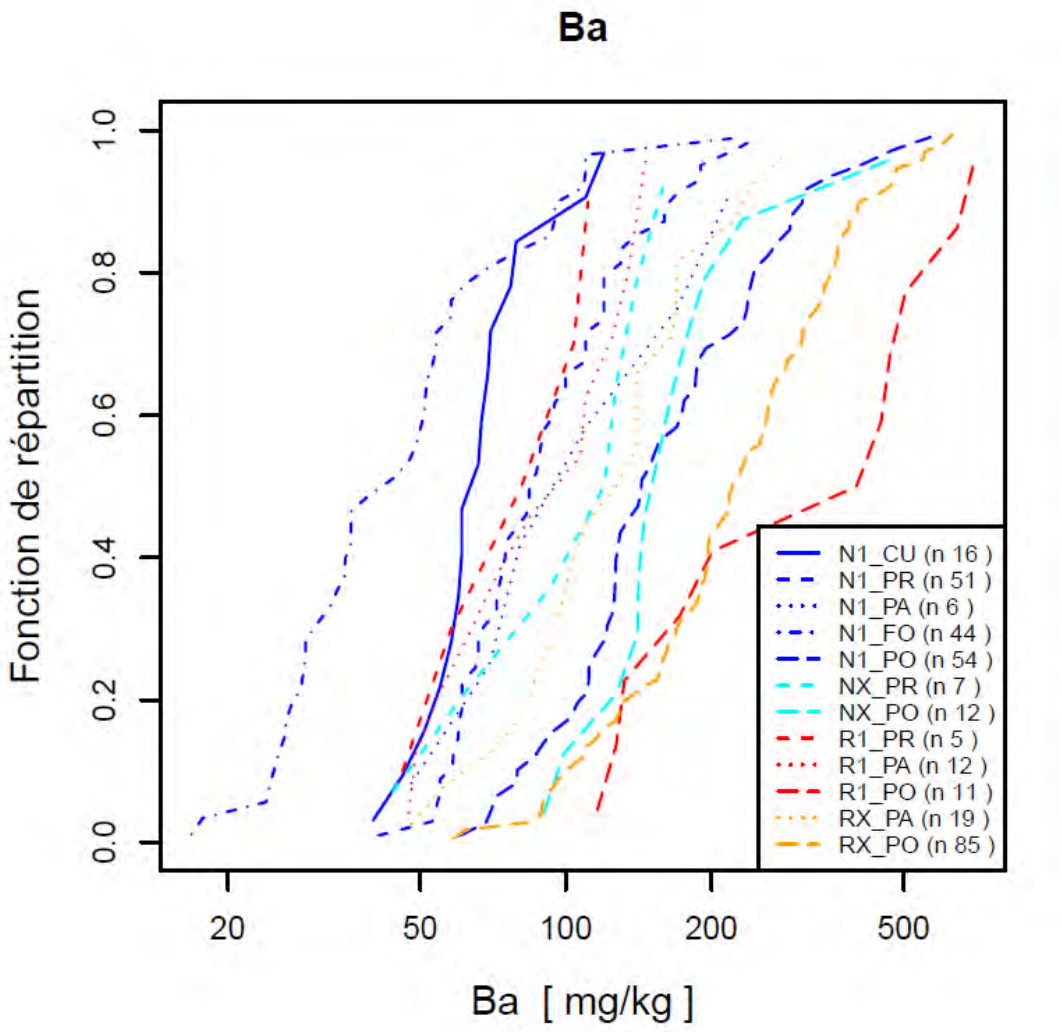


FIGURE 7.11 – Fonction de répartition des teneurs en Ba dans les horizons de surface de la région liégeoise, selon les combinaisons entre le caractère remblais/non-remblais (N : Naturel ; R : Remblais), la présence de charges technogéniques (1 : matériaux d'origine naturelle « RN » ; X : présence significative de matériaux technogéniques) et occupations (CU : culture ; PR : Prairie ; PA : parcs ; FO : forêt ; PO : potager)

7.4 Etablissement de la typologie des situations

7.4.1 Introduction

Le caractère remblais/non remblais du sol n'est pas le principal critère discriminant, ni en surface, ni en profondeur. Il n'est donc pas justifié de réaliser une typologie des remblais distincte de la typologie des sols naturels. Nous proposons donc une typologie globale pour toutes les situations des zones de PAP, intégrant aussi bien les sols de remblais que les sols « naturels ».

Par contre, le facteur régional a un impact prépondérant sur les concentrations de nombreux polluants, tant en surface qu'en profondeur. Nous avons séparé nos zones d'étude en 3 groupes : le groupe « Hainaut » (zones d'étude de Charleroi-Châtelet, de La Louvière et de Colfontaine), le groupe « Liège » (zones de Amay-Engis, de Seraing, de Trooz et de Verviers) et le groupe « Aubange » (zone d'Aubange uniquement).

Les paramètres explicatifs majeurs étant différents en surface et en profondeur, nous proposons deux systèmes de classification séparés : le premier pour les horizons profonds, et le second pour les horizons de surface.

Sur base des critères mis en évidences dans la section précédente, nous avons mis au point des systèmes de classification hiérarchisés, à 4 niveaux (tables 7.8 et 7.9). Les facteurs qui présentent les effets les plus prononcés sont utilisés aux premiers niveaux tandis que les facteurs ayant le moins d'impact sont utilisés au 4^{e} niveau. Nous définissons donc des classes de niveau 1, elles-mêmes divisées en classes de niveau 2, *etc.*

Etant donné l'architecture en arborescence, l'utilisateur a la possibilité, en cas de manque d'information (ex : doute sur la nature d'une charge caillouteuse ou sur le type de sol), de se contenter d'un niveau inférieur au niveau 4.

7.4.2 Horizons profonds

Le facteur régional (Aubange, Hainaut, Liège) a été utilisé au premier niveau de la typologie, pour trois raisons :

- Le substrat géologique a un impact majeur sur les teneurs dans les horizons profonds des sols naturels représentés à Aubange, mais aussi des remblais constitués à partir de ces sols naturels.
- Les horizons profonds des remblais sont souvent constitués à partir d'horizons de surface naturels soumis aux retombées, or les sols des zones de la région liégeoise (SE, AE, TR, VE) ont reçu plus de retombées (*cf.* section 6.2).
- Les remblais des zones du Hainaut (CO, CH, LL) sont plus riches en charbons, mâchefers et schistes houillers.

Les classes du deuxième niveau sont séparées sur base de la présence ou à l'absence de couche de remblais dans le profil : on distingue donc les sols de remblais des sols naturels (dans le sens de « non-remblais »).

Parmi les sols naturels, le groupe de sol (*cf.* section 5.1.3.5) constitue le critère du 3^{e} niveau. A Aubange, les 3 groupes de sols représentés sont considérés séparément. Dans le Hainaut, le groupe n°11 (sols sur sables tertiaires et loess de la région limoneuse occidentale) est considéré séparément. En région liégeoise, les sols du groupe n° 29 forment un groupe à part. Nous ne possédons pas d'information sur les horizons profonds de ces sols, mais les résultats des analyses en surface suggèrent un effet géochimique clair lié à ce groupe de sol (*cf.* section 5.1.3.5).

Pour les sols de remblais, les classes du troisième niveau sont séparées sur base de la distinction entre couche de remblai « technogénique », ($>$ 2% de charges technogéniques) ou couche de remblais d'origine naturelle ($<$ 2% de charges technogéniques). Notons que les horizons du sol en place sous le remblai sont assimilés à des couches de remblais d'origine naturelle, car la distinction entre la dernière couche de remblais et le sol en place n'est pas toujours aisée.

Les couches de remblais « technogéniques » (RT) sont séparées en classes du 4^{e} niveau : technogéniques « construction » (RTC), technogéniques « houillers » (RTH), technogéniques « mâchefers » (RTM) et technogéniques « divers » (RTD). Etant donné qu'une couche de remblai peut contenir plusieurs types de charges technogéniques, la distinction entre ces classes doit être effectuées selon une procédure hiérarchisée (*cf.* figure 7.2).

Le système de classification retenu est illustré à la table 7.8.

TABLE 7.8 – Système de classification à 4 niveaux pour les horizons profonds des sols des zones de PAP (« Hainaut » : zones d'étude de Charleroi/Châtelet, Colfontaine et La Louvière ; « Liège » : zones d'étude d'Amay/Engis, Seraing, Trooz et Verviers ; les numéros de groupes font référence aux groupes de sol présentés à la table 5.12 ; N : couches de remblais constituées de moins de 2% de matériaux technogéniques ; T : couche de remblais constitués de plus de 2% de matériaux technogéniques ; la distinction entre C, H, M et D pour les remblais technogéniques au 4e niveau doit s'effectuer via une clef dichotomique : figure 7.2)

Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3	Niveau 4
Aubange (AU)	Sol naturel (Nat)	Sol du groupe 62 (62)	
		Sol du groupe 64 (64)	
		Sol du groupe 65 (65)	
	Sol de remblais (Remb)	Couche de remblais d'origine naturelle (N)	
		Couche de remblais "technogénique" (T)	couche de remblais technogénique "construction" (C)
			couche de remblais technogénique "houille" (H)
			couche de remblais technogénique "mâchefers" (M)
			couche de remblais technogénique "divers" (D)
Hainaut (HA)	Sol naturel (Nat)	Sol du groupe 11 (11)	
		Sol d'un groupe autre que 11 (DI)	
	Sol de remblais (Remb)	Couche de remblais d'origine naturelle (N)	
		Couche de remblais "technogénique" (T)	couche de remblais technogénique "construction" (C)
			couche de remblais technogénique "houille" (H)
			couche de remblais technogénique "mâchefers" (M)
			couche de remblais technogénique "divers" (D)
Liège (LG)	Sol naturel (Nat)	Sol du groupe 29 (29)	
		Sol d'un groupe autre que 29 (DI)	
	Sol de remblais (Remb)	Couche de remblais d'origine naturelle (N)	
		Couche de remblais "technogénique" (T)	couche de remblais technogénique "construction" (C)
			couche de remblais technogénique "houille" (H)
			couche de remblais technogénique "mâchefers" (M)
			couche de remblais technogénique "divers" (D)

7.4.3 Horizons de surface

Tout comme dans les horizons profonds, le facteur régional (Aubange, Hainaut, Liège) a été considéré comme premier critère de classification, car la nature du substrat influence fortement les concentrations en surface à Aubange, et parce que les retombées atmosphériques sont particulièrement élevées autour de Liège.

Le critère du deuxième niveau est basé sur l'occupation. Les sols de culture et les prairies ont été réunis sous l'étiquette « Agriculture » car les différences entre eux sont peu marquées (*cf.* table 5.5) et parce que les prairies sont souvent converties en culture et vice-versa.

Le critère du troisième niveau distingue les remblais des sols naturels (dans le sens de « non remblais »), mais ne s'applique pas aux sols de forêts (tous naturels).

Les sols de remblais sont soumis à un critère du 4^{e} niveau relatif au type de remblais (RN : origine naturelle ; RT : origine technogénique).

Pour les sols naturels, le critère du 4^{e} niveau est basé sur le substrat géologique. Les groupes 62, 64 et 65 ont été séparés en Lorraine ; le groupe 11 est classé à part dans le Hainaut ; le groupe 29 est classé à part en région liégeoise. Bien que certaines classes du niveau 4 ne soient pas représentées dans notre jeu de données, nous avons conservé toutes les combinaisons en attente de résultats d'analyses futures. Il est en effet hautement probable que l'effet d'un groupe de sol soit semblable pour toutes les occupations.

Le système de classification retenu est illustré à la table 7.9.

TABLE 7.9 – Système de classification en arborescence pour les horizons de surface des sols des zones de PAP (Hainaut : zones d'étude de Charleroi/Châtelet, Colfontaine et La Louvière ; Liège : zones d'étude d'Amay/Engis, Seraing, Trooz et Verviers ; les numéros de groupes font référence aux groupes de sol présentés à la table 5.12 ; N : couches de remblais constituées de moins de 2% de matériaux technogéniques ; T : couche de remblais constitués de plus de 2% de matériaux technogéniques)

Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3	Niveau 4
Aubange (AU)	Agriculture	Sol naturel (Nat)	Sol du groupe 62 (62)
			Sol du groupe 64 (64)
			Sol du groupe 65 (65)
		Sol de remblais (Remb)	Couche de remblais d'origine naturelle (N)
			Couche de remblais "technogénique" (T)
	Parc	Sol naturel (Nat)	Sol du groupe 62 (62)
			Sol du groupe 64 (64)
			Sol du groupe 65 (65)
		Sol de remblais (Remb)	Couche de remblais d'origine naturelle (N)
			Couche de remblais "technogénique" (T)
	Potager	Sol naturel (Nat)	Sol du groupe 62 (62)
			Sol du groupe 64 (64)
			Sol du groupe 65 (65)
		Sol de remblais (Remb)	Couche de remblais d'origine naturelle (N)
			Couche de remblais "technogénique" (T)
	Forêt	Sol naturel (Nat)	Sol du groupe 62 (62)
			Sol du groupe 64 (64)
			Sol du groupe 65 (65)
Hainaut (HA)	Agriculture	Sol naturel (Nat)	Sol du groupe 11 (11)
			Sol d'un groupe autre que 11 (DI)
		Sol de remblais (Remb)	Couche de remblais d'origine naturelle (N)
			Couche de remblais "technogénique" (T)
	Parc	Sol naturel (Nat)	Sol du groupe 11 (11)
			Sol d'un groupe autre que 11 (DI)
		Sol de remblais (Remb)	Couche de remblais d'origine naturelle (N)
			Couche de remblais "technogénique" (T)
	Potager	Sol naturel (Nat)	Sol du groupe 11 (11)
			Sol d'un groupe autre que 11 (DI)
		Sol de remblais (Remb)	Couche de remblais d'origine naturelle (N)
			Couche de remblais "technogénique" (T)
	Forêt	Sol naturel (Nat)	Sol du groupe 11 (11)
			Sol d'un groupe autre que 11 (DI)
Liège (LG)	Agriculture	Sol naturel (Nat)	Sol du groupe 29 (29)
			Sol d'un groupe autre que 29 (DI)
		Sol de remblais (Remb)	Couche de remblais d'origine naturelle (N)
			Couche de remblais "technogénique" (T)
	Parc	Sol naturel (Nat)	Sol du groupe 29 (29)
			Sol d'un groupe autre que 29 (DI)
		Sol de remblais (Remb)	Couche de remblais d'origine naturelle (N)
			Couche de remblais "technogénique" (T)
	Potager	Sol naturel (Nat)	Sol du groupe 29 (29)
			Sol d'un groupe autre que 29 (DI)
		Sol de remblais (Remb)	Couche de remblais d'origine naturelle (N)
			Couche de remblais "technogénique" (T)
	Forêt	Sol naturel (Nat)	Sol du groupe 29 (29)
			Sol d'un groupe autre que 29 (DI)

7.5 Statistiques selon les classes de la typologie

7.5.1 Introduction

L'ensemble des échantillons de sols POLLUSOL 2 considérés dans le jeu de données du chapitre 5 ont été classés pour chaque niveau de la typologie, sur base des critères présentés aux tables 7.8et 7.9.

Les valeurs atypiques de ce jeu de données ont été supprimées, si elles rencontrent au moins un des critères suivants (*cf.* section 2.3.2) :

- outlier univariée au seuil +/- 3.49 MAD ,
- outlier multivarié clair (« OUI » dans la base de données)
- outlier univarié au seuil +/- 2.57 MAD **et** outlier multivarié probable ou possible (« OUI ? » ou « NON ? » dans le base de données)

Pour chacune des classes, nous avons calculé la moyenne des valeurs, ainsi qu'une « gamme de variation » représentant les 5^{e} et 95^{e} centiles, pour chaque paramètre. Ces centiles ont été calculés sur base de la moyenne et de l'écart type de la distribution des valeurs, après transformation logarithmique (logarithme népérien) [6], selon les formules :

- 5^{e} centile = Moyenne - 1.645 * Ecart_Type
- 95^{e} centile = Moyenne + 1.645* Ecart_Type

Les valeurs obtenues sur base logarithmique ont ensuite été converties en valeurs « vraies » par transformation inverse (exp).

Ces intervalles, que nous appelons « gammes de variation » nous donnent des indications quant aux valeurs attendues, pour les principales catégories de sols représentatives des zones d'études de cette convention. Des valeurs sortant de cette gamme, si elles ne sont pas liées à une erreur analytique, peuvent être considérées comme indicatives d'une situation atypique par rapport aux sols étudiés au cours de cette convention (matériau de remblais non rencontré dans cette étude, pollution ponctuelle, anomalie géochimique localisée).

Les moyennes n'ont pas été calculées lorsque nous disposions de moins de 3 observations non manquantes dans la classe concernée. Les gammes de variation n'ont pas été calculées lorsque nous disposions de moins de 7 observations non manquantes dans la classe concernée.

La typologie étant hiérarchisée, nous avons calculé ces statistiques pour chaque niveau de classification. Ceci permet à l'utilisateur de disposer d'estimations à des niveaux peu détaillés, au cas où (i) les estimations sont manquantes pour les niveaux plus détaillés, ou (ii) il ne dispose pas des informations nécessaires à une classification précise de l'échantillon (ex. : groupe de sol pas connu dans le cas d'un sol naturel, type de charge non déterminé dans le cas d'un remblai).

Les classes présentant trop peu de données pour permettre une estimation de la moyenne ou de la gamme de variation ont été maintenues lorsque nous possédions des

6. Cette transformation vise à obtenir des distributions normales. Pour les pH, la transformation logarithmique n'a pas dû être appliquée

éléments permettant de prévoir des différences avec les autres classes. Ces cases vides pourront être complétées par le l'utilisateur au fil de l'acquisition de nouveaux résultats d'analyse de sols en zones de PAP.

Les moyennes calculées, ainsi que les gammes de variations sont valables pour les zones d'étude de cette convention. Toutefois, nous pouvons attendre des gammes similaires dans les zones situées à proximité et présentant des caractéristiques semblables du point de vue géopédologique et en terme de contexte industriel (présent et passé). Ainsi, les résultats pour la zone d'Aubange pourraient éventuellement être extrapolés à la région couverte par les sols des groupes n°62, 64 et 65 (*cf.* figure 5.12). Il s'agit approximativement d'un triangle délimité par une droite Virton-Arlon ainsi que par les frontières françaises et luxembourgeoises. Les résultats pour les zones du Hainaut sont probablement représentatifs des zones de cette province situés à proximité d'installations sidérurgiques et/ou de transformation du charbon. Les résultats pour les zones de la province de Liège pourraient être extrapolés à l'ensemble des zones situées à proximité d'anciennes fonderies de zinc (vallée de la Meuse en aval de Namur, vallée de la Vesdre en aval de Verviers, ainsi que la région de Kelmis et Plombières). Toutefois, la fixation de la limite externe de ces zones « tampons » autour de nos zones serait très arbitraire pour les régions du Hainaut et de Liège. En effet, ces zones sont essentiellement définie par rapport à des retombées, or l'effet des retombées atmosphériques décroit de façon régulière et progresive avec la distance aux cheminées.

Nous avons déterminé à quelle classes de la typologie (pour les 4 niveaux) appartiennent tous les échantillons de sols de cette convention (pas uniquement ceux qui ont été utilisés pour l'établissement de la typologie), pour autant que les informations permettant la classification soient disponibles. Pour chaque échantillon et chaque paramètre, nous avons calculés les rapports entre les valeurs mesurées et les 95^{e} centiles des classes de la typologie des sols, en sélectionnant le niveau de classification le plus élevé pour lequel une valeur de 95^{e} centile a pu être calculée. Les valeurs de ces rapports sont disponibles dans la table **SOLS_OUT_TYPO** de la base de données. Lorsque la valeur du rapport est inférieure à 1, le symbole « <1 » est indiqué ; lorsque la valeur est comprise entre 1 et [1 + incertitude relative sur la mesure] (*cf.* section 2.4), le symbole « ~1 » est indiqué ; lorsque le rapport est supérieur à [1 + incertitude relative sur la mesure], la valeur du rapport est indiquée. Nous pouvons considérer dans ce dernier cas que la valeur est « outlier » par rapport à la typologie des sols. Pour chaque échantillon, les nombres totaux de polluants (organiques, inorganiques et totaux) présentant une valeur « outliers », sont repris dans les 3 dernières colonnes. Il est donc possible de filtrer cette table en considérant un polluant particulier, ou sur base du nombre de polluants présentant des valeurs anormalement élevées.

7.5.2 Valeurs moyennes

7.5.2.1 Horizons profonds

Les valeurs moyennes par classe dans les horizons profonds sont présentées dans les tables 7.8 à 7.18.

TABLE 7.10 – Horizons Profonds - Codes des classes, nombre d'échantillons et moyennes des valeurs des paramètres pédologiques par classe d'échantillon de sol, selon les 4 niveaux de détail de la classification (*cf.* table 7.8) (« / » : nombre d'observations < 3 ; Corg exprimé en g/kg MS ; Argile exprimé en % ; CE exprimé en µS/cm)

Niv.	Niv.1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Code	n	pH_KCl	pH_H2O	Corg	Argile	CE
1	AU				PAU	29	6.2	7.8	7	28	48
	HA				PHA	152	6	7.5	13	17	70
	LG				PLG	137	5.1	6.5	7.8	22	56
2	AU	N			PAUNat	26	6.1	7.7	6.2	29	37
		R			PAURemb	3	7.1	8	14	17	120
	HA	N			PHANat	72	5.5	7.3	2.1	20	41
		R			PHARemb	80	6.4	7.6	22	13	88
	LG	N			PLGNat	97	4.5	6.2	3.1	24	45
		R			PLGRemb	40	6.5	7.6	17	17	85
3	AU	N	62		PAUNat62	6	5.2	7.1	4.4	21	35
			64		PAUNat64	12	5.7	7.7	4.7	17	40
			65		PAUNat65	8	7.3	8.1	10	51	/
		R	RN		PAURembN	1	/	/	/	/	/
			RT		PAURembT	2	/	/	/	/	/
	HA	N	11		PHANat11	6	5.1	/	2.1	19	/
			DI		PHANatDI	66	5.6	7.3	2.1	20	41
		R	RN		PHARembN	43	5.9	7.5	11	15	68
			RT		PHARembT	37	7	7.8	38	11	110
	LG	N	29		PLGNat29	1	/	/	/	/	/
			DI		PLGNatDI	96	4.5	6.2	3.1	23	45
		R	RN		PLGRembN	25	5.8	7.4	7.7	21	62
			RT		PLGRembT	15	7.4	7.9	30	11	130
4	AU	R	RT	RTC	PAURembTC	0	/	/	/	/	/
				RTH	PAURembTH	0	/	/	/	/	/
				RTM	PAURembTM	0	/	/	/	/	/
				RTD	PAURembTD	2	/	/	/	/	/
	HA	R	RT	RTC	PHARembTC	12	7.2	8	38	12	170
				RTH	PHARembTH	11	6.9	7.7	40	10	91
				RTM	PHARembTM	7	7.2	8	/	5.1	160
				RTD	PHARembTD	7	6.5	7.7	25	16	80
	LG	R	RT	RTC	PLGRembTC	10	7.5	8.1	27	10	130
				RTH	PLGRembTH	1	/	/	/	/	/
				RTM	PLGRembTM	1	/	/	/	/	/
				RTD	PLGRembTD	3	7.3	7.4	27	9.9	/

TABLE 7.11 – Horizons Profonds - Moyennes des concentrations des éléments majeurs par classe d'échantillon de sol, selon les 4 niveaux de détail de la classification (*cf.* table 7.8) (« / » : nombre d'observations < 3 ; valeurs en mg/kg MS)

Niv.	Niv.1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Al	Ca	Mg	Mn	Fe
1	AU				26000	22000	4000	2000	68000
	HA				16000	8200	3400	480	25000
	LG				18000	6600	3700	730	29000
2	AU	N			26000	22000	4000	2000	70000
		R			33000	22000	4600	1600	/
	HA	N			19000	2700	3900	450	26000
		R			14000	12000	3000	520	24000
	LG	N			18000	1500	3600	610	30000
		R			16000	19000	3900	1000	28000
3	AU	N	62		26000	3800	3800	1000	83000
			64		23000	15000	3900	3500	84000
			65		29000	46000	4200	530	39000
		R	RN		/	/	/	/	/
			RT		/	/	/	/	/
	HA	N	11		16000	3300	3200	280	21000
			DI		19000	2600	4000	470	26000
		R	RN		14000	4000	3100	450	24000
			RT		14000	22000	3000	600	24000
	LG	N	29		/	/	/	/	/
			DI		18000	1500	3600	610	30000
		R	RN		18000	7900	4000	820	29000
			RT		14000	37000	3800	1300	25000
4	AU	R	RT	RTC	/	/	/	/	/
				RTH	/	/	/	/	/
				RTM	/	/	/	/	/
				RTD	/	/	/	/	/
	HA	R	RT	RTC	13000	32000	2900	530	21000
				RTH	20000	21000	4200	770	29000
				RTM	7200	15000	1600	340	22000
				RTD	12000	11000	2500	740	23000
	LG	R	RT	RTC	15000	47000	4400	1500	29000
				RTH	/	/	/	/	/
				RTM	/	/	/	/	/
				RTD	8700	19000	2100	1500	17000

TABLE 7.12 – Horizons Profonds - Moyennes des concentrations des polluants inorganique (1ere partie) par classe d'échantillon de sol, selon les 4 niveaux de détail de la classification (*cf.* table 7.8) (« / » : nombre d'observations < 3 ; valeurs en mg/kg MS)

Niv.	Niv.1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	CrVI	Cu
1	AU				75	86	1.6	0.62	23	60	1.8	25
	HA				<10	90	<1	<0.4	11	33	0.46	24
	LG				11	95	1	0.45	15	35	0.8	23
2	AU	N			79	76	1.6	0.64	24	61	2	25
		R			/	170	2.1	0.44	17	/	0.34	27
	HA	N			<10	74	<1	<0.4	9.6	36	0.67	13
		R			10	100	<1	<0.4	12	30	0.28	34
	LG	N			<10	80	<1	<0.4	15	36	0.9	15
		R			16	130	1.2	0.87	15	31	0.57	44
3	AU	N	62		84	52	1.5	<0.4	25	50	2.4	18
			64		110	56	1.7	<0.4	27	71	2.4	13
			65		28	120	1.5	1.4	20	55	0.88	46
		R	RN		/	/	/	/	/	/	/	/
			RT		/	/	/	/	/	/	/	/
	HA	N	11		<10	48	<1	<0.4	7.2	37	0.53	8.6
			DI		<10	76	<1	<0.4	9.9	36	0.68	13
		R	RN		<10	74	<1	<0.4	11	30	0.39	19
			RT		13	140	1.1	0.45	14	30	0.16	51
	LG	N	29		/	/	/	/	/	/	/	/
			DI		<10	80	<1	<0.4	15	36	0.9	15
		R	RN		11	81	1	0.4	14	32	0.75	21
			RT		27	210	1.4	1.9	16	27	0.3	88
4	AU	R	RT	RTC	/	/	/	/	/	/	/	/
				RTH	/	/	/	/	/	/	/	/
				RTM	/	/	/	/	/	/	/	/
				RTD	/	/	/	/	/	/	/	/
	HA	R	RT	RTC	12	120	1	0.79	13	33	0.18	56
				RTH	14	200	1.5	<0.4	17	35	<0.1	58
				RTM	19	100	<1	<0.4	14	19	<0.1	48
				RTD	<10	110	<1	<0.4	12	26	0.29	35
	LG	R	RT	RTC	32	230	1.4	2.3	15	29	0.4	100
				RTH	/	/	/	/	/	/	/	/
				RTM	/	/	/	/	/	/	/	/
				RTD	/	120	1.1	/	/	22	0.15	/

TABLE 7.13 – Horizons Profonds - Moyennes des concentrations des polluants inorganique (2e partie) par classe d'échantillon de sol, selon les 4 niveaux de détail de la classification (*cf.* table 7.8) (« / » : nombre d'observations < 3 ; valeurs en mg/kg MS)

Niv.	Niv.1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Hg	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	Zn
1	AU				<0.1	6.1	66	30	<2	2.8	<5	120
	HA				0.13	<5	29	35	<2	2.3	<5	64
	LG				<0.1	<5	36	35	2.9	2.5	6	84
2	AU	N			<0.1	6.4	68	28	<2	2.7	<5	120
		R			<0.1	/	46	49	<2	3.2	<5	170
	HA	N			<0.1	<5	28	12	<2	2.4	<5	46
		R			0.19	<5	30	55	<2	2.2	5.1	79
	LG	N			<0.1	<5	36	15	<2	2	<5	68
		R			0.11	<5	34	90	7.2	3.7	11	130
3	AU	N	62		<0.1	5.5	39	29	<2	2.4	<5	100
			64		<0.1	<5	68	30	<2	2.5	<5	120
			65		<0.1	13	87	23	<2	3.3	<5	130
		R	RN		/	/	/	/	/	/	/	/
			RT		/	/	/	/	/	/	/	/
	HA	N	11		<0.1	<5	18	7.5	<2	2.8	<5	31
			DI		<0.1	<5	29	13	<2	2.4	<5	47
		R	RN		<0.1	<5	27	23	<2	2.3	<5	52
			RT		0.32	<5	32	92	<2	2.2	8.4	110
	LG	N	29		/	/	/	/	/	/	/	/
			DI		<0.1	<5	36	15	<2	2	<5	68
		R	RN		<0.1	<5	33	46	<2	2.8	<5	96
			RT		0.18	<5	37	220	18	5	24	280
4	AU	R	RT	RTC	/	/	/	/	/	/	/	/
				RTH	/	/	/	/	/	/	/	/
				RTM	/	/	/	/	/	/	/	/
				RTD	/	/	/	/	/	/	/	/
	HA	R	RT	RTC	0.49	<5	27	150	2.1	2.6	15	120
				RTH	0.28	<5	41	85	<2	2.2	<5	130
				RTM	0.29	<5	31	64	<2	<2	10	120
				RTD	<0.1	<5	28	31	<2	2.3	<5	61
	LG	R	RT	RTC	0.21	<5	36	270	19	5.5	33	270
				RTH	/	/	/	/	/	/	/	/
				RTM	/	/	/	/	/	/	/	/
				RTD	/	<5	/	/	20	4.1	7.7	/

TABLE 7.14 – Horizons Profonds - Moyennes des concentrations des BTEX et du styrène par classe d'échantillon de sol, selon les 4 niveaux de détail de la classification (*cf.* table 7.8) (« / » : nombre d'observations < 3 ; valeurs en mg/kg MS)

Niv.	Niv.1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Ben	Tolu	EBen	oXyl	mpXyl	Xyl_tot	BTEX	Styr
1	AU				<0.01	0.028	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	0.05	<0.003
	HA				0.011	0.044	<0.01	<0.01	0.012	0.02	0.092	0.0043
	LG				<0.01	0.024	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	0.052	<0.003
2	AU	N			<0.01	0.029	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	0.05	<0.003
		R			<0.01	0.024	<0.01	<0.01	0.01	<0.02	<0.05	<0.003
	HA	N			<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	0.0046
		R			0.012	0.076	<0.01	<0.01	0.014	0.022	0.14	0.0041
	LG	N			<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003
		R			0.013	0.07	<0.01	<0.01	0.013	<0.02	0.1	<0.003
3	AU	N	62		<0.01	0.026	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003
			64		<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003
			65		<0.01	0.063	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	0.075	<0.003
		R	RN		/	/	/	/	/	/	/	/
			RT		/	/	/	/	/	/	/	/
	HA	N	11		<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003
			DI		<0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	0.0048
		R	RN		<0.01	0.047	<0.01	<0.01	0.012	0.021	0.079	0.0047
			RT		0.016	0.11	<0.01	<0.01	0.017	0.023	0.21	0.0033
	LG	N	29		/	/	/	/	/	/	/	/
			DI		<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003
		R	RN		<0.01	0.033	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	0.055	<0.003
			RT		0.029	0.17	<0.01	<0.01	0.027	0.03	0.22	<0.003
4	AU	R	RT	RTC	/	/	/	/	/	/	/	/
				RTH	/	/	/	/	/	/	/	/
				RTM	/	/	/	/	/	/	/	/
				RTD	/	/	/	/	/	/	/	/
	HA	R	RT	RTC	0.014	0.097	<0.01	<0.01	0.014	0.021	0.13	0.0051
				RTH	0.024	0.088	<0.01	<0.01	0.021	0.026	0.13	<0.003
				RTM	0.01	0.14	<0.01	<0.01	0.014	<0.02	0.16	<0.003
				RTD	<0.01	0.18	0.011	0.01	0.019	0.028	0.65	<0.003
	LG	R	RT	RTC	0.017	0.12	<0.01	<0.01	0.019	0.023	0.16	<0.003
				RTH	/	/	/	/	/	/	/	/
				RTM	/	/	/	/	/	/	/	/
				RTD	0.013	0.25	<0.01	<0.01	0.018	<0.02	0.27	<0.003

TABLE 7.15 – Horizons Profonds - Moyennes des concentrations des HAP (1ere partie) par classe d'échantillon de sol, selon les 4 niveaux de détail de la classification (*cf.* table 7.8) (« / » : nombre d'observations < 3 ; valeurs en mg/kg MS)

Niv.	Niv.1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Naph	Ace	Acyl	Fle	Phen	Ant	Fla	Pyr	BaA
1	AU				0.004	0.0031	<0.015	0.0039	0.019	0.0049	0.084	0.056	0.04
	HA				0.01	0.0072	<0.015	0.0069	0.12	0.016	0.23	0.17	0.11
	LG				0.0041	0.0036	<0.015	0.005	0.037	0.006	0.081	0.061	0.036
2	AU	N			0.0033	<0.003	<0.015	0.003	0.0035	<2e-04	0.018	0.0032	0.0066
		R			0.0092	0.01	<0.015	0.011	0.14	0.03	0.64	0.46	0.32
	HA	N			<0.003	<0.003	<0.015	<0.003	<0.003	0.0005	0.0036	<0.003	<0.003
		R			0.018	0.012	<0.015	0.011	0.22	0.032	0.46	0.34	0.22
	LG	N			0.003	<0.003	<0.015	<0.003	0.0031	0.0007	0.0045	0.0034	0.0031
		R			0.0073	0.0073	<0.015	0.012	0.14	0.021	0.3	0.23	0.13
3	AU	N	62		0.0061	<0.003	<0.015	<0.003	0.0049	<2e-04	0.0034	0.0041	<0.003
			64		<0.003	<0.003	<0.015	0.0036	<0.003	<2e-04	0.033	0.0035	0.01
			65		0.0031	<0.003	<0.015	<0.003	0.0039	<2e-04	0.0045	<0.003	0.004
		R	RN		/	/	/	/	/	/	/	/	/
			RT		/	/	/	/	/	/	/	/	/
	HA	N	11		<0.003	<0.003	<0.015	<0.003	<0.003	<2e-04	<0.003	<0.003	<0.003
			DI		<0.003	<0.003	<0.015	<0.003	<0.003	0.0006	0.0037	<0.003	<0.003
		R	RN		0.0068	0.004	<0.015	0.0051	0.059	0.0053	0.06	0.043	0.027
			RT		0.034	0.022	<0.015	0.02	0.42	0.066	0.97	0.71	0.47
	LG	N	29		/	/	/	/	/	/	/	/	/
			DI		0.003	<0.003	<0.015	<0.003	0.0031	0.0007	0.0046	0.0034	0.0031
		R	RN		0.0043	0.0059	<0.015	0.0091	0.079	0.015	0.2	0.14	0.092
			RT		0.017	0.011	<0.015	0.021	0.31	0.038	0.63	0.49	0.26
4	AU	R	RT	RTC	/	/	/	/	/	/	/	/	/
				RTH	/	/	/	/	/	/	/	/	/
				RTM	/	/	/	/	/	/	/	/	/
				RTD	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	HA	R	RT	RTC	0.034	0.019	<0.015	0.033	0.5	0.088	1.2	0.82	0.61
				RTH	0.039	0.029	<0.015	0.019	0.35	0.052	0.97	0.88	0.55
				RTM	0.042	0.035	<0.015	0.0062	0.72	0.092	1.1	0.68	0.37
				RTD	0.016	0.0039	<0.015	0.0039	0.094	0.01	0.15	0.11	0.061
	LG	R	RT	RTC	0.018	0.019	<0.015	0.026	0.47	0.063	1.1	0.85	0.44
				RTH	/	/	/	/	/	/	/	/	/
				RTM	/	/	/	/	/	/	/	/	/
				RTD	0.016	0.004	<0.015	0.0059	0.086	0.012	0.2	0.14	0.083

TABLE 7.16 – Horizons Profonds - Moyennes des concentrations des HAP (2e partie) par classe d'échantillon de sol, selon les 4 niveaux de détail de la classification (*cf.* table 7.8) (« / » : nombre d'observations < 3 ; valeurs en mg/kg MS)

Niv.	Niv.1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Chrys	BbF	BkF	BaP	dBahA	BghiP	I123cdP	HAP16
1	AU				0.041	0.045	0.022	0.042	0.0078	0.025	0.017	0.46
	HA				0.13	0.067	0.029	0.13	0.0081	0.024	0.018	0.97
	LG				0.036	0.023	0.02	0.041	0.0042	0.014	0.014	0.43
2	AU	N			0.0039	0.0032	0.0041	0.0053	<0.003	0.0039	0.0043	0.11
		R			0.31	0.36	0.17	0.35	0.052	0.2	/	3.4
	HA	N			0.0032	0.0031	<0.003	<0.003	<0.003	0.004	0.003	<0.057
		R			0.25	0.13	0.057	0.25	0.014	0.046	0.034	1.9
	LG	N			<0.003	0.0032	<0.003	0.003	<0.003	0.0031	0.0038	<0.057
		R			0.13	0.084	0.071	0.15	0.01	0.047	0.044	1.5
3	AU	N	62		0.0047	0.0032	<0.003	<0.003	<0.003	0.0051	<0.003	<0.057
			64		0.0035	<0.003	0.0062	0.0081	<0.003	0.0046	0.0057	0.17
			65		0.004	0.0037	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	0.0037	<0.057
		R	RN		/	/	/	/	/	/	/	/
			RT		/	/	/	/	/	/	/	/
	HA	N	11		<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	0.013	0.0087	<0.057
			DI		0.0033	0.0032	<0.003	<0.003	<0.003	0.0032	<0.003	<0.057
		R	RN		0.035	0.034	0.014	0.028	0.005	0.016	0.018	0.37
			RT		0.51	0.26	0.12	0.53	0.025	0.088	0.057	3.8
	LG	N	29		/	/	/	/	/	/	/	/
			DI		<0.003	0.0032	<0.003	0.003	<0.003	0.0031	0.0038	<0.057
		R	RN		0.086	0.018	0.053	0.12	0.0033	0.01	0.0098	1.1
			RT		0.26	0.27	0.12	0.24	0.028	0.15	0.14	3
4	AU	R	RT	RTC	/	/	/	/	/	/	/	/
				RTH	/	/	/	/	/	/	/	/
				RTM	/	/	/	/	/	/	/	/
				RTD	/	/	/	/	/	/	/	/
	HA	R	RT	RTC	0.64	0.32	0.14	0.81	0.027	0.11	0.056	3.3
				RTH	0.62	0.25	0.054	0.51	0.029	0.049	0.072	5.5
				RTM	0.39	0.27	0.23	0.33	0.031	0.16	0.055	4.6
				RTD	0.066	0.089	0.027	0.049	0.0055	0.039	0.039	0.72
	LG	R	RT	RTC	0.43	0.44	0.21	0.42	0.044	0.24	0.24	5
				RTH	/	/	/	/	/	/	/	/
				RTM	/	/	/	/	/	/	/	/
				RTD	0.092	0.12	0.046	0.083	0.013	0.065	0.05	1

TABLE 7.17 – Horizons Profonds - Moyennes des concentrations des HTP par classe d'échantillon de sol, selon les 4 niveaux de détail de la classification (*cf.* table 7.8) (« / » : nombre d'observations < 3 ; valeurs en mg/kg MS)

Niv.	Niv.1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	HTP10a12	HTP12a16	HTP16a21	HTP21a30	HTP30a35	HTP35a40	HTP_tot
1	AU				9	4.4	4	4.3	3.5	<3	23
	HA				3.9	3.7	4.1	4.4	3.5	<3	20
	LG				3.9	3.3	3	3.5	<3	3	<16
2	AU	N			8.9	4.3	3.9	4	3.4	<3	22
		R			9.7	4.9	5	6.8	4.8	3.1	29
	HA	N			4	3.3	<3	<3	3.1	<3	<16
		R			3.8	4	5.3	6	3.8	3.3	24
	LG	N			3.9	3.3	<3	<3	<3	<3	<16
		R			3.7	3.3	4	6.4	3.8	5.5	21
3	AU	N	62		9	3.9	4	3	<3	<3	21
			64		10	4.3	3.4	3.4	<3	<3	20
			65		6.8	4.4	4.5	5.5	4.5	<3	26
		R	RN		/	/	/	/	/	/	/
			RT		/	/	/	/	/	/	/
	HA	N	11		5	3.3	<3	<3	<3	<3	<16
			DI		3.9	3.4	<3	3	3.2	<3	<16
		R	RN		3.8	4	3.7	3.8	3.3	<3	17
			RT		3.8	4	7.2	8.8	4.5	4.4	33
	LG	N	29		/	/	/	/	/	/	/
			DI		3.9	3.3	<3	<3	<3	<3	<16
		R	RN		4	3.3	3.6	3.6	<3	<3	17
			RT		3	3.3	5.3	15	6.8	13	34
4	AU	R	RT	RTC	/	/	/	/	/	/	/
				RTH	/	/	/	/	/	/	/
				RTM	/	/	/	/	/	/	/
				RTD	/	/	/	/	/	/	/
	HA	R	RT	RTC	3.9	3.3	5.9	10	4.6	3.1	28
				RTH	3.8	4.6	8.4	8	4.5	7.7	39
				RTM	5.1	3.4	12	10	4.4	<3	46
				RTD	2.3	4.9	4.3	5.4	4.5	<3	21
	LG	R	RT	RTC	4.4	3.5	4.4	14	6.4	21	32
				RTH	/	/	/	/	/	/	/
				RTM	/	/	/	/	/	/	/
				RTD	<1.5	3.2	5.8	17	7.6	4	37

TABLE 7.18 – Horizons Profonds - Moyennes des concentrations des CN, IP et EOX par classe d'échantillon de sol, selon les 4 niveaux de détail de la classification (*cf.* table 7.8) (« / » : nombre d'observations < 3 ; valeurs en mg/kg MS)

Niv.	Niv.1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	CN_tot	CN_lib	CN_ncd	IP	EOX
1	AU				<0.5	<0.3	/	0.0055	<0.3
	HA				<0.5	<0.3	<0.5	0.0045	<0.3
	LG				<0.5	<0.3	/	0.0043	<0.3
2	AU	N			<0.5	<0.3	/	0.0049	<0.3
		R			<0.5	<0.3	/	0.01	<0.3
	HA	N			<0.5	<0.3	/	0.0031	<0.3
		R			<0.5	<0.3	<0.5	0.0058	<0.3
	LG	N			<0.5	<0.3	/	0.0037	<0.3
		R			<0.5	<0.3	/	0.0059	<0.3
3	AU	N	62		<0.5	<0.3	/	0.0049	<0.3
			64		<0.5	<0.3	/	0.0051	<0.3
			65		<0.5	<0.3	/	0.0046	<0.3
		R	RN		/	/	/	/	/
			RT		/	/	/	/	/
	HA	N	11		<0.5	<0.3	/	<0.003	<0.3
			DI		<0.5	<0.3	/	0.0032	<0.3
		R	RN		<0.5	<0.3	/	0.0044	<0.3
			RT		<0.5	<0.3	/	0.0074	<0.3
	LG	N	29		/	/	/	/	/
			DI		<0.5	<0.3	/	0.0037	<0.3
		R	RN		<0.5	<0.3	/	0.0048	<0.3
			RT		<0.5	<0.3	/	0.0089	0.41
4	AU	R	RT	RTC	/	/	/	/	/
				RTH	/	/	/	/	/
				RTM	/	/	/	/	/
				RTD	/	/	/	/	/
	HA	R	RT	RTC	<0.5	<0.3	/	0.006	0.35
				RTH	<0.5	<0.3	/	0.0083	<0.3
				RTM	<0.5	<0.3	/	0.0055	<0.3
				RTD	<0.5	<0.3	/	0.011	<0.3
	LG	R	RT	RTC	<0.5	<0.3	/	0.011	<0.3
				RTH	/	/	/	/	/
				RTM	/	/	/	/	/
				RTD	<0.5	<0.3	/	0.0071	0.74

7.5.2.2 Horizons de surface

Les valeurs moyennes par classes pour les horizons de surface sont présentées dans les tables 7.19 à 7.36.

TABLE 7.19 – Horizons de Surface - Codes des classes, nombre d'échantillons et moyennes des valeurs des paramètres pédologiques par classe d'échantillon de sol, selon les 3 premiers niveaux de détail de la classification (*cf.* table 7.9) (« / » : nombre d'observations < 3 ; Corg exprimé en g/kg MS ; Argile exprimé en % ; CE exprimé en µS/cm)

Niv.	Niv.1	Niv.2	Niv.3	Code	n	pH_KCl	pH_H2O	Corg	Argile	CE
1	AU			SAU	67	6.4	7.3	33	23	120
	HA			SHA	330	6.5	7.1	47	15	130
	LG			SLG	341	6	6.6	45	16	130
2	AU	AG		SAUAG	24	6	7.1	26	25	68
		FO		SAUFO	8	5.2	6.2	51	29	92
		PA		SAUPA	4	6.5	7.7	26	15	90
		PO		SAUPO	31	7.1	7.6	35	21	160
	HA	AG		SHAAG	90	6	7.1	33	16	91
		FO		SHAFO	14	3.5	4.4	52	16	110
		PA		SHAPA	59	6.5	7.3	45	14	100
		PO		SHAPO	167	6.9	7.4	54	14	160
	LG	AG		SLGAG	86	5.7	6.7	32	20	80
		FO		SLGFO	54	3.7	4.6	82	14	140
		PA		SLGPA	39	6.3	7.1	38	16	110
		PO		SLGPO	162	6.7	7.3	43	14	160
3	AU	AG	N	SAUAGNat	24	6	7.1	26	25	68
			R	SAUAGRemb	0	/	/	/	/	/
		PA	N	SAUPANat	1	/	/	/	/	/
			R	SAUPARemb	3	6.9	7.6	31	14	110
		PO	N	SAUPONat	17	7.1	7.7	36	22	160
			R	SAUPORemb	14	7.1	7.6	34	21	170
	HA	AG	N	SHAAGNat	64	6	7.1	27	16	84
			R	SHAAGRemb	26	6.1	7.2	49	16	100
		PA	N	SHAPANat	6	6.4	7.3	33	14	87
			R	SHAPARemb	53	6.5	7.4	47	15	100
		PO	N	SHAPONat	39	6.9	7.4	49	14	170
			R	SHAPORemb	128	6.9	7.5	56	14	150
	LG	AG	N	SLGAGNat	77	5.7	6.7	30	20	81
			R	SLGAGRemb	9	5.8	6.6	47	21	72
		PA	N	SLGPANat	7	5.5	6.4	44	20	99
			R	SLGPARemb	32	6.6	7.3	36	16	110
		PO	N	SLGPONat	66	6.7	7.4	37	15	160
			R	SLGPORemb	96	6.8	7.3	47	14	160

TABLE 7.20 – Horizons de Surface - Codes des classes, nombre d'échantillons et moyennes des valeurs des paramètres pédologiques par classe d'échantillon de sol, selon le 4e niveau de détail de la classification (*cf.* table 7.9) (« / » : nombre d'observations < 3 ; Corg exprimé en g/kg MS ; Argile exprimé en % ; CE exprimé en µS/cm)

Niv.1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Code	n	pH_KCl	pH_H2O	Corg	Argile	CE
AU	AG	N	62	SAUAGNat62	4	5.2	6.4	34	26	62
			64	SAUAGNat64	14	6.2	7.2	20	21	64
			65	SAUAGNat65	6	6.4	7.4	34	34	88
		R	RN	SAUAGRembN	0	/	/	/	/	/
			RT	SAUAGRembT	0	/	/	/	/	/
	FO	N	62	SAUFONat62	2	/	/	/	/	/
			64	SAUFONat64	2	/	/	/	/	/
			65	SAUFONat65	4	5.5	6.3	60	39	100
	PA	N	62	SAUPANat62	1	/	/	/	/	/
			64	SAUPANat64	0	/	/	/	/	/
			65	SAUPANat65	0	/	/	/	/	/
		R	RN	SAUPARembN	3	6.9	7.6	31	14	110
			RT	SAUPARembT	0	/	/	/	/	/
	PO	N	62	SAUPONat62	2	/	/	/	/	/
			64	SAUPONat64	2	/	/	/	/	/
			65	SAUPONat65	13	7.2	7.7	38	25	160
		R	RN	SAUPORembN	4	7.1	/	31	18	140
			RT	SAUPORembT	10	7.1	7.6	35	21	180
HA	AG	N	11	SHAAGNat11	6	5.1	/	23	16	/
			DI	SHAAGNatDI	58	6.1	7.1	27	16	84
		R	RN	SHAAGRembN	13	5.8	6.8	43	16	89
			RT	SHAAGRembT	13	6.5	7.5	55	16	120
	FO	N	11	SHAFONat11	0	/	/	/	/	/
			DI	SHAFONatDI	14	3.5	4.4	52	16	110
	PA	N	11	SHAPANat11	0	/	/	/	/	/
			DI	SHAPANatDI	6	6.4	7.3	33	14	87
		R	RN	SHAPARembN	18	6	7.1	35	16	84
			RT	SHAPARembT	35	6.7	7.5	53	14	110
	PO	N	11	SHAPONat11	0	/	/	/	/	/
			DI	SHAPONatDI	39	6.9	7.4	49	14	170
		R	RN	SHAPORembN	10	6.9	7.3	55	15	180
			RT	SHAPORembT	118	6.9	7.5	56	14	150
LG	AG	N	29	SLGAGNat29	8	6	6.6	38	25	99
			DI	SLGAGNatDI	69	5.7	6.7	29	20	80
		R	RN	SLGAGRembN	6	5.6	6.3	45	17	51
			RT	SLGAGRembT	3	6.1	7	50	26	100
	FO	N	29	SLGFONat29	3	/	/	/	/	/
			DI	SLGFONatDI	51	3.7	4.6	84	14	140
	PA	N	29	SLGPANat29	1	/	/	/	/	/
			DI	SLGPANatDI	6	5.7	6.4	44	18	99
		R	RN	SLGPARembN	13	6.1	7.1	27	19	100
			RT	SLGPARembT	19	6.8	7.5	43	13	120
	PO	N	29	SLGPONat29	2	/	/	/	/	/
			DI	SLGPONatDI	64	6.8	7.4	37	14	160
		R	RN	SLGPORembN	11	6.8	7.3	39	13	160
			RT	SLGPORembT	85	6.8	7.3	48	14	160

TABLE 7.21 – Horizons de Surface - Moyennes des concentrations en éléments majeurs pédologiques par classe d'échantillon de sol, selon les 3 premiers niveaux de détail de la classification (*cf.* table 7.9) (« / » : nombre d'observations < 3 ; valeurs en mg/kg MS)

Niv.	Niv.1	Niv.2	Niv.3	Al	Ca	Mg	Mn	Fe
1	AU			23000	19000	3400	2000	66000
	HA			16000	10000	2800	580	24000
	LG			16000	8900	2800	860	26000
2	AU	AG		23000	5900	3200	2400	76000
		FO		26000	6100	3400	1500	58000
		PA		14000	9600	2900	1100	/
		PO		23000	33000	3600	1900	63000
	HA	AG		15000	5100	2700	530	21000
		FO		12000	2100	2200	560	24000
		PA		14000	11000	3000	570	25000
		PO		17000	13000	2900	620	26000
	LG	AG		17000	3500	2800	820	23000
		FO		11000	1900	1500	750	23000
		PA		14000	13000	3000	810	27000
		PO		19000	13000	3100	930	29000
3	AU	AG	N	23000	5900	3200	2400	76000
			R	/	/	/	/	/
		PA	N	/	/	/	/	/
			R	/	12000	3300	/	/
		PO	N	23000	38000	3500	1700	56000
			R	23000	29000	3800	2200	71000
	HA	AG	N	14000	3700	2600	510	20000
			R	15000	8400	3000	570	23000
		PA	N	16000	5300	2700	570	24000
			R	14000	12000	3000	570	25000
		PO	N	16000	11000	2700	590	24000
			R	18000	14000	3000	630	27000
	LG	AG	N	17000	3400	2800	840	23000
			R	16000	3900	2700	640	24000
		PA	N	16000	3600	2600	840	28000
			R	13000	14000	3200	800	27000
		PO	N	18000	11000	3100	900	27000
			R	19000	14000	3100	960	30000

TABLE 7.22 – Horizons de Surface - Moyennes des concentrations en éléments majeurs par classe d'échantillon de sol, selon le 4e niveau de détail de la classification (*cf.* table 7.9) (« / » : nombre d'observations < 3 ; valeurs en mg/kg MS)

Niv.1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Al	Ca	Mg	Mn	Fe
AU	AG	N	62	20000	3400	2700	1300	57000
			64	23000	5200	3200	3300	98000
			65	26000	9800	3200	810	39000
		R	RN	/	/	/	/	/
			RT	/	/	/	/	/
	FO	N	62	/	/	/	/	/
			64	/	/	/	/	/
			65	27000	7200	3200	570	43000
	PA	N	62	/	/	/	/	/
			64	/	/	/	/	/
			65	/	/	/	/	/
		R	RN	/	12000	3300	/	/
			RT	/	/	/	/	/
	PO	N	62	/	/	/	/	/
			64	/	/	/	/	/
			65	20000	46000	3400	1400	46000
		R	RN	27000	18000	3600	1600	65000
			RT	21000	33000	3900	2400	73000
HA	AG	N	11	11000	3000	2400	410	18000
			DI	15000	3800	2600	520	20000
		R	RN	13000	5300	2600	550	21000
			RT	17000	12000	3300	590	24000
	FO	N	11	/	/	/	/	/
			DI	12000	2100	2200	560	24000
	PA	N	11	/	/	/	/	/
			DI	16000	5300	2700	570	24000
		R	RN	14000	5700	2700	560	25000
			RT	13000	15000	3200	580	25000
	PO	N	11	/	/	/	/	/
			DI	16000	11000	2700	590	24000
		R	RN	16000	9900	3200	520	24000
			RT	18000	14000	2900	640	27000
LG	AG	N	29	27000	5100	4100	1600	32000
			DI	16000	3200	2600	760	22000
		R	RN	15000	3500	2700	670	24000
			RT	17000	4600	2800	590	24000
	FO	N	29	17000	/	2600	2900	40000
			DI	10000	1700	1500	620	22000
	PA	N	29	/	/	/	/	/
			DI	15000	3900	2400	840	28000
		R	RN	15000	11000	2900	700	25000
			RT	13000	17000	3300	870	28000
	PO	N	29	/	/	/	/	/
			DI	18000	11000	3000	890	27000
		R	RN	24000	14000	3800	990	32000
			RT	18000	14000	3100	950	30000

TABLE 7.23 – Horizons de Surface - Moyennes des concentrations en polluants inorganiques (1ere partie) par classe d'échantillon de sol, selon les 3 premiers niveaux de détail de la classification (*cf.* table 7.9) (« / » : nombre d'observations < 3 ; valeurs en mg/kg MS)

Niv.	Niv.1	Niv.2	Niv.3	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	CrVI	Cu
1	AU			52	160	1.8	0.66	23	66	0.25	34
	HA			11	170	<1	0.65	12	38	0.11	39
	LG			15	160	<1	3.2	12	35	0.11	44
2	AU	AG		58	88	1.7	0.42	25	68	0.52	22
		FO		37	100	1.5	0.71	18	49	<0.1	20
		PA		/	80	1.2	<0.4	17	/	0.12	18
		PO		51	250	1.9	0.88	25	73	0.11	49
	HA	AG		<10	97	<1	0.44	9.8	32	0.13	23
		FO		12	47	<1	<0.4	8	29	<0.1	17
		PA		10	120	<1	0.53	11	34	<0.1	33
		PO		12	230	1	0.82	13	43	0.13	52
	LG	AG		11	92	<1	2.7	11	32	0.14	26
		FO		16	52	<1	3	7.4	24	<0.1	26
		PA		15	120	<1	1.8	12	31	0.13	40
		PO		17	230	1.1	3.9	14	41	0.12	60
3	AU	AG	N	58	88	1.7	0.42	25	68	0.52	22
			R	/	/	/	/	/	/	/	/
		PA	N	/	/	/	/	/	/	/	/
			R	/	92	1.4	<0.4	16	/	0.1	18
		PO	N	48	240	1.8	0.88	23	74	0.14	51
			R	55	260	2	0.88	27	72	<0.1	47
	HA	AG	N	<10	78	<1	<0.4	9.1	31	0.16	19
			R	<10	140	<1	0.54	11	34	<0.1	34
		PA	N	10	81	<1	0.43	10	34	<0.1	20
			R	10	130	<1	0.54	11	33	<0.1	34
		PO	N	10	170	<1	0.69	12	42	<0.1	43
			R	12	250	1.1	0.86	14	43	0.14	54
	LG	AG	N	11	93	<1	2.7	11	32	0.14	25
			R	14	82	<1	2.4	11	32	0.1	33
		PA	N	15	110	<1	2.4	12	32	<0.1	35
			R	15	120	<1	1.7	12	31	0.14	41
		PO	N	15	180	<1	3.8	12	38	0.17	48
			R	18	260	1.2	4	14	44	<0.1	68

TABLE 7.24 – Horizons de Surface - Moyennes des concentrations en polluants inorganiques (1ere partie) par classe d'échantillon de sol, selon le 4e niveau de détail de la classification (*cf.* table 7.9) (« / » : nombre d'observations < 3 ; valeurs en mg/kg MS)

Niv.1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	CrVI	Cu
AU	AG	N	62	56	76	1.4	<0.4	22	52	0.25	18
			64	75	86	2	<0.4	31	82	0.74	17
			65	20	100	1.3	0.78	15	44	0.12	37
		R	RN	/	/	/	/	/	/	/	/
			RT	/	/	/	/	/	/	/	/
	FO	N	62	/	/	/	/	/	/	/	/
			64	/	/	/	/	/	/	/	/
			65	23	110	1.3	1	14	54	<0.1	28
	PA	N	62	/	/	/	/	/	/	/	/
			64	/	/	/	/	/	/	/	/
			65	/	/	/	/	/	/	/	/
		R	RN	/	92	1.4	<0.4	16	/	0.1	18
			RT	/	/	/	/	/	/	/	/
	PO	N	62	/	/	/	/	/	/	/	/
			64	/	/	/	/	/	/	/	/
			65	32	250	1.7	1	18	69	<0.1	55
		R	RN	60	200	2	1	31	64	<0.1	39
			RT	52	280	2	0.82	25	75	<0.1	51
HA	AG	N	11	<10	54	<1	<0.4	6.3	25	/	13
			DI	<10	80	<1	0.4	9.4	31	0.16	19
		R	RN	<10	92	<1	0.5	9.7	33	<0.1	26
			RT	<10	190	1.1	0.57	13	35	<0.1	42
	FO	N	11	/	/	/	/	/	/	/	/
			DI	12	47	<1	<0.4	8	29	<0.1	17
	PA	N	11	/	/	/	/	/	/	/	/
			DI	10	81	<1	0.43	10	34	<0.1	20
		R	RN	10	94	<1	0.49	9.9	36	<0.1	23
			RT	11	140	<1	0.57	12	32	<0.1	40
	PO	N	11	/	/	/	/	/	/	/	/
			DI	10	170	<1	0.69	12	42	<0.1	43
		R	RN	<10	200	<1	0.73	13	46	0.41	49
			RT	12	260	1.1	0.87	14	43	0.11	55
LG	AG	N	29	19	160	1.6	3.5	17	46	/	39
			DI	10	85	<1	2.6	11	30	0.15	24
		R	RN	13	80	<1	2.5	11	32	0.11	32
			RT	15	85	<1	2.3	11	32	<0.1	34
	FO	N	29	/	/	/	9.6	13	35	/	42
			DI	16	47	<1	2.6	7	24	<0.1	25
	PA	N	29	/	/	/	/	/	/	/	/
			DI	16	120	<1	2.5	12	31	<0.1	35
		R	RN	13	94	<1	1.5	11	31	0.18	39
			RT	17	130	1	1.8	12	31	0.12	42
	PO	N	29	/	/	/	/	/	/	/	/
			DI	15	180	<1	3.8	12	38	0.17	48
		R	RN	19	360	1.3	4.2	15	52	0.14	86
			RT	18	250	1.2	3.9	14	43	<0.1	66

TABLE 7.25 – Horizons de Surface - Moyennes des concentrations en polluants inorganiques (2e partie) par classe d'échantillon de sol, selon les 3 premiers niveaux de détail de la classification (*cf.* table 7.9) (« / » : nombre d'observations < 3 ; valeurs en mg/kg MS)

Niv.	Niv.1	Niv.2	Niv.3	Hg	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	Zn
1	AU			0.12	5.1	52	76	<2	3.6	<5	240
	HA			0.22	<5	28	120	<2	2.1	5.4	200
	LG			0.29	<5	28	230	3.9	2.2	6.2	560
2	AU	AG		<0.1	5	58	48	<2	2.6	<5	160
		FO		0.12	8.1	42	72	<2	4.4	<5	190
		PA		<0.1	<5	38	43	<2	3.2	<5	130
		PO		0.16	<5	53	110	<2	4.2	<5	330
	HA	AG		0.12	<5	23	53	<2	2.4	<5	99
		FO		0.21	<5	18	78	<2	<2	<5	69
		PA		0.2	<5	28	90	<2	2.1	<5	150
		PO		0.27	<5	31	160	<2	2	7	280
	LG	AG		0.16	<5	26	110	<2	2	<5	410
		FO		0.38	<5	19	250	3.6	<2	5	270
		PA		0.23	<5	29	220	2.1	2.5	<5	430
		PO		0.35	<5	32	290	5.5	2.3	8	750
3	AU	AG	N	<0.1	5	58	48	<2	2.6	<5	160
			R	/	/	/	/	/	/	/	/
		PA	N	/	/	/	/	/	/	/	/
			R	<0.1	<5	42	49	<2	2.9	<5	140
		PO	N	0.18	5.4	53	110	<2	3.4	<5	340
			R	0.14	<5	53	99	<2	5.1	<5	310
	HA	AG	N	0.1	<5	20	39	<2	2.5	<5	82
			R	0.17	<5	28	83	<2	2.2	<5	140
		PA	N	0.18	<5	24	54	<2	2.5	<5	95
			R	0.2	<5	29	93	<2	2.1	<5	160
		PO	N	0.22	<5	27	140	<2	<2	<5	210
			R	0.29	<5	32	170	<2	2.1	7.7	300
	LG	AG	N	0.15	<5	26	110	<2	<2	<5	420
			R	0.23	<5	29	110	<2	3.2	<5	380
		PA	N	0.19	<5	29	170	2.6	2.5	<5	410
			R	0.23	<5	29	230	<2	2.5	<5	430
		PO	N	0.27	<5	28	230	3.1	2.1	5.5	700
			R	0.4	<5	35	330	7.1	2.4	9.7	780

TABLE 7.26 – Horizons de Surface - Moyennes des concentrations en polluants inorganiques (2e partie) par classe d'échantillon de sol, selon le 4e niveau de détail de la classification (*cf.* table 7.9) (« / » : nombre d'observations < 3 ; valeurs en mg/kg MS)

Niv.1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Hg	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	Zn
AU	AG	N	62	<0.1	<5	36	38	<2	3.2	<5	130
			64	<0.1	<5	70	52	<2	2.4	<5	160
			65	<0.1	8.1	44	44	<2	2.6	<5	160
		R	RN	/	/	/	/	/	/	/	/
			RT	/	/	/	/	/	/	/	/
	FO	N	62	/	/	/	/	/	/	/	/
			64	/	/	/	/	/	/	/	/
			65	0.14	14	44	79	<2	2.6	<5	230
	PA	N	62	/	/	/	/	/	/	/	/
			64	/	/	/	/	/	/	/	/
			65	/	/	/	/	/	/	/	/
		R	RN	<0.1	<5	42	49	<2	2.9	<5	140
			RT	/	/	/	/	/	/	/	/
	PO	N	62	/	/	/	/	/	/	/	/
			64	/	/	/	/	/	/	/	/
			65	0.19	6.2	49	130	<2	2.7	<5	360
		R	RN	0.12	<5	45	82	<2	8.6	<5	270
			RT	0.14	<5	55	110	<2	3.8	<5	320
HA	AG	N	11	<0.1	<5	14	29	<2	<2	<5	58
			DI	0.11	<5	21	40	<2	2.7	<5	85
		R	RN	0.14	<5	24	60	<2	2	<5	120
			RT	0.19	<5	31	110	<2	2.4	5.2	160
	FO	N	11	/	/	/	/	/	/	/	/
			DI	0.21	<5	18	78	<2	<2	<5	69
	PA	N	11	/	/	/	/	/	/	/	/
			DI	0.18	<5	24	54	<2	2.5	<5	95
		R	RN	0.16	<5	25	62	<2	2.1	<5	130
			RT	0.23	<5	31	110	<2	2.1	5.1	170
	PO	N	11	/	/	/	/	/	/	/	/
			DI	0.22	<5	27	140	<2	<2	<5	210
		R	RN	0.21	<5	34	120	<2	2.3	5.3	250
			RT	0.29	<5	32	170	<2	2	7.9	300
LG	AG	N	29	0.22	<5	49	170	<2	3.1	<5	450
			DI	0.15	<5	23	100	<2	<2	<5	410
		R	RN	0.17	<5	29	120	2.1	2.6	<5	380
			RT	0.33	/	28	100	<2	4.1	<5	390
	FO	N	29	/	/	44	/	2.7	/	/	/
			DI	0.39	<5	18	250	3.7	<2	5	270
	PA	N	29	/	/	/	/	/	/	/	/
			DI	0.17	<5	28	180	2.8	2.5	5.2	430
		R	RN	0.16	<5	27	180	<2	3	<5	350
			RT	0.27	<5	30	270	2.2	2.1	5.4	490
	PO	N	29	/	/	/	/	/	/	/	/
			DI	0.27	<5	28	230	3.2	2.1	5.6	710
		R	RN	0.46	<5	37	400	8	2.4	11	1100
			RT	0.39	<5	35	320	7	2.4	9.5	740

TABLE 7.27 – Horizons de Surface - Moyennes des concentrations en BTEX et styrène par classe d'échantillon de sol, selon les 3 premiers niveaux de détail de la classification (*cf.* table 7.9) (« / » : nombre d'observations < 3 ; valeurs en mg/kg MS)

Niv.	Niv.1	Niv.2	Niv.3	Ben	Tolu	EBen	oXyl	mpXyl	Xyl_tot	BTEX	Styr
1	AU			<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003
	HA			<0.01	0.056	<0.01	<0.01	0.011	<0.02	0.084	0.0033
	LG			<0.01	0.047	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	0.074	<0.003
2	AU	AG		<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003
		FO		<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003
		PA		<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003
		PO		<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003
	HA	AG		<0.01	0.077	<0.01	0.01	0.012	0.021	0.11	0.0047
		FO		<0.01	0.18	<0.01	<0.01	0.013	<0.02	0.19	<0.003
		PA		0.012	0.13	<0.01	<0.01	0.015	0.022	0.15	0.0042
		PO		<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003
	LG	AG		<0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003
		FO		<0.01	0.21	0.01	<0.01	0.012	<0.02	0.23	0.0036
		PA		<0.01	0.049	<0.01	<0.01	0.013	<0.02	0.07	<0.003
		PO		<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	0.003
3	AU	AG	N	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003
			R	/	/	/	/	/	/	/	/
		PA	N	/	/	/	/	/	/	/	/
			R	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.02	<0.05	<0.003
		PO	N	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003
			R	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003
	HA	AG	N	<0.01	0.045	<0.01	0.011	0.012	0.021	0.083	0.0051
			R	0.01	0.15	<0.01	<0.01	0.013	<0.02	0.18	0.0038
		PA	N	<0.01	0.068	<0.01	<0.01	0.011	<0.02	0.086	<0.003
			R	0.012	0.14	<0.01	<0.01	0.015	0.023	0.16	0.0044
		PO	N	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003
			R	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003
	LG	AG	N	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003
			R	<0.01	0.011	<0.01	<0.01	0.011	<0.02	<0.05	<0.003
		PA	N	<0.01	0.034	<0.01	<0.01	0.013	<0.02	0.059	<0.003
			R	<0.01	0.051	<0.01	<0.01	0.013	<0.02	0.072	<0.003
		PO	N	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003
			R	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	0.0033

TABLE 7.28 – Horizons de Surface - Moyennes des concentrations en BTEX et styrène par classe d'échantillon de sol, selon le 4e niveau de détail de la classification (*cf.* table 7.9) (« / » : nombre d'observations < 3 ; valeurs en mg/kg MS)

Niv.1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Ben	Tolu	EBen	oXyl	mpXyl	Xyl_tot	BTEX	Styr
AU	AG	N	62	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003
			64	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003
			65	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003
		R	RN	/	/	/	/	/	/	/	/
			RT	/	/	/	/	/	/	/	/
	FO	N	62	/	/	/	/	/	/	/	/
			64	/	/	/	/	/	/	/	/
			65	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003
	PA	N	62	/	/	/	/	/	/	/	/
			64	/	/	/	/	/	/	/	/
			65	/	/	/	/	/	/	/	/
		R	RN	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.02	<0.05	<0.003
			RT	/	/	/	/	/	/	/	/
	PO	N	62	/	/	/	/	/	/	/	/
			64	/	/	/	/	/	/	/	/
			65	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003
		R	RN	/	/	/	/	/	/	/	/
			RT	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	0.0032
HA	AG	N	11	<0.01	0.036	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	0.056	<0.003
			DI	<0.01	0.046	0.01	0.011	0.012	0.022	0.086	0.0054
		R	RN	0.011	0.14	<0.01	0.01	0.015	0.023	0.17	0.0053
			RT	<0.01	0.16	<0.01	<0.01	0.011	<0.02	0.18	<0.003
	FO	N	11	/	/	/	/	/	/	/	/
			DI	<0.01	0.18	<0.01	<0.01	0.013	<0.02	0.19	<0.003
	PA	N	11	/	/	/	/	/	/	/	/
			DI	<0.01	0.068	<0.01	<0.01	0.011	<0.02	0.086	<0.003
		R	RN	0.011	0.072	0.01	0.011	0.012	0.022	0.099	0.0062
			RT	0.012	0.17	<0.01	<0.01	0.017	0.024	0.2	0.0035
	PO	N	11	/	/	/	/	/	/	/	/
			DI	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003
		R	RN	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003
			RT	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003
LG	AG	N	29	<0.01	0.011	0.01	0.012	<0.01	<0.02	0.065	<0.003
			DI	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003
		R	RN	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	0.0031
			RT	<0.01	0.011	<0.01	<0.01	0.015	0.024	<0.05	<0.003
	FO	N	29	<0.01	0.012	0.012	0.014	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003
			DI	<0.01	0.22	0.01	<0.01	0.013	<0.02	0.25	0.0036
	PA	N	29	/	/	/	/	/	/	/	/
			DI	<0.01	0.034	<0.01	<0.01	0.014	<0.02	0.054	<0.003
		R	RN	<0.01	0.035	<0.01	<0.01	0.01	<0.02	0.052	<0.003
			RT	<0.01	0.064	<0.01	<0.01	0.015	0.021	0.087	<0.003
	PO	N	29	/	/	/	/	/	/	/	/
			DI	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003
		R	RN	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003
			RT	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	0.0034

TABLE 7.29 – Horizons de Surface - Moyennes des concentrations en HAP (1ere partie) par classe d'échantillon de sol, selon les 3 premiers niveaux de détail de la classification (*cf.* table 7.9) (« / » : nombre d'observations < 3 ; valeurs en mg/kg MS)

Niv.	Niv.1	Niv.2	Niv.3	Naph	Ace	Acyl	Fle	Phen	Ant	Fla	Pyr	BaA
1	AU			0.012	0.0054	<0.015	0.0085	0.14	0.02	0.82	0.57	0.37
	HA			0.025	0.016	<0.015	0.019	0.34	0.046	0.81	0.54	0.37
	LG			0.014	0.0072	<0.015	0.011	0.16	0.027	0.43	0.29	0.19
2	AU	AG		0.004	0.0033	<0.015	0.0036	0.038	0.0067	0.15	0.12	0.046
		FO		0.007	<0.003	<0.015	0.0041	0.058	0.0067	0.21	0.31	0.085
		PA		0.006	0.0074	<0.015	0.01	0.21	0.041	0.95	0.88	0.5
		PO		0.023	0.008	<0.015	0.014	0.25	0.032	1.6	1	0.7
	HA	AG		0.013	0.0078	<0.015	0.011	0.18	0.025	0.4	0.28	0.18
		FO		0.022	0.022	<0.015	0.028	0.46	0.064	0.83	0.44	0.32
		PA		0.040	0.013	<0.015	0.018	0.36	0.048	0.74	0.48	0.35
		PO		0.026	0.02	0.015	0.023	0.42	0.056	1	0.71	0.48
	LG	AG		0.005	0.003	<0.015	0.0049	0.038	0.007	0.11	0.067	0.048
		FO		0.014	0.0086	<0.015	0.011	0.16	0.023	0.35	0.23	0.13
		PA		0.022	0.0065	<0.015	0.012	0.15	0.029	0.37	0.3	0.18
		PO		0.017	0.0094	<0.015	0.015	0.23	0.039	0.67	0.45	0.29
3	AU	AG	N	0.004	0.0033	<0.015	0.0036	0.038	0.0067	0.15	0.12	0.046
			R	/	/	/	/	/	/	/	/	/
		PA	N	/	/	/	/	/	/	/	/	/
			R	0.007	0.0092	<0.015	0.013	0.28	0.053	1.2	1.1	0.65
		PO	N	0.021	0.0096	<0.015	0.011	0.23	0.03	1.9	1.2	0.83
			R	0.028	0.0052	<0.015	0.019	0.29	0.035	1.1	0.75	0.51
	HA	AG	N	0.009	0.0053	<0.015	0.0072	0.12	0.017	0.26	0.17	0.11
			R	0.024	0.014	<0.015	0.019	0.34	0.044	0.73	0.55	0.34
		PA	N	0.016	0.0069	<0.015	0.012	0.17	0.025	0.3	0.21	0.14
			R	0.043	0.013	<0.015	0.018	0.38	0.051	0.8	0.51	0.37
		PO	N	0.022	0.012	<0.015	0.018	0.33	0.045	0.92	0.52	0.39
			R	0.027	0.023	0.016	0.024	0.45	0.06	1.1	0.77	0.51
	LG	AG	N	0.005	0.0031	<0.015	0.005	0.038	0.0073	0.11	0.069	0.05
			R	0.006	<0.003	<0.015	0.0044	0.031	0.0042	0.078	0.047	0.027
		PA	N	0.017	0.0047	<0.015	0.0062	0.081	0.01	0.21	0.15	0.083
			R	0.023	0.0069	<0.015	0.013	0.17	0.033	0.4	0.33	0.2
		PO	N	0.014	0.0084	<0.015	0.012	0.17	0.035	0.63	0.42	0.25
			R	0.019	0.01	<0.015	0.017	0.27	0.041	0.7	0.47	0.31

TABLE 7.30 – Horizons de Surface - Moyennes des concentrations en HAP (1ere partie) par classe d'échantillon de sol, selon le 4e niveau de détail de la classification (*cf.* table 7.9) (« / » : nombre d'observations < 3 ; valeurs en mg/kg MS)

Niv.1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Naph	Ace	Acyl	Fle	Phen	Ant	Fla	Pyr	BaA
AU	AG	N	62	<0.003	0.0031	<0.015	<0.003	0.019	0.0027	0.077	0.062	0.029
			64	0.0032	0.0036	<0.015	0.004	0.046	0.0099	0.19	0.15	0.054
			65	0.0058	<0.003	<0.015	0.0032	0.033	0.0024	0.12	0.07	0.041
		R	RN	/	/	/	/	/	/	/	/	/
			RT	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	FO	N	62	/	/	/	/	/	/	/	/	/
			64	/	/	/	/	/	/	/	/	/
			65	0.011	<0.003	<0.015	0.0042	/	0.0063	0.19	0.43	0.062
	PA	N	62	/	/	/	/	/	/	/	/	/
			64	/	/	/	/	/	/	/	/	/
			65	/	/	/	/	/	/	/	/	/
		R	RN	0.0072	0.0092	<0.015	0.013	0.28	0.053	1.2	1.1	0.65
			RT	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	PO	N	62	/	/	/	/	/	/	/	/	/
			64	/	/	/	/	/	/	/	/	/
			65	0.019	0.011	<0.015	0.013	0.27	0.035	2.3	1.5	1
		R	RN	/	/	/	/	/	/	/	/	/
			RT	0.033	0.0045	<0.015	0.021	0.31	0.036	1.3	0.84	0.57
HA	AG	N	11	<0.003	<0.003	<0.015	0.0031	0.047	0.0047	0.091	0.061	0.033
			DI	0.0091	0.0056	<0.015	0.0077	0.12	0.018	0.28	0.18	0.12
		R	RN	0.019	0.01	<0.015	0.013	0.22	0.029	0.41	0.27	0.18
			RT	0.03	0.017	<0.015	0.026	0.47	0.061	1	0.84	0.5
	FO	N	11	/	/	/	/	/	/	/	/	/
			DI	0.022	0.022	<0.015	0.028	0.46	0.064	0.83	0.44	0.32
	PA	N	11	/	/	/	/	/	/	/	/	/
			DI	0.016	0.0069	<0.015	0.012	0.17	0.025	0.3	0.21	0.14
		R	RN	0.019	0.011	<0.015	0.013	0.21	0.034	0.48	0.34	0.2
			RT	0.055	0.014	<0.015	0.021	0.47	0.06	0.95	0.6	0.46
	PO	N	11	/	/	/	/	/	/	/	/	/
			DI	0.022	0.012	<0.015	0.018	0.33	0.045	0.92	0.52	0.39
		R	RN	0.031	0.0099	<0.015	0.017	0.61	0.04	0.71	0.95	0.33
			RT	0.026	0.024	0.017	0.025	0.43	0.061	1.1	0.75	0.53
LG	AG	N	29	<0.003	<0.003	<0.015	<0.003	0.027	0.0056	0.11	0.05	0.045
			DI	0.0048	0.0032	<0.015	0.0053	0.04	0.0075	0.11	0.071	0.051
		R	RN	0.0055	<0.003	<0.015	0.0035	0.03	0.0042	0.085	0.05	0.027
			RT	0.0078	<0.003	<0.015	0.0064	/	0.0044	0.066	0.043	0.027
	FO	N	29	<0.003	<0.003	<0.015	<0.003	0.035	/	0.082	0.054	0.033
			DI	0.015	0.009	<0.015	0.011	0.17	0.024	0.36	0.24	0.14
	PA	N	29	/	/	/	/	/	/	/	/	/
			DI	0.02	0.0053	<0.015	0.0071	0.085	0.013	0.2	0.15	0.084
		R	RN	0.013	0.0053	<0.015	0.0067	0.079	0.017	0.21	0.15	0.096
			RT	0.03	0.008	<0.015	0.018	0.24	0.044	0.56	0.47	0.28
	PO	N	29	/	/	/	/	/	/	/	/	/
			DI	0.014	0.0085	<0.015	0.012	0.17	0.035	0.64	0.42	0.25
		R	RN	0.012	0.0053	<0.015	0.011	0.2	0.023	0.47	0.33	0.22
			RT	0.019	0.011	<0.015	0.017	0.28	0.043	0.72	0.48	0.32

TABLE 7.31 – Horizons de Surface - Moyennes des concentrations en HAP (2e partie) par classe d'échantillon de sol, selon les 3 premiers niveaux de détail de la classification (*cf.* table 7.9) (« / » : nombre d'observations < 3 ; valeurs en mg/kg MS)

Niv.	Niv.1	Niv.2	Niv.3	BbF	BkF	BaP	dBahA	BghiP	I123cdP	HAP16
1	AU			0.42	0.19	0.35	0.057	0.21	0.25	4.1
	HA			0.44	0.19	0.36	0.046	0.26	0.28	4.3
	LG			0.25	0.1	0.19	0.03	0.13	0.15	2.3
2	AU	AG		0.067	0.03	0.087	0.0073	0.034	0.057	0.8
		FO		0.19	0.062	0.12	0.016	0.06	0.076	1.9
		PA		0.61	0.31	0.55	0.071	0.38	0.54	5.5
		PO		0.77	0.36	0.64	0.11	0.39	0.43	7.6
	HA	AG		0.23	0.076	0.14	0.017	0.14	0.13	2
		FO		0.36	0.19	0.29	0.0067	0.21	0.15	3.8
		PA		0.36	0.16	0.32	0.031	0.22	0.25	3.8
		PO		0.59	0.27	0.49	0.07	0.34	0.39	5.8
	LG	AG		0.061	0.025	0.047	0.006	0.033	0.038	0.59
		FO		0.23	0.085	0.13	0.014	0.088	0.098	1.8
		PA		0.25	0.1	0.19	0.023	0.14	0.15	3.4
		PO		0.37	0.16	0.29	0.05	0.21	0.25	3.2
3	AU	AG	N	0.067	0.03	0.087	0.0073	0.034	0.057	0.8
			R	/	/	/	/	/	/	/
		PA	N	/	/	/	/	/	/	/
			R	0.8	0.4	0.72	0.094	0.51	0.72	7.3
		PO	N	0.79	0.36	0.68	0.11	0.36	0.45	8.5
			R	0.74	0.34	0.58	0.11	0.44	0.39	6.2
	HA	AG	N	0.14	0.057	0.11	0.015	0.07	0.068	1.2
			R	0.45	0.12	0.24	0.022	0.3	0.29	4.1
		PA	N	0.16	0.071	0.13	0.016	0.069	0.062	1.5
			R	0.39	0.17	0.34	0.032	0.24	0.28	4.1
		PO	N	0.46	0.2	0.38	0.05	0.24	0.31	4.4
			R	0.63	0.29	0.52	0.075	0.37	0.41	6.2
	LG	AG	N	0.064	0.026	0.049	0.0063	0.035	0.04	0.61
			R	0.042	0.014	0.026	0.0037	0.017	0.016	0.35
		PA	N	0.13	0.052	0.084	0.01	0.072	0.067	1.1
			R	0.28	0.11	0.21	0.025	0.16	0.16	3.9
		PO	N	0.32	0.15	0.22	0.038	0.18	0.25	2.5
			R	0.41	0.16	0.33	0.058	0.22	0.25	3.6

TABLE 7.32 – Horizons de Surface - Moyennes des concentrations en polluants inorganiques (2e partie) par classe d'échantillon de sol, selon le 4e niveau de détail de la classification (*cf.* table 7.9) (« / » : nombre d'observations < 3 ; valeurs en mg/kg MS)

Niv.1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Chrys	BbF	BkF	BaP	dBahA	BghiP	I123cdP	HAP16
AU	AG	N	62	0.036	0.05	0.021	0.047	0.0049	0.022	0.028	0.4
			64	0.094	0.073	0.033	0.11	0.0087	0.036	0.078	1
			65	0.053	0.066	0.028	0.054	0.0061	0.036	0.03	0.54
		R	RN	/	/	/	/	/	/	/	/
			RT	/	/	/	/	/	/	/	/
	FO	N	62	/	/	/	/	/	/	/	/
			64	/	/	/	/	/	/	/	/
			65	0.21	0.2	0.044	0.081	0.012	0.043	0.082	2.6
	PA	N	62	/	/	/	/	/	/	/	/
			64	/	/	/	/	/	/	/	/
			65	/	/	/	/	/	/	/	/
		R	RN	0.63	0.8	0.4	0.72	0.094	0.51	0.72	7.3
			RT	/	/	/	/	/	/	/	/
	PO	N	62	/	/	/	/	/	/	/	/
			64	/	/	/	/	/	/	/	/
			65	0.9	0.95	0.43	0.81	0.13	0.42	0.53	10
		R	RN	/	/	/	/	/	/	/	/
			RT	0.62	0.85	0.4	0.67	0.13	0.5	0.43	7.1
HA	AG	N	11	0.052	0.05	0.019	0.035	0.0048	0.019	0.026	0.44
			DI	0.13	0.15	0.062	0.11	0.016	0.076	0.073	1.3
		R	RN	0.21	0.22	0.087	0.17	0.02	0.11	0.12	2.1
			RT	0.51	0.69	0.16	0.31	0.024	0.49	0.46	6.1
	FO	N	11	/	/	/	/	/	/	/	/
			DI	0.39	0.36	0.19	0.29	0.0067	0.21	0.15	3.8
	PA	N	11	/	/	/	/	/	/	/	/
			DI	0.16	0.16	0.071	0.13	0.016	0.069	0.062	1.5
		R	RN	0.23	0.26	0.11	0.22	0.027	0.14	0.14	2.5
			RT	0.42	0.45	0.19	0.41	0.035	0.28	0.35	4.9
	PO	N	11	/	/	/	/	/	/	/	/
			DI	0.41	0.46	0.2	0.38	0.05	0.24	0.31	4.4
		R	RN	0.38	0.47	0.2	0.38	0.079	0.47	0.32	7.7
			RT	0.56	0.64	0.29	0.53	0.075	0.36	0.42	6
LG	AG	N	29	0.043	0.05	0.024	0.045	0.0056	0.032	0.046	0.75
			DI	0.046	0.065	0.026	0.05	0.0063	0.036	0.04	0.6
		R	RN	0.042	0.041	0.015	0.028	0.0035	0.02	0.018	0.35
			RT	0.046	0.045	0.014	0.023	/	0.011	0.012	0.36
	FO	N	29	0.037	0.046	0.019	0.035	<0.003	0.013	0.015	0.37
			DI	0.19	0.24	0.089	0.14	0.015	0.092	0.1	1.9
	PA	N	29	/	/	/	/	/	/	/	/
			DI	0.11	0.14	0.053	0.085	0.01	0.08	0.075	1.1
		R	RN	0.099	0.12	0.053	0.1	0.011	0.072	0.068	1.1
			RT	0.27	0.39	0.15	0.3	0.036	0.22	0.23	6
	PO	N	29	/	/	/	/	/	/	/	/
			DI	0.23	0.32	0.15	0.23	0.039	0.19	0.25	2.5
		R	RN	0.22	0.33	0.13	0.23	0.056	0.17	0.18	2.6
			RT	0.32	0.42	0.16	0.34	0.058	0.22	0.25	3.7

TABLE 7.33 – Horizons de Surface - Moyennes des concentrations en HTP par classe d'échantillon de sol, selon les 3 premiers niveaux de détail de la classification (*cf.* table 7.9) (« / » : nombre d'observations < 3 ; valeurs en mg/kg MS)

Niv.	Niv.1	Niv.2	Niv.3	HTP10a12	HTP12a16	HTP16a21	HTP21a30	HTP30a35	HTP35a40	HTP_tot
1	AU			6.7	4.1	4	9.4	7.4	3.1	30
	HA			3.7	3.7	4	9.7	7.3	3.7	27
	LG			4.3	3.5	3.2	7	5.7	3	23
2	AU	AG		6.3	3.4	3.4	5.3	5.1	3.1	21
		FO		8.6	5.9	4.8	7.6	6.6	<3	34
		PA		2.4	4.2	4.9	15	12	4.4	42
		PO		7.1	4.1	4.1	13	9.2	3	35
	HA	AG		3.5	3.6	4.2	6.8	5.5	<3	24
		FO		2.5	3.7	3.6	7.3	5.9	<3	23
		PA		3.3	3.3	3.9	13	7.9	7.1	30
		PO		4.1	3.9	4	11	8.2	3.1	27
	LG	AG		5.7	3.6	<3	3.8	3.1	<3	17
		FO		3.8	4.2	3	9	6.6	3.3	27
		PA		3.1	3.1	3.3	6	4.9	4.3	22
		PO		3.9	3.4	3.4	8.3	7	<3	24
3	AU	AG	N	6.3	3.4	3.4	5.3	5.1	3.1	21
			R	/	/	/	/	/	/	/
		PA	N	/	/	/	/	/	/	/
			R	2	4	4.9	18	14	4.7	46
		PO	N	7.7	4.4	4.4	13	10	3.2	35
			R	6.2	3.8	3.7	13	8	<3	34
	HA	AG	N	3.5	3.5	3.8	5.4	4.4	<3	20
			R	3.4	3.8	5.3	10	8.1	3	33
		PA	N	1.7	3.4	<3	4.5	4.4	10	25
			R	3.4	3.2	4	13	8.3	6.8	31
		PO	N	3.4	4.2	4.2	9.9	8.4	3.3	28
			R	4.3	3.7	3.9	11	8.1	3.1	27
	LG	AG	N	5.7	3.6	<3	3.7	3.1	<3	17
			R	5	4	4	4	3	<3	20
		PA	N	4.5	3.6	3.2	4.3	3.9	<3	19
			R	2.8	3	3.3	6.3	5.2	4.7	22
		PO	N	4.3	3.6	3.2	7	6.3	<3	23
			R	3.6	3.2	3.5	9.2	7.5	<3	25

TABLE 7.34 – Horizons de Surface - Moyennes des concentrations en HTP par classe d'échantillon de sol, selon le 4e niveau de détail de la classification (*cf.* table 7.9) (« / » : nombre d'observations < 3 ; valeurs en mg/kg MS)

Niv.1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	HTP10a12	HTP12a16	HTP16a21	HTP21a30	HTP30a35	HTP35a40	HTP_tot
AU	AG	N	62	5.9	4.7	4.2	6	6.6	3.3	28
			64	7.1	3.2	3.4	5.4	4.7	<3	20
			65	4.8	3	3	4.5	5	3.7	19
		R	RN	/	/	/	/	/	/	/
			RT	/	/	/	/	/	/	/
	FO	N	62	/	/	/	/	/	/	/
			64	/	/	/	/	/	/	/
			65	7.2	5.3	4.8	7.7	7.5	<3	34
	PA	N	62	/	/	/	/	/	/	/
			64	/	/	/	/	/	/	/
			65	/	/	/	/	/	/	/
		R	RN	2	4	4.9	18	14	4.7	46
			RT	/	/	/	/	/	/	/
	PO	N	62	/	/	/	/	/	/	/
			64	/	/	/	/	/	/	/
			65	7.2	4.7	4.8	12	9.6	3	37
		R	RN	/	/	/	/	/	/	/
			RT	6.2	3.9	3.7	14	8.2	<3	35
HA	AG	N	11	3.2	3.1	<3	4.3	3.3	<3	18
			DI	3.6	3.5	3.9	5.5	4.5	<3	20
		R	RN	4.1	3.9	4.2	9.1	7.6	<3	30
			RT	2.7	3.7	6.3	12	8.6	3.4	36
	FO	N	11	/	/	/	/	/	/	/
			DI	2.5	3.7	3.6	7.3	5.9	<3	23
	PA	N	11	/	/	/	/	/	/	/
			DI	1.7	3.4	<3	4.5	4.4	10	25
		R	RN	4.3	3.7	3.7	8.3	6.7	8.7	31
			RT	3	3	4.1	16	9	5.8	31
	PO	N	11	/	/	/	/	/	/	/
			DI	3.4	4.2	4.2	9.9	8.4	3.3	28
		R	RN	3.9	3.8	3.5	7	7.3	<3	22
			RT	4.3	3.7	4	11	8.2	3.2	27
LG	AG	N	29	7	4.1	<3	3.4	<3	<3	17
			DI	5.6	3.5	<3	3.8	3.1	<3	17
		R	RN	4.9	3.5	3.4	<3	<3	<3	18
			RT	5.2	5	5.3	6.3	3.3	<3	24
	FO	N	29	5.7	7.7	/	4.3	3.9	<3	27
			DI	3.7	4	<3	9.3	6.8	3.4	27
	PA	N	29	/	/	/	/	/	/	/
			DI	3.9	3.5	3.1	4.3	4	<3	18
		R	RN	3.7	3.7	3.9	7.3	5	<3	26
			RT	2.2	<3	<3	5.5	5.3	6.1	19
	PO	N	29	/	/	/	/	/	/	/
			DI	4.4	3.6	3.3	7.1	6.4	<3	23
		R	RN	3.4	3.6	3.2	8.5	7.4	<3	24
			RT	3.6	3.2	3.6	9.3	7.5	<3	25

TABLE 7.35 – Horizons de Surface - Moyennes des concentrations en CN, IP et EOX par classe d'échantillon de sol, selon les 3 premiers niveaux de détail de la classification (*cf.* table 7.9) (« / » : nombre d'observations < 3 ; valeurs en mg/kg MS)

Niv.	Niv.1	Niv.2	Niv.3	CN_tot	CN_lib	CN_ncd	IP	EOX
1	AU			0.83	0.36	0.56	0.058	0.3
	HA			0.81	0.39	0.52	0.056	0.55
	LG			0.97	0.53	0.54	0.068	0.4
2	AU	AG		0.62	0.32	<0.5	0.061	<0.3
		FO		0.75	0.45	<0.5	0.14	0.42
		PA		<0.5	<0.3	/	0.04	<0.3
		PO		1.1	0.39	0.74	0.034	0.34
	HA	AG		0.7	0.41	<0.5	0.042	<0.3
		FO		1.2	0.68	0.56	0.24	0.5
		PA		0.72	0.38	<0.5	0.056	0.66
		PO		0.86	0.36	0.54	0.049	0.69
	LG	AG		0.64	0.38	<0.5	0.05	<0.3
		FO		1.6	1	0.72	0.2	0.74
		PA		0.79	0.39	<0.5	0.059	0.32
		PO		1	0.48	0.55	0.046	0.4
3	AU	AG	N	0.62	0.32	<0.5	0.061	<0.3
			R	/	/	/	/	/
		PA	N	/	/	/	/	/
			R	0.51	<0.3	/	0.039	<0.3
		PO	N	1.2	0.4	0.68	0.033	<0.3
			R	1.1	0.37	0.84	0.037	0.43
	HA	AG	N	0.6	0.38	<0.5	0.038	<0.3
			R	0.94	0.49	0.56	0.051	<0.3
		PA	N	0.82	0.36	0.52	0.041	<0.3
			R	0.71	0.39	<0.5	0.058	0.71
		PO	N	0.82	0.35	<0.5	0.049	0.54
			R	0.87	0.37	0.55	0.049	0.73
	LG	AG	N	0.64	0.39	<0.5	0.05	<0.3
			R	0.69	0.36	<0.5	0.045	<0.3
		PA	N	1.1	0.62	0.53	0.1	0.31
			R	0.74	0.35	<0.5	0.05	0.33
		PO	N	0.9	0.45	<0.5	0.046	0.32
			R	1.1	0.5	0.6	0.046	0.44

TABLE 7.36 – Horizons de Surface - Moyennes des concentrations en CN, IP et EOX par classe d'échantillon de sol, selon le 4e niveau de détail de la classification (*cf.* table 7.9) (« / » : nombre d'observations < 3 ; valeurs en mg/kg MS)

Niv.1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	CN_tot	CN_lib	CN_ncd	IP	EOX
AU	AG	N	62	0.95	<0.3	/	0.095	0.31
			64	0.56	0.34	<0.5	0.048	<0.3
			65	0.54	<0.3	/	0.076	<0.3
		R	RN	/	/	/	/	/
			RT	/	/	/	/	/
	FO	N	62	/	/	/	/	/
			64	/	/	/	/	/
			65	0.71	0.51	<0.5	0.14	0.47
	PA	N	62	/	/	/	/	/
			64	/	/	/	/	/
			65	/	/	/	/	/
		R	RN	0.51	<0.3	/	0.039	<0.3
			RT	/	/	/	/	/
	PO	N	62	/	/	/	/	/
			64	/	/	/	/	/
			65	1.2	0.41	0.73	0.033	<0.3
		R	RN	/	/	/	/	/
			RT	1	0.37	0.78	0.033	0.43
HA	AG	N	11	0.72	0.44	<0.5	0.029	<0.3
			DI	0.59	0.37	<0.5	0.039	<0.3
		R	RN	0.92	0.52	0.51	0.058	<0.3
			RT	0.97	0.45	0.6	0.043	<0.3
	FO	N	11	/	/	/	/	/
			DI	1.2	0.68	0.56	0.24	0.5
	PA	N	11	/	/	/	/	/
			DI	0.82	0.36	0.52	0.041	<0.3
		R	RN	0.74	0.42	<0.5	0.063	<0.3
			RT	0.7	0.37	0.54	0.056	0.97
	PO	N	11	/	/	/	/	/
			DI	0.82	0.35	<0.5	0.049	0.54
		R	RN	0.82	0.39	<0.5	0.057	1.4
			RT	0.88	0.36	0.56	0.048	0.68
LG	AG	N	29	0.79	0.51	<0.5	0.064	<0.3
			DI	0.62	0.37	<0.5	0.049	<0.3
		R	RN	0.68	0.37	<0.5	0.052	<0.3
			RT	0.69	0.33	/	0.031	<0.3
	FO	N	29	<0.5	0.31	/	0.063	<0.3
			DI	1.7	1.1	0.72	0.21	0.78
	PA	N	29	/	/	/	/	/
			DI	1.1	0.61	0.57	0.11	0.33
		R	RN	0.7	0.38	<0.5	0.039	0.36
			RT	0.77	0.32	<0.5	0.057	0.3
	PO	N	29	/	/	/	/	/
			DI	0.9	0.45	<0.5	0.046	0.32
		R	RN	1	0.44	0.52	0.052	<0.3
			RT	1.1	0.5	0.6	0.046	0.46

7.5.3 Gammes de variations

7.5.3.1 Horizons profonds

Les gammes de variation par classe pour les horizons profonds sont présentées dans les tables 7.37 à 7.45.

TABLE 7.37 – Horizons Profonds - Gammes de variation (5^{e} et 95^{e} centiles) des valeurs des paramètres pédologiques par classe d'échantillon de sol, selon les 4 niveaux de détail de la classification (*cf.* table 7.8) (« / » : nombre d'observations < 7 ; Corg exprimé en g/kg MS ; Argile exprimé en % ; CE exprimé en µS/cm)

Niv.	Niv.1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	pH_KCl	pH_H2O	Corg	Argile	CE
1	AU				[4.4 - 8]	[7 - 8.6]	[1.6 - 19]	[5 - 80]	[18 - 89]
	HA				[3.7 - 8.3]	[5.9 - 9.1]	[0.32 - 62]	[4.3 - 42]	[19 - 160]
	LG				[2.8 - 7.4]	[4.4 - 8.6]	[0.51 - 26]	[7.1 - 46]	[19 - 130]
2	AU	N			[4.3 - 7.9]	[6.8 - 8.6]	[1.5 - 16]	[5.1 - 96]	[25 - 54]
		R			/	/	/	/	/
	HA	N			[3.2 - 7.8]	[5.3 - 9.3]	[0.46 - 5.8]	[8.3 - 40]	[24 - 67]
		R			[4.4 - 8.4]	[6.3 - 8.9]	[0.72 - 140]	[3 - 34]	[24 - 230]
	LG	N			[3 - 6]	[4.2 - 8.2]	[0.66 - 8.9]	[9.6 - 51]	[21 - 79]
		R			[4.4 - 8.6]	[6.5 - 8.7]	[0.82 - 82]	[5.5 - 41]	[20 - 220]
3	AU		62		/	/	/	/	/
		N	64		[4.1 - 7.3]	[7 - 8.4]	[2.3 - 8.8]	[5.3 - 42]	[29 - 57]
			65		[6.8 - 7.8]	[7.8 - 8.4]	[6.7 - 15]	[18 - 100]	/
		R	RN		/	/	/	/	/
			RT		/	/	/	/	/
	HA	N	11		/	/	/	/	/
			DI		[3.3 - 7.9]	[5.2 - 9.4]	[0.45 - 5.8]	[8.7 - 38]	[24 - 68]
		R	RN		[3.9 - 7.9]	[6 - 9]	[0.38 - 53]	[5.5 - 33]	[19 - 160]
			RT		[5.2 - 8.8]	[6.8 - 8.8]	[13 - 87]	[2 - 34]	[38 - 260]
	LG	N	29		/	/	/	/	/
			DI		[3 - 6]	[4.2 - 8.2]	[0.66 - 8.9]	[9.6 - 51]	[21 - 79]
		R	RN		[3.7 - 7.9]	[6.3 - 8.5]	[0.6 - 22]	[11 - 38]	[16 - 150]
			RT		[6.3 - 8.5]	[6.8 - 9]	[11 - 69]	[3.4 - 24]	[82 - 180]
4	AU	R	RT	RTC	/	/	/	/	/
				RTH	/	/	/	/	/
				RTM	/	/	/	/	/
				RTD	/	/	/	/	/
	HA	R	RT	RTC	[6 - 8.4]	[7.4 - 8.6]	[15 - 72]	[2.9 - 35]	/
				RTH	[4.8 - 9]	[6.3 - 9.1]	[19 - 71]	[3.3 - 25]	[28 - 240]
				RTM	/	/	/	[0.91 - 18]	/
				RTD	[4.2 - 8.8]	/	/	[2.2 - 55]	[36 - 150]
	LG	R	RT	RTC	[6.4 - 8.6]	[7.1 - 9.1]	[9.9 - 61]	[3.6 - 23]	/
				RTH	/	/	/	/	/
				RTM	/	/	/	/	/
				RTD	/	/	/	/	/

TABLE 7.38 – Horizons Profonds - Gammes de variation (5e et 95e centiles) des concentrations en éléments majeurs par classe d'échantillon de sol, selon les 4 niveaux de détail de la classification (*cf.* table 7.8) (« / » : nombre d'observations < 7 ; valeurs en mg/kg MS)

Niv.	Niv.1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Al	Ca	Mg	Mn	Fe
1	AU				[13000 - 37000]	[810 - 81000]	[2400 - 6700]	[160 - 6100]	[27000 - 130000]
	HA				[7400 - 29000]	[660 - 25000]	[1400 - 6500]	[98 - 1400]	[14000 - 35000]
	LG				[8700 - 30000]	[120 - 23000]	[1400 - 7600]	[120 - 2400]	[14000 - 35000]
2	AU	N			[13000 - 37000]	[620 - 86000]	[2200 - 6200]	[160 - 6100]	[26000 - 140000]
		R			/	/	/	/	/
	HA	N			[12000 - 27000]	[720 - 6800]	[2100 - 6300]	[70 - 1600]	[14000 - 34000]
		R			[6300 - 28000]	[830 - 43000]	[1100 - 6300]	[160 - 1300]	[14000 - 35000]
	LG	N			[9800 - 33000]	[150 - 5500]	[1500 - 7300]	[100 - 1900]	[14000 - 34000]
		R			[7800 - 28000]	[430 - 83000]	[1300 - 8600]	[200 - 2700]	[13000 - 37000]
3	AU		62		/	/	/	/	/
		N	64		[15000 - 33000]	[490 - 49000]	[2300 - 5800]	[330 - 12000]	[28000 - 130000]
			65		[13000 - 37000]	[2600 - 190000]	[2800 - 5800]	[170 - 1200]	[45000 - 81000]
		R	RN		/	/	/	/	/
			RT		/	/	/	/	/
	HA	N	11		/	/	/	/	/
			DI		[12000 - 27000]	[700 - 7000]	[2600 - 6300]	[87 - 1500]	[16000 - 31000]
		R	RN		[6600 - 27000]	[700 - 10000]	[1100 - 6500]	[120 - 1100]	[13000 - 36000]
			RT		[5400 - 27000]	[2600 - 69000]	[1200 - 6100]	[190 - 1300]	[14000 - 35000]
	LG	N	29		/	/	/	/	/
			DI		[9800 - 33000]	[150 - 5500]	[1500 - 7400]	[100 - 1900]	[14000 - 35000]
		R	RN		[8600 - 31000]	[320 - 23000]	[1200 - 8800]	[160 - 2200]	[13000 - 36000]
			RT		[7500 - 24000]	[3600 - 130000]	[1400 - 8000]	[360 - 3400]	[13000 - 39000]
4	AU	R	RT	RTC	/	/	/	/	/
				RTH	/	/	/	/	/
				RTM	/	/	/	/	/
				RTD	/	/	/	/	/
	HA	R	RT	RTC	[7800 - 19000]	[4300 - 110000]	[1700 - 4300]	[240 - 1000]	[14000 - 29000]
				RTH	[8100 - 40000]	[1500 - 79000]	[1700 - 7900]	[180 - 2000]	[14000 - 34000]
				RTM	[3500 - 13000]	[4900 - 36000]	[680 - 3200]	[230 - 480]	/
				RTD	[8100 - 18000]	[1500 - 37000]	[1300 - 4400]	/	[15000 - 33000]
	LG	R	RT	RTC	[9300 - 23000]	[4400 - 110000]	[1400 - 9300]	[370 - 4000]	/
				RTH	/	/	/	/	/
				RTM	/	/	/	/	/
				RTD	/	/	/	/	/

TABLE 7.39 – Horizons Profonds - Gammes de variation (5e et 95e centiles) des concentrations en polluants inorganiques (1ere partie) par classe d'échantillon de sol, selon les 4 niveaux de détail de la classification (*cf.* table 7.8) (« / » : nombre d'observations < 7 ; valeurs en mg/kg MS)

Niv.	Niv.1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	CrVI	Cu
1	AU				[<10 - 250]	[22 - 200]	[<1 - 2.6]	[<0.4 - 1.4]	[13 - 37]	[32 - 92]	[0.21 - 5.7]	[7.1 - 57]
	HA				[<10 - 19]	[28 - 190]	[<1 - 1.6]	[<0.4 - 0.56]	[5 - 20]	[17 - 52]	[<0.1 - 2.1]	[5.1 - 64]
	LG				[<10 - 20]	[36 - 180]	[<1 - 1.8]	[<0.4 - 2]	[5.4 - 34]	[21 - 53]	[0.14 - 2.7]	[4.9 - 56]
2	AU	N			[<10 - 260]	[21 - 170]	[<1 - 2.5]	[<0.4 - 1.5]	[13 - 37]	[35 - 100]	[0.27 - 6.1]	[6.9 - 59]
		R			/	/	/	/	/	/	/	/
	HA	N			[<10 - 13]	[37 - 120]	[<1 - 1.3]	[<0.4 - <0.4]	[5 - 16]	[25 - 53]	[<0.1 - 3.5]	[6.3 - 24]
		R			[<10 - 23]	[25 - 260]	[<1 - 1.8]	[<0.4 - 0.68]	[5.3 - 23]	[15 - 50]	[<0.1 - 1.1]	[6.2 - 98]
	LG	N			[<10 - 13]	[42 - 130]	[<1 - 1.6]	[<0.4 - 1.2]	[4.8 - 31]	[23 - 58]	[0.39 - 1.7]	[5.4 - 33]
		R			[<10 - 38]	[33 - 300]	[<1 - 2.4]	[<0.4 - 3.4]	[5.5 - 33]	[18 - 49]	[<0.1 - 2.8]	[6.3 - 120]
3	AU	N	62		/	/	/	/	/	/	/	/
			64		[25 - 270]	[21 - 120]	[<1 - 2.8]	[<0.4 - <0.4]	[18 - 42]	[37 - 120]	[0.53 - 6.4]	[8.3 - 18]
			65		[<10 - 71]	[59 - 210]	[1.1 - 2]	[<0.4 - 4.9]	[11 - 36]	[39 - 77]	[0.14 - 3.4]	[29 - 70]
		R	RN		/	/	/	/	/	/	/	/
			RT		/	/	/	/	/	/	/	/
	HA	N	11		/	/	/	/	/	/	/	/
			DI		[<10 - 13]	[44 - 120]	[<1 - 1.4]	[<0.4 - <0.4]	[6.5 - 15]	[25 - 53]	[<0.1 - 3.4]	[7 - 21]
		R	RN		[<10 - 17]	[19 - 190]	[<1 - 1.6]	[<0.4 - <0.4]	[4.4 - 23]	[15 - 50]	[<0.1 - 1.3]	[4.6 - 48]
			RT		[<10 - 34]	[51 - 290]	[<1 - 1.9]	[<0.4 - 1.1]	[8.1 - 22]	[15 - 50]	[<0.1 - 0.65]	[17 - 120]
	LG	N	29		/	/	/	/	/	/	/	/
			DI		[<10 - 13]	[42 - 130]	[<1 - 1.6]	[<0.4 - 1.2]	[4.8 - 31]	[23 - 58]	[0.39 - 1.7]	[5.4 - 33]
		R	RN		[<10 - 23]	[35 - 150]	[<1 - 2]	[<0.4 - 1.2]	[4.5 - 33]	[18 - 49]	[0.33 - 1.4]	[7.4 - 45]
			RT		[<10 - 70]	[60 - 550]	[<1 - 3]	[0.58 - 4.7]	[7.8 - 28]	[17 - 42]	[<0.1 - 1.2]	[13 - 290]
4	AU	R	RT	RTC	/	/	/	/	/	/	/	/
				RTH	/	/	/	/	/	/	/	/
				RTM	/	/	/	/	/	/	/	/
				RTD	/	/	/	/	/	/	/	/
	HA	R	RT	RTC	[<10 - 44]	[49 - 250]	[<1 - 1.6]	[<0.4 - 2.4]	[7.9 - 19]	[24 - 46]	[<0.1 - 0.85]	[10 - 160]
				RTH	[<10 - 31]	[63 - 430]	[<1 - 2.6]	[<0.4 - 0.67]	[9.4 - 29]	[18 - 60]	[<0.1 - 0.34]	[30 - 99]
				RTM	/	[48 - 170]	[<1 - 1.4]	[<0.4 - 1.2]	[9.7 - 19]	[10 - 32]	/	[22 - 91]
				RTD	[<10 - 11]	[48 - 210]	/	[<0.4 - 0.45]	[6.7 - 18]	[15 - 40]	[<0.1 - 1.2]	[13 - 69]
	LG	R	RT	RTC	[<10 - 91]	[69 - 580]	[<1 - 2.9]	[0.98 - 4.5]	[8.5 - 26]	[21 - 35]	[<0.1 - 1.9]	[13 - 350]
				RTH	/	/	/	/	/	/	/	/
				RTM	/	/	/	/	/	/	/	/
				RTD	/	/	/	/	/	/	/	/

TABLE 7.40 – Horizons Profonds - Gammes de variation (5e et 95e centiles) des concentrations en polluants inorganiques (2e partie) par classe d'échantillon de sol, selon les 4 niveaux de détail de la classification (*cf.* table 7.8) (« / » : nombre d'observations < 7 ; valeurs en mg/kg MS)

Niv.	Niv.1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Hg	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	Zn
1	AU				[<0.1 - 0.11]	[<5 - 13]	[24 - 130]	[14 - 52]	[<2 - <2]	[<2 - 5.8]	[<5 - <5]	[71 - 210]
	HA				[<0.1 - 0.3]	[<5 - <5]	[12 - 63]	[3.5 - 94]	[<2 - <2]	[<2 - 5.8]	[<5 - 8.7]	[19 - 130]
	LG				[<0.1 - 0.17]	[<5 - 6.2]	[16 - 67]	[<3 - 91]	[<2 - 6.4]	[<2 - 5.7]	[<5 - 13]	[27 - 170]
2	AU	N			[<0.1 - 0.11]	[<5 - 13]	[25 - 140]	[15 - 48]	[<2 - <2]	[<2 - 5.4]	[<5 - <5]	[66 - 180]
		R			/	/	/	/	/	/	/	/
	HA	N			[<0.1 - 0.12]	[<5 - <5]	[12 - 63]	[3.9 - 31]	[<2 - <2]	[<2 - 6.2]	[<5 - <5]	[25 - 81]
		R			[<0.1 - 0.55]	[<5 - <5]	[12 - 64]	[4.4 - 170]	[<2 - 2.2]	[<2 - 5.7]	[<5 - 14]	[19 - 190]
	LG	N			[<0.1 - 0.13]	[<5 - 6.1]	[16 - 69]	[3.3 - 45]	[<2 - 2.5]	[<2 - 4]	[<5 - 9]	[30 - 120]
		R			[<0.1 - 0.28]	[<5 - 6.5]	[17 - 64]	[3.9 - 280]	[<2 - 25]	[<2 - 9.3]	[<5 - 26]	[27 - 360]
3	AU	N	62		/	/	/	/	/	/	/	/
			64		[<0.1 - <0.1]	[<5 - <5]	[27 - 140]	[18 - 51]	[<2 - <2]	[<2 - 5.2]	[<5 - <5]	[71 - 170]
			65		[<0.1 - 0.12]	/	[28 - 190]	[13 - 38]	[<2 - <2]	[<2 - 6.2]	[<5 - <5]	[63 - 230]
		R	RN		/	/	/	/	/	/	/	/
			RT		/	/	/	/	/	/	/	/
	HA	N	11		/	/	/	/	/	/	/	/
			DI		[<0.1 - 0.11]	[<5 - <5]	[15 - 48]	[4.5 - 27]	[<2 - <2]	[<2 - 6.1]	[<5 - <5]	[29 - 70]
		R	RN		[<0.1 - 0.18]	[<5 - <5]	[9 - 67]	[4.1 - 67]	[<2 - <2]	[<2 - 5.9]	[<5 - 5.3]	[17 - 120]
			RT		[<0.1 - 1.1]	[<5 - <5]	[17 - 52]	[11 - 260]	[<2 - 2.9]	[<2 - 5.3]	[<5 - 27]	[29 - 280]
	LG	N	29		/	/	/	/	/	/	/	/
			DI		[<0.1 - 0.13]	[<5 - 6]	[16 - 69]	[3.3 - 45]	[<2 - 2.5]	[<2 - 4]	[<5 - 9]	[30 - 120]
		R	RN		[<0.1 - 0.2]	[<5 - 5.5]	[15 - 59]	[4.3 - 120]	[<2 - 2.3]	[<2 - 6.9]	[<5 - 5.9]	[26 - 210]
			RT		[<0.1 - 0.44]	[<5 - 8.5]	[18 - 62]	[19 - 970]	[<2 - 100]	[<2 - 13]	[<5 - 100]	/
4	AU	R	RT	RTC	/	/	/	/	/	/	/	/
				RTH	/	/	/	/	/	/	/	/
				RTM	/	/	/	/	/	/	/	/
				RTD	/	/	/	/	/	/	/	/
	HA	R	RT	RTC	[<0.1 - 1.9]	[<5 - <5]	[17 - 44]	[13 - 500]	[<2 - 5.6]	[<2 - 5.7]	[<5 - 42]	[43 - 280]
				RTH	[<0.1 - 0.68]	[<5 - <5]	[24 - 68]	[19 - 230]	[<2 - 2.3]	[<2 - 4.6]	[<5 - 12]	[39 - 310]
				RTM	[<0.1 - 1.1]	[<5 - <5]	[19 - 47]	[7.9 - 210]	[<2 - <2]	[<2 - 2.5]	[<5 - 29]	/
				RTD	[<0.1 - 0.3]	[<5 - <5]	/	[13 - 59]	[<2 - <2]	[<2 - 8.1]	[<5 - 6.9]	[39 - 94]
	LG	R	RT	RTC	/	[<5 - 7.3]	[19 - 57]	/	[<2 - 120]	[<2 - 14]	[<5 - 180]	/
				RTH	/	/	/	/	/	/	/	/
				RTM	/	/	/	/	/	/	/	/
				RTD	/	/	/	/	/	/	/	/

TABLE 7.41 – Horizons Profonds - Gammes de variation (5e et 95e centiles) des concentrations en BTEX et styrène par classe d'échantillon de sol, selon les 4 niveaux de détail de la classification (*cf.* table 7.8) (« / » : nombre d'observations < 7 ; valeurs en mg/kg MS)

Niv.	Niv.1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Ben	Tolu	EBen	oXyl	mpXyl	Xyl_tot	BTEX	Styr
1	AU				[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - 0.075]	[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - 0.013]	[<0.02 - <0.02]	[<0.05 - 0.088]	[<0.003 - <0.003]
	HA				[<0.01 - 0.022]	[<0.01 - 0.12]	[<0.01 - 0.016]	[<0.01 - 0.016]	[<0.01 - 0.024]	[<0.02 - 0.037]	[<0.05 - 0.21]	[<0.003 - 0.0085]
	LG				[<0.01 - 0.013]	[<0.01 - 0.043]	[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - 0.013]	[<0.02 - 0.022]	[<0.05 - 0.094]	[<0.003 - 0.0032]
2	AU	N			[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - 0.075]	[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - 0.011]	[<0.02 - <0.02]	[<0.05 - 0.093]	[<0.003 - <0.003]
		R			/	/	/	/	/	/	/	/
	HA	N			[<0.01 - 0.016]	[<0.01 - 0.018]	[<0.01 - 0.016]	[<0.01 - 0.016]	[<0.01 - 0.016]	[<0.02 - 0.033]	[<0.05 - 0.08]	[<0.003 - 0.0091]
		R			[<0.01 - 0.025]	[<0.01 - 0.3]	[<0.01 - 0.016]	[<0.01 - 0.016]	[<0.01 - 0.031]	[<0.02 - 0.045]	[<0.05 - 0.35]	[<0.003 - 0.0073]
	LG	N			[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - 0.011]	[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - <0.01]	[<0.02 - <0.02]	[<0.05 - <0.05]	[<0.003 - 0.003]
		R			[<0.01 - 0.026]	[<0.01 - 0.22]	[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - 0.028]	[<0.02 - 0.033]	[<0.05 - 0.25]	[<0.003 - 0.0039]
3	AU	N	62		/	/	/	/	/	/	/	/
			64		[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - 0.011]	[<0.02 - <0.02]	[<0.05 - <0.05]	[<0.003 - <0.003]
			65		[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - 0.26]	[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - 0.014]	[<0.02 - <0.02]	[<0.05 - 0.19]	[<0.003 - <0.003]
		R	RN		/	/	/	/	/	/	/	/
			RT		/	/	/	/	/	/	/	/
	HA	N	11		/	/	/	/	/	/	/	/
			DI		[<0.01 - 0.017]	[<0.01 - 0.02]	[<0.01 - 0.017]	[<0.01 - 0.017]	[<0.01 - 0.017]	[<0.02 - 0.034]	[<0.05 - 0.083]	[<0.003 - 0.0096]
		R	RN		[<0.01 - 0.017]	[<0.01 - 0.12]	[<0.01 - 0.017]	[<0.01 - 0.018]	[<0.01 - 0.025]	[<0.02 - 0.041]	[<0.05 - 0.17]	[<0.003 - 0.0094]
			RT		[<0.01 - 0.039]	[<0.01 - 0.44]	[<0.01 - 0.013]	[<0.01 - 0.014]	[<0.01 - 0.044]	[<0.02 - 0.045]	[<0.05 - 0.52]	[<0.003 - 0.0059]
	LG	N	29		/	/	/	/	/	/	/	/
			DI		[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - 0.011]	[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - <0.01]	[<0.02 - <0.02]	[<0.05 - <0.05]	[<0.003 - 0.003]
		R	RN		[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - 0.064]	[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - 0.012]	[<0.02 - <0.02]	[<0.05 - 0.1]	[<0.003 - 0.0039]
			RT		[<0.01 - 0.086]	[0.016 - 0.61]	[<0.01 - 0.012]	[<0.01 - 0.012]	[<0.01 - 0.073]	[<0.02 - 0.068]	[<0.05 - 0.77]	[<0.003 - 0.0043]
4	AU	R	RT	RTC	/	/	/	/	/	/	/	/
				RTH	/	/	/	/	/	/	/	/
				RTM	/	/	/	/	/	/	/	/
				RTD	/	/	/	/	/	/	/	/
	HA	R	RT	RTC	[<0.01 - 0.036]	[<0.01 - 0.47]	[<0.01 - 0.018]	[<0.01 - 0.018]	[<0.01 - 0.033]	[<0.02 - 0.042]	[<0.05 - 0.36]	[<0.003 - 0.011]
				RTH	[<0.01 - 0.073]	[<0.01 - 0.34]	[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - 0.011]	[<0.01 - 0.061]	[<0.02 - 0.057]	[<0.05 - 0.4]	[<0.003 - 0.0036]
				RTM	/	/	/	/	/	/	/	/
				RTD	/	/	/	/	/	/	/	/
	LG	R	RT	RTC	/	/	/	/	/	/	/	/
				RTH	/	/	/	/	/	/	/	/
				RTM	/	/	/	/	/	/	/	/
				RTD	/	/	/	/	/	/	/	/

TABLE 7.42 – Horizons Profonds - Gammes de variation (5e et 95e centiles) des concentrations en HAP (1ere partie) par classe d'échantillon de sol, selon les 4 niveaux de détail de la classification (*cf.* table 7.8) (« / » : nombre d'observations < 7 ; valeurs en mg/kg MS)

Niv.	Niv.1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Naph	Ace	Acyl	Fle	Phen	Ant	Fla	Pyr	BaA
1	AU				[<0.003 - 0.0085]	[<0.003 - 0.0056]	[<0.015 - <0.015]	[<0.003 - 0.0082]	[<0.003 - 0.029]	[<2e-04 - 0.0045]	[<0.003 - 0.087]	[<0.003 - 0.063]	[<0.003 - 0.048]
	HA				[<0.003 - 0.025]	[<0.003 - 0.014]	[<0.015 - 0.018]	[<0.003 - 0.015]	[<0.003 - 0.29]	[<2e-04 - 0.033]	[<0.003 - 0.34]	[<0.003 - 0.26]	[<0.003 - 0.15]
	LG				[<0.003 - 0.0084]	[<0.003 - 0.0063]	[<0.015 - <0.015]	[<0.003 - 0.0093]	[<0.003 - 0.048]	[<2e-04 - 0.0072]	[<0.003 - 0.063]	[<0.003 - 0.048]	[<0.003 - 0.031]
2	AU	N			[<0.003 - 0.0063]	[<0.003 - <0.003]	[<0.015 - <0.015]	[<0.003 - 0.0056]	[<0.003 - 0.0074]	[<2e-04 - <2e-04]	[<0.003 - 0.018]	[<0.003 - 0.0062]	[<0.003 - 0.011]
		R			/	/	/	/	/	/	/	/	/
	HA	N			[<0.003 - 0.0045]	[<0.003 - 0.0037]	[<0.015 - 0.018]	[<0.003 - 0.0039]	[<0.003 - 0.0049]	[<2e-04 - 0.0012]	[<0.003 - 0.0071]	[<0.003 - 0.0051]	[<0.003 - 0.0043]
		R			[<0.003 - 0.074]	[<0.003 - 0.029]	[<0.015 - 0.018]	[<0.003 - 0.03]	[<0.003 - 1.5]	[<2e-04 - 0.16]	[<0.003 - 2.2]	[<0.003 - 1.7]	[<0.003 - 0.76]
	LG	N			[<0.003 - 0.0054]	[<0.003 - 0.0035]	[<0.015 - <0.015]	[<0.003 - 0.004]	[<0.003 - 0.0056]	[<2e-04 - 0.0014]	[<0.003 - 0.0087]	[<0.003 - 0.0063]	[<0.003 - 0.0054]
		R			[<0.003 - 0.021]	[<0.003 - 0.018]	[<0.015 - <0.015]	[<0.003 - 0.033]	[<0.003 - 0.62]	[<2e-04 - 0.1]	[<0.003 - 1.1]	[<0.003 - 0.78]	[<0.003 - 0.39]
3	AU			62	/	/	/	/	/	/	/	/	/
		N		64	[<0.003 - 0.0035]	[<0.003 - <0.003]	[<0.015 - <0.015]	[<0.003 - 0.0071]	[<0.003 - 0.0042]	[<2e-04 - <2e-04]	[<0.003 - 0.039]	[<0.003 - 0.008]	[<0.003 - 0.02]
				65	[<0.003 - 0.0062]	[<0.003 - 0.0036]	[<0.015 - <0.015]	[<0.003 - 0.0049]	[<0.003 - 0.0088]	/	[<0.003 - 0.011]	[<0.003 - <0.003]	[<0.003 - 0.0094]
		R		RN	/	/	/	/	/	/	/	/	/
				RT	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	HA	N		11	/	/	/	/	/	/	/	/	/
				DI	[<0.003 - 0.0046]	[<0.003 - 0.0038]	[<0.015 - 0.019]	[<0.003 - 0.0039]	[<0.003 - 0.005]	[<2e-04 - 0.0015]	[<0.003 - 0.0074]	[<0.003 - 0.0052]	[<0.003 - 0.0043]
		R		RN	[<0.003 - 0.018]	[<0.003 - 0.008]	[<0.015 - 0.019]	[<0.003 - 0.012]	[<0.003 - 0.19]	[<2e-04 - 0.013]	[<0.003 - 0.14]	[<0.003 - 0.1]	[<0.003 - 0.072]
				RT	[<0.003 - 0.16]	[<0.003 - 0.079]	[<0.015 - 0.016]	[<0.003 - 0.077]	[0.015 - 2.2]	[8e-04 - 0.42]	[0.0075 - 5.4]	[0.0062 - 4.4]	[0.0034 - 2.4]
	LG	N		29	/	/	/	/	/	/	/	/	/
				DI	[<0.003 - 0.0054]	[<0.003 - 0.0035]	[<0.015 - <0.015]	[<0.003 - 0.0041]	[<0.003 - 0.0056]	[<2e-04 - 0.0014]	[<0.003 - 0.0087]	[<0.003 - 0.0064]	[<0.003 - 0.0054]
		R		RN	[<0.003 - 0.0091]	[<0.003 - 0.013]	[<0.015 - <0.015]	[<0.003 - 0.02]	[<0.003 - 0.17]	[<2e-04 - 0.03]	[<0.003 - 0.24]	[<0.003 - 0.19]	[<0.003 - 0.11]
				RT	[<0.003 - 0.061]	[<0.003 - 0.037]	[<0.015 - <0.015]	[<0.003 - 0.08]	[0.03 - 1.1]	[0.0044 - 0.11]	[0.032 - 2.3]	[0.024 - 1.7]	[0.017 - 0.88]
4	AU	R	RT	RTC	/	/	/	/	/	/	/	/	/
				RTH	/	/	/	/	/	/	/	/	/
				RTM	/	/	/	/	/	/	/	/	/
				RTD	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	HA	R	RT	RTC	[<0.003 - 0.18]	[<0.003 - 0.088]	[<0.015 - 0.02]	[<0.003 - 0.18]	[0.021 - 2.9]	[0.0018 - 0.49]	[0.012 - 8.9]	[0.0071 - 7.1]	[0.0056 - 4]
				RTH	[<0.003 - 0.21]	[<0.003 - 0.15]	[<0.015 - <0.015]	[<0.003 - 0.065]	[0.067 - 0.9]	[0.0022 - 0.22]	[0.02 - 3.8]	[0.017 - 4.5]	[0.0059 - 3.1]
				RTM	/	/	/	/	/	/	/	/	/
				RTD	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	LG	R	RT	RTC	/	/	/	/	/	/	/	/	/
				RTH	/	/	/	/	/	/	/	/	/
				RTM	/	/	/	/	/	/	/	/	/
				RTD	/	/	/	/	/	/	/	/	/

TABLE 7.43 – Horizons Profonds - Gammes de variation (5e et 95e centiles) des concentrations en HAP (2e partie) par classe d'échantillon de sol, selon les 4 niveaux de détail de la classification (*cf.* table 7.8) (« / » : nombre d'observations < 7 ; valeurs en mg/kg MS)

Niv.	Niv.1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Chrys	BbF	BkF	BaP	dBahA	BghiP	I123cdP	HAP16
1	AU				[<0.003 - 0.055]	[<0.003 - 0.048]	[<0.003 - 0.031]	[<0.003 - 0.048]	[<0.003 - 0.014]	[<0.003 - 0.033]	[<0.003 - 0.022]	[<0.057 - 0.67]
	HA				[<0.003 - 0.24]	[<0.003 - 0.14]	[<0.003 - 0.045]	[<0.003 - 0.14]	[<0.003 - 0.018]	[<0.003 - 0.045]	[<0.003 - 0.035]	[<0.057 - 1.8]
	LG				[<0.003 - 0.035]	[<0.003 - 0.031]	[<0.003 - 0.018]	[<0.003 - 0.031]	[<0.003 - 0.0079]	[<0.003 - 0.02]	[<0.003 - 0.02]	[<0.057 - 0.48]
2	AU	N			[<0.003 - 0.0079]	[<0.003 - 0.0063]	[<0.003 - 0.0073]	[<0.003 - 0.0093]	[<0.003 - 0.0036]	[<0.003 - 0.0075]	[<0.003 - 0.008]	[<0.057 - 0.17]
		R			/	/	/	/	/	/	/	/
	HA	N			[<0.003 - 0.0063]	[<0.003 - 0.0064]	[<0.003 - 0.0038]	[<0.003 - 0.0039]	[<0.003 - 0.0043]	[<0.003 - 0.0081]	[<0.003 - 0.0056]	[<0.057 - 0.078]
		R			[<0.003 - 1.1]	[<0.003 - 0.64]	[<0.003 - 0.19]	[<0.003 - 0.73]	[<0.003 - 0.04]	[<0.003 - 0.16]	[<0.003 - 0.12]	[<0.057 - 6.9]
	LG	N			[<0.003 - 0.005]	[<0.003 - 0.0057]	[<0.003 - 0.0039]	[<0.003 - 0.0052]	[<0.003 - 0.0036]	[<0.003 - 0.0057]	[<0.003 - 0.0069]	[<0.057 - 0.096]
		R			[<0.003 - 0.47]	[<0.003 - 0.3]	[<0.003 - 0.16]	[<0.003 - 0.35]	[<0.003 - 0.025]	[<0.003 - 0.16]	[<0.003 - 0.14]	[<0.057 - 4.9]
3	AU	N	62		/	/	/	/	/	/	/	/
			64		[<0.003 - 0.0067]	[<0.003 - 0.005]	[<0.003 - 0.014]	[<0.003 - 0.017]	[<0.003 - 0.0036]	[<0.003 - 0.0099]	[<0.003 - 0.012]	[<0.057 - 0.34]
			65		/	[<0.003 - 0.008]	[<0.003 - <0.003]	[<0.003 - 0.0045]	[<0.003 - 0.0043]	[<0.003 - <0.003]	[<0.003 - 0.0085]	[<0.057 - 0.093]
		R	RN		/	/	/	/	/	/	/	/
			RT		/	/	/	/	/	/	/	/
	HA	N	11		/	/	/	/	/	/	/	/
			DI		[<0.003 - 0.0065]	[<0.003 - 0.0067]	[<0.003 - 0.0039]	[<0.003 - 0.0043]	[<0.003 - 0.0044]	[<0.003 - 0.0056]	[<0.003 - 0.0038]	[<0.057 - 0.079]
		R	RN		[<0.003 - 0.1]	[<0.003 - 0.085]	[<0.003 - 0.038]	[<0.003 - 0.059]	[<0.003 - 0.012]	[<0.003 - 0.035]	[<0.003 - 0.041]	[<0.057 - 1]
			RT		[0.0091 - 2.5]	[0.0085 - 1.2]	[<0.003 - 0.58]	[<0.003 - 2.5]	[<0.003 - 0.1]	[<0.003 - 0.48]	[<0.003 - 0.35]	[0.069 - 18]
	LG	N	29		/	/	/	/	/	/	/	/
			DI		[<0.003 - 0.005]	[<0.003 - 0.0057]	[<0.003 - 0.0039]	[<0.003 - 0.0052]	[<0.003 - 0.0036]	[<0.003 - 0.0057]	[<0.003 - 0.0069]	[<0.057 - 0.096]
		R	RN		[<0.003 - 0.13]	[<0.003 - 0.045]	[<0.003 - 0.053]	[<0.003 - 0.11]	[<0.003 - 0.007]	[<0.003 - 0.027]	[<0.003 - 0.024]	[<0.057 - 1.5]
			RT		[0.022 - 0.83]	[0.021 - 1.1]	[0.0065 - 0.47]	[0.012 - 0.85]	[<0.003 - 0.11]	[0.013 - 0.5]	[0.0093 - 0.48]	[0.21 - 11]
4	AU	R	RT	RTC	/	/	/	/	/	/	/	/
				RTH	/	/	/	/	/	/	/	/
				RTM	/	/	/	/	/	/	/	/
				RTD	/	/	/	/	/	/	/	/
	HA	R	RT	RTC	[0.015 - 2.8]	[0.0097 - 1.9]	[0.0034 - 0.9]	[0.0033 - 4.6]	[<0.003 - 0.12]	[<0.003 - 0.71]	[<0.003 - 0.35]	[0.085 - 23]
				RTH	[0.019 - 2.6]	[0.015 - 0.8]	[<0.003 - 0.27]	[<0.003 - 3.1]	[<0.003 - 0.13]	[<0.003 - 0.31]	[<0.003 - 0.53]	[0.15 - 20]
				RTM	/	/	/	/	/	/	/	/
				RTD	/	/	/	/	/	/	/	/
	LG	R	RT	RTC	/	/	/	/	/	/	/	/
				RTH	/	/	/	/	/	/	/	/
				RTM	/	/	/	/	/	/	/	/
				RTD	/	/	/	/	/	/	/	/

TABLE 7.44 – Horizons Profonds - Gammes de variation (5e et 95e centiles) des concentrations en HTP par classe d'échantillon de sol, selon les 4 niveaux de détail de la classification (*cf.* table 7.8) (« / » : nombre d'observations < 7 ; valeurs en mg/kg MS)

Niv.	Niv.1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	HTP10a12	HTP12a16	HTP16a21	HTP21a30	HTP30a35	HTP35a40	HTP_tot
1	AU				[2.4 - 23]	[<3 - 7.2]	[<3 - 7.9]	[<3 - 9.7]	[<3 - 6.7]	[<3 - 4]	[<16 - 42]
	HA				[<1.5 - 10]	[<3 - 7.3]	[<3 - 9.2]	[<3 - 11]	[<3 - 6.3]	[<3 - 4.5]	[<16 - 41]
	LG				[<1.5 - 10]	[<3 - 6.2]	[<3 - 5.6]	[<3 - 6.7]	[<3 - 4.6]	[<3 - 4.4]	[<16 - 26]
2	AU	N			[2.3 - 23]	[<3 - 6.9]	[<3 - 7.6]	[<3 - 8.8]	[<3 - 6.5]	[<3 - 3.7]	[<16 - 40]
		R			/	/	/	/	/	/	/
	HA	N			[<1.5 - 10]	[<3 - 5.7]	[<3 - 4.7]	[<3 - 5.2]	[<3 - 5.7]	[<3 - 3.5]	[<16 - 26]
		R			[<1.5 - 10]	[<3 - 8.3]	[<3 - 13]	[<3 - 16]	[<3 - 7.4]	[<3 - 5.6]	[<16 - 54]
	LG	N			[<1.5 - 9.5]	[<3 - 6.1]	[<3 - 4.4]	[<3 - 4.1]	[<3 - 3.4]	[<3 - <3]	[<16 - 21]
		R			[<1.5 - 11]	[<3 - 6.5]	[<3 - 8.9]	[<3 - 16]	[<3 - 8.3]	[<3 - 9]	[<16 - 48]
3	AU	N	62		/	/	/	/	/	/	/
			64		[2.6 - 26]	[<3 - 7.8]	[<3 - 6.1]	[<3 - 7.1]	[<3 - 5.1]	[<3 - 3.8]	[<16 - 36]
			65		[1.8 - 16]	[3.7 - 5.4]	[<3 - 11]	[<3 - 15]	[<3 - 9.9]	[<3 - 4.4]	[<16 - 47]
		R	RN		/	/	/	/	/	/	/
			RT		/	/	/	/	/	/	/
	HA	N	11		/	/	/	/	/	/	/
			DI		[<1.5 - 10]	[<3 - 5.8]	[<3 - 4.9]	[<3 - 5.4]	[<3 - 5.7]	[<3 - 3.6]	[<16 - 27]
		R	RN		[<1.5 - 9.3]	[<3 - 7.7]	[<3 - 7.8]	[<3 - 8.2]	[<3 - 5.6]	[<3 - 3.3]	[<16 - 31]
			RT		[<1.5 - 11]	[<3 - 9.1]	[<3 - 20]	[<3 - 29]	[<3 - 9.5]	[<3 - 7.9]	[<16 - 91]
	LG	N	29		/	/	/	/	/	/	/
			DI		[<1.5 - 9.7]	[<3 - 6.1]	[<3 - 4.4]	[<3 - 4.1]	[<3 - 3.4]	[<3 - <3]	[<16 - 21]
		R	RN		[<1.5 - 12]	[<3 - 6.5]	[<3 - 7.2]	[<3 - 7.5]	[<3 - 4.5]	[<3 - 4.2]	[<16 - 32]
			RT		[<1.5 - 7.7]	[<3 - 6.7]	[<3 - 14]	[<3 - 59]	[<3 - 18]	[<3 - 32]	[<16 - 87]
4	AU	R	RT	RTC	/	/	/	/	/	/	/
				RTM	/	/	/	/	/	/	/
				RTH	/	/	/	/	/	/	/
				RTD	/	/	/	/	/	/	/
	HA	R	RT	RTC	[<1.5 - 11]	[<3 - 6.3]	[<3 - 15]	[<3 - 35]	[<3 - 11]	[<3 - 5.7]	[<16 - 68]
				RTM	[<1.5 - 12]	[<3 - 12]	[<3 - 28]	[<3 - 26]	[<3 - 9.9]	[<3 - 19]	[<16 - 130]
				RTH	/	/	/	/	/	/	/
				RTD	/	/	/	/	/	/	/
	LG	R	RT	RTC	/	/	/	/	/	/	/
				RTM	/	/	/	/	/	/	/
				RTH	/	/	/	/	/	/	/
				RTD	/	/	/	/	/	/	/

TABLE 7.45 – Horizons Profonds - Gammes de variation (5e et 95e centiles) des concentrations en CN, IP et EOX par classe d'échantillon de sol, selon les 4 niveaux de détail de la classification (*cf.* table 7.8) (« / » : nombre d'observations < 7 ; valeurs en mg/kg MS)

Niv.	Niv.1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	CN_lib	CN_ncd	IP	EOX
1	AU				[<0.3 - <0.3]	/	[<0.003 - 0.014]	[<0.3 - <0.3]
	HA				[<0.3 - 0.37]	/	[<0.003 - 0.0097]	[<0.3 - 0.35]
	LG				[<0.3 - <0.3]	/	[<0.003 - 0.0088]	[<0.3 - 0.34]
2	AU	N			[<0.3 - <0.3]	/	[<0.003 - 0.012]	[<0.3 - <0.3]
		R			/	/	/	/
	HA	N			[<0.3 - 0.37]	/	[<0.003 - 0.0057]	[<0.3 - 0.32]
		R			[<0.3 - 0.38]	/	[<0.003 - 0.015]	[<0.3 - 0.38]
	LG	N			[<0.3 - 0.3]	/	[<0.003 - 0.0076]	[<0.3 - 0.3]
		R			[<0.3 - <0.3]	/	[<0.003 - 0.015]	[<0.3 - 0.42]
3	AU	N	62		/	/	/	/
			64		[<0.3 - <0.3]	/	[<0.003 - 0.012]	[<0.3 - <0.3]
			65		[<0.3 - <0.3]	/	[<0.003 - 0.011]	[<0.3 - <0.3]
		R	RN		/	/	/	/
			RT		/	/	/	/
	HA	N	11		/	/	/	/
			DI		[<0.3 - 0.38]	/	[<0.003 - 0.0058]	[<0.3 - 0.33]
		R	RN		[<0.3 - 0.45]	/	[<0.003 - 0.01]	[<0.3 - 0.33]
			RT		[<0.3 - 0.34]	/	[<0.003 - 0.019]	[<0.3 - 0.47]
	LG	N	29		/	/	/	/
			DI		[<0.3 - 0.3]	/	[<0.003 - 0.0076]	[<0.3 - 0.3]
		R	RN		[<0.3 - <0.3]	/	[<0.003 - 0.011]	[<0.3 - <0.3]
			RT		[<0.3 - <0.3]	/	[<0.003 - 0.03]	[<0.3 - 0.89]
4	AU	R	RT	RTC	/	/	/	/
				RTH	/	/	/	/
				RTM	/	/	/	/
				RTD	/	/	/	/
	HA	R	RT	RTC	[<0.3 - 0.48]	/	[<0.003 - 0.015]	[<0.3 - 0.85]
				RTH	[<0.3 - <0.3]	/	[<0.003 - 0.025]	[<0.3 - <0.3]
				RTM	/	/	/	/
				RTD	/	/	/	/
	LG	R	RT	RTC	/	/	/	/
				RTH	/	/	/	/
				RTM	/	/	/	/
				RTD	/	/	/	/

7.5.3.2 Horizons de surface

Les gammes de variation par classe pour les horizons de surface sont présentées dans les tables 7.46 à 7.63.

TABLE 7.46 – Horizons de Surface - Gammes de variation (5^{e} et 95^{e} centiles) des valeurs des paramètres pédologiques par classe d'échantillon de sol, selon les 3 premiers niveaux de détail de la classification (*cf.* table 7.9) (« / » : nombre d'observations < 7 ; Corg exprimé en g/kg MS ; Argile exprimé en % ; CE exprimé en µS/cm)

Niv.	Niv.1	Niv.2	Niv.3	pH_KCl	pH_H2O	Corg	Argile	CE
1	AU			[4.9 - 7.9]	[6.2 - 8.4]	[15 - 61]	[11 - 44]	[41 - 240]
	HA			[4.9 - 8.1]	[5.6 - 8.6]	[18 - 91]	[7 - 26]	[55 - 270]
	LG			[4 - 8]	[4.8 - 8.4]	[13 - 100]	[7.2 - 31]	[56 - 260]
2	AU	AG		[4.5 - 7.5]	[6.1 - 8.1]	[13 - 47]	[14 - 42]	[31 - 120]
		FO		[3.9 - 6.5]	[5.2 - 7.2]	[33 - 73]	[15 - 51]	[64 - 130]
		PA		/	/	/	/	/
		PO		[6.7 - 7.5]	[7.3 - 7.9]	[18 - 61]	[9.3 - 44]	[91 - 240]
	HA	AG		[4.4 - 7.6]	[6 - 8.2]	[13 - 67]	[8.4 - 26]	[41 - 160]
		FO		[2.5 - 4.5]	[3.9 - 4.9]	[20 - 100]	[8.6 - 26]	[63 - 190]
		PA		[5.2 - 7.8]	[6.5 - 8.1]	[18 - 91]	[6.9 - 26]	[36 - 220]
		PO		[6.2 - 7.6]	[6.7 - 8.1]	[27 - 91]	[6.7 - 27]	[81 - 270]
	LG	AG		[4.3 - 7.1]	[5.6 - 7.8]	[12 - 60]	[12 - 32]	[38 - 140]
		FO		[2.7 - 4.7]	[3.6 - 5.6]	[33 - 160]	[8.1 - 22]	[65 - 230]
		PA		[4.3 - 8.3]	[5.7 - 8.5]	[8.3 - 110]	[2.9 - 62]	[43 - 230]
		PO		[5.9 - 7.5]	[6.8 - 7.8]	[16 - 100]	[8.4 - 22]	[85 - 260]
3	AU	AG	N	[4.5 - 7.5]	[6.1 - 8.1]	[13 - 47]	[14 - 42]	[31 - 120]
			R	/	/	/	/	/
		PA	N	/	/	/	/	/
			R	/	/	/	/	/
		PO	N	[6.6 - 7.6]	[7.4 - 8]	[16 - 67]	[7.5 - 54]	[85 - 260]
			R	[6.7 - 7.5]	[7.3 - 7.9]	[20 - 54]	[14 - 29]	[110 - 240]
	HA	AG	N	[4.4 - 7.6]	[6.1 - 8.1]	[12 - 48]	[8 - 28]	[42 - 160]
			R	[4.6 - 7.6]	[5.9 - 8.5]	[23 - 88]	[9.5 - 23]	[45 - 180]
		PA	N	/	/	/	/	/
			R	[5.1 - 7.9]	[6.6 - 8.2]	[17 - 94]	[6.6 - 27]	[36 - 220]
		PO	N	[6.2 - 7.6]	[6.6 - 8.2]	[22 - 89]	[5 - 30]	[63 - 350]
			R	[6.2 - 7.6]	[6.8 - 8.2]	[31 - 97]	[7.2 - 25]	[89 - 250]
	LG	AG	N	[4.3 - 7.1]	[5.6 - 7.8]	[15 - 49]	[13 - 32]	[39 - 140]
			R	[4.2 - 7.4]	[5.5 - 7.7]	[5.4 - 200]	[11 - 38]	[28 - 160]
		PA	N	[3.4 - 7.6]	/	/	[12 - 34]	/
			R	[4.8 - 8.4]	[6.1 - 8.5]	[7 - 100]	[2.4 - 63]	[47 - 210]
		PO	N	[5.7 - 7.7]	[6.9 - 7.9]	[17 - 65]	[8 - 23]	[79 - 280]
			R	[6.2 - 7.4]	[6.8 - 7.8]	[14 - 120]	[8.6 - 21]	[88 - 250]

TABLE 7.47 – Horizons de Surface - Gammes de variation (5e et 95e centiles) des valeurs des paramètres pédologiques par classe d'échantillon de sol, selon le 4e niveau de détail de la classification (*cf.* table 7.9) (« / » : nombre d'observations < 7 ; Corg exprimé en g/kg MS ; Argile exprimé en % ; CE exprimé en µS/cm)

Niv.1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	pH_KCl	pH_H2O	Corg	Argile	CE
AU	AG	N	62	/	/	/	/	/
			64	[4.9 - 7.5]	[6.3 - 8.1]	[13 - 31]	[14 - 29]	[30 - 120]
			65	/	/	/	/	/
		R	RN	/	/	/	/	/
			RT	/	/	/	/	/
	FO	N	62	/	/	/	/	/
			64	/	/	/	/	/
			65	/	/	/	/	/
	PA	N	62	/	/	/	/	/
			64	/	/	/	/	/
			65	/	/	/	/	/
		R	RN	/	/	/	/	/
			RT	/	/	/	/	/
	PO	N	62	/	/	/	/	/
			64	/	/	/	/	/
			65	[6.8 - 7.6]	[7.3 - 8.1]	[17 - 77]	[8.3 - 60]	[82 - 270]
		R	RN	/	/	/	/	/
			RT	[6.7 - 7.5]	[7.3 - 7.9]	[21 - 53]	[14 - 28]	[130 - 260]
HA	AG	N	11	/	/	/	/	/
			DI	[4.5 - 7.7]	[6.1 - 8.1]	[12 - 48]	[7.8 - 28]	[42 - 160]
		R	RN	[4.4 - 7.2]	[5.7 - 7.9]	[27 - 61]	[11 - 26]	[41 - 160]
			RT	[5 - 8]	[6.2 - 8.8]	[21 - 110]	[9.4 - 24]	[58 - 210]
	FO	N	11	/	/	/	/	/
			DI	[2.5 - 4.5]	[3.9 - 4.9]	[20 - 100]	[8.6 - 26]	[63 - 190]
	PA	N	11	/	/	/	/	/
			DI	/	/	/	/	/
		R	RN	[4.4 - 7.6]	[6.1 - 8.1]	[17 - 65]	[8.5 - 26]	[36 - 150]
			RT	[5.7 - 7.7]	[6.8 - 8.2]	[19 - 110]	[5.7 - 26]	[38 - 260]
	PO	N	11	/	/	/	/	/
			DI	[6.2 - 7.6]	[6.6 - 8.2]	[22 - 89]	[5 - 30]	[63 - 350]
		R	RN	[6.6 - 7.2]	/	[25 - 99]	[7.8 - 23]	[110 - 260]
			RT	[6.2 - 7.6]	[6.8 - 8.2]	[31 - 97]	[7.2 - 25]	[81 - 220]
LG	AG	N	29	/	/	[24 - 55]	/	/
			DI	[4.3 - 7.1]	[5.6 - 7.8]	[15 - 49]	[12 - 28]	[39 - 140]
		R	RN	/	/	/	/	/
			RT	/	/	/	/	/
	FO	N	29	/	/	/	/	/
			DI	[2.7 - 4.7]	[3.6 - 5.6]	[35 - 160]	[8.1 - 22]	[65 - 230]
	PA	N	29	/	/	/	/	/
			DI	/	/	/	/	/
		R	RN	[3.6 - 8.6]	[5.5 - 8.7]	[6.5 - 76]	[8.5 - 39]	[40 - 200]
			RT	[5.6 - 8]	[6.6 - 8.4]	[8.5 - 130]	[1.4 - 72]	[53 - 230]
	PO	N	29	/	/	/	/	/
			DI	[6 - 7.6]	[6.9 - 7.9]	[17 - 65]	[8 - 23]	[79 - 280]
		R	RN	[6.5 - 7.1]	[6.8 - 7.8]	[11 - 100]	[6.6 - 22]	[88 - 250]
			RT	[6.2 - 7.4]	[6.8 - 7.8]	[16 - 130]	[8.9 - 20]	[88 - 250]

TABLE 7.48 – Horizons de Surface - Gammes de variation (5^{e} et 95^{e} centiles) des concentrations en éléments majeurs par classe d'échantillon de sol, selon les 3 premiers niveaux de détail de la classification (*cf.* table 7.9) (« / » : nombre d'observations < 7 ; valeurs en mg/kg MS)

Niv.	Niv.1	Niv.2	Niv.3	Al	Ca	Mg	Mn	Fe
1	AU			[12000 - 39000]	[1800 - 67000]	[1700 - 6500]	[560 - 4800]	[25000 - 150000]
	HA			[9000 - 24000]	[1800 - 30000]	[1700 - 4300]	[320 - 940]	[14000 - 35000]
	LG			[7900 - 28000]	[1000 - 28000]	[1100 - 5300]	[300 - 1800]	[13000 - 37000]
2	AU	AG		[13000 - 39000]	[1700 - 14000]	[1800 - 4900]	[520 - 6300]	[27000 - 130000]
		FO		[12000 - 39000]	[2200 - 13000]	[1800 - 6100]	[280 - 4200]	[37000 - 98000]
		PA		/	/	/	/	/
		PO		[13000 - 39000]	[6200 - 78000]	[1500 - 7400]	[820 - 4000]	[22000 - 160000]
	HA	AG		[9600 - 23000]	[1500 - 11000]	[1700 - 4300]	[320 - 770]	[14000 - 29000]
		FO		[5600 - 21000]	[290 - 6200]	[1100 - 3700]	[200 - 1200]	[9200 - 53000]
		PA		[8400 - 21000]	[1800 - 29000]	[1800 - 5000]	[290 - 1000]	[13000 - 37000]
		PO		[10000 - 25000]	[4500 - 27000]	[1800 - 4000]	[370 - 990]	[15000 - 32000]
	LG	AG		[9500 - 28000]	[1300 - 6700]	[1500 - 5000]	[380 - 1400]	[14000 - 34000]
		FO		[5400 - 18000]	[380 - 4700]	[550 - 3300]	[100 - 2400]	[12000 - 42000]
		PA		[7800 - 23000]	[1200 - 45000]	[1400 - 5100]	[360 - 1500]	[13000 - 36000]
		PO		[11000 - 29000]	[4100 - 29000]	[1800 - 4900]	[520 - 1500]	[14000 - 35000]
3	AU	AG	N	[13000 - 39000]	[1700 - 14000]	[1800 - 4900]	[520 - 6300]	[27000 - 130000]
			R	/	/	/	/	/
		PA	N	/	/	/	/	/
			R	/	/	/	/	/
		PO	N	[11000 - 43000]	[5500 - 88000]	[1100 - 9400]	[660 - 3300]	[18000 - 2e+05]
			R	[14000 - 34000]	[7200 - 67000]	[2600 - 5100]	[970 - 4100]	[34000 - 110000]
	HA	AG	N	[9300 - 19000]	[1600 - 6800]	[1600 - 3800]	[350 - 700]	[14000 - 28000]
			R	[8400 - 26000]	[2100 - 21000]	[1900 - 4700]	[290 - 1000]	[15000 - 33000]
		PA	N	/	/	/	/	/
			R	[8300 - 22000]	[2000 - 33000]	[1700 - 5100]	[280 - 1100]	[13000 - 38000]
		PO	N	[10000 - 25000]	[4500 - 22000]	[1900 - 3900]	[310 - 950]	[16000 - 30000]
			R	[12000 - 28000]	[4900 - 30000]	[2000 - 4500]	[380 - 950]	[15000 - 33000]
	LG	AG	N	[9300 - 29000]	[1300 - 6700]	[1400 - 5000]	[410 - 1600]	[14000 - 34000]
			R	[11000 - 25000]	[1300 - 8100]	[1500 - 4700]	[360 - 1000]	[13000 - 37000]
		PA	N	[8000 - 27000]	/	[1300 - 4500]	[460 - 1400]	[11000 - 43000]
			R	[7100 - 20000]	[1100 - 58000]	[1600 - 5700]	[340 - 1600]	[14000 - 35000]
		PO	N	[11000 - 29000]	[3700 - 27000]	[1700 - 5100]	[530 - 1500]	[14000 - 35000]
			R	[11000 - 30000]	[4700 - 31000]	[1900 - 4700]	[510 - 1600]	[14000 - 35000]

TABLE 7.49 – Horizons de Surface - Gammes de variation (5^{e} et 95^{e} centiles) des concentrations en éléments majeurs par classe d'échantillon de sol, selon le 4^{e} niveau de détail de la classification (*cf.* table 7.9) (« / » : nombre d'observations < 7 ; valeurs en mg/kg MS)

Niv.1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Al	Ca	Mg	Mn	Fe
AU	AG	N	62	/	/	/	/	/
			64	[13000 - 38000]	[1800 - 11000]	[1600 - 5400]	[1200 - 7600]	[33000 - 110000]
			65	/	/	/	/	/
		R	RN	/	/	/	/	/
			RT	/	/	/	/	/
	FO	N	62	/	/	/	/	/
			64	/	/	/	/	/
			65	/	/	/	/	/
	PA	N	62	/	/	/	/	/
			64	/	/	/	/	/
			65	/	/	/	/	/
		R	RN	/	/	/	/	/
			RT	/	/	/	/	/
	PO	N	62	/	/	/	/	/
			64	/	/	/	/	/
			65	[12000 - 34000]	[23000 - 160000]	[910 - 9700]	[650 - 2800]	[19000 - 190000]
		R	RN	/	/	/	/	/
			RT	[13000 - 30000]	[6700 - 72000]	[2500 - 5400]	[1000 - 4900]	[33000 - 110000]
HA	AG	N	11	/	/	/	/	/
			DI	[10000 - 21000]	[1800 - 7400]	[1500 - 3900]	[350 - 680]	[15000 - 27000]
		R	RN	[6800 - 21000]	[1900 - 13000]	[1800 - 3900]	[240 - 1000]	[13000 - 32000]
			RT	[11000 - 25000]	[2800 - 28000]	[2100 - 5200]	[340 - 880]	[16000 - 31000]
	FO	N	11	/	/	/	/	/
			DI	[5600 - 21000]	[290 - 6200]	[1100 - 3700]	[200 - 1200]	[9200 - 53000]
	PA	N	11	/	/	/	/	/
			DI	/	/	/	/	/
		R	RN	[7200 - 25000]	[1600 - 12000]	[1600 - 4500]	[270 - 1100]	[11000 - 43000]
			RT	[9000 - 20000]	[2700 - 44000]	[1700 - 5100]	[290 - 1000]	[13000 - 36000]
	PO	N	11	/	/	/	/	/
			DI	[10000 - 25000]	[4500 - 22000]	[1900 - 3900]	[310 - 950]	[16000 - 30000]
		R	RN	[10000 - 25000]	[6600 - 15000]	[2500 - 4400]	[340 - 710]	[17000 - 29000]
			RT	[12000 - 28000]	[4700 - 31000]	[2000 - 4500]	[380 - 950]	[15000 - 33000]
LG	AG	N	29	/	[1900 - 10000]	[2500 - 6600]	[950 - 2800]	[15000 - 33000]
			DI	[9000 - 24000]	[1400 - 6500]	[1300 - 4400]	[420 - 1300]	[15000 - 33000]
		R	RN	/	/	/	/	/
			RT	/	/	/	/	/
	FO	N	29	/	/	/	/	/
			DI	[5600 - 18000]	[410 - 4400]	[510 - 2900]	[110 - 1900]	[11000 - 36000]
	PA	N	29	/	/	/	/	/
			DI	/	/	/	/	/
		R	RN	[7500 - 24000]	[640 - 46000]	[1300 - 5700]	[310 - 1400]	[15000 - 33000]
			RT	[7400 - 20000]	[2100 - 56000]	[1700 - 5200]	[390 - 1700]	[13000 - 37000]
	PO	N	29	/	/	/	/	/
			DI	[11000 - 29000]	[3700 - 26000]	[1700 - 5100]	[490 - 1400]	[14000 - 35000]
		R	RN	[13000 - 37000]	[6900 - 26000]	[2600 - 5100]	[510 - 1600]	[13000 - 37000]
			RT	[11000 - 29000]	[4500 - 32000]	[1900 - 4700]	[510 - 1600]	[14000 - 35000]

TABLE 7.50 – Horizons de Surface - Gammes de variation (5e et 95e centiles) des concentrations en polluants inorganiques (1ere partie) par classe d'échantillon de sol, selon les 3 premiers niveaux de détail de la classification (*cf.* table 7.9) (« / » : nombre d'observations < 7 ; valeurs en mg/kg MS)

Niv.	Niv.1	Niv.2	Niv.3	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	CrVI	Cu
1	AU			[17 - 120]	[45 - 400]	[<1 - 3.3]	[<0.4 - 1.6]	[10 - 47]	[28 - 130]	[<0.1 - 0.85]	[9.8 - 75]
	HA			[<10 - 16]	[42 - 420]	[<1 - 1.6]	[<0.4 - 1.4]	[6.1 - 20]	[23 - 59]	[<0.1 - 0.28]	[12 - 90]
	LG			[<10 - 27]	[36 - 410]	[<1 - 1.9]	[0.65 - 8.4]	[5.1 - 24]	[19 - 57]	[<0.1 - 0.3]	[13 - 100]
2	AU	AG		[16 - 150]	[47 - 140]	[<1 - 3]	[<0.4 - 0.79]	[12 - 42]	[26 - 140]	[<0.1 - 2.2]	[10 - 40]
		FO		[16 - 71]	[42 - 200]	[<1 - 2.6]	[<0.4 - 1.8]	[8.5 - 32]	[26 - 77]	[<0.1 - <0.1]	[7.4 - 45]
		PA		/	/	/	/	/	/	/	/
		PO		[18 - 110]	[88 - 560]	[<1 - 3.9]	[<0.4 - 2.3]	[9.4 - 52]	[37 - 120]	[<0.1 - 0.4]	[20 - 100]
	HA	AG		[<10 - 12]	[42 - 190]	[<1 - 1.3]	[<0.4 - 0.69]	[5.3 - 15]	[22 - 42]	[<0.1 - 0.44]	[9.6 - 42]
		FO		[<10 - 23]	[15 - 110]	[<1 - 1.2]	[<0.4 - 0.98]	[2.4 - 19]	[15 - 50]	[<0.1 - <0.1]	[5.7 - 39]
		PA		[<10 - 17]	[45 - 270]	[<1 - 1.4]	[<0.4 - 1.1]	[5.7 - 21]	[21 - 53]	[<0.1 - 0.11]	[11 - 69]
		PO		[<10 - 17]	[81 - 500]	[<1 - 1.5]	[0.42 - 1.4]	[8.2 - 18]	[27 - 60]	[<0.1 - 0.36]	[24 - 100]
	LG	AG		[<10 - 20]	[42 - 160]	[<1 - 1.4]	[0.99 - 5.5]	[6.4 - 19]	[20 - 45]	[<0.1 - 0.39]	[12 - 52]
		FO		[<10 - 29]	[18 - 110]	[<1 - 1.3]	[<0.4 - 9.5]	[<2 - 19]	[16 - 38]	[<0.1 - 0.1]	[12 - 51]
		PA		[<10 - 28]	[50 - 240]	[<1 - 1.6]	[<0.4 - 5]	[6.8 - 18]	[20 - 44]	[<0.1 - 0.36]	[13 - 87]
		PO		[<10 - 28]	[80 - 500]	[<1 - 1.8]	[1 - 8.9]	[8.4 - 22]	[26 - 64]	[<0.1 - 0.32]	[22 - 130]
3	AU	AG	N	[16 - 150]	[47 - 140]	[<1 - 3]	[<0.4 - 0.79]	[12 - 42]	[26 - 140]	[<0.1 - 2.2]	[10 - 40]
			R	/	/	/	/	/	/	/	/
		PA	N	/	/	/	/	/	/	/	/
			R	/	/	/	/	/	/	/	/
		PO	N	[15 - 110]	[75 - 540]	[<1 - 4.4]	[<0.4 - 2.7]	[7.2 - 56]	[33 - 130]	[<0.1 - 0.52]	[20 - 100]
			R	[22 - 110]	[93 - 530]	[1.2 - 3.1]	[<0.4 - 1.8]	[14 - 44]	[49 - 110]	[<0.1 - 0.23]	[18 - 92]
	HA	AG	N	[<10 - 12]	[45 - 120]	[<1 - 1.1]	[<0.4 - 0.59]	[5.3 - 15]	[22 - 41]	[<0.1 - 0.74]	[10 - 32]
			R	[<10 - 13]	[45 - 330]	[<1 - 1.7]	[<0.4 - 0.83]	[7.2 - 17]	[23 - 48]	[<0.1 - 0.2]	[14 - 63]
		PA	N	/	/	/	/	/	/	/	/
			R	[<10 - 17]	[44 - 270]	[<1 - 1.5]	[<0.4 - 1.1]	[5.5 - 22]	[20 - 55]	[<0.1 - 0.11]	[12 - 78]
		PO	N	[<10 - 14]	[63 - 350]	[<1 - 1.2]	[0.4 - 1.1]	[7.4 - 16]	[27 - 61]	[<0.1 - 0.28]	[21 - 77]
			R	[<10 - 19]	[93 - 530]	[<1 - 1.6]	[0.43 - 1.5]	[9.1 - 20]	[28 - 59]	[<0.1 - 0.4]	[24 - 100]
	LG	AG	N	[<10 - 19]	[41 - 160]	[<1 - 1.4]	[0.99 - 5.7]	[6.4 - 19]	[20 - 45]	[<0.1 - 0.43]	[10 - 47]
			R	[<10 - 24]	[48 - 140]	[<1 - 1.2]	[1.2 - 4.3]	[6 - 17]	[20 - 44]	[<0.1 - 0.33]	[17 - 52]
		PA	N	[<10 - 29]	[42 - 230]	[<1 - 1.9]	[0.84 - 5.1]	[6.1 - 20]	[20 - 46]	/	[9.8 - 92]
			R	[<10 - 28]	[50 - 240]	[<1 - 1.5]	[<0.4 - 4.7]	[7 - 17]	[20 - 44]	[<0.1 - 0.47]	[14 - 95]
		PO	N	[<10 - 24]	[73 - 370]	[<1 - 1.6]	[1 - 8.6]	[8.1 - 18]	[25 - 54]	[<0.1 - 0.38]	[20 - 100]
			R	[<10 - 32]	[88 - 560]	[<1 - 1.9]	[1 - 9]	[8 - 23]	[25 - 66]	[<0.1 - 0.28]	[25 - 140]

TABLE 7.51 – Horizons de Surface - Gammes de variation (5e et 95e centiles) des concentrations en polluants inorganiques (1ere partie) par classe d'échantillon de sol, selon le 4e niveau de détail de la classification (*cf.* table 7.9) (« / » : nombre d'observations < 7 ; valeurs en mg/kg MS)

Niv.1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	CrVI	Cu
AU	AG	N	62	/	/	/	/	/	/	/	/
			64	[32 - 140]	[46 - 140]	[1.1 - 3.5]	[<0.4 - 0.4]	[19 - 47]	[32 - 170]	[0.1 - 2.7]	[11 - 25]
			65	/	/	/	/	/	/	/	/
		R	RN	/	/	/	/	/	/	/	/
			RT	/	/	/	/	/	/	/	/
	FO	N	62	/	/	/	/	/	/	/	/
			64	/	/	/	/	/	/	/	/
			65	/	/	/	/	/	/	/	/
	PA	N	62	/	/	/	/	/	/	/	/
			64	/	/	/	/	/	/	/	/
			65	/	/	/	/	/	/	/	/
		R	RN	/	/	/	/	/	/	/	/
			RT	/	/	/	/	/	/	/	/
	PO	N	62	/	/	/	/	/	/	/	/
			64	/	/	/	/	/	/	/	/
			65	[15 - 60]	[83 - 590]	[<1 - 4.3]	[<0.4 - 3.2]	[6.5 - 41]	[33 - 140]	[<0.1 - 0.19]	[24 - 100]
		R	RN	/	/	/	/	/	/	/	/
			RT	[23 - 110]	[87 - 690]	[1.4 - 2.8]	[0.4 - 1.4]	[15 - 39]	[50 - 110]	[<0.1 - 0.36]	[18 - 110]
HA	AG	N	11	/	/	/	/	/	/	/	/
			DI	[<10 - 12]	[45 - 120]	[<1 - 1.1]	[<0.4 - 0.6]	[6.5 - 13]	[22 - 40]	[<0.1 - 0.67]	[11 - 31]
		R	RN	[<10 - 12]	[37 - 180]	[<1 - 1.4]	[<0.4 - 0.78]	[5.9 - 14]	[21 - 52]	[<0.1 - 0.29]	[14 - 43]
			RT	[<10 - 15]	[72 - 370]	[<1 - 1.7]	[<0.4 - 0.88]	[8.9 - 17]	[25 - 44]	[<0.1 - 0.16]	[17 - 77]
	FO	N	11	/	/	/	/	/	/	/	/
			DI	[<10 - 23]	[15 - 110]	[<1 - 1.2]	[<0.4 - 0.98]	[2.4 - 19]	[15 - 50]	[<0.1 - <0.1]	[5.7 - 39]
	PA	N	11	/	/	/	/	/	/	/	/
			DI	/	/	/	/	/	/	/	/
		R	RN	[<10 - 15]	[33 - 200]	[<1 - 1.4]	[<0.4 - 0.93]	[3.7 - 22]	[19 - 58]	[<0.1 - 0.13]	[8.1 - 50]
			RT	[<10 - 19]	[53 - 280]	[<1 - 1.5]	[<0.4 - 1.2]	[6.5 - 19]	[19 - 48]	[<0.1 - 0.11]	[14 - 78]
	PO	N	11	/	/	/	/	/	/	/	/
			DI	[<10 - 14]	[63 - 350]	[<1 - 1.2]	[0.4 - 1.1]	[7.4 - 16]	[27 - 61]	[<0.1 - 0.28]	[21 - 77]
		R	RN	[<10 - 16]	[85 - 390]	[<1 - 1.5]	[0.44 - 1.1]	[9.8 - 18]	[28 - 71]	[<0.1 - 1.2]	[25 - 81]
			RT	[<10 - 19]	[93 - 530]	[<1 - 1.6]	[0.43 - 1.5]	[9.1 - 20]	[28 - 59]	[<0.1 - 0.4]	[24 - 100]
LG	AG	N	29	/	[83 - 260]	[<1 - 3.3]	[1.2 - 7.3]	[11 - 24]	[29 - 70]	/	[23 - 58]
			DI	[<10 - 18]	[46 - 140]	[<1 - 1.2]	[0.97 - 5.3]	[6 - 17]	[21 - 43]	[<0.1 - 0.44]	[11 - 46]
		R	RN	/	/	/	/	/	/	/	/
			RT	/	/	/	/	/	/	/	/
	FO	N	29	/	/	/	/	/	/	/	/
			DI	[<10 - 29]	[18 - 89]	[<1 - 1.1]	[<0.4 - 8.7]	[<2 - 19]	[15 - 33]	[<0.1 - 0.1]	[12 - 49]
	PA	N	29	/	/	/	/	/	/	/	/
			DI	/	/	/	/	/	/	/	/
		R	RN	[<10 - 24]	[45 - 180]	[<1 - 1.3]	[<0.4 - 4.7]	[7.8 - 16]	[21 - 44]	[<0.1 - 0.67]	[12 - 95]
			RT	[<10 - 32]	[55 - 270]	[<1 - 1.6]	[0.4 - 4.9]	[7.3 - 20]	[20 - 46]	[<0.1 - 0.36]	[15 - 90]
	PO	N	29	/	/	/	/	/	/	/	/
			DI	[<10 - 24]	[72 - 370]	[<1 - 1.6]	[1 - 8.8]	[8.1 - 18]	[25 - 54]	[<0.1 - 0.42]	[20 - 100]
		R	RN	[<10 - 39]	[96 - 930]	[<1 - 2.1]	[0.72 - 13]	[8.5 - 26]	[33 - 73]	[<0.1 - 0.47]	[25 - 220]
			RT	[<10 - 31]	[93 - 530]	[<1 - 1.9]	[1 - 8.8]	[8.1 - 22]	[25 - 66]	[<0.1 - 0.21]	[26 - 140]

TABLE 7.52 – Horizons de Surface - Gammes de variation (5^{e} et 95^{e} centiles) des concentrations en polluants inorganiques (2e partie) par classe d'échantillon de sol, selon les 3 premiers niveaux de détail de la classification (*cf.* table 7.9) (« / » : nombre d'observations < 7 ; valeurs en mg/kg MS)

Niv.	Niv.1	Niv.2	Niv.3	Hg	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	Zn
1	AU			[<0.1 - 0.26]	[<5 - 11]	[27 - 91]	[29 - 150]	[<2 - 2.6]	[<2 - 8.3]	[<5 - 7]	[87 - 460]
	HA			[<0.1 - 0.56]	[<5 - <5]	[15 - 49]	[21 - 310]	[<2 - 2.8]	[<2 - 4.7]	[<5 - 13]	[47 - 470]
	LG			[<0.1 - 0.69]	[<5 - <5]	[12 - 51]	[46 - 580]	[<2 - 9.4]	[<2 - 4.4]	[<5 - 15]	[110 - 1400]
2	AU	AG		[<0.1 - <0.1]	[<5 - 8.8]	[25 - 120]	[30 - 66]	[<2 - <2]	[<2 - 5.6]	[<5 - <5]	[92 - 240]
		FO		[<0.1 - 0.2]	[<5 - 22]	[23 - 72]	[55 - 99]	[<2 - <2]	[<2 - 11]	[<5 - <5]	[110 - 310]
		PA		/	/	/	/	/	/	/	/
		PO		[<0.1 - 0.41]	[<5 - 10]	[34 - 71]	[38 - 220]	[<2 - 3]	[<2 - 11]	[<5 - 10]	[140 - 630]
	HA	AG		[<0.1 - 0.28]	[<5 - <5]	[13 - 38]	[19 - 100]	[<2 - 2]	[<2 - 6]	[<5 - 7.3]	[46 - 180]
		FO		[<0.1 - 0.56]	[<5 - <5]	[7 - 39]	[27 - 160]	[<2 - 2.1]	[<2 - 2.6]	[<5 - 6.8]	[27 - 140]
		PA		[<0.1 - 0.59]	[<5 - <5]	[15 - 49]	[20 - 230]	[<2 - 2]	[<2 - 4.9]	[<5 - 11]	[45 - 330]
		PO		[<0.1 - 0.65]	[<5 - <5]	[20 - 46]	[37 - 400]	[<2 - 3.5]	[<2 - 4.3]	[<5 - 18]	[100 - 590]
	LG	AG		[<0.1 - 0.33]	[<5 - 6]	[13 - 47]	[46 - 220]	[<2 - 2.4]	[<2 - 3.6]	[<5 - 6.6]	[120 - 890]
		FO		[0.14 - 0.77]	[<5 - 5.1]	[6.5 - 41]	[99 - 500]	[<2 - 7.9]	[<2 - 3]	[<5 - 10]	[63 - 630]
		PA		[<0.1 - 0.6]	[<5 - <5]	[17 - 44]	[29 - 760]	[<2 - 4.8]	[<2 - 5.3]	[<5 - 13]	[92 - 1200]
		PO		[<0.1 - 0.76]	[<5 - <5]	[16 - 55]	[66 - 750]	[<2 - 15]	[<2 - 5]	[<5 - 20]	[210 - 1800]
3	AU	AG	N	[<0.1 - <0.1]	[<5 - 8.8]	[25 - 120]	[30 - 66]	[<2 - <2]	[<2 - 5.6]	[<5 - <5]	[92 - 240]
			R	/	/	/	/	/	/	/	/
		PA	N	/	/	/	/	/	/	/	/
			R	/	/	/	/	/	/	/	/
		PO	N	[<0.1 - 0.53]	[<5 - 14]	[34 - 72]	[40 - 250]	[<2 - 4.1]	[<2 - 8.5]	[<5 - 11]	[130 - 680]
			R	[<0.1 - 0.32]	[<5 - 6.7]	[35 - 70]	[35 - 190]	[<2 - <2]	[<2 - 13]	[<5 - 8.5]	[140 - 520]
	HA	AG	N	[<0.1 - 0.24]	[<5 - 5.2]	[12 - 33]	[21 - 65]	[<2 - 2]	[<2 - 6.7]	[<5 - 6.1]	[50 - 130]
			R	[<0.1 - 0.38]	[<5 - <5]	[18 - 41]	[26 - 170]	[<2 - 2.2]	[<2 - 4.7]	[<5 - 9.5]	[61 - 240]
		PA	N	/	/	/	/	/	/	/	/
			R	[<0.1 - 0.61]	[<5 - <5]	[15 - 50]	[21 - 260]	[<2 - 2]	[<2 - 4.7]	[<5 - 11]	[48 - 370]
		PO	N	[<0.1 - 0.53]	[<5 - <5]	[18 - 40]	[26 - 380]	[<2 - 2.8]	[<2 - 4.1]	[<5 - 12]	[78 - 420]
			R	[<0.1 - 0.67]	[<5 - <5]	[20 - 45]	[43 - 420]	[<2 - 3.7]	[<2 - 4.3]	[<5 - 19]	[110 - 640]
	LG	AG	N	[<0.1 - 0.33]	[<5 - 5.9]	[13 - 47]	[44 - 220]	[<2 - 2.2]	[<2 - 3.2]	[<5 - 6.4]	[120 - 900]
			R	[<0.1 - 0.55]	[<5 - 5.4]	[14 - 54]	[71 - 170]	[<2 - 3.3]	[<2 - 7.4]	[<5 - 7.9]	[130 - 820]
		PA	N	/	[<5 - 5.5]	[13 - 58]	[56 - 390]	[<2 - 5.4]	[<2 - 4.6]	/	[150 - 870]
			R	[<0.1 - 0.61]	[<5 - <5]	[18 - 42]	[24 - 910]	[<2 - 4.3]	[<2 - 5.4]	[<5 - 14]	[76 - 1200]
		PO	N	[<0.1 - 0.57]	[<5 - <5]	[15 - 49]	[60 - 550]	[<2 - 8.5]	[<2 - 5]	[<5 - 13]	[210 - 1800]
			R	[0.12 - 0.92]	[<5 - <5]	[19 - 59]	[69 - 870]	[<2 - 21]	[<2 - 4.8]	[<5 - 24]	[210 - 1800]

TABLE 7.53 – Horizons de Surface - Gammes de variation (5e et 95e centiles) des concentrations en polluants inorganiques (2e partie) par classe d'échantillon de sol, selon le 4e niveau de détail de la classification (*cf.* table 7.9) (« / » : nombre d'observations < 7 ; valeurs en mg/kg MS)

Niv.1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Hg	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	Zn
AU	AG	N	62	/	/	/	/	/	/	/	/
			64	[<0.1 - <0.1]	[<5 - 5.4]	[33 - 140]	[32 - 76]	[<2 - <2]	[<2 - 5]	[<5 - <5]	[88 - 250]
			65	/	/	/	/	/	/	/	/
		R	RN	/	/	/	/	/	/	/	/
			RT	/	/	/	/	/	/	/	/
	FO	N	62	/	/	/	/	/	/	/	/
			64	/	/	/	/	/	/	/	/
			65	/	/	/	/	/	/	/	/
	PA	N	62	/	/	/	/	/	/	/	/
			64	/	/	/	/	/	/	/	/
			65	/	/	/	/	/	/	/	/
		R	RN	/	/	/	/	/	/	/	/
			RT	/	/	/	/	/	/	/	/
	PO	N	62	/	/	/	/	/	/	/	/
			64	/	/	/	/	/	/	/	/
			65	[<0.1 - 0.5]	[<5 - 15]	[38 - 64]	[42 - 290]	[<2 - 5]	[<2 - 5.8]	[<5 - 13]	[140 - 780]
		R	RN	/	/	/	/	/	/	/	/
			RT	[<0.1 - 0.36]	[<5 - 6.5]	[41 - 73]	[32 - 250]	[<2 - <2]	[<2 - 8.3]	[<5 - 11]	[140 - 650]
HA	AG	N	11	/	/	/	/	/	/	/	/
			DI	[<0.1 - 0.25]	[<5 - <5]	[13 - 32]	[21 - 65]	[<2 - <2]	[<2 - 7.1]	[<5 - 6.1]	[51 - 130]
		R	RN	[<0.1 - 0.26]	[<5 - <5]	[17 - 36]	[29 - 100]	[<2 - <2]	[<2 - 4.2]	[<5 - 9.2]	[63 - 190]
			RT	[<0.1 - 0.58]	[<5 - <5]	[21 - 42]	[27 - 250]	[<2 - 2.8]	[<2 - 5.3]	[<5 - 9.7]	[71 - 310]
	FO	N	11	/	/	/	/	/	/	/	/
			DI	[<0.1 - 0.56]	[<5 - <5]	[7 - 39]	[27 - 160]	[<2 - 2.1]	[<2 - 2.6]	[<5 - 6.8]	[27 - 140]
	PA	N	11	/	/	/	/	/	/	/	/
			DI	/	/	/	/	/	/	/	/
		R	RN	[<0.1 - 0.42]	[<5 - <5]	[13 - 47]	[15 - 170]	[<2 - <2]	[<2 - 5.5]	[<5 - 6.8]	[38 - 320]
			RT	[<0.1 - 0.61]	[<5 - <5]	[17 - 52]	[25 - 260]	[<2 - 2.2]	[<2 - 4.4]	[<5 - 13]	[55 - 400]
	PO	N	11	/	/	/	/	/	/	/	/
			DI	[<0.1 - 0.53]	[<5 - <5]	[18 - 40]	[26 - 380]	[<2 - 2.8]	[<2 - 4.1]	[<5 - 12]	[78 - 420]
		R	RN	[<0.1 - 0.44]	[<5 - <5]	[25 - 44]	[40 - 250]	[<2 - 2.9]	[<2 - 4.4]	[<5 - 14]	[120 - 500]
			RT	[<0.1 - 0.67]	[<5 - <5]	[20 - 45]	[42 - 420]	[<2 - 3.8]	[<2 - 4.2]	[<5 - 19]	[110 - 640]
LG	AG	N	29	[<0.1 - 0.51]	[<5 - <5]	[24 - 85]	[67 - 330]	[<2 - <2]	[<2 - 6.9]	[<5 - 7.3]	[170 - 980]
			DI	[<0.1 - 0.32]	[<5 - 6.1]	[13 - 38]	[42 - 190]	[<2 - 2.3]	[<2 - 2.7]	[<5 - 6.3]	[120 - 920]
		R	RN	/	/	/	/	/	/	/	/
			RT	/	/	/	/	/	/	/	/
	FO	N	29	/	/	/	/	/	/	/	/
			DI	[0.16 - 0.84]	[<5 - 5.1]	[7 - 39]	[97 - 500]	[<2 - 7.9]	[<2 - 2.9]	[<5 - 11]	[62 - 640]
	PA	N	29	/	/	/	/	/	/	/	/
			DI	/	/	/	/	/	/	/	/
		R	RN	[<0.1 - 0.36]	[<5 - <5]	[19 - 38]	[23 - 630]	[<2 - 2.8]	[<2 - 7.3]	[<5 - 8.7]	[67 - 1100]
			RT	[<0.1 - 0.72]	[<5 - <5]	[19 - 48]	[27 - 1000]	[<2 - 5.6]	[<2 - 4.4]	[<5 - 18]	[96 - 1400]
	PO	N	29	/	/	/	/	/	/	/	/
			DI	[<0.1 - 0.57]	[<5 - <5]	[15 - 49]	[59 - 550]	[<2 - 8.7]	[<2 - 4.6]	[<5 - 13]	[210 - 1800]
		R	RN	[<0.1 - 1.2]	[<5 - <5]	[20 - 66]	[53 - 1400]	[<2 - 27]	[<2 - 4.3]	[<5 - 36]	[200 - 3300]
			RT	[0.12 - 0.89]	[<5 - <5]	[19 - 59]	[71 - 840]	[<2 - 19]	[<2 - 4.9]	[<5 - 23]	[220 - 1700]

TABLE 7.54 – Horizons de Surface - Gammes de variation (5^{e} et 95^{e} centiles) des concentrations en BTEX et styrène par classe d'échantillon de sol, selon les 3 premiers niveaux de détail de la classification (*cf.* table 7.9) (« / » : nombre d'observations < 7 ; valeurs en mg/kg MS)

Niv.	Niv.1	Niv.2	Niv.3	Ben	Tolu	EBen	oXyl	mpXyl	Xyl_tot	BTEX	Styr
1	AU			[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - 0.011]	[<0.02 - <0.02]	[<0.05 - <0.05]	[<0.003 - 0.0034]
	HA			[<0.01 - 0.015]	[<0.01 - 0.16]	[<0.01 - 0.012]	[<0.01 - 0.014]	[<0.01 - 0.02]	[<0.02 - 0.03]	[<0.05 - 0.2]	[<0.003 - 0.0058]
	LG			[<0.01 - 0.01]	[<0.01 - 0.088]	[<0.01 - 0.012]	[<0.01 - 0.014]	[<0.01 - 0.016]	[<0.02 - 0.025]	[<0.05 - 0.14]	[<0.003 - 0.0049]
2	AU	AG		[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - 0.01]	[<0.02 - <0.02]	[<0.05 - <0.05]	[<0.003 - <0.003]
		FO		[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - 0.015]	[<0.02 - 0.024]	[<0.05 - <0.05]	[<0.003 - <0.003]
		PA		/	/	/	/	/	/	/	/
		PO		[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - 0.011]	[<0.01 - <0.01]	[<0.02 - <0.02]	[<0.05 - <0.05]	[<0.003 - 0.0047]
	HA	AG		[<0.01 - 0.017]	[<0.01 - 0.26]	[<0.01 - 0.017]	[<0.01 - 0.019]	[<0.01 - 0.025]	[<0.02 - 0.04]	[<0.05 - 0.29]	[<0.003 - 0.0093]
		FO		[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - 0.88]	[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - 0.011]	[<0.01 - 0.028]	[<0.02 - 0.03]	[<0.05 - 0.61]	[<0.003 - 0.0048]
		PA		[<0.01 - 0.023]	[<0.01 - 0.57]	[<0.01 - 0.014]	[<0.01 - 0.017]	[<0.01 - 0.035]	[<0.02 - 0.044]	[<0.05 - 0.47]	[<0.003 - 0.0084]
		PO		[<0.01 - 0.01]	[<0.01 - 0.01]	[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - 0.01]	[<0.01 - 0.011]	[<0.02 - 0.02]	[<0.05 - <0.05]	[<0.003 - 0.003]
	LG	AG		[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - 0.02]	[<0.01 - 0.011]	[<0.01 - 0.012]	[<0.01 - 0.011]	[<0.02 - 0.022]	[<0.05 - 0.055]	[<0.003 - 0.0041]
		FO		[<0.01 - 0.012]	[<0.01 - 1.1]	[<0.01 - 0.021]	[<0.01 - 0.016]	[<0.01 - 0.026]	[<0.02 - 0.031]	[<0.05 - 0.85]	[<0.003 - 0.0072]
		PA		[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - 0.15]	[<0.01 - 0.01]	[<0.01 - 0.012]	[<0.01 - 0.027]	[<0.02 - 0.033]	[<0.05 - 0.15]	[<0.003 - 0.0033]
		PO		[<0.01 - 0.01]	[<0.01 - 0.013]	[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - 0.013]	[<0.01 - 0.014]	[<0.02 - 0.023]	[<0.05 - <0.05]	[<0.003 - 0.0049]
3	AU	AG	N	[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - 0.01]	[<0.02 - <0.02]	[<0.05 - <0.05]	[<0.003 - <0.003]
			R	/	/	/	/	/	/	/	/
		PA	N	/	/	/	/	/	/	/	/
			R	/	/	/	/	/	/	/	/
		PO	N	[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - 0.01]	[<0.01 - <0.01]	[<0.02 - <0.02]	[<0.05 - <0.05]	[<0.003 - 0.0039]
			R	[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - 0.011]	[<0.01 - <0.01]	[<0.02 - <0.02]	[<0.05 - <0.05]	[<0.003 - 0.0058]
	HA	AG	N	[<0.01 - 0.017]	[<0.01 - 0.16]	[<0.01 - 0.018]	[<0.01 - 0.02]	[<0.01 - 0.023]	[<0.02 - 0.042]	[<0.05 - 0.21]	[<0.003 - 0.011]
			R	[<0.01 - 0.018]	[<0.01 - 0.55]	[<0.01 - 0.013]	[<0.01 - 0.015]	[<0.01 - 0.027]	[<0.02 - 0.035]	[<0.05 - 0.55]	[<0.003 - 0.0076]
		PA	N	/	/	/	/	/	/	/	/
			R	[<0.01 - 0.024]	[0.01 - 0.53]	[<0.01 - 0.016]	[<0.01 - 0.018]	[<0.01 - 0.036]	[<0.02 - 0.046]	[<0.05 - 0.51]	[<0.003 - 0.0087]
		PO	N	[<0.01 - 0.01]	[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - 0.01]	[<0.02 - <0.02]	[<0.05 - <0.05]	[<0.003 - <0.003]
			R	[<0.01 - 0.01]	[<0.01 - 0.011]	[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - 0.01]	[<0.01 - 0.011]	[<0.02 - 0.02]	[<0.05 - <0.05]	[<0.003 - 0.0031]
	LG	AG	N	[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - 0.019]	[<0.01 - 0.011]	[<0.01 - 0.012]	[<0.01 - 0.01]	[<0.02 - 0.02]	[<0.05 - 0.056]	[<0.003 - 0.0037]
			R	[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - 0.021]	[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - 0.01]	[<0.01 - 0.021]	[<0.02 - 0.031]	[<0.05 - 0.051]	[<0.003 - 0.0047]
		PA	N	/	/	/	/	/	/	/	/
			R	[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - 0.18]	[<0.01 - 0.01]	[<0.01 - 0.014]	[<0.01 - 0.028]	[<0.02 - 0.034]	[<0.05 - 0.16]	[<0.003 - 0.0034]
		PO	N	[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - 0.014]	[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - 0.012]	[<0.01 - 0.011]	[<0.02 - 0.021]	[<0.05 - <0.05]	[<0.003 - 0.0043]
			R	[<0.01 - 0.011]	[<0.01 - 0.013]	[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - 0.013]	[<0.01 - 0.015]	[<0.02 - 0.024]	[<0.05 - 0.051]	[<0.003 - 0.0054]

TABLE 7.55 – Horizons de Surface - Gammes de variation (5^{e} et 95^{e} centiles) des concentrations en BTEX et styrène par classe d'échantillon de sol, selon le 4^{e} niveau de détail de la classification (*cf.* table 7.9) (« / » : nombre d'observations < 7 ; valeurs en mg/kg MS)

Niv.1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Ben	Tolu	EBen	oXyl	mpXyl	Xyl_tot	BTEX	Styr
AU	AG	N	62	/	/	/	/	/	/	/	/
			64	[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - <0.01]	[<0.02 - <0.02]	[<0.05 - <0.05]	[<0.003 - <0.003]
			65	/	/	/	/	/	/	/	/
		R	RN	/	/	/	/	/	/	/	/
			RT	/	/	/	/	/	/	/	/
	FO	N	62	/	/	/	/	/	/	/	/
			64	/	/	/	/	/	/	/	/
			65	/	/	/	/	/	/	/	/
	PA	N	62	/	/	/	/	/	/	/	/
			64	/	/	/	/	/	/	/	/
			65	/	/	/	/	/	/	/	/
		R	RN	/	/	/	/	/	/	/	/
			RT	/	/	/	/	/	/	/	/
	PO	N	62	/	/	/	/	/	/	/	/
			64	/	/	/	/	/	/	/	/
			65	[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - 0.01]	[<0.01 - <0.01]	[<0.02 - <0.02]	[<0.05 - <0.05]	[<0.003 - 0.0042]
		R	RN	/	/	/	/	/	/	/	/
			RT	[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - 0.013]	[<0.01 - <0.01]	[<0.02 - <0.02]	[<0.05 - <0.05]	[<0.003 - 0.0063]
HA	AG	N	11	/	/	/	/	/	/	/	/
			DI	[<0.01 - 0.018]	[<0.01 - 0.16]	[<0.01 - 0.019]	[<0.01 - 0.021]	[<0.01 - 0.026]	[<0.02 - 0.044]	[<0.05 - 0.21]	[<0.003 - 0.012]
		R	RN	[<0.01 - 0.02]	[<0.01 - 0.65]	[<0.01 - 0.017]	[<0.01 - 0.019]	[<0.01 - 0.035]	[<0.02 - 0.047]	[<0.05 - 0.61]	[<0.003 - 0.012]
			RT	[<0.01 - 0.014]	[<0.01 - 0.55]	[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - 0.023]	[<0.02 - 0.022]	[<0.05 - 0.59]	[<0.003 - 0.0034]
	FO	N	11	/	/	/	/	/	/	/	/
			DI	[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - 0.88]	[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - 0.011]	[<0.01 - 0.028]	[<0.02 - 0.03]	[<0.05 - 0.61]	[<0.003 - 0.0048]
	PA	N	11	/	/	/	/	/	/	/	/
			DI	/	/	/	/	/	/	/	/
		R	RN	[<0.01 - 0.022]	[<0.01 - 0.27]	[<0.01 - 0.019]	[<0.01 - 0.022]	[<0.01 - 0.026]	[<0.02 - 0.045]	[<0.05 - 0.27]	[<0.003 - 0.015]
			RT	[<0.01 - 0.025]	[0.016 - 0.61]	[<0.01 - 0.012]	[<0.01 - 0.016]	[<0.01 - 0.041]	[<0.02 - 0.046]	[<0.05 - 0.58]	[<0.003 - 0.0062]
	PO	N	11	/	/	/	/	/	/	/	/
			DI	[<0.01 - 0.01]	[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - 0.01]	[<0.02 - <0.02]	[<0.05 - <0.05]	[<0.003 - <0.003]
		R	RN	[<0.01 - 0.013]	[<0.01 - 0.015]	[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - 0.01]	[<0.01 - 0.015]	[<0.02 - 0.02]	[<0.05 - <0.05]	[<0.003 - <0.003]
			RT	[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - 0.01]	[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - 0.01]	[<0.01 - 0.011]	[<0.02 - 0.02]	[<0.05 - <0.05]	[<0.003 - 0.0031]
LG	AG	N	29	[<0.01 - <0.01]	/	[<0.01 - 0.021]	[<0.01 - 0.028]	[<0.01 - <0.01]	[<0.02 - 0.028]	[<0.05 - 0.15]	[<0.003 - <0.003]
			DI	[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - 0.019]	[<0.01 - 0.01]	[<0.01 - 0.011]	[<0.01 - 0.011]	[<0.02 - 0.02]	[<0.05 - <0.05]	[<0.003 - 0.0041]
		R	RN	/	/	/	/	/	/	/	/
			RT	/	/	/	/	/	/	/	/
	FO	N	29	/	/	/	/	/	/	/	/
			DI	[<0.01 - 0.012]	[<0.01 - 1.3]	[<0.01 - 0.021]	[<0.01 - 0.015]	[<0.01 - 0.027]	[<0.02 - 0.031]	[<0.05 - 0.94]	[<0.003 - 0.0074]
	PA	N	29	/	/	/	/	/	/	/	/
			DI	/	/	/	/	/	/	/	/
		R	RN	[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - 0.1]	[<0.01 - 0.012]	[<0.01 - 0.016]	[<0.01 - 0.02]	[<0.02 - 0.026]	[<0.05 - 0.096]	[<0.003 - <0.003]
			RT	[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - 0.26]	[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - 0.011]	[<0.01 - 0.036]	[<0.02 - 0.04]	[<0.05 - 0.23]	[<0.003 - 0.0038]
	PO	N	29	/	/	/	/	/	/	/	/
			DI	[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - 0.014]	[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - 0.012]	[<0.01 - 0.011]	[<0.02 - 0.021]	[<0.05 - <0.05]	[<0.003 - 0.0043]
		R	RN	[<0.01 - 0.013]	[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - 0.011]	[<0.01 - <0.01]	[<0.02 - <0.02]	[<0.05 - <0.05]	[<0.003 - 0.0031]
			RT	[<0.01 - 0.011]	[<0.01 - 0.013]	[<0.01 - <0.01]	[<0.01 - 0.013]	[<0.01 - 0.015]	[<0.02 - 0.025]	[<0.05 - 0.052]	[<0.003 - 0.0056]

TABLE 7.56 – Horizons de Surface - Gammes de variation (5e et 95e centiles) des concentrations en HAP (1ere partie) par classe d'échantillon de sol, selon les 3 premiers niveaux de détail de la classification (*cf.* table 7.9) (« / » : nombre d'observations < 7 ; valeurs en mg/kg MS)

Niv.	Niv.1	Niv.2	Niv.3	Naph	Ace	Acyl	Fle	Phen	Ant	Fla	Pyr	BaA
1	AU			[<0.003 - 0.036]	[<0.003 - 0.014]	[<0.015 - <0.015]	[<0.003 - 0.023]	[0.0061 - 0.61]	[0.00024 - 0.13]	[0.019 - 2.6]	[0.015 - 2.2]	[0.0085 - 1.2]
	HA			[<0.003 - 0.11]	[<0.003 - 0.054]	[<0.015 - 0.018]	[<0.003 - 0.068]	[0.033 - 1.2]	[0.0025 - 0.25]	[0.058 - 3]	[0.038 - 2]	[0.025 - 1.3]
	LG			[<0.003 - 0.04]	[<0.003 - 0.019]	[<0.015 - <0.015]	[<0.003 - 0.037]	[0.0074 - 0.74]	[0.00047 - 0.18]	[0.018 - 1.8]	[0.016 - 1.1]	[0.011 - 0.77]
2	AU	AG		[<0.003 - 0.0072]	[<0.003 - 0.0061]	[<0.015 - <0.015]	[<0.003 - 0.0072]	[0.0048 - 0.13]	[<2e-04 - 0.034]	[0.015 - 0.55]	[0.011 - 0.41]	[0.0063 - 0.14]
		FO		[<0.003 - 0.019]	[<0.003 - 0.0044]	[<0.015 - <0.015]	[<0.003 - 0.0087]	/	[<2e-04 - 0.074]	[0.06 - 0.56]	[0.027 - 1]	[0.018 - 0.25]
		PA		/	/	/	/	/	/	/	/	/
		PO		[<0.003 - 0.094]	[<0.003 - 0.025]	[<0.015 - <0.015]	[<0.003 - 0.05]	[0.016 - 1.1]	[0.00064 - 0.24]	[0.053 - 5.3]	[0.055 - 3.9]	[0.025 - 2.5]
	HA	AG		[<0.003 - 0.049]	[<0.003 - 0.022]	[<0.015 - 0.018]	[<0.003 - 0.032]	[0.016 - 0.61]	[0.00094 - 0.13]	[0.033 - 1.2]	[0.024 - 0.91]	[0.015 - 0.55]
		FO		[<0.003 - 0.094]	[<0.003 - 0.1]	[<0.015 - <0.015]	[<0.003 - 0.12]	[0.02 - 2]	[8e-04 - 0.42]	[0.012 - 6.2]	[0.026 - 1.9]	[0.014 - 1.4]
		PA		[<0.003 - 0.18]	[<0.003 - 0.041]	[<0.015 - 0.017]	[<0.003 - 0.058]	[0.022 - 1.6]	[0.0029 - 0.21]	[0.046 - 2.4]	[0.034 - 1.8]	[0.023 - 1.2]
		PO		[<0.003 - 0.12]	[<0.003 - 0.077]	[<0.015 - 0.019]	[<0.003 - 0.083]	[0.062 - 1.2]	[0.006 - 0.23]	[0.14 - 3.4]	[0.086 - 2.3]	[0.059 - 1.5]
	LG	AG		[<0.003 - 0.011]	[<0.003 - 0.0054]	[<0.015 - <0.015]	[<0.003 - 0.011]	[0.005 - 0.12]	[<2e-04 - 0.048]	[0.011 - 0.41]	[0.01 - 0.19]	[0.0071 - 0.13]
		FO		[<0.003 - 0.049]	[<0.003 - 0.027]	[<0.015 - 0.015]	[<0.003 - 0.033]	[0.018 - 0.68]	[0.0012 - 0.16]	[0.031 - 1.6]	[0.032 - 0.86]	[0.019 - 0.44]
		PA		[<0.003 - 0.074]	[<0.003 - 0.016]	[<0.015 - <0.015]	[<0.003 - 0.037]	[0.0074 - 0.74]	[0.00022 - 0.31]	[0.0091 - 2.5]	[0.014 - 1.4]	[0.007 - 0.97]
		PO		[<0.003 - 0.063]	[<0.003 - 0.023]	[<0.015 - <0.015]	[<0.003 - 0.045]	[0.017 - 0.88]	[0.0013 - 0.18]	[0.046 - 2.4]	[0.04 - 1.5]	[0.023 - 1.2]
3	AU	AG	N	[<0.003 - 0.0072]	[<0.003 - 0.0061]	[<0.015 - <0.015]	[<0.003 - 0.0072]	[0.0048 - 0.13]	[<2e-04 - 0.034]	[0.015 - 0.55]	[0.011 - 0.41]	[0.0063 - 0.14]
			R	/	/	/	/	/	/	/	/	/
		PA	N	/	/	/	/	/	/	/	/	/
			R	/	/	/	/	/	/	/	/	/
		PO	N	[<0.003 - 0.085]	[<0.003 - 0.034]	[<0.015 - <0.015]	[<0.003 - 0.035]	[0.013 - 0.94]	[0.0018 - 0.13]	[0.035 - 6.8]	[0.047 - 4.7]	[0.018 - 3.4]
			R	[<0.003 - 0.12]	[<0.003 - 0.015]	[<0.015 - <0.015]	[<0.003 - 0.072]	[0.023 - 1.2]	[<2e-04 - 0.52]	[0.086 - 4.5]	[0.075 - 2.8]	[0.038 - 2]
	HA	AG	N	[<0.003 - 0.028]	[<0.003 - 0.013]	[<0.015 - 0.019]	[<0.003 - 0.02]	[0.014 - 0.38]	[0.00091 - 0.091]	[0.032 - 0.86]	[0.022 - 0.56]	[0.014 - 0.33]
			R	[<0.003 - 0.1]	[<0.003 - 0.05]	[<0.015 - 0.016]	[<0.003 - 0.068]	[0.045 - 1.1]	[0.0022 - 0.22]	[0.062 - 2.3]	[0.049 - 1.8]	[0.023 - 1.2]
		PA	N	/	/	/	/	/	/	/	/	/
			R	[<0.003 - 0.22]	[<0.003 - 0.045]	[<0.015 - 0.018]	[<0.003 - 0.061]	[0.018 - 1.8]	[0.0029 - 0.21]	[0.043 - 3.1]	[0.034 - 1.8]	[0.019 - 1.4]
		PO	N	[<0.003 - 0.091]	[<0.003 - 0.041]	[<0.015 - <0.015]	[<0.003 - 0.068]	[0.045 - 1.1]	[0.0045 - 0.17]	[0.089 - 3.3]	[0.049 - 1.8]	[0.037 - 1.4]
			R	[<0.003 - 0.12]	[<0.003 - 0.094]	[<0.015 - 0.021]	[<0.003 - 0.092]	[0.073 - 1.2]	[0.0079 - 0.21]	[0.15 - 3.4]	[0.098 - 2.5]	[0.07 - 1.6]
	LG	AG	N	[<0.003 - 0.011]	[<0.003 - 0.0061]	[<0.015 - <0.015]	[<0.003 - 0.012]	[0.0048 - 0.13]	[<2e-04 - 0.048]	[0.0093 - 0.48]	[0.0098 - 0.21]	[0.0081 - 0.14]
			R	[<0.003 - 0.02]	[<0.003 - <0.003]	[<0.015 - <0.015]	[<0.003 - 0.011]	[0.0079 - 0.077]	[0.00025 - 0.025]	[0.021 - 0.21]	[0.023 - 0.09]	[0.004 - 0.1]
		PA	N	/	/	/	/	/	/	/	/	/
			R	[<0.003 - 0.082]	[<0.003 - 0.016]	[<0.015 - <0.015]	[<0.003 - 0.041]	[0.0063 - 0.88]	[0.00032 - 0.32]	[0.0077 - 2.9]	[0.013 - 1.8]	[0.0077 - 1.1]
		PO	N	[<0.003 - 0.036]	[<0.003 - 0.019]	[<0.015 - <0.015]	[<0.003 - 0.034]	[0.016 - 0.61]	[8e-04 - 0.15]	[0.032 - 2.3]	[0.028 - 1.5]	[0.017 - 0.88]
			R	[<0.003 - 0.077]	[<0.003 - 0.029]	[<0.015 - <0.015]	[<0.003 - 0.056]	[0.018 - 1.3]	[0.0018 - 0.18]	[0.067 - 2.5]	[0.049 - 1.8]	[0.03 - 1.1]

TABLE 7.57 – Horizons de Surface - Gammes de variation (5^{e} et 95^{e} centiles) des concentrations en HAP (1ere partie) par classe d'échantillon de sol, selon le 4^{e} niveau de détail de la classification (*cf.* table 7.9) (« / » : nombre d'observations < 7 ; valeurs en mg/kg MS)

Niv.1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Naph	Ace	Acyl	Fle	Phen	Ant	Fla	Pyr	BaA
AU	AG	N	62	/	/	/	/	/	/	/	/	/
			64	[<0.003 - 0.0063]	[<0.003 - 0.0071]	[<0.015 - <0.015]	[<0.003 - 0.0083]	[0.0049 - 0.18]	[0.00063 - 0.033]	[0.021 - 0.57]	[0.015 - 0.55]	[0.0081 - 0.17]
			65	/	/	/	/	/	/	/	/	/
		R	RN	/	/	/	/	/	/	/	/	/
			RT	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	FO	N	62	/	/	/	/	/	/	/	/	/
			64	/	/	/	/	/	/	/	/	/
			65	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	PA	N	62	/	/	/	/	/	/	/	/	/
			64	/	/	/	/	/	/	/	/	/
			65	/	/	/	/	/	/	/	/	/
		R	RN	/	/	/	/	/	/	/	/	/
			RT	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	PO	N	62	/	/	/	/	/	/	/	/	/
			64	/	/	/	/	/	/	/	/	/
			65	[<0.003 - 0.077]	[<0.003 - 0.037]	[<0.015 - <0.015]	[<0.003 - 0.043]	[0.014 - 1.4]	[0.0022 - 0.16]	[0.044 - 8.5]	[0.063 - 6.3]	[0.022 - 4.2]
		R	RN	/	/	/	/	/	/	/	/	/
			RT	[<0.003 - 0.2]	[<0.003 - 0.012]	[<0.015 - <0.015]	[<0.003 - 0.085]	[0.018 - 1.3]	[<2e-04 - 0.54]	[0.067 - 6.7]	[0.057 - 4.1]	[0.032 - 2.3]
HA	AG	N	11	/	/	/	/	/	/	/	/	/
			DI	[<0.003 - 0.028]	[<0.003 - 0.014]	[<0.015 - 0.019]	[<0.003 - 0.021]	[0.013 - 0.5]	[0.00077 - 0.11]	[0.035 - 0.95]	[0.024 - 0.62]	[0.015 - 0.37]
		R	RN	[<0.003 - 0.08]	[<0.003 - 0.029]	[<0.015 - 0.019]	[0.0033 - 0.031]	[0.045 - 0.61]	[0.005 - 0.082]	[0.088 - 1]	[0.072 - 0.69]	[0.039 - 0.47]
			RT	[<0.003 - 0.16]	[<0.003 - 0.07]	[<0.015 - <0.015]	[<0.003 - 0.12]	[0.049 - 1.8]	[0.0012 - 0.62]	[0.045 - 4.5]	[0.04 - 4]	[0.019 - 2.6]
	FO	N	11	/	/	/	/	/	/	/	/	/
			DI	[<0.003 - 0.094]	[<0.003 - 0.1]	[<0.015 - <0.015]	[<0.003 - 0.12]	[0.02 - 2]	[8e-04 - 0.42]	[0.012 - 6.2]	[0.026 - 1.9]	[0.014 - 1.4]
	PA	N	11	/	/	/	/	/	/	/	/	/
			DI	/	/	/	/	/	/	/	/	/
		R	RN	[<0.003 - 0.064]	[<0.003 - 0.032]	[<0.015 - 0.023]	[<0.003 - 0.039]	[0.0065 - 1.3]	[0.0011 - 0.21]	[0.026 - 1.9]	[0.019 - 1.4]	[0.012 - 0.85]
			RT	[<0.003 - 0.34]	[<0.003 - 0.045]	[<0.015 - 0.015]	[<0.003 - 0.075]	[0.045 - 1.7]	[0.0055 - 0.2]	[0.063 - 3.3]	[0.042 - 2.2]	[0.031 - 1.6]
	PO	N	11	/	/	/	/	/	/	/	/	/
			DI	[<0.003 - 0.091]	[<0.003 - 0.041]	[<0.015 - <0.015]	[<0.003 - 0.068]	[0.045 - 1.1]	[0.0045 - 0.17]	[0.089 - 3.3]	[0.049 - 1.8]	[0.037 - 1.4]
		R	RN	[<0.003 - 0.16]	[<0.003 - 0.034]	[<0.015 - <0.015]	[0.0031 - 0.059]	[0.084 - 1.6]	[0.019 - 0.07]	[0.37 - 1.2]	[0.14 - 2.4]	[0.15 - 0.59]
			RT	[<0.003 - 0.12]	[<0.003 - 0.094]	[<0.015 - 0.021]	[<0.003 - 0.092]	[0.073 - 1.2]	[0.0067 - 0.25]	[0.14 - 3.6]	[0.094 - 2.5]	[0.066 - 1.7]
LG	AG	N	29	[<0.003 - 0.0049]	[<0.003 - <0.003]	[<0.015 - <0.015]	[<0.003 - 0.0037]	[0.004 - 0.1]	[<2e-04 - 0.06]	[0.0052 - 0.72]	[0.0039 - 0.28]	[0.0094 - 0.12]
			DI	[<0.003 - 0.011]	[<0.003 - 0.0063]	[<0.015 - <0.015]	[<0.003 - 0.012]	[0.0053 - 0.14]	[<2e-04 - 0.048]	[0.011 - 0.41]	[0.012 - 0.22]	[0.0078 - 0.14]
		R	RN	/	/	/	/	/	/	/	/	/
			RT	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	FO	N	29	/	/	/	/	/	/	/	/	/
			DI	[<0.003 - 0.054]	[<0.003 - 0.027]	[<0.015 - 0.015]	[<0.003 - 0.034]	[0.02 - 0.75]	[0.0015 - 0.15]	[0.034 - 1.8]	[0.032 - 0.86]	[0.021 - 0.48]
	PA	N	29	/	/	/	/	/	/	/	/	/
			DI	/	/	/	/	/	/	/	/	/
		R	RN	[<0.003 - 0.044]	[<0.003 - 0.013]	[<0.015 - <0.015]	[<0.003 - 0.02]	[<0.003 - 0.6]	[<2e-04 - 0.2]	[0.004 - 2.1]	[0.0053 - 1]	[0.0032 - 0.63]
			RT	[<0.003 - 0.11]	[<0.003 - 0.02]	[<0.015 - <0.015]	[<0.003 - 0.059]	[0.022 - 0.83]	[0.00095 - 0.35]	[0.015 - 4]	[0.029 - 2.1]	[0.018 - 1.3]
	PO	N	29	/	/	/	/	/	/	/	/	/
			DI	[<0.003 - 0.042]	[<0.003 - 0.019]	[<0.015 - <0.015]	[<0.003 - 0.034]	[0.016 - 0.61]	[8e-04 - 0.15]	[0.027 - 2.7]	[0.028 - 1.5]	[0.017 - 0.88]
		R	RN	[<0.003 - 0.04]	/	[<0.015 - <0.015]	/	[0.026 - 0.7]	/	[0.064 - 1.7]	[0.043 - 1.2]	[0.024 - 0.91]
			RT	[<0.003 - 0.077]	[<0.003 - 0.029]	[<0.015 - <0.015]	[<0.003 - 0.061]	[0.018 - 1.3]	[0.0016 - 0.22]	[0.058 - 3]	[0.049 - 1.8]	[0.033 - 1.2]

TABLE 7.58 – Horizons de Surface - Gammes de variation (5e et 95e centiles) des concentrations en HAP (2e partie) par classe d'échantillon de sol, selon les 3 premiers niveaux de détail de la classification (*cf.* table 7.9) (« / » : nombre d'observations < 7 ; valeurs en mg/kg MS)

Niv.	Niv.1	Niv.2	Niv.3	Chrys	BbF	BkF	BaP	dBahA	BghiP	I123cdP	HAP16
1	AU			[0.012 - 1.2]	[0.015 - 1.5]	[0.0067 - 0.67]	[0.012 - 1.2]	[<0.003 - 0.18]	[0.0031 - 1.2]	[<0.003 - 1.8]	[0.13 - 14]
	HA			[0.037 - 1.4]	[0.04 - 1.5]	[0.014 - 0.72]	[0.025 - 1.3]	[<0.003 - 0.2]	[0.0094 - 1.3]	[0.01 - 1.4]	[0.32 - 16]
	LG			[0.014 - 0.72]	[0.014 - 1]	[0.0069 - 0.36]	[0.011 - 0.77]	[<0.003 - 0.11]	[0.003 - 0.82]	[<0.003 - 0.96]	[0.13 - 9]
2	AU	AG		[0.011 - 0.18]	[0.011 - 0.23]	[0.0073 - 0.068]	[0.011 - 0.22]	[<0.003 - 0.021]	[<0.003 - 0.17]	[<0.003 - 0.33]	[0.099 - 2.3]
		FO		[0.019 - 0.52]	[0.028 - 0.66]	[0.012 - 0.17]	[0.02 - 0.34]	[<0.003 - 0.058]	[<0.003 - 0.39]	[<0.003 - 0.69]	[0.19 - 7]
		PA		/	/	/	/	/	/	/	/
		PO		[0.032 - 2.3]	[0.043 - 3.1]	[0.019 - 1.4]	[0.035 - 2.6]	[0.0035 - 0.48]	[0.028 - 1.5]	[0.04 - 1.5]	[0.39 - 28]
	HA	AG		[0.021 - 0.57]	[0.024 - 0.63]	[0.0087 - 0.23]	[0.016 - 0.43]	[<0.003 - 0.059]	[0.0042 - 0.59]	[0.0042 - 0.59]	[0.18 - 6.5]
		FO		[0.018 - 1.8]	[0.022 - 1.6]	[0.0074 - 0.74]	[0.01 - 1.4]	[<0.003 - 0.019]	[0.0065 - 1.3]	[0.0082 - 0.82]	[0.17 - 17]
		PA		[0.03 - 1.1]	[0.033 - 1.2]	[0.013 - 0.5]	[0.021 - 1.1]	[<0.003 - 0.12]	[0.0091 - 0.91]	[0.0085 - 1.2]	[0.27 - 14]
		PO		[0.073 - 1.5]	[0.084 - 1.9]	[0.032 - 0.84]	[0.067 - 1.6]	[0.0057 - 0.29]	[0.024 - 1.7]	[0.026 - 1.9]	[0.73 - 18]
	LG	AG		[0.01 - 0.11]	[0.012 - 0.17]	[0.0049 - 0.068]	[0.0084 - 0.13]	[<0.003 - 0.015]	[<0.003 - 0.14]	[<0.003 - 0.17]	[0.082 - 1.7]
		FO		[0.024 - 0.63]	[0.021 - 1.1]	[0.01 - 0.37]	[0.015 - 0.55]	[<0.003 - 0.044]	[0.0059 - 0.42]	[0.0065 - 0.47]	[0.27 - 6.2]
		PA		[0.011 - 0.77]	[0.012 - 1.2]	[0.005 - 0.5]	[0.0091 - 0.91]	[<0.003 - 0.085]	[0.004 - 0.76]	[0.0034 - 0.9]	[0.094 - 13]
		PO		[0.035 - 0.95]	[0.037 - 1.4]	[0.015 - 0.55]	[0.027 - 1]	[<0.003 - 0.26]	[0.011 - 1.1]	[0.008 - 1.5]	[0.3 - 11]
3	AU	AG	N	[0.011 - 0.18]	[0.011 - 0.23]	[0.0073 - 0.068]	[0.011 - 0.22]	[<0.003 - 0.021]	[<0.003 - 0.17]	[<0.003 - 0.33]	[0.099 - 2.3]
			R	/	/	/	/	/	/	/	/
		PA	N	/	/	/	/	/	/	/	/
			R	/	/	/	/	/	/	/	/
		PO	N	[0.027 - 2.7]	[0.039 - 2.8]	[0.015 - 1.5]	[0.03 - 3]	[0.0031 - 0.43]	[0.022 - 1.6]	[0.029 - 2.1]	[0.3 - 30]
			R	[0.038 - 2]	[0.054 - 2.8]	[0.025 - 1.3]	[0.042 - 2.2]	[0.0038 - 0.53]	[0.04 - 1.5]	[0.06 - 1.2]	[0.6 - 22]
	HA	AG	N	[0.02 - 0.34]	[0.02 - 0.41]	[0.008 - 0.17]	[0.014 - 0.33]	[<0.003 - 0.045]	[0.0039 - 0.28]	[0.0037 - 0.37]	[0.19 - 3.5]
			R	[0.039 - 1]	[0.037 - 1.4]	[0.01 - 0.53]	[0.039 - 0.7]	[<0.003 - 0.1]	[0.0085 - 1.2]	[0.012 - 1.2]	[0.34 - 13]
		PA	N	/	/	/	/	/	/	/	/
			R	[0.028 - 1.5]	[0.033 - 1.2]	[0.011 - 0.59]	[0.018 - 1.3]	[<0.003 - 0.15]	[0.0085 - 1.2]	[0.0094 - 1.3]	[0.28 - 14]
		PO	N	[0.053 - 1.4]	[0.058 - 1.6]	[0.02 - 0.75]	[0.048 - 1.3]	[0.0032 - 0.23]	[0.008 - 1.5]	[0.0097 - 1.9]	[0.43 - 16]
			R	[0.089 - 1.6]	[0.099 - 1.9]	[0.043 - 0.95]	[0.08 - 1.7]	[0.0074 - 0.28]	[0.037 - 1.4]	[0.034 - 1.8]	[0.88 - 19]
	LG	AG	N	[0.0097 - 0.11]	[0.013 - 0.16]	[0.005 - 0.067]	[0.0087 - 0.13]	[<0.003 - 0.017]	[<0.003 - 0.19]	[<0.003 - 0.22]	[0.084 - 1.8]
			R	[0.019 - 0.088]	[0.0049 - 0.18]	[0.0035 - 0.044]	[0.0042 - 0.097]	[<0.003 - 0.008]	[<0.003 - 0.072]	[<0.003 - 0.077]	[0.07 - 1.1]
		PA	N	/	/	/	/	/	/	/	/
			R	[0.01 - 1]	[0.01 - 1.4]	[0.0055 - 0.55]	[0.0085 - 1.2]	[<0.003 - 0.11]	[0.0037 - 1]	[0.0031 - 1.2]	[0.089 - 17]
		PO	N	[0.022 - 0.83]	[0.023 - 1.2]	[0.01 - 0.53]	[0.02 - 0.75]	[<0.003 - 0.18]	[0.0082 - 0.82]	[0.005 - 1.3]	[0.22 - 8.2]
			R	[0.039 - 1]	[0.053 - 1.4]	[0.021 - 0.57]	[0.033 - 1.2]	[<0.003 - 0.27]	[0.014 - 1]	[0.01 - 1.4]	[0.37 - 14]

TABLE 7.59 – Horizons de Surface - Gammes de variation (5^{e} et 95^{e} centiles) des concentrations en HAP (2e partie) par classe d'échantillon de sol, selon le 4^{e} niveau de détail de la classification (*cf.* table 7.9) (« / » : nombre d'observations < 7 ; valeurs en mg/kg MS)

Niv.1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	Chrys	BbF	BkF	BaP	dBahA	BghiP	I123cdP	HAP16
AU	AG	N	62	/	/	/	/	/	/	/	/
			64	[0.0096 - 0.26]	[0.0063 - 0.32]	[0.0067 - 0.091]	[0.01 - 0.37]	[<0.003 - 0.024]	[<0.003 - 0.18]	[<0.003 - 0.49]	[0.093 - 3.5]
			65	/	/	/	/	/	/	/	/
		R	RN	/	/	/	/	/	/	/	/
			RT	/	/	/	/	/	/	/	/
	FO	N	62	/	/	/	/	/	/	/	/
			64	/	/	/	/	/	/	/	/
			65	/	/	/	/	/	/	/	/
	PA	N	62	/	/	/	/	/	/	/	/
			64	/	/	/	/	/	/	/	/
			65	/	/	/	/	/	/	/	/
		R	RN	/	/	/	/	/	/	/	/
			RT	/	/	/	/	/	/	/	/
	PO	N	62	/	/	/	/	/	/	/	/
			64	/	/	/	/	/	/	/	/
			65	[0.033 - 3.3]	[0.053 - 3.9]	[0.018 - 1.8]	[0.038 - 3.8]	[0.005 - 0.5]	[0.031 - 1.6]	[0.042 - 2.2]	[0.37 - 37]
		R	RN	/	/	/	/	/	/	/	/
			RT	[0.03 - 3]	[0.05 - 3.6]	[0.024 - 1.7]	[0.03 - 3]	[0.0034 - 0.9]	[0.029 - 2.1]	[0.053 - 1.4]	[0.43 - 31]
HA	AG	N	11	/	/	/	/	/	/	/	/
			DI	[0.022 - 0.38]	[0.022 - 0.46]	[0.009 - 0.19]	[0.016 - 0.35]	[<0.003 - 0.059]	[0.0037 - 0.37]	[0.0041 - 0.41]	[0.2 - 3.8]
		R	RN	[0.051 - 0.53]	[0.063 - 0.53]	[0.02 - 0.22]	[0.043 - 0.42]	[0.0039 - 0.058]	[0.022 - 0.3]	[0.024 - 0.34]	[0.51 - 5.3]
			RT	[0.029 - 2.1]	[0.027 - 2.7]	[0.007 - 0.97]	[0.039 - 1]	[<0.003 - 0.13]	[0.0046 - 3.3]	[0.0077 - 2.9]	[0.21 - 30]
	FO	N	11	/	/	/	/	/	/	/	/
			DI	[0.018 - 1.8]	[0.022 - 1.6]	[0.0074 - 0.74]	[0.01 - 1.4]	[<0.003 - 0.019]	[0.0065 - 1.3]	[0.0082 - 0.82]	[0.17 - 17]
	PA	N	11	/	/	/	/	/	/	/	/
			DI	/	/	/	/	/	/	/	/
		R	RN	[0.017 - 0.88]	[0.019 - 0.97]	[0.0076 - 0.4]	[0.012 - 0.85]	[<0.003 - 0.094]	[0.0067 - 0.67]	[0.0044 - 0.85]	[0.18 - 9.3]
			RT	[0.04 - 1.5]	[0.04 - 1.5]	[0.018 - 0.68]	[0.028 - 1.5]	[<0.003 - 0.17]	[0.01 - 1.4]	[0.015 - 1.5]	[0.41 - 15]
	PO	N	11	/	/	/	/	/	/	/	/
			DI	[0.053 - 1.4]	[0.058 - 1.6]	[0.02 - 0.75]	[0.048 - 1.3]	[0.0032 - 0.23]	[0.008 - 1.5]	[0.0097 - 1.9]	[0.43 - 16]
		R	RN	[0.18 - 0.73]	[0.22 - 0.89]	[0.09 - 0.37]	[0.18 - 0.77]	[0.0048 - 0.35]	[0.074 - 1.2]	[0.13 - 0.7]	[1.3 - 19]
			RT	[0.086 - 1.7]	[0.094 - 2]	[0.041 - 1]	[0.076 - 1.8]	[0.0074 - 0.28]	[0.037 - 1.4]	[0.034 - 1.8]	[0.86 - 19]
LG	AG	N	29	[0.015 - 0.091]	[0.018 - 0.11]	[0.0068 - 0.06]	[0.012 - 0.11]	[<0.003 - 0.014]	[<0.003 - 0.19]	[<0.003 - 0.28]	[0.07 - 2.6]
			DI	[0.0094 - 0.12]	[0.012 - 0.17]	[0.0048 - 0.069]	[0.0084 - 0.13]	[<0.003 - 0.017]	[<0.003 - 0.16]	[<0.003 - 0.19]	[0.083 - 1.7]
		R	RN	/	/	/	/	/	/	/	/
			RT	/	/	/	/	/	/	/	/
	FO	N	29	/	/	/	/	/	/	/	/
			DI	[0.026 - 0.7]	[0.023 - 1.2]	[0.012 - 0.32]	[0.016 - 0.61]	[<0.003 - 0.046]	[0.0084 - 0.44]	[0.0072 - 0.52]	[0.31 - 6.4]
	PA	N	29	/	/	/	/	/	/	/	/
			DI	/	/	/	/	/	/	/	/
		R	RN	[0.0047 - 0.65]	[0.0052 - 0.72]	[<0.003 - 0.27]	[0.003 - 0.82]	[<0.003 - 0.044]	[<0.003 - 0.55]	[<0.003 - 0.53]	[0.058 - 5.8]
			RT	[0.027 - 1]	[0.031 - 1.6]	[0.0097 - 0.7]	[0.023 - 1.2]	[<0.003 - 0.17]	[0.0085 - 1.2]	[0.01 - 1.4]	[0.22 - 22]
	PO	N	29	/	/	/	/	/	/	/	/
			DI	[0.022 - 0.83]	[0.023 - 1.2]	[0.01 - 0.53]	[0.02 - 0.75]	[<0.003 - 0.18]	[0.0082 - 0.82]	[0.0055 - 1.5]	[0.23 - 8.4]
		R	RN	[0.031 - 0.73]	[0.033 - 1.2]	[0.018 - 0.47]	[0.038 - 0.73]	[<0.003 - 0.31]	[0.027 - 0.55]	[0.024 - 0.63]	[0.35 - 9]
			RT	[0.043 - 1.2]	[0.053 - 1.4]	[0.021 - 0.57]	[0.033 - 1.2]	[<0.003 - 0.27]	[0.012 - 1.2]	[0.01 - 1.4]	[0.38 - 14]

TABLE 7.60 – Horizons de Surface - Gammes de variation (5^{e} et 95^{e} centiles) des concentrations en HTP par classe d'échantillon de sol, selon les 3 premiers niveaux de détail de la classification (*cf.* table 7.9) (« / » : nombre d'observations < 7 ; valeurs en mg/kg MS)

Niv.	Niv.1	Niv.2	Niv.3	HTP10a12	HTP12a16	HTP16a21	HTP21a30	HTP30a35	HTP35a40	HTP_tot
1	AU			[<1.5 - 18]	[<3 - 8.4]	[<3 - 8.4]	[<3 - 26]	[<3 - 16]	[<3 - 5.5]	[<16 - 66]
	HA			[<1.5 - 10]	[<3 - 7.4]	[<3 - 8.1]	[<3 - 28]	[<3 - 18]	[<3 - 6.5]	[<16 - 56]
	LG			[<1.5 - 11]	[<3 - 6.5]	[<3 - 6]	[<3 - 18]	[<3 - 13]	[<3 - 5]	[<16 - 46]
2	AU	AG		[2 - 15]	[<3 - 6.2]	[<3 - 6.3]	[<3 - 13]	[<3 - 10]	[<3 - 5.7]	[<16 - 44]
		FO		[1.5 - 25]	[4.1 - 8.8]	[3 - 6.8]	[<3 - 20]	[<3 - 15]	[<3 - 3.9]	[21 - 52]
		PA		/	/	/	/	/	/	/
		PO		[<1.5 - 23]	[<3 - 9.1]	[<3 - 8.6]	[<3 - 39]	[3.5 - 19]	[<3 - 5.5]	[<16 - 75]
	HA	AG		[<1.5 - 9.7]	[<3 - 6.7]	[<3 - 9.2]	[<3 - 18]	[<3 - 13]	[<3 - 4.3]	[<16 - 48]
		FO		[<1.5 - 6.2]	[<3 - 8.1]	[<3 - 7.2]	[<3 - 20]	[<3 - 15]	[<3 - 3.6]	[<16 - 45]
		PA		[<1.5 - 9.1]	[<3 - 5.9]	[<3 - 8.2]	[<3 - 38]	[<3 - 19]	[<3 - 14]	[<16 - 69]
		PO		[<1.5 - 11]	[<3 - 7.9]	[<3 - 7.9]	[<3 - 32]	[<3 - 19]	[<3 - 5.8]	[<16 - 55]
	LG	AG		[<1.5 - 14]	[<3 - 6.7]	[<3 - 4.6]	[<3 - 7.7]	[<3 - 5.3]	[<3 - 3.6]	[<16 - 31]
		FO		[<1.5 - 12]	[<3 - 8.8]	[<3 - 4.9]	[<3 - 25]	[<3 - 17]	[<3 - 5.9]	[<16 - 58]
		PA		[<1.5 - 8.1]	[<3 - 5.7]	[<3 - 6.4]	[<3 - 16]	[<3 - 11]	[<3 - 7.6]	[<16 - 45]
		PO		[<1.5 - 9.7]	[<3 - 6.3]	[<3 - 6.4]	[<3 - 22]	[<3 - 16]	[<3 - 4.8]	[<16 - 51]
3	AU	AG	N	[2 - 15]	[<3 - 6.2]	[<3 - 6.3]	[<3 - 13]	[<3 - 10]	[<3 - 5.7]	[<16 - 44]
			R	/	/	/	/	/	/	/
		PA	N	/	/	/	/	/	/	/
			R	/	/	/	/	/	/	/
		PO	N	[<1.5 - 27]	[<3 - 11]	[<3 - 11]	[<3 - 45]	[3.3 - 21]	[<3 - 6.6]	[<16 - 83]
			R	[1.7 - 17]	[<3 - 7]	[<3 - 6.9]	[<3 - 35]	[3.4 - 16]	[<3 - 3.9]	[<16 - 68]
	HA	AG	N	[<1.5 - 9.8]	[<3 - 6.5]	[<3 - 7.7]	[<3 - 12]	[<3 - 9.5]	[<3 - 3.8]	[<16 - 38]
			R	[<1.5 - 9.8]	[<3 - 7.7]	[<3 - 12]	[<3 - 29]	[<3 - 17]	[<3 - 5.4]	[<16 - 70]
		PA	N	/	/	/	/	/	/	/
			R	[<1.5 - 9.8]	[<3 - 5.9]	[<3 - 8.3]	[<3 - 41]	[<3 - 20]	[<3 - 13]	[<16 - 70]
		PO	N	[<1.5 - 9.5]	[<3 - 8.5]	[<3 - 9.5]	[<3 - 25]	[3 - 18]	[<3 - 6]	[<16 - 58]
			R	[<1.5 - 12]	[<3 - 7.3]	[<3 - 7.8]	[<3 - 31]	[<3 - 19]	[<3 - 5.8]	[<16 - 56]
	LG	AG	N	[<1.5 - 14]	[<3 - 6.5]	[<3 - 4]	[<3 - 7.7]	[<3 - 5.3]	[<3 - 3.7]	[<16 - 30]
			R	[<1.5 - 12]	[<3 - 8.5]	[<3 - 9.2]	[<3 - 9.1]	[<3 - 5.1]	[<3 - <3]	[<16 - 43]
		PA	N	/	/	/	/	/	/	/
			R	[<1.5 - 7]	[<3 - 5.2]	[<3 - 6.5]	[<3 - 18]	[<3 - 11]	[<3 - 8.5]	[<16 - 47]
		PO	N	[<1.5 - 10]	[<3 - 6.8]	[<3 - 6]	[<3 - 18]	[<3 - 15]	[<3 - 5.1]	[<16 - 46]
			R	[<1.5 - 8.8]	[<3 - 5.9]	[<3 - 6.6]	[<3 - 27]	[<3 - 16]	[<3 - 4.6]	[<16 - 52]

TABLE 7.61 – Horizons de Surface - Gammes de variation (5e et 95e centiles) des concentrations en HTP par classe d'échantillon de sol, selon le 4e niveau de détail de la classification (*cf.* table 7.9) (« / » : nombre d'observations < 7 ; valeurs en mg/kg MS)

Niv.1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	HTP10a12	HTP12a16	HTP16a21	HTP21a30	HTP30a35	HTP35a40	HTP_tot
AU	AG	N	62	/	/	/	/	/	/	/
			64	[1.5 - 20]	[<3 - 5.7]	[<3 - 6.4]	[<3 - 14]	[<3 - 11]	[<3 - 4.7]	[<16 - 37]
			65	/	/	/	/	/	/	/
		R	RN	/	/	/	/	/	/	/
			RT	/	/	/	/	/	/	/
	FO	N	62	/	/	/	/	/	/	/
			64	/	/	/	/	/	/	/
			65	/	/	/	/	/	/	/
	PA	N	62	/	/	/	/	/	/	/
			64	/	/	/	/	/	/	/
			65	/	/	/	/	/	/	/
		R	RN	/	/	/	/	/	/	/
			RT	/	/	/	/	/	/	/
	PO	N	62	/	/	/	/	/	/	/
			64	/	/	/	/	/	/	/
			65	[<1.5 - 26]	[<3 - 12]	[<3 - 12]	[<3 - 38]	[3.5 - 19]	[<3 - 5.7]	[<16 - 89]
		R	RN	/	/	/	/	/	/	/
			RT	[1.6 - 19]	[<3 - 7.9]	[<3 - 6.7]	[<3 - 42]	[3.1 - 18]	[<3 - 4.2]	[<16 - 75]
HA	AG	N	11	/	/	/	/	/	/	/
			DI	[<1.5 - 9.9]	[<3 - 6.6]	[<3 - 7.8]	[<3 - 14]	[<3 - 9.5]	[<3 - 3.8]	[<16 - 38]
		R	RN	[<1.5 - 13]	[<3 - 7.6]	[<3 - 8.9]	[<3 - 24]	[3.2 - 14]	[<3 - 4.1]	[<16 - 59]
			RT	[<1.5 - 7.2]	[<3 - 8.2]	[<3 - 15]	[<3 - 40]	[<3 - 20]	[<3 - 7.2]	[<16 - 93]
	FO	N	11	/	/	/	/	/	/	/
			DI	[<1.5 - 6.2]	[<3 - 8.1]	[<3 - 7.2]	[<3 - 20]	[<3 - 15]	[<3 - 3.6]	[<16 - 45]
	PA	N	11	/	/	/	/	/	/	/
			DI	/	/	/	/	/	/	/
		R	RN	[<1.5 - 13]	[<3 - 6.5]	[<3 - 7.6]	[<3 - 24]	[<3 - 16]	[<3 - 18]	[<16 - 73]
			RT	[<1.5 - 8.1]	[<3 - 5.2]	[<3 - 8.8]	[<3 - 49]	[<3 - 23]	[<3 - 11]	[<16 - 74]
	PO	N	11	/	/	/	/	/	/	/
			DI	[<1.5 - 9.5]	[<3 - 8.5]	[<3 - 9.5]	[<3 - 25]	[3 - 18]	[<3 - 6]	[<16 - 58]
		R	RN	[<1.5 - 9.8]	[<3 - 7.8]	[<3 - 7.8]	[<3 - 20]	[<3 - 16]	[<3 - 3.1]	[<16 - 49]
			RT	[<1.5 - 13]	[<3 - 7.2]	[<3 - 7.7]	[<3 - 36]	[<3 - 19]	[<3 - 5.9]	[<16 - 62]
LG	AG	N	29	[4.4 - 10]	[<3 - 7.1]	[<3 - 4.1]	[<3 - 6.1]	[<3 - 4.6]	[<3 - <3]	[<16 - 29]
			DI	[<1.5 - 15]	[<3 - 6.5]	[<3 - 4]	[<3 - 7.8]	[<3 - 5.3]	[<3 - 3.8]	[<16 - 30]
		R	RN	/	/	/	/	/	/	/
			RT	/	/	/	/	/	/	/
	FO	N	29	/	/	/	/	/	/	/
			DI	[<1.5 - 11]	[<3 - 8.6]	[<3 - 4.9]	[<3 - 26]	[<3 - 18]	[<3 - 6.2]	[<16 - 59]
	PA	N	29	/	/	/	/	/	/	/
			DI	/	/	/	/	/	/	/
		R	RN	[<1.5 - 11]	[<3 - 6.6]	[<3 - 8.3]	[<3 - 22]	[<3 - 12]	[<3 - 5.3]	[<16 - 57]
			RT	[<1.5 - 4.7]	[<3 - 3.7]	[<3 - 4.9]	[<3 - 15]	[<3 - 13]	[<3 - 12]	[<16 - 39]
	PO	N	29	/	/	/	/	/	/	/
			DI	[<1.5 - 10]	[<3 - 6.8]	[<3 - 6]	[<3 - 18]	[<3 - 15]	[<3 - 5.1]	[<16 - 46]
		R	RN	[<1.5 - 9.2]	[<3 - 6.3]	[<3 - 6.2]	[3.8 - 17]	[5 - 11]	[<3 - <3]	[<16 - 31]
			RT	[<1.5 - 8.6]	[<3 - 5.9]	[<3 - 6.7]	[<3 - 25]	[<3 - 17]	[<3 - 4.8]	[<16 - 54]

TABLE 7.62 – Horizons de Surface - Gammes de variation (5^{e} et 95^{e} centiles) des concentrations en CN, IP et EOX par classe d'échantillon de sol, selon les 3 premiers niveaux de détail de la classification (*cf.* table 7.9) (« / » : nombre d'observations < 7 ; valeurs en mg/kg MS)

Niv.	Niv.1	Niv.2	Niv.3	CN_tot	CN_lib	CN_ncd	IP	EOX
1	AU			[<0.5 - 1.7]	[<0.3 - 0.64]	[<0.5 - 1.1]	[0.014 - 0.14]	[<0.3 - 0.57]
	HA			[<0.5 - 1.6]	[<0.3 - 0.76]	[<0.5 - 0.93]	[0.012 - 0.13]	[<0.3 - 1.1]
	LG			[<0.5 - 2.1]	[<0.3 - 1.2]	[<0.5 - 0.99]	[0.013 - 0.19]	[<0.3 - 0.84]
2	AU	AG		[<0.5 - 1.2]	[<0.3 - 0.5]	[<0.5 - 0.64]	[0.02 - 0.13]	[<0.3 - 0.33]
		FO		[<0.5 - 1.3]	[<0.3 - 0.78]	[<0.5 - <0.5]	[0.096 - 0.19]	[<0.3 - 0.77]
		PA		/	/	/	/	/
		PO		[<0.5 - 2.3]	[<0.3 - 0.77]	[<0.5 - 1.5]	[0.012 - 0.077]	[<0.3 - 0.67]
	HA	AG		[<0.5 - 1.4]	[<0.3 - 0.8]	[<0.5 - 0.84]	[0.012 - 0.091]	[<0.3 - 0.37]
		FO		[0.61 - 2.2]	[<0.3 - 1.4]	[<0.5 - 1.1]	[0.058 - 0.58]	[<0.3 - 1.3]
		PA		[<0.5 - 1.5]	[<0.3 - 0.76]	[<0.5 - 0.78]	[0.016 - 0.12]	[<0.3 - 1.1]
		PO		[<0.5 - 1.6]	[<0.3 - 0.6]	[<0.5 - 0.99]	[0.013 - 0.12]	[<0.3 - 1.5]
	LG	AG		[<0.5 - 1.2]	[<0.3 - 0.7]	[<0.5 - 0.57]	[0.013 - 0.13]	[<0.3 - 0.3]
		FO		[<0.5 - 4]	[<0.3 - 2.6]	[<0.5 - 1.4]	[0.052 - 0.52]	[<0.3 - 1.9]
		PA		[<0.5 - 1.6]	[<0.3 - 0.8]	[<0.5 - 0.72]	[0.0087 - 0.19]	[<0.3 - 0.65]
		PO		[<0.5 - 2]	[<0.3 - 0.96]	[<0.5 - 1]	[0.016 - 0.1]	[<0.3 - 0.81]
3	AU	AG	N	[<0.5 - 1.2]	[<0.3 - 0.5]	[<0.5 - 0.64]	[0.02 - 0.13]	[<0.3 - 0.33]
			R	/	/	/	/	/
		PA	N	/	/	/	/	/
			R	/	/	/	/	/
		PO	N	[<0.5 - 2.5]	[<0.3 - 0.8]	[<0.5 - 1.4]	[0.011 - 0.07]	[<0.3 - 0.53]
			R	[<0.5 - 2]	[<0.3 - 0.69]	/	[0.013 - 0.088]	[<0.3 - 0.98]
	HA	AG	N	[<0.5 - 1.1]	[<0.3 - 0.69]	[<0.5 - 0.73]	[0.011 - 0.081]	[<0.3 - 0.37]
			R	[<0.5 - 2]	[<0.3 - 0.98]	[<0.5 - 0.99]	[0.018 - 0.11]	[<0.3 - 0.41]
		PA	N	/	/	/	/	/
			R	[<0.5 - 1.4]	[<0.3 - 0.76]	[<0.5 - 0.79]	[0.017 - 0.14]	[<0.3 - 1.3]
		PO	N	[<0.5 - 1.5]	[<0.3 - 0.6]	[<0.5 - 0.81]	[0.014 - 0.12]	[<0.3 - 1.3]
			R	[<0.5 - 1.6]	[<0.3 - 0.6]	[<0.5 - 1]	[0.013 - 0.13]	[<0.3 - 1.5]
	LG	AG	N	[<0.5 - 1.2]	[<0.3 - 0.76]	[<0.5 - 0.55]	[0.015 - 0.11]	[<0.3 - 0.3]
			R	[<0.5 - 1.4]	[<0.3 - 0.71]	/	[0.0049 - 0.18]	[<0.3 - <0.3]
		PA	N	/	/	/	/	/
			R	[<0.5 - 1.4]	[<0.3 - 0.65]	[<0.5 - 0.63]	[0.0084 - 0.16]	[<0.3 - 0.65]
		PO	N	[<0.5 - 1.7]	[<0.3 - 0.85]	[<0.5 - 0.8]	[0.015 - 0.11]	[<0.3 - 0.55]
			R	[<0.5 - 2.1]	[<0.3 - 1]	[<0.5 - 1.1]	[0.017 - 0.097]	[<0.3 - 0.97]

TABLE 7.63 – Horizons de Surface - Gammes de variation (5^{e} et 95^{e} centiles) des concentrations en CN, IP et EOX par classe d'échantillon de sol, selon le 4^{e} niveau de détail de la classification (*cf.* table 7.9) (« / » : nombre d'observations < 7 ; valeurs en mg/kg MS)

Niv.1	Niv.2	Niv.3	Niv.4	CN_tot	CN_lib	CN_ncd	IP	EOX
AU	AG	N	62	/	/	/	/	/
			64	[<0.5 - 0.98]	[<0.3 - 0.55]	[<0.5 - <0.5]	[0.022 - 0.093]	[<0.3 - <0.3]
			65	/	/	/	/	/
		R	RN	/	/	/	/	/
			RT	/	/	/	/	/
	FO	N	62	/	/	/	/	/
			64	/	/	/	/	/
			65	/	/	/	/	/
	PA	N	62	/	/	/	/	/
			64	/	/	/	/	/
			65	/	/	/	/	/
		R	RN	/	/	/	/	/
			RT	/	/	/	/	/
	PO	N	62	/	/	/	/	/
			64	/	/	/	/	/
			65	[<0.5 - 2.7]	[<0.3 - 0.88]	[<0.5 - 1.5]	[0.0099 - 0.076]	[<0.3 - 0.4]
		R	RN	/	/	/	/	/
			RT	[<0.5 - 1.9]	[<0.3 - 0.65]	/	[0.012 - 0.078]	[<0.3 - 1.1]
HA	AG	N	11	/	/	/	/	/
			DI	[<0.5 - 1]	[<0.3 - 0.69]	[<0.5 - 0.74]	[0.013 - 0.087]	[<0.3 - 0.37]
		R	RN	[<0.5 - 1.6]	[<0.3 - 0.99]	[<0.5 - 0.87]	[0.028 - 0.11]	[<0.3 - 0.48]
			RT	[<0.5 - 2.3]	[<0.3 - 0.96]	[<0.5 - 1.2]	[0.014 - 0.1]	[<0.3 - 0.34]
	FO	N	11	/	/	/	/	/
			DI	[0.61 - 2.2]	[<0.3 - 1.4]	[<0.5 - 1.1]	[0.058 - 0.58]	[<0.3 - 1.3]
	PA	N	11	/	/	/	/	/
			DI	/	/	/	/	/
		R	RN	[<0.5 - 1.3]	[<0.3 - 0.79]	[<0.5 - 0.51]	[0.017 - 0.15]	[<0.3 - 0.33]
			RT	[<0.5 - 1.5]	[<0.3 - 0.78]	[<0.5 - 0.96]	[0.016 - 0.13]	[<0.3 - 1.9]
	PO	N	11	/	/	/	/	/
			DI	[<0.5 - 1.5]	[<0.3 - 0.6]	[<0.5 - 0.81]	[0.014 - 0.12]	[<0.3 - 1.3]
		R	RN	[<0.5 - 1.4]	[<0.3 - 0.68]	[<0.5 - 0.7]	[0.012 - 0.17]	[<0.3 - 4.1]
			RT	[<0.5 - 1.7]	[<0.3 - 0.6]	[<0.5 - 1.1]	[0.013 - 0.12]	[<0.3 - 1.4]
LG	AG	N	29	[<0.5 - 1.4]	[<0.3 - 0.96]	/	[0.033 - 0.11]	[<0.3 - <0.3]
			DI	[<0.5 - 1.2]	[<0.3 - 0.68]	[<0.5 - 0.57]	[0.014 - 0.11]	[<0.3 - 0.3]
		R	RN	/	/	/	/	/
			RT	/	/	/	/	/
	FO	N	29	/	/	/	/	/
			DI	[0.59 - 3.7]	[0.33 - 2.6]	[<0.5 - 1.4]	[0.056 - 0.49]	[<0.3 - 1.9]
	PA	N	29	/	/	/	/	/
			DI	/	/	/	/	/
		R	RN	[<0.5 - 1.4]	[<0.3 - 0.75]	[<0.5 - 0.59]	[0.011 - 0.11]	[<0.3 - 0.71]
			RT	[<0.5 - 1.4]	[<0.3 - 0.64]	[<0.5 - 0.68]	[0.0079 - 0.21]	[<0.3 - 0.58]
	PO	N	29	/	/	/	/	/
			DI	[<0.5 - 1.7]	[<0.3 - 0.85]	[<0.5 - 0.8]	[0.015 - 0.11]	[<0.3 - 0.62]
		R	RN	[<0.5 - 2.5]	[<0.3 - 0.99]	/	[0.024 - 0.1]	[<0.3 - 0.41]
			RT	[<0.5 - 2.1]	[<0.3 - 1.1]	[<0.5 - 1.2]	[0.017 - 0.097]	[<0.3 - 0.99]

7.6 Commentaires et discussions

7.6.1 Mise au point

Sur base des résultats des tables 7.8 à 7.63, nous avons comparé les classes des différents niveaux afin de parvenir à une image synthétique pour les 3 principales régions de notre étude. Pour rappel, les groupes de zones définis dans la section 7.4 font référence aux zones d'études de la présente convention, mais les résultats pourraient être extrapolés à des zones aux caractéristiques similaires situées à proximité (*cf.* section 7.5.1).

7.6.2 Région d'Aubange

7.6.2.1 Commentaires généraux

Notre jeu de données pour la zone d'Aubange (67 sols) comporte un nombre assez réduit de sols de parc (4) et de sols forestiers (8). Par rapport aux autres régions, les sols d'Aubange présentent une proportion de sols de remblais assez faible parmi les sols de potagers (45%). En ce qui concerne les sols de parcs, le nombre d'observation (4) est trop réduit pour établir une proportion représentative. Le nombre de sols de remblais dont l'horizon profond a été échantillonné étant très réduit (3), il n'est pas possible de commenter les caractériques générales des remblais de cette zone.

Les sols agricoles appartiennent majoritairement au groupe 64, tandis que les sols de forêts et de potagers se rapportent principalement au groupe 65.

7.6.2.2 Horizons profonds

Par rapport aux autres régions, les sols d'Aubange se caractérisent par des teneurs particulièrement élevées en As, Ca, Mn et Fe et des teneurs élevées en Be, Co, Cr, CrVI, Mo, Ni, Zn et HTP10a12. En ce qui concerne CrVI, il est très probable que ces valeurs élevées soient liées à une interférence, car la méthode analytique est sensible aux interférences avec Mn et est peu fiable lorsque CrVI représente moins de 5% de Cr total (*cf.* norme EN 15192).

Les sols de remblais présentent des teneurs nettement plus élevées en Ba et HAP, et plus élevées en Pb, Zn et IP que les sols naturels. Le nombre d'observations est très réduit (3), mais ces différences sont vraisemblables, car elles correspondent à ce qui est observé dans les autres régions, sauf pour IP.

Sols naturels

Au sein de la région d'Aubange :

- les sols du groupe 62 se distinguent par les teneurs les plus faibles en Ca, Ni et Zn ;
- les sols du groupe 64 présentent les teneurs les plus élevées en Mn, As et Cr, et les teneurs les plus faibles en Mo ;
- les sols du groupe 65 présentent les teneurs les plus élevées en Argile, Ca, Ba, Cd, Cu, Mo et Ni, et les teneurs les plus faibles en Mn, As et CrVI (interférence probable entre CrVI et Mn).

Par rapport aux sols naturels des autres régions :

- les sols du groupe 62 présentent des teneurs particulièrement élevées en Fe et As, et des teneurs élevées en Al, Mn, Be, Co, Cr, CrVI (interférence probable entre CrVI et Mn), Zn et HTP10a12 ;
- les sols du groupe 64 présentent des teneurs particulièrement élevées en Mn, Fe, As et Cr, et des teneurs élevées en Al, Co, CrVI (interférence probable entre CrVI et Mn), Ni, Zn et HTP10a12 ;
- les sols du groupe 65 présentent des teneurs particulièrement élevées en Corg, Argile, Ca, Mo et Ni, et des teneurs élevées en Al, Mg, Fe, Ba, Cd, Co, Cu, Zn et HTP10a12. Ces sols présentent également des valeurs de pH élevées.

Sols de remblais

Par rapport aux sols de remblais des autres régions, les sols de remblais de la région d'Aubange présentent des teneurs relativement élevées en Be et en HAP, particulièrement les HAP les plus lourds, IP et la fraction HTP10a12. Etant donné le faible nombre de remblais étudiés, ces observations doivent être considérées avec prudence.

La comparaison des différentes classes de remblais à Aubange ne peut être effectuée, en raison du faible nombre d'observations.

7.6.2.3 Horizons de surface

Par rapport aux horizons de surface des autres régions, les sols d'Aubange présentent des teneurs beaucoup plus élevées en Argile, Al, Ca, Mn, Fe, As, Co, Cr et Ni, et des teneurs plus élevées en Be, CrVI, Mo, et HAP lourds (valeurs comparables à la région du Hainaut, mais supérieures à la région de Liège), HTP10a12 et Se. Ils présentent par contre des teneurs plus faibles en Hg et Pb.

Sols agricoles

Au sein de la région d'Aubange, les sols agricoles se distinguent des autres occupations par des teneurs élevées en Mn, Fe, As, CrVI (interférence probable entre CrVI et Mn), et des teneurs basses en Se, HAP, HTP et CN.

Par rapport aux sols agricoles des autres régions, les sols agricoles d'Aubange présentent des teneurs nettement plus élevées en Al, Mn, Fe, As, Be, Co, Cr, CrVI (interférence probable entre CrVI et Mn) et Ni. Les teneurs en Zn y sont intermédiaires entre celles de la région de Liège et de la région du Hainaut.

Parmi les sols agricoles d'Aubange, les sols de remblais n'ont pu être comparés aux sols naturels par manque d'effectif. Par contre, nous avons mis en évidence des différences entre les groupes de sols. Les sols du groupe 64 présentent les teneurs les plus élevées en Mn, Fe, As, Be, Co, Cr, CrVI (interférence probable) et Ni. Les sols du groupe 65 présentent les teneurs les plus élevées en Ca, Ba, Cd, Cu et Mo, mais les teneurs les plus basses en Mn, As, Co, Cr, CrVI (interférence probable).

La sur-représentation du groupe 64 au sein des sols agricoles pourrait expliquer en grande partie l'effet positif de l'occupation « agricole » sur les concentrations en Mn, Fe, As et CrVI dans cette zone, étént donné les différence entre groupes de sols pour ces paramètres dans les horizons profonds.

Sols de forêt

Au sein de la région d'Aubange, les sols de forêt se distinguent des autres occupations par des teneurs élevées en Mo, Pb, HTP12a16 et IP, et des teneurs basses en HAP.

Par rapport aux sols forestiers des autres régions, les sols forestiers d'Aubange présentent des teneurs plus élevées en Argile, Al, Ca, Mg, Mn, Fe, As, Ba, Be, Co, Cr, Mo, Ni, Se, HTP10a12, HTP12a16, et HTP_tot, et des teneurs plus basses en CN et EOX. Les teneurs en Cd, Zn et HAP sont intermédiaires entre celles des sols forestiers de la région de Liège et de la région du Hainaut.

Nous n'avons pas pu comparer les teneurs dans les sols forestiers en fonction du groupe de sol, vu le faible nombre d'observations pour les groupes 62 et 64. Toutefois, l'effet du groupe de sol devrait être semblable à ce qui a été observé pour les sols agricoles et pour les horizons profonds, vu que cet effet dépend de la géologie. Nous pouvons donc supposer que les concentrations élevées en Mo dans les sols forestiers sont le résultat de la sur-représentation du groupe 65 parmi les sols forestiers échantillonnés.

Sols de parcs

Au sein de la région d'Aubange, les sols de parcs se distinguent des autres occupations par des teneurs élevées en HAP (sauf les plus légers) et HTP lourds, et des teneurs basses en Argile, Al, Mn, Cd, HTP10a12, CN et IP.

Par rapport aux sols de parcs des autres régions, les sols de parc d'Aubange présentent des teneurs plus élevées en Mn, Co, Ni, Se, HAP (sauf les plus légers) et HTP lourds, et des teneurs plus basses en Ba, Cd, Cu, Hg, Pb et CN. Les teneurs en Cd, Zn

et HAP y sont intermédiaires entre les sols forestiers de Liège et du Hainaut. Notons que nous ne diposons pas d'informations pour Fe, As et Cr pour cette classe de sols.

L'effet de la présence de remblais et du groupe de sol n'est pas présenté, vu le faible nombre d'échantillons.

Sols de potagers

Au sein de la zone d'Aubange, les sols de potagers se distinguent des autres occupations par des teneurs élevées en Ca, Ba, Cd, Cu, Pb, Zn, HAP, CN_tot, CN_ncd, et des teneurs basses pour IP.

Par rapport aux sols de potagers des autres régions, les sols de potagers d'Aubange présentent des teneurs plus élevées en Ca, Mn, Fe, As, Be, Co, Cr, Ni, Se, HAP (sauf Naph), HTP10a12, et des teneurs plus basses en Hg, Pb et IP.

L'effet du groupe de sol n'est pas caractérisé vu le faible nombre d'échantillons pour les groupes 64 et 65.

7.6.3 Région du Hainaut

7.6.3.1 Commentaires généraux

Nous disposons de 330 sols représentatifs de cette région. C'est dans cette région que l'on observe la proportion la plus élevée de sols de remblais : ces derniers constituent 90% des sols de parc, 77% des sols de potagers et 29% des sols agricoles. Les couches de surface de ces remblais contiennent plus de 2% de charges technogéniques (RT) dans 66%, 92% et 50% des cas pour les parcs, potagers et sols agricoles respectivement. En profondeur, les couches de remblais contiennent plus de 2% de charges technogéniques (RT) dans 46% des cas. Ces couches de remblais technogéniques appartiennent à la classe « construction » (RTC) dans 32% des cas, à la classe « houille » (RTH) dans 30% des cas, à la classe « Mâchefers » (RTM) dans 19% des cas et à la classe « divers »(RTD) dans 19% des cas.

En ce qui concerne les sols naturels, le groupe 11 représente 9% des effectifs, mais ne comporte que des sols agricoles.

La proportion de sols forestiers est très faible dans cette région (4% des sols étudiés).

7.6.3.2 Horizons profonds

Par rapport aux autres régions, les horizons profonds des sols du Hainaut présentent les teneurs les plus élevées en Corg et HAP, et les teneurs les plus basses en Mn, Cd, Co, CrVI (interférence probable avec Mn), Ni et Zn.

Par rapport aux sols naturels de cette région, les sols de remblais présentent des teneurs nettement plus élevées en Corg, Ca, Ba et HAP, des teneurs plus élevées en Cd, Cu, Pb, Zn, HTP et IP, et des teneurs plus faibles en Argile.

Sols naturels

Par rapport aux autres sols naturels de cette région et des autres régions, les sols du groupe 11 se distinguent par des teneurs plus basses en Ba, Cu, Ni et Pb.

Sols de remblais

Par rapport aux remblais d'origine naturelle (RN), les remblais technogéniques (RT) présentent des teneurs nettement plus élevées en Corg, Ca et HAP, et plus élevées en Ba, Cu, Hg, Pb, Sn, Zn, BTEX, HTP lourds et IP.

Par rapport leur équivalent en région liégeoise (pas assez de données à Aubange) :
- les remblais d'origine naturelle (RN) du Hainaut présentent des teneurs plus élevées en Styr, et des teneurs plus basses en Pb, Zn et HAP ;
- les remblais d'origine technogéniques (RT) du Hainaut présentent des teneurs plus élevées en Hg, des teneurs plus basses en Ca, Ba, Cd, Cu, Pb, Zn, Ben, Xyl, et IP, et des teneurs nettement plus basses en Sb et Sn.

Parmi les remblais d'origine technogéniques du Hainaut :
- les remblais de la classe RTC (construction) présentent des teneurs élevées en Corg, Ca, Cu, Hg, Pb, Sb, Sn, Styr et HAP légers ;
- les remblais de la classe RTH (houille) présentent des teneurs élevées en Corg, Mg, Ba, Be, Co, Cu, Ben, Xyl, HAP et HTP ;
- les remblais de la classe RTM (mâchefers) présentent des teneurs élevées en As, HAP et HTP, et des teneurs faibles en Cr ;
- les remblais de la classe RTD (divers) présentent des valeurs élevées pour IP et des teneurs basses en As, Co, Cu, Hg, Pb, Zn, Ben, HAP, HTP.

7.6.3.3 Horizons de surface

Par rapport aux horizons de surface des autres régions, les sols du Hainaut sont caractérisés par des teneurs élevées en HAP (en particulier les plus légers) et des teneurs basses en As.

Sols agricoles

Au sein de la région du Hainaut, les sols agricoles présentent des teneurs basses en As, Cu, Hg et Pb par rapport aux sols sous autres occupations.

Par rapport aux sols agricoles des autres régions, les sols agricoles du Hainaut présentent des teneurs plus élevées en HAP.

Parmi les sols agricoles du Hainaut, les sols de remblais présentent des teneurs plus élevées en Ba, Cu, Pb, Zn, HAP, HTP et CN que les sols naturels.

Les remblais technogéniques (RT) présentent des concentrations plus élevées en Ba, Cu, Ni, Pb et HAP que les remblais d'origine naturelle (RN).

Les sols naturels du groupe 11 présentent des concentrations plus faibles en Ba, Ni, Pb, Zn et HAP que les autres sols naturels.

Sols de forêts

Par rapport aux autres occupations dans la région du Hainaut, les sols forestiers présentent des teneurs élevées en HAP légers, CN et IP et des teneurs basses en Ba, Cu, Ni, Zn.

Par rapport aux sols forestiers des autres régions, les sols forestiers du Hainaut présentent les teneurs les plus élevées en HAP, et les teneurs les plus basses en As, Cd et Zn.

Sols de parcs

Par rapport aux autres occupations de la région du Hainaut, les sols de parcs présentent des teneurs élevées en Ca, Ba, Cu, Zn, BTEX et HTP.

Par rapport aux sols de parcs des autres régions, les sols de parc du Hainaut présentent des teneurs plus élevées en HAP (surtout les légers), HTP et EOX..

Parmi les sols de parcs du Hainaut, les sols de remblais présentent des teneurs plus élevées en Ba, Cu, Pb, Zn, BTEX, HAP et EOX que les sols naturels.

Les remblais technogéniques (RT) présentent des concentrations plus élevées en Ba, Cu, Hg, Pb, HAP et EOX que les remblais d'origine naturelle (RN).

Sols de potagers

Par rapport aux autres occupations de la région du Hainaut, les sols de potagers présentent des teneurs élevées en Ba, Cd, Cr, Cu, Sn, Zn et HAP.

Par rapport aux sols de potagers des autres régions, les sols de potagers du Hainaut présentent des teneurs plus faibles en As, et plus élevées en HAP et EOX.

Parmi les sols de potagers du Hainaut, les sols de remblais présentent des teneurs plus élevées en Ba, Cu, Sn, Zn, HAP et EOX que les sols naturels.

Les remblais technogéniques (RT) présentent des concentrations plus élevées en Ba, Pb, Sn et Zn que les remblais d'origine naturelle (RN).

7.6.4 Région de Liège

7.6.4.1 Commentaires généraux

Nous disposons de 341 sols représentatifs de cette région. Les sols de remblais constituent 82% des sols de parc, 59% des sols de potagers et 10% des sols agricoles.

Les couches de surface de ces remblais contiennent plus de 2% de charges technogéniques (RT) dans 59%, 89% et 33% des cas pour les sols de parcs, sols de potagers et sols agricoles, respectivement. En profondeur, les couches de remblais contiennent plus de 2% de charges technogéniques (RT) dans 38% des cas. Ces couches de remblais technogéniques appartiennent à la classe « construction » (RTC) dans 66% des cas, à la classe « houille » (RTH) dans 7% des cas, à la classe « Mâchefers » (RTM) dans 7% des cas et à la classe « divers » (RTD) dans 20% des cas.

En ce qui concerne les sols naturels, le groupe 29 représente 7% des effectifs et est essentiellement représenté par des sols agricoles.

C'est dans cette région que la proportion de sols forestiers est la plus élevée (16%).

7.6.4.2 Horizons profonds

Par rapport aux autres régions, les horizons profonds des sols de la région de Liège présentent les teneurs les plus élevées en Sb et Sn, et les teneurs les plus basses en Ca et HTP.

Par rapport aux sols naturels de cette région, les sols de remblais présentent des teneurs plus élevées en Ca, As, Ba, Cd, Cu, HAP et IP.

Sols naturels

Etant donné que nous ne disposons que d'une seule observation en profondeur pour le groupe 29, nous ne pouvons effectuer de comparaison avec les sols des autres groupes.

Sols de remblais

Par rapport aux remblais d'origine naturelle (RN), les remblais technogéniques (RT) présentent des teneurs nettement plus élevées en Ca, Cu, Sb et Sn, et plus élevées en As, Cd, Hg, Pb, Se, Zn, BTEX, HAP, HTP et IP.

Par rapport leur équivalent en Hainaut (pas assez de données à Aubange) :

- les remblais d'origine naturelle (RN) de la région de Liège présentent des teneurs plus faibles en Styr, et des teneurs plus élevées en Pb, Zn et HAP ;
- les remblais d'origine technogéniques (RT) de la région de Liège présentent des teneurs plus basses en Hg, et des teneurs plus élevées en Ca, Ba, Cd, Cu, Pb, Zn, Ben, Xyl, et IP, et des teneurs nettement plus élevées en Sb et Sn.

La comparaison entre les classes de remblais ne peut être effectuée en raison du manque d'effectifs pour les classes RTH et RTM.

7.6.4.3 Horizons de surface

Par rapport aux horizons de surface des autres régions, les sols de la région liégeoise sont caractérisés par des teneurs très élevées en Cd, Pb, Sb et Zn et des teneurs élevées en CN.

Sols agricoles

Au sein de la région de Liège, les sols agricoles présentent des teneurs basses en As, Cu, Hg, Pb, Sb, HAP et HTP par rapport aux sols sous autres occupations.

Par rapport aux sols agricoles des autres régions, les sols agricoles de la région de Liège, présentent des teneurs nettement plus élevées en Cd, Pb et Zn.

Parmi les sols agricoles de la région liégeoise, les sols de remblais présentent des teneurs plus élevées en Corg, Cu et Hg que les sols naturels, et des teneurs en Zn plus basses.

Les remblais technogéniques (RT) présentent des concentrations plus élevées en Hg, Se et HTP légers que les remblais d'origine naturelle (RN).

Les sols naturels du groupe 29 présentent des concentrations plus élevées en Al, Mn, As, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Hg, Ni, Pb et Se que les autres sols naturels.

Sols de forêts

Par rapport aux autres occupations dans la région de Liège, les sols forestiers présentent des teneurs élevées en Corg, CN, IP et EOX et des teneurs basses en Ba, Co, Ni et Zn

Par rapport aux sols forestiers des autres régions, les sols forestiers de la région liégeoise présentent les teneurs les plus élevées en Corg, Cd, Hg, Pb, Sb, Zn, CN et EOX.

Sols de parcs

Par rapport aux autres occupations de la région de Liège, les sols de parcs présentent des teneurs élevées en Ca, Cu et HAP.

Par rapport aux sols de parcs des autres régions, les sols de parc de la région de Liège présentent des teneurs plus élevées en Cd, Pb et Zn.

Parmi les sols de parcs de la région de Liège, les sols de remblais présentent des teneurs plus élevées en Ca, Pb et HAP que les sols naturels, mais des teneurs plus basses en Cd et CN.

Les remblais technogéniques (RT) présentent des concentrations plus élevées en Ba, Hg, Pb, Sn, Zn et HAP que les remblais d'origine naturelle (RN).

Sols de potagers

Par rapport aux autres occupations de la région de Liège, les sols de potagers présentent des teneurs élevées en Ba, Cd, Cu, Sb, Sn, Zn et HAP.

Par rapport aux sols de potagers des autres régions, les sols de potagers de la région de Liège présentent des teneurs plus élevées en Cd, Cu, Hg, Pb, Sb et Zn, et des teneurs plus basses en HAP.

Parmi les sols de potagers de la région liégeoise, les sols de remblais présentent des teneurs plus élevées en Ba, Cu, Hg, Pb, Sb, Sn et HAP que les sols naturels.

Les remblais technogéniques (RT) présentent des concentrations plus élevées en HAP que les remblais d'origine naturelle (RN), mais plus faibles en Ba, Cu, Pb, Zn.

7.6.5 Synthèse

Surface

Les sols de la région d'Aubange sont particulièrement riches en As, Be, Co, Cr et Ni et relativement riches en Mo.

Les sols de la région de Liège sont particulièrement riches en Cd, Pb et Zn.

Les sols de potagers présentent les concentrations les plus élevées en Ba et Cu et les sols forestiers présentent des concentrations élevées en Pb, CN et IP.

Les sols de remblais présentent généralement des concentrations plus élevées en Ba, Cu, Hg, Ni, Pb, HAP et HTP. La différence avec les sols naturels est souvent plus marqué si l'on considère uniquement les remblais avec apport technogénique. Toutefois, l'effet des remblais est relativement faible, en comparaison avec les effets de la région et de l'occupation du sol.

Les effets combinés de ces facteurs sur les concentrations des principaux polluants dans les horizons de surface sont illustrés aux tables 7.64 et 7.65. Ces tables reprennent les moyennes des concentrations en polluants pour les classes du niveau 3 de la typologie ainsi que pour les sols agricoles et forestiers de la campagne POLLUSOL 1. Chaque case d'un tableau correspond à une classe du 3^{e} niveau, identifiée par agrégation du nom de la colonne et du nom de la ligne.

Profondeur

Les sols de la région d'Aubange sont particulièrement riches en As, Co, Cr et Ni et relativement riches en Cd, Mo et Zn.

Les sols de remblais présentent des concentrations plus élevées pour Ba, Cu, Pb, Zn, HAP et HTP que les sols naturels. Le contraste entre ces situations est particulièrement fort en ce qui concerne Ba et HAP.

Parmi les remblais, ceux qui comportent un apport technogénique (RT) sont plus riches en Ba, Cd, Cu, Hg, Pb, Sn, Zn, BTEX, HAP et HTP que les remblais d'origine naturelle (RN).

TABLE 7.64 – Moyennes des concentrations en polluants inorganiques dans les horizons de surface selon les classes du niveau 3 ; chaque case d'un tableau correspond à une classe, identifiées par combinaison du code de la région (AU : région d'Aubange ; HA : région du Hainaut ; LG : région de Liège ; P1 : campagne POLLUSOL 1), de l'occupation (FO : forêt ; AG : agriculture ; PA : parc ; PO : potagers) et de la présence de remblais (R : sol de remblai ; N : sol naturel) - les couleurs varient progressivent du vert foncé au rouge foncé selon un classement en rang de chaque paramètre

As		AU	HA	LG	P1
FO	N	37	12	16	12
AG	N	58	<10	11	<10
	R	/	<10	14	/
PA	N	/	10	15	/
	R	/	10	15	/
PO	N	48	10	15	/
	R	55	12	18	/

Ba		AU	HA	LG	P1
FO	N	100	47	52	/
AG	N	88	78	93	/
	R	/	140	82	/
PA	N	/	81	110	/
	R	92	130	120	/
PO	N	240	170	180	/
	R	260	250	260	/

Be		AU	HA	LG	P1
FO	N	1.5	<1	<1	/
AG	N	1.7	<1	<1	/
	R	/	<1	<1	/
PA	N	/	<1	<1	/
	R	1.4	<1	<1	/
PO	N	1.8	<1	<1	/
	R	2	1.1	1.2	/

Cd		AU	HA	LG	P1
FO	N	0.71	<0.4	3	0.44
AG	N	0.42	<0.4	2.7	0.5
	R	/	0.54	2.4	/
PA	N	/	0.43	2.4	/
	R	<0.4	0.54	1.7	/
PO	N	0.88	0.69	3.8	/
	R	0.88	0.86	4	/

Co		AU	HA	LG	P1
FO	N	18	8	7.4	8.1
AG	N	25	9.1	11	11
	R	/	11	11	/
PA	N	/	10	12	/
	R	16	11	12	/
PO	N	23	12	12	/
	R	27	14	14	/

Cr		AU	HA	LG	P1
FO	N	49	29	24	29
AG	N	68	31	32	36
	R	/	34	32	/
PA	N	/	34	32	/
	R	/	33	31	/
PO	N	74	42	38	/
	R	72	43	44	/

CrVI		AU	HA	LG	P1
FO	N	<0.1	<0.1	<0.1	/
AG	N	0.52	0.16	0.14	/
	R	/	<0.1	0.1	/
PA	N	/	<0.1	<0.1	/
	R	0.1	<0.1	0.14	/
PO	N	0.14	<0.1	0.17	/
	R	<0.1	0.14	<0.1	/

Cu		AU	HA	LG	P1
FO	N	20	17	26	11
AG	N	22	19	25	13
	R	/	34	33	/
PA	N	/	20	35	/
	R	18	34	41	/
PO	N	51	43	48	/
	R	47	54	68	/

Hg		AU	HA	LG	P1
FO	N	0.12	0.21	0.38	0.16
AG	N	<0.1	0.1	0.15	<0.1
	R	/	0.17	0.23	/
PA	N	/	0.18	0.19	/
	R	<0.1	0.2	0.23	/
PO	N	0.18	0.22	0.27	/
	R	0.14	0.29	0.4	/

Mo		AU	HA	LG	P1
FO	N	8.1	<5	<5	/
AG	N	5	<5	<5	/
	R	/	<5	<5	/
PA	N	/	<5	<5	/
	R	<5	<5	<5	/
PO	N	5.4	<5	<5	/
	R	<5	<5	<5	/

Ni		AU	HA	LG	P1
FO	N	42	18	19	12
AG	N	58	20	26	21
	R	/	28	29	/
PA	N	/	24	29	/
	R	42	29	29	/
PO	N	53	27	28	/
	R	53	32	35	/

Pb		AU	HA	LG	P1
FO	N	72	78	250	72
AG	N	48	39	110	25
	R	/	83	110	/
PA	N	/	54	170	/
	R	49	93	230	/
PO	N	110	140	230	/
	R	99	170	330	/

Sb		AU	HA	LG	P1
FO	N	<2	<2	3.60	/
AG	N	<2	<2	<2	/
	R	/	<2	<2	/
PA	N	/	<2	2.6	/
	R	<2	<2	<2	/
PO	N	<2	<2	3.1	/
	R	<2	<2	7.1	/

Se		AU	HA	LG	P1
FO	N	4.4	<2	<2	/
AG	N	2.6	2.5	<2	/
	R	/	2.2	3.2	/
PA	N	/	2.5	2.5	/
	R	2.9	2.1	2.5	/
PO	N	3.4	<2	2.1	/
	R	5.1	2.1	2.4	/

Sn		AU	HA	LG	P1
FO	N	<5	<5	5.0	/
AG	N	<5	<5	<5	/
	R	/	<5	<5	/
PA	N	/	<5	<5	/
	R	<5	<5	<5	/
PO	N	<5	<5	5.5	/
	R	<5	7.7	9.7	/

Zn		AU	HA	LG	P1
FO	N	190	69	270	48
AG	N	160	82	420	64
	R	/	140	380	/
PA	N	/	95	410	/
	R	140	160	430	/
PO	N	340	210	700	/
	R	310	300	780	/

TABLE 7.65 – Moyennes des concentrations en polluants organiques dans les horizons de surface selon les classes du niveau 3 ; chaque case d'un tableau correspond à une classe, identifiées par combinaison du code de la région (AU : région d'Aubange ; HA : région du Hainaut ; LG : région de Liège ; P1 : campagne POLLUSOL 1), de l'occupation (FO : forêt ; AG : agriculture ; PA : parc ; PO : potagers) et de la présence de remblais (R : sol de remblai ; N : sol naturel) - les couleurs varient progressivent du vert foncé au rouge foncé selon un classement en rang de chaque paramètre

Naph		AU	HA	LG	P1
FO	N	0.007	0.022	0.014	0.007
AG	N	0.004	0.009	0.005	0.007
	R	/	0.024	0.006	/
PA	N	/	0.016	0.017	/
	R	0.007	0.043	0.023	/
PO	N	0.021	0.022	0.014	/
	R	0.028	0.027	0.019	/

Phen		AU	HA	LG	P1
FO	N	0.058	0.46	0.16	0.007
AG	N	0.038	0.12	0.038	0.007
	R	/	0.34	0.031	/
PA	N	/	0.17	0.081	/
	R	0.28	0.38	0.17	/
PO	N	0.23	0.33	0.17	/
	R	0.29	0.45	0.27	/

BghiP		AU	HA	LG	P1
FO	N	0.06	0.21	0.088	0.007
AG	N	0.034	0.07	0.035	0.007
	R	/	0.3	0.017	/
PA	N	/	0.069	0.072	/
	R	0.51	0.24	0.16	/
PO	N	0.36	0.24	0.18	/
	R	0.44	0.37	0.22	/

HAP16		AU	HA	LG	P1
FO	N	1.9	3.8	1.8	0.13
AG	N	0.8	1.2	0.61	0.13
	R	/	4.1	0.35	/
PA	N	/	1.5	1.1	/
	R	7.3	4.1	3.9	/
PO	N	8.5	4.4	2.5	/
	R	6.2	6.2	3.6	/

HTP10a12		AU	HA	LG	P1
FO	N	8.6	2.5	3.80	/
AG	N	6.3	3.5	5.7	/
	R	/	3.4	5	/
PA	N	/	1.7	4.5	/
	R	2	3.4	2.8	/
PO	N	7.7	3.4	4.3	/
	R	6.2	4.3	3.6	/

HTP30a35		AU	HA	LG	P1
FO	N	6.6	5.9	6.60	/
AG	N	5.1	4.4	3.1	/
	R	/	8.1	3	/
PA	N	/	4.4	3.9	/
	R	14	8.3	5.2	/
PO	N	10	8.4	6.3	/
	R	8	8.1	7.5	/

HTP_tot		AU	HA	LG	P1
FO	N	34	23	27	/
AG	N	21	20	17	/
	R	/	33	20	/
PA	N	/	25	19	/
	R	46	31	22	/
PO	N	35	28	23	/
	R	34	27	25	/

CN_tot		AU	HA	LG	P1
FO	N	0.75	1.2	1.6	0.7
AG	N	0.62	0.6	0.64	0.7
	R	/	0.94	0.69	/
PA	N	/	0.82	1.1	/
	R	0.51	0.71	0.74	/
PO	N	1.2	0.82	0.9	/
	R	1.1	0.87	1.1	/

CN_lib		AU	HA	LG	P1
FO	N	0.45	0.68	1.00	/
AG	N	0.32	0.38	0.39	/
	R	/	0.49	0.36	/
PA	N	/	0.36	0.62	/
	R	<0.3	0.39	0.35	/
PO	N	0.4	0.35	0.45	/
	R	0.37	0.37	0.50	/

IP		AU	HA	LG	P1
FO	N	0.14	0.24	0.2	/
AG	N	0.061	0.038	0.05	/
	R	/	0.051	0.045	/
PA	N	/	0.041	0.1	/
	R	0.039	0.058	0.05	/
PO	N	0.033	0.049	0.046	/
	R	0.037	0.049	0.046	/

EOX		AU	HA	LG	P1
FO	N	0.42	0.5	0.74	/
AG	N	<0.3	<0.3	<0.3	/
	R	/	<0.3	<0.3	/
PA	N	/	<0.3	0.31	/
	R	<0.3	0.71	0.33	/
PO	N	<0.3	0.54	0.32	/
	R	0.43	0.73	0.44	/

BTEX		AU	HA	LG	P1
FO	N	<0.05	0.19	0.23	/
AG	N	<0.05	0.083	<0.05	/
	R	/	0.18	<0.05	/
PA	N	/	0.086	0.059	/
	R	<0.05	0.16	0.072	/
PO	N	<0.05	<0.05	<0.05	/
	R	<0.05	<0.05	<0.05	/

Styr		AU	HA	LG	P1
FO	N	<0.003	<0.003	0.00	/
AG	N	<0.003	0.005	<0.003	/
	R	/	0.004	<0.003	/
PA	N	/	<0.003	<0.003	/
	R	<0.003	0.004	<0.003	/
PO	N	<0.003	<0.003	<0.003	/
	R	<0.003	<0.003	0.003	/

Troisième partie

Développement d'outils d'aide à la maîtrise des risques

Chapitre 8

Biodisponibilité et bioaccessibilité des polluants

8.1 Extractions séquentielles

8.1.1 Introduction

Les extractions séquentielles permettent d'obtenir des informations relatives à la forme chimique sous laquelle se trouvent les polluants. Ces informations sont utiles pour comprendre l'origine des polluants et pour prédire les risques de transferts vers les eaux souterraines, vers les plantes et vers l'homme.

8.1.2 Matériaux et méthodes

8.1.2.1 Sélection de sols

Un total de 210 échantillons de sols a été sélectionné sur les 8 zones de l'étude (26 cultures, 45 prairies, 67 potagers, 33 forêts et 39 parcs), principalement parmi les horizons de surface, mais aussi en profondeur (38 échantillons). Pour chaque zone, nous avons réalisé un codage en rang pour les 9 ETM étudiés (As, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Sb, Zn). Les échantillons ont ensuite été classés selon la somme des rangs de ces 9 ETM, qui peut être assimilée à un indice de pollution intégré. Des échantillons ont ensuite été sélectionnés sur toute l'étendue de cette échelle, en vérifiant que chacun des quartiles de la distribution soit bien représenté pour chaque ETM.

8.1.2.2 Méthode

Les échantillons de sols sont soumis successivement à 3 solutions extractives. Les détails de la méthode analytique sont présentés dans le délivrable 9_13_14 (convention

A). Les résultats de ces trois extractions sont exprimés en concentrations (mg/kg MS), par rapport à la masse de départ du sous-échantillon analysé.

Le premier réactif (Acide Acétique : « AcAc »), un acide faible, extrait spécifiquement les phases soluble, échangeable et liée aux carbonates.

La deuxième étape (Hydroxylamine + HCl à pH2 : « HA ») permet de solubiliser les oxydes de Mn et une partie des oxy-hydroxydes de Fe via une réaction de réduction en milieu acide. Seuls les oxy-hydroxides de fer amorphes (= les hydroxides) sont extraits car les oxydes cristalisés réagissent plus lentement. Cette étape permet donc de libérer en solution les métaux qui sont directement ou indirectement liés aux oxydes de Mn ou hydroxides de Fe. La liaison indirecte implique des molécules organiques solubles (de type « acides fulviques ») qui ont une forte affinité (liaisons de « complexation »), à la fois pour les oxydes de fer amorphes et pour certains ETM. De plus, étant donné le milieu très acides (pH 2) ; une partie des ETM présents sous forme d'oxydes (ex : Cr) ou de complexes avec la matière organique (ex : Pb) peuvent être solubilisés sans qu'une réaction de réduction se produise (rupture des liaisons métal-OH et protonation des fonctions carboxyliques). Dans le cas de As, ce réactif permet la réduction directe de As, ce qui induit la conversion de formes anioniques (présentant une forte affinité pour les oxydes de fer) en formes neutres solubles.

La troisième étape (H_2O_2 + Acétate d'Ammonium : « H2O2 ») élimine la matière organique restante (non soluble et non adsorbées sur des oxydes) par oxydation via l'action de H_2O_2 (le carbone est éliminé sous forme de CO_2) et les métaux qui y étaient liés sont libérés et sont maintenus en solution grâce à l'Acétate d'Ammonium. Cependant, une partie des métaux liés aux fonctions carboxyliques et les métaux liés aux molécules organiques solubles ont déjà été extraits lors de l'étape précédente (protonation des fonctions carboxyliques et mise en solution des molécules organiques adsorbées sur les hydroxides de fer). Cette 3^e étape cible donc plus particulièrement les ETM fortement liés aux molécules organiques macromoléculaires, non solubles (de type « acides humiques » et « humines ») ou polymérisées (sous l'effet de Ca ou Al).

Les polluants non extraits après la 3^e étape sont essentiellement intégrés dans le structure des minéraux (silicates ou oxydes cristallisés) ou dans des particules de fer sous forme métallique (zérovalent). Dans cette étude, la fraction résiduelle a été calculée par rapport aux résultats de l'analyse « Eau régale », qui correpond à une teneur pseudo-totale. La fraction résiduelle considérée dans ce rapporrt n'intègre donc pas les formes silicatées les plus stables tels que les feldspath et certains phyllosilicates.

8.1.2.3 Limites de quantification et incertitude

Les résultats des triplets d'analyses répétées (24 échantillons) sont utilisés pour déterminer l'incertitude relative et la limite de quantification de la méthode.

A cet effet, nous avons calculé les moyennes, écarts-types et coefficients de variation par triplets. Les coefficients de variation sont ensuite portés en graphique en fonction

des moyennes correspondantes afin de détecter si leur valeur (1) augmente brusquement en-dessous d'un seuil donné de la moyenne et (2) dépasse 20%. Le cas échéant, ce seuil est considéré comme limite de quantification de la méthode et remplace la limite de quantification de l'analyse ICP. A défaut, la limite de quantification analytique est considérée comme limite de quantification de la méthode.

L'incertitude relative sur les mesures correspond à l'amplitude [1] de l'intervalle de confiance à 95% autour d'une valeur mesurée, exprimée en pourcentage de cette valeur. Ces intervalles de confiance ont été calculés sur base des triplets d'analyses répétées, selon la méthode de calcul présentée à la section 2.4.

Pour le traitement des résultats, les valeurs sous la limite de quantification ont été remplacées par la valeur de cette limite multipliée par 0.7 et les échantillons ayant fait l'objet de répétitions se voient attribuer une seule valeur par paramètre : la moyenne des 3 répétitions.

Les valeurs aberrantes pour ces teneurs ont été détectées selon les procédures génériques utilisées pour les analyses de sols (*cf.* section 2.3.2). Pour l'analyse multivariée, les résultats des différentes étapes de l'extraction sont comparés entre eux ainsi qu'aux résultats d'analyses « Eau régale » (ER).

8.1.2.4 Calculs des fractions

Les rapports entre les teneurs extraites lors des 3 étapes séquentielles et la teneur extraite à l'Eau régale (ER) ont été calculés et exprimés sous forme de pourcentages. Nous utiliserons le terme « fractions » pour désigner ces pourcentages dans le texte qui suit.

Si le résultat de l'analyse pour une des 3 étapes présente une valeur inférieure à la limite de quantification et que la teneur « Eau régale » pour cet échantillon est moins de 2 fois plus élevée que cette limite, le pourcentage de contribution correspondant n'est pas calculé. En effet, dans cette situation, le choix du coefficient appliqué à la limite de quantification (N.B. : 0.7 dans cette étude) aura un impact prépondérant sur le résultat du calcul.

Les valeurs atypiques univariés ont été détectées sur les rapports obtenus. La transformation logarithmique utilisée lors de la procédure (*cf.* section 2.3) n'a pas été appliquée à toutes les paramètres car certains présentent une distribution normale (table 8.1).

8.1.2.5 Compartiment résiduel

La concentration dans le compartiment résiduel n'a pas été mesurée. Nous l'avons estimée par différence entre le résultat de l'analyse « Eau régale » et la somme des

1. Amplitude : moitié de l'écart entre les bornes.

TABLE 8.1 – Fractions ayant subi une transformation logarithmique pour la détection des valeurs atypiques

	AcAc	HA	H2O2	Res_ER
As	oui	non	non	non
Cd	non	non	oui	non
Co	oui	non	oui	non
Cr	oui	oui	oui	non
Cu	oui	oui	oui	non
Ni	non	oui	non	non
Pb	oui	oui	oui	non
Sb	non	oui	oui	non
Zn	non	non	non	non

3 concentrations extraites séquentiellement. Lorsque la valeur pour une des fractions extraites est manquante (problème de limite de quantification ou valeur atypique), la teneur dans le compartiment résiduel n'est pas calculé (et la fraction correspondante non plus).

Les limites de quantification et les incertitudes relatives n'ont pas été calculées sur les teneurs résiduelles car il s'agit de paramètres dérivés, dont la précision dépend à la fois de la précision des extractions séquentielles et de la précision de la mesure « Eau régale ».

8.1.3 Résultats et discussion

8.1.3.1 Statistiques descriptives

Teneurs extraites

Les résultats des teneurs extraites sont repris dans la table SOLS_ANA_EXTRASEQ de la base de données.

TABLE 8.2 – Statistiques descriptives concernant les concentrations extraites lors de la 1re étape (Acide Acétique) ; résultats exprimés en mg/kg.

	As_AcAc	Cd_AcAc	Co_AcAc	Cr_AcAc	Cu_AcAc	Ni_AcAc	Pb_AcAc	Sb_AcAc	Zn_AcAc
n obs	210	210	210	210	210	210	210	210	210
n manq.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LQ (n)	0.35 (128)	0.03 (21)	0.08 (6)	0.03 (7)	1 (190)		0.15 (20)	1 (206)	
<LQ %	61	10	3	3	90	0	10	98	0
Moyenne	0.59	1.2	0.78	0.13	1.3	1.4	7.9	0.79	200
Ecart type	0.66	8.5	0.83	0.14	6.3	1.7	77	1.1	1600
Coeff. var.	1.1	7.1	1.1	1.1	4.8	1.2	9.7	1.4	8
perc25	0.24	0.11	0.31	0.069	0.7	0.93	0.44	0.7	10
Médiane	0.24	0.21	0.56	0.097	0.7	1.2	0.93	0.7	35
perc75	0.66	0.66	0.9	0.15	0.7	1.6	2.4	0.7	93
Out. Uni. H.	1 / 192	2 / 210	5 / 210	6 / 210	3 / 192	1 / 210	4 / 210	0 / 0	1 / 210
Out. Uni. B.	0 / 192	27 / 210	8 / 210	7 / 210	0 / 192	16 / 210	0 / 210	0 / 0	6 / 210
Out. Multi.	0 / 77	4 / 189	0 / 15	6 / 196	0 / 12	0 / 106	5 / 190	0 / 0	2 / 210
Incertitude relative (%)	24	10	49	16	/	11	31	/	19

Les résultats de la première extraction (AcAc ; table 8.2) comportent un nombre élevé de valeurs sous la limite de quantification pour As, Cu et Sb. L'incertitude relative est faible (<20%) pour Cd, Cr, Ni et Zn, moyenne pour As et Pb (20-30%) et élevée (49%) pour Co.

TABLE 8.3 – Statistiques descriptives concernant les concentrations extraites lors de la 2e étape (Hydroxylamine) ; résultats exprimés en mg/kg.

	As_HA	Cd_HA	Co_HA	Cr_HA	Cu_HA	Ni_HA	Pb_HA	Sb_HA	Zn_HA
n obs	210	210	210	210	210	210	210	210	210
n manq.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LQ (n)	0.3 (17)	0.02 (21)	2 (27)	0.1 (2)	0.5 (8)	2 (76)	2 (1)	5 (209)	3 (10)
<LQ %	8	10	13	1	4	36	0	100	5
Moyenne	2.2	1	5.6	1.6	8.2	3.8	170	3.6	170
Ecart type	2.7	3.6	5.5	1.6	21	4	780	1	1100
Coeff. var.	1.2	3.6	0.98	1	2.6	1.1	4.6	0.28	6.5
perc25	0.94	0.13	3	0.81	2.4	1.4	24	3.5	16
Médiane	1.6	0.36	4.4	1.2	4.6	2.7	54	3.5	40
perc75	2.7	0.99	5.7	2	8.3	4.4	140	3.5	110
Out. Uni. H.	3 / 210	3 / 210	8 / 210	7 / 210	7 / 210	9 / 210	5 / 210	0 / 0	1 / 210
Out. Uni. B.	17 / 210	24 / 210	27 / 210	6 / 210	10 / 210	0 / 210	14 / 210	0 / 0	1 / 210
Out. Multi.	3 / 193	4 / 189	0 / 177	5 / 208	5 / 202	2 / 134	6 / 209	0 / 0	0 / 200
Incertitude relative (%)	32	13	18	43	79	30	32	/	21

Les résultats de la deuxième extraction (HA ; table 8.4) sont presque tous sous la limite de quantification pour Sb et comportent une proportion assez élevée de valeurs sous la limite de quantification pour Ni. L'incertitude relative est faible (<20%) pour Cd et Co moyenne pour As, Ni, Pb, Zn (20-32%), élevée (49%) pour Co et très élevée pour Cu.

TABLE 8.4 – Statistiques descriptives concernant les concentrations extraites par lors de la 3e étape (H_2O_2 + Acétate d'amonium) ; résultats exprimés en mg/kg.

	As_H2O2	Cd_H2O2	Co_H2O2	Cr_H2O2	Cu_H2O2	Ni_H2O2	Pb_H2O2	Sb_H2O2	Zn_H2O2
n obs	210	210	210	210	210	210	210	210	210
n manq.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LQ (n)	0.5 (64)	0.02 (14)	0.3 (4)	5 (82)	1 (17)	1 (5)	2 (34)	5 (209)	5 (21)
<LQ %	30	7	2	39	8	2	16	100	10
Moyenne	0.96	0.21	0.84	6.7	12	3.4	30	3.6	50
Ecart type	0.8	1	0.41	5.4	20	1.7	110	0.99	100
Coeff. var.	0.83	4.8	0.49	0.81	1.7	0.5	3.7	0.27	2
perc25	0.35	0.065	0.57	3.5	2.3	2.2	3.3	3.5	9.9
Médiane	0.81	0.081	0.74	5.6	7	3.1	8.7	3.5	22
perc75	1.2	0.14	1	7.8	15	4.1	24	3.5	51
Out. Uni. H.	13 / 210	9 / 210	2 / 210	20 / 210	1 / 210	2 / 210	4 / 210	0 / 0	1 / 210
Out. Uni. B.	29 / 210	18 / 210	4 / 210	2 / 210	9 / 210	6 / 210	0 / 210	0 / 0	0 / 210
Out. Multi.	3 / 144	17 / 196	1 / 200	3 / 74	0 / 193	1 / 187	1 / 176	0 / 0	0 / 189
Incertitude relative (%)	36	26	22	33	41	20	58	/	18

Les résultats de la troisième extraction (H_2O_2 + Acétate d'amonium ; table 8.3) sont presque tous sous la limite de quantification pour Sb et comportent une proportion assez élevée de valeurs sous la limite de quantification pour Ni. L'incertitude relative est faible (<20%) pour Cd et Co, moyenne pour As, Ni, Pb, Zn (20-32%), élevée (49%) pour Cu et très élevée pour Pb (58%).

La table 8.5 présente les concentrations résiduelles, estimées par différence entre les teneurs « Eau régale » et la somme des des résultats des 3 extractions. Certaines valeurs sont négatives pour Cd et Pb, ce qui peut s'expliquer par l'hétérogénéité de l'échantillon (effet « pépite », lié à la présence d'un faible nombre de patricules très

TABLE 8.5 – Statistiques descriptives concernant les concentrations résiuelles calculées par diffrénces entre la teneur « Eau régale » et la somme des résutats des 3 extractions ; résultats exprimés en mg/kg.

	As_ResER	Cd_ResER	Co_ResER	Cr_ResER	Cu_ResER	Ni_ResER	Pb_ResER	Sb_ResER	Zn_ResER
n obs	156	137	145	169	162	162	136	11	160
n manq.	54	73	65	41	48	48	74	199	50
Moyenne	15	0.14	6.2	29	18	21	25	14	96
Ecart type	16	0.27	2.7	12	11	8.1	42	11	101
Coeff. var.	1.10	1.95	0.44	0.41	0.64	0.38	1.64	0.73	1.05
perc25	6.9	-0.01	4.4	22	10	16	7.1	6.8	45
Médiane	9.3	0.06	5.6	26	15	20	13	12	70
perc75	13	0.19	7.4	32	24	25	27	20	117

riches en certains éléments) et/ou au fait que l'on se situe à des niveaux inférieurs au limites de quantification pour ce paramètre. Pour rappel, les limites de quantification et les incertitudes relatives n'ont pas pû être calculées sur les teneurs résiduelles car il s'agit de paramètres dérivés, dont la précision dépend à la fois de la précision des extractions séquentielles et de la précision de la mesure « Eau régale ».

Fractions

Les valeurs des fractions, après suppression des valeurs atypiques, sont reprises dans la table SOLS_ANA_EXTRASEQ_Pourc de la base de données.

Ces fractions représentent les rapports entre chaque concentration et la teneur « Eau régale » (ER) de l'échantillon correspondant. Elles sont exprimées en pourcentages. Les observations manquantes correspondent au cas où le résultat brut de cette extraction est inférieur à la limite de quantification correspondantes et la teneur « Eau régale » pour cet échantillon est moins de 2 fois plus élevée que cette limite. Les résultats sont présentés dans les tables 8.6 à 8.9.

Les moyennes des 4 fractions ont été utilisés pour illustrer graphiquement leur contributions (figure 8.1). La somme des moyennes des 4 fractions vaut bien 100 % pour tous les ETM, sauf pour Sb (119 %). Un facteur correctif a donc été appliqué pour ce paramètre afin de tracer le graphe en « camembert » : moyennes de 17, 20, 17 et 46% pour AcAc, HA, H2O2 et ResER, respectivement.

TABLE 8.6 – Statistiques descriptives concernant les fractions de métaux extraits lors de la 1ère étape (Acide Acétique) ; résultats exprimés pourcentage de la teneur « Eau régale » de l'échantillon correspondant.

	As_AcAc	Cd_AcAc	Co_AcAc	Cr_AcAc	Cu_AcAc	Ni_AcAc	Pb_AcAc	Sb_AcAc	Zn_AcAc
n obs	177	163	167	187	192	194	171	66	195
n manq.	33	47	43	23	18	16	39	144	15
Moyenne	3.8	34	5.5	0.33	3.0	4.4	1.1	21	19
Ecart type	2.7	9	3.0	0.16	1.7	1.7	0.6	13	10
Coeff. var.	0.69	0.28	0.53	0.49	0.56	0.38	0.48	0.64	0.55
perc25	1.9	27	3.3	0.21	1.8	3.3	0.7	8.6	11
Médiane	2.9	33	5.0	0.30	2.4	4.5	1.1	18	19
perc75	4.7	42	7.1	0.42	3.9	5.4	1.4	32	26

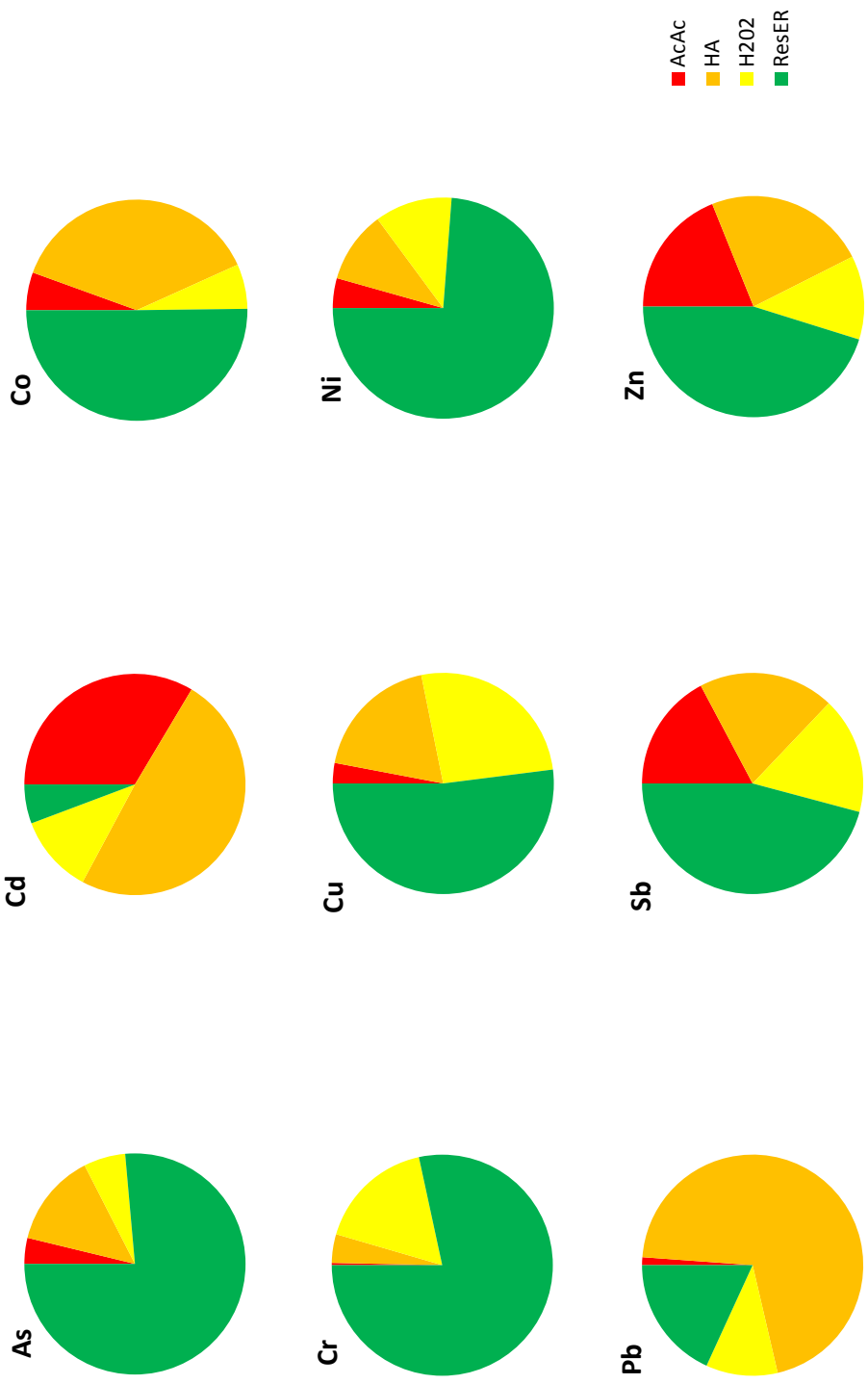


FIGURE 8.1 – Moyennes des fractions extraites lors des 3 étapes séquentielles, et de la fraction résiduelle estimée ; résultats exprimés pourcentage de la teneur « Eau régale » de l'échantillon correspondant (AcAc : Acide Acétique ; HA : Hydroxylamine ; H2O2 : H_2O_2 + Acétate d'Ammonium ; ResER : résidu par rapport à l'Eau régale).

TABLE 8.7 – Statistiques descriptives concernant les fractions de métaux extraits lors de la 2e étape (Hydroxylamine) ; résultats exprimés pourcentage de la teneur « Eau régale » de l'échantillon correspondant.

	As_HA	Cd_HA	Co_HA	Cr_HA	Cu_HA	Ni_HA	Pb_HA	Sb_HA	Zn_HA
n obs	174	159	180	192	192	188	170	17	188
n manq.	36	51	30	18	18	22	40	193	22
Moyenne	14	49	38	4.2	19	10	70	24	23
Ecart type	7.6	14	10	2.1	9.3	3.6	11	15	9.2
Coeff. var.	0.55	0.29	0.27	0.50	0.49	0.34	0.16	0.60	0.39
perc25	7.1	38	30	2.6	11	7.7	64	11	16
Médiane	14	50	39	3.7	18	10.0	69	18	23
perc75	20	60	45	5.4	25	13	77	38	30

TABLE 8.8 – Statistiques descriptives concernant les fractions de métaux extraits lors de la 3e étape (H_2O_2 + Acétate d'amonium) ; résultats exprimés pourcentage de la teneur « Eau régale » de l'échantillon correspondant.

	As_H2O2	Cd_H2O2	Co_H2O2	Cr_H2O2	Cu_H2O2	Ni_H2O2	Pb_H2O2	Sb_H2O2	Zn_H2O2
n obs	175	156	186	198	193	187	180	11	186
n manq.	35	54	24	12	17	23	30	199	24
Moyenne	6.1	11	6.6	17	26	11	10	20	12
Ecart type	3.1	6.7	2.0	6.5	13	2.9	3.7	11	3.4
Coeff. var.	0.51	0.58	0.30	0.38	0.50	0.25	0.35	0.50	0.28
perc25	3.6	5.8	5.1	12	15	9.1	7.8	13	9.4
Médiane	6.0	9.7	6.1	16	25	11	9.8	18	12
perc75	8.5	15	7.7	21	35	14	12	25	15

La première fraction (Acide Acétique) (table 8.6 et figure 8.1) représente généralement une très faible proportion (<5%) du total ER, en particulier pour Cr et Pb. Par contre, cette proportion s'élève à 20-30% pour Cd, Sb et Zn. Cela signifie qu'une proportion significative de ces deux métaux peut être solubilisée (donc potentiellement mobilisée ou absorbées par les plantes) en cas d'acidification faible ou modérée du sol. Notons que les racines ont la faculté d'acidifier le sol dans leur voisinage immédiat. Cette fraction est donc potentiellement biodisponible à court terme.

La fraction hydroxylamine (table 8.7 et figure 8.1) représente entre 5 et 25 % de la teneur ER pour la plupart des ETM (As, Cr, Cu, Ni, Sb et Zn). Par contre, cette fraction représente 39% de la teneur ER pour Co, 49% pour Cd et 70% pour Pb. La fraction hydroxylamine pourrait être solubilisée si le sol était soumis à des conditions réductrices (présence de nappe, submersion, ensevelissement sous une couche de sol peu perméable, *etc.*). Dans les horizons de surface, de telles perturbations sont peu probables, mais des conditions réductrices temporaires et localisées peuvent néanmoins apparaître (apport massif de matière organique non décomposée telle que les tontes de gazon, par exemple).

La fraction liée à la matière organique insoluble (H_2O_2 + Acétate d'ammonium) (table 8.8 et figure 8.1) diffère peu selon les métaux. Elle représente moins de 20% de la teneur ER pour As, Cd, Co, Ni, Pb, Sb et Zn, et atteint 26 pour Cu. Cette fraction est très peu mobile étant donné que les molécules visées par cette extraction sont insolubles. Toutefois, en cas minéralisation de cette matière organique non compensée par un

TABLE 8.9 – Statistiques descriptives concernant les fractions résiduelles après la 3e étape de l'extraction ; résultats exprimés pourcentage de la teneur « Eau régale » de l'échantillon correspondant.

	As_ResER	Cd_ResER	Co_ResER	Cr_ResER	Cu_ResER	Ni_ResER	Pb_ResER	Sb_ResER	Zn_ResER
n obs	156	137	145	169	162	162	136	11	160
n manq.	54	73	65	41	48	48	74	199	50
Moyenne	77	5.73	50.3	78	52	74	18	55	45
Ecart type	11	11.44	9.1	7	13	5.3	12	23	18
Coeff. var.	0.14	1.99	0.18	0.09	0.25	0.07	0.64	0.40	0.39
perc25	68	-1.4	44	73	44	70	12	44	32
Médiane	76	6.3	50	80	53	74	18	62	44
perc75	86	13	57	84	61	77	26	70	57

nouvel apport, ces métaux pourraient être redistribués vers d'autres compartiments. Le résultat pour Pb peut paraître surprenant (contribution assez faible de cette fraction) si l'on considère les très fortes corrélations observées entre Pb et carbone organique (*cf.* chapitre 5). Le Pb serait donc fixé principalement à des molécules organiques de faibles tailles, qui sont elles-mêmes liées aux oxydes, et donc extraites lors de l'étape précédente.

Enfin, le résidu « Eau Régale » (ResER) (table 8.9 et figure 8.1) constitue la fraction largement dominante pour As, Cr, Ni (75-80%) et dominante pour Co, Cu, Sb, Zn (40-60%). Par contre, elle ne représente que 5 à 20% de la teneur ER pour Cd et Pb. Cette fraction peut être considérée comme «stable » ou «indisponible», même en cas de perturbation du sol.

8.1.3.2 Influence des teneurs « Eau régale » sur les teneurs dans les différents compartiments.

Nous avons étudié les relations entre les teneurs « Eau régale » et les teneurs extraites lors des 3 étapes de l'extraction séquentielle, ainsi que les teneurs résiduelles de l'élément correspondant. Ces relations ont été étudiées au moyen de régressions robustes (*cf.*), qui ne tiennent pas compte des points atypiques. Une transformation logarithmique (ln) a été appliquée aux teneurs extraites et aux teneurs ER.

Les relations entre les teneurs extraites au cours des 3 étapes (+ les résidus) et les teneurs ER sont présentées à la table 8.10.

Nous observons pour As, Co, Cr, Cu et Ni une forte relation entre les teneurs ER et les teneurs résiduelles, ce qui est lié à la dominance de cette fraction pour ces métaux (figure 8.1). La même observation est également valable pour la teneur HA de Cd et Pb. Par ailleurs, nous observons également de très fortes corrélations entre les teneurs ER et les teneurs dans des compartiments minoritaires (Cd_AcAc, Cd_H2O2, Cu_H2O2, Pb_H2O2, Pb_ResER, Zn_AcAc, Zn_HA, Zn_H2O2), indiquant que la répartition de ces métaux entre différents compartiments est régulée par des équilibres chimiques. Dans le cas de Zn, le compartiment résiduel présente les moins bonnes relations avec les teneurs totales, malgré qu'il constitue la fraction la plus importante (figure 8.1). Cette observation est liée à la faible variabilité (table 8.5) de la teneur résiduelle par rapport aux teneurs dans les autres compartiments (tables 8.2 à 8.4). Ceci suggère que le résidu « Eau régale » en Zn refléterait principalement la teneur naturelle dans les sols, tandis que les autres fractions seraient essentiellement liées à la pollution.

TABLE 8.10 – Coefficients de détermination (R^2) des régressions prédisant les teneurs en ETM dans les 3 fractions de l'extraction séquentielle en fonction des les teneurs « Eau régale »

	AcAc	HA	H2O2	Res_ER
As	0.58	0.57	0.46	0.96
Cd	0.94	0.93	0.84	0.65
Co	0.22	0.66	0.49	0.86
Cr	0.08	0.48	0.29	0.96
Cu	0.07	0.60	0.86	0.91
Ni	0.29	0.64	0.62	0.96
Pb	0.80	0.98	0.92	0.80
Zn	0.93	0.93	0.94	0.72

8.1.3.3 Influence des teneurs en éléments majeurs et des paramètres pédologiques sur les fractions dans les différents compartiments.

Nous avons étudié les relations entre chacune des 4 fractions en pourcentage de la teneur ER (AcAc, HA, H_2O_2, ResER) et les paramètres pédologiques (Corg, pH, Argile, CE) ainsi que les teneurs en éléments majeurs (Ca_ER, Mg_ER, Mn_ER et Fe_ER). L'objectif de cette analyse est de tester si la distribution des métaux entre les compartiments est contrôlée par les propriétés physico-chimiques du sol. Les relations entre les 3 fractions de l'extraction séquentielle (en pourcentages de ER) et les teneurs en éléments majeurs ainsi que les paramètres pédologiques sont présentées dans les tables 8.11 à 8.18.

Ces relations ont été étudiées au moyen de régressions robustes (*cf.*), qui ne tiennent pas compte des points atypiques. Une transformation logarithmique (ln) a été appliquée aux teneurs extraites et aux teneurs ER. Les teneurs en Corg, pH et Argile n'ont pas été transformées. En ce qui concerne les fractions, la transformation logarithmique a été appliquée pour les mêmes paramètres que pour la détection des valeurs atypiques (table 8.1). Les régressions sont utilisées ici comme un outil explicatif et non dans un but de prédiction. Etant donné que seuls certains paramètres ont subi une transformation logarithmique, les coefficients de équation de régression obtenues ne sont pas comparables. Dès lors, nous avons choisi de ne présenter que le signe des coefficients des équations.

As (table 8.11) :

La teneur en Fe_ER influence négativement les fractions HA, H_2O_2 et AcAc et influence positivement la fraction résiduelle. Cette observation semble en contradiction avec les fondements de la méthode, puisque HA devrait extraire les métaux liés (directement ou indirectement) aux oxydes de fer. Le fer extrait par ER devrait donc *à priori* être proportionnel à la fraction de métaux solubilisés (en même temps que le fer) lors de l'étape hydroxylamine. Or, le contraire est observé, car l'hydroxylamine n'extrait qu'une faible proportion des métaux liés au du fer, et n'extrait pas les oxydes de fer cristallisés.

Le coefficient affecté à la teneur en Corg est positif pour les 3 fractions extraites et négatif pour la fraction résiduelle. Ceci indique qu'une teneur élevée en Corg induit une redistribution de As des formes très stables (compartiment résiduel) vers les 3 compartiments plus labiles. Le carbone organique peut en effet exercer une compétition avec les anions arsénates pour la fixation sur les oxydes et hydroxydes de fer. Ces anions seront donc moins fixés sur les oxydes de fer cristalisés qu'en absence de carbone et dès lors plus facilement extraits lors des 3 étapes de l'extraction séquentielles.

TABLE 8.11 – Coefficient de détermination (R^2), constante et coefficients relatifs aux paramètres explicatifs des équations de régression prédisant les 4 fractions (en pourcentage de ER) pour As en fonction des teneurs en éléments majeurs et des paramètres pédologiques ; « 0 » indique que la constante ou le coefficient n'est pas significativement différent de 0 au niveau 0.01 (p>0.01) ; « + » indique que le paramètre est significativement positif (p>0.01) ; « - » indique que le paramètre est significativement négatif (p>0.01).

	As_AcAc	As_HA	As_H2O2	As_ResER
r^2	0.65	0.50	0.68	0.64
Constante	0	+	+	-
coef. Corg	+	+	+	-
coef. Argile	-	-	0	+
coef. pH_KCl	0	0	0	0
coef. CE	0	0	-	0
coef. Ca	+	0	0	0
coef. Mg	0	0	-	0
coef. Mn	0	0	0	0
coef. Fe	-	-	-	+
coef. Al	0	0	0	0

Cd (table 8.12) :
Seuls Cd_AcAc et Cd_HA, qui sont les fractions dominantes, présentent des coefficients de détermination supérieurs à 0.40. Corg et Al_ER influencent négativement la fraction AcAc et positivement la fraction HA, qui est également positivement liée au pH. L'influence positive du carbone, du pH et de Al sur la contribution de HA peut être lié au fait que le Cd extrait lors de cette étape ne serait pas directement lié aux oxydes de fer, mais plutôt aux molécules organiques qui sont adsorbées à leur surface. Ces molécules, qui ont une forte affinité pour Al, ont une charge, et donc une capacité de fixation des métaux, plus élevées lorsque le pH est plus élevé. Enfin, le coefficient négatif affecté à Ca pour la fraction AcAc suggère une compétition entre ces deux cations pour les sites d'échanges pourrait se produire.

TABLE 8.12 – Coefficient de détermination (R^2), constante et coefficients relatifs aux paramètres explicatifs des équations de régression prédisant les 4 fractions (en pourcentage de ER) pour Cd en fonction des teneurs en éléments majeurs et des paramètres pédologiques ; « 0 » indique que la constante ou le coefficient n'est pas significativement différent de 0 au niveau 0.01 (p>0.01) ; « + » indique que le paramètre est significativement positif ; « - » indique que le paramètre est significativement négatif.

	Cd_AcAc	Cd_HA	Cd_H2O2	Cd_ResER
r2	0.55	0.50	0.22	0.25
Constante	+	0	0	0
coef. Corg	-	+	0	0
coef. Argile	0	0	0	0
coef. pH_KCl	0	+	0	0
coef. CE	0	0	0	0
coef. Ca	-	0	0	0
coef. Mg	0	0	+	0
coef. Mn	0	0	0	0
coef. Fe	0	0	0	0
coef. Al	-	+	0	0

Co (table 8.13) :
Nous observons que la fraction HA est positivement influencées par la teneur en Mn_ER, mais pas à la teneur en Corg. Ceci suggère qu'un proportion importante de Co serait directement lié aux oxydes de Mn ou intégrés dans ces derniers, et non pas lié aux molécules organiques fixées à la surface des oxydes de fer, comme c'est le cas pour d'autres métaux. La fraction résiduelle semble être liée à l'alumium, ce qui révèle probablement la présence de Co dans les aluminosilicates.

TABLE 8.13 – Coefficient de détermination (R^2), constante et coefficients relatifs aux paramètres explicatifs des équations de régression prédisant les 4 fractions (en pourcentage de ER) pour Co en fonction des teneurs en éléments majeurs et des paramètres pédologiques ; « 0 » indique que la constante ou le coefficient n'est pas significativement différent de 0 au niveau 0.01 (p>0.01) ; « + » indique que le paramètre est significativement positif ; « - » indique que le paramètre est significativement négatif.

	Co_AcAc	Co_HA	Co_H2O2	Co_ResER
r2	0.38	0.37	0.42	0.55
Constante	+	+	+	0
coef. Corg	0	0	+	0
coef. Argile	0	0	0	-
coef. pH_KCl	0	0	-	0
coef. CE	0	0	0	0
coef. Ca	0	0	0	+
coef. Mg	0	0	+	-
coef. Mn	-	+	0	-
coef. Fe	0	0	0	0
coef. Al	0	-	-	+

Cr (table 8.14) :
Nous observons que les coefficients de détermination sont bas pour les deux fractions dominantes (H_2O_2 et ResER). La fraction Res_ER est positivement influencée par Al_ER, ce qui suggère la présence de Cr dans les alumino-silicates. La fraction HA semble être positivement influencée par la teneur en Ca_ER et négativement influencée par l'argile et la teneur en Al_ER. La fraction AcAc est positivement influencée par Corg et négativement influencée par l'Argile.

TABLE 8.14 – Coefficient de détermination (R^2), constante et coefficients relatifs aux paramètres explicatifs des équations de régression prédisant les 4 fractions (en pourcentage de ER) pour Cr en fonction des teneurs en éléments majeurs et des paramètres pédologiques ; « 0 » indique que la constante ou le coefficient n'est pas significativement différent de 0 au niveau 0.01 (p>0.01) ; « + » indique que le paramètre est significativement positif ; « - » indique que le paramètre est significativement négatif.

	Cr_AcAc	Cr_HA	Cr_H2O2	Cr_ResER
r2	0.50	0.46	0.31	0.34
Constante	+	+	+	0
coef. Corg	+	0	0	0
coef. Argile	-	-	0	0
coef. pH_KCl	0	0	0	0
coef. CE	0	0	0	0
coef. Ca	0	+	0	-
coef. Mg	0	0	0	0
coef. Mn	0	0	0	0
coef. Fe	0	0	-	0
coef. Al	0	-	0	+

Cu (table 8.15) :
La fraction AcAc n'a pas pû être étudiées en raison de la proportion trop élevée de valeurs sous la limite de quantification. Comme dans le cas de As, nous observons une influence négative de Fe_ER sur la contribution de la fraction HA, lié probablement au fait que HA n'extrait qu'une faible partie (la plus soluble) des oxydes de fer. La fraction résiduelle serait essentiellement liées à des argiles riches en Mg. D'autre part, nous observons une influence positive de Al_ER et Ca sur la fraction H_2O_2, qui est probablement liée à l'effet des ces cations sur la solubilité des molécules organiques : en formant des ponts cationiques entre les molécules humiques, le calcium et l'aluminium provoquent leur polymérisation et leur insolubilisation.

TABLE 8.15 – Coefficient de détermination (R^2), constante et coefficients relatifs aux paramètres explicatifs des équations de régression prédisant les 4 fractions (en pourcentage de ER) pour Cu en fonction des teneurs en éléments majeurs et des paramètres pédologiques ; « 0 » indique que la constante ou le coefficient n'est pas significativement différent de 0 au niveau 0.01 (p>0.01) ; « + » indique que le paramètre est significativement positif ; « - » indique que le paramètre est significativement négatif.

	Cu_HA	Cu_H2O2	Cu_ResER
r2	0.48	0.67	0.52
Constante	+	0	0
coef. Corg	0	+	0
coef. Argile	-	0	+
coef. pH_KCl	0	0	0
coef. CE	-	0	0
coef. Ca	0	+	-
coef. Mg	0	-	+
coef. Mn	0	+	0
coef. Fe	-	0	0
coef. Al	0	+	0

Ni (table 8.16) :
Le seul paramètres qui peut être modélisé avec un R^2 supérieur à 0.40 est la fraction H_2O_2. Toutefois, le grand nombre de paramètres pris en compte par le modèle rend son interprétation très délicate.

TABLE 8.16 – Coefficient de détermination (R^2), constante et coefficients relatifs aux paramètres explicatifs des équations de régression prédisant les 4 fractions (en pourcentage de ER) pour Ni en fonction des teneurs en éléments majeurs et des paramètres pédologiques ; « 0 » indique que la constante ou le coefficient n'est pas significativement différent de 0 au niveau 0.01 (p>0.01) ; « + » indique que le paramètre est significativement positif ; « - » indique que le paramètre est significativement négatif.

	Ni_AcAc	Ni_HA	Ni_H2O2	Ni_ResER
r2	0.34	0.37	0.47	0.33
Constante	+	+	+	0
coef. Corg	0	0	+	-
coef. Argile	0	0	0	0
coef. pH_KCl	0	0	-	0
coef. CE	0	0	-	0
coef. Ca	0	+	0	-
coef. Mg	0	0	+	0
coef. Mn	0	0	0	0
coef. Fe	0	0	-	0
coef. Al	0	0	0	+

Pour Pb (table 8.17) :
Nous observons un effet positif de Mg et un effet négatif de Fe_ER et Al_ER et sur la fraction AcAc. La fraction H_2O_2 est positivement influencée par l'argile et négativement par Mg. Les modèles pour les autres fractions présentent des coefficients de détermination très bas.

TABLE 8.17 – Coefficient de détermination (R^2), constante et coefficients relatifs aux paramètres explicatifs des équations de régression prédisant les 4 fractions (en pourcentage de ER) pour Pb en fonction des teneurs en éléments majeurs et des paramètres pédologiques ; « 0 » indique que la constante ou le coefficient n'est pas significativement différent de 0 au niveau 0.01 (p>0.01) ; « + » indique que le paramètre est significativement positif ; « - » indique que le paramètre est significativement négatif .

	Pb_AcAc	Pb_HA	Pb_H2O2	Pb_ResER
r2	0.48	0.27	0.44	0.19
Constante	+	+	0	0
coef. Corg	0	0	0	0
coef. Argile	0	0	+	0
coef. pH_KCl	0	0	0	0
coef. CE	0	0	0	0
coef. Ca	0	0	0	0
coef. Mg	+	0	-	0
coef. Mn	0	0	0	0
coef. Fe	-	0	0	0
coef. Al	-	-	0	0

Zn (table 8.18) :
Les 3 premières fractions sont positivement influencées par Corg. Le carbone organique peut en effet augmenter la capacité d'échange du sol (compartiment AcAc), la fixation indirecte de métaux aux oxydes via des molécules organiques (compartiment HA) et la fixation de métaux sur des macromolécules humiques (compartiment H_2O_2). La fraction résiduelles est positivement influencée par Fe_ER et Mg_ER, ce qui suggère que le Zn du compartiment résiduel est problement localisé au sein de des minéraux ferromagnésiens. La fraction HA est positivement influencée par Corg et Ca_ER. L'influence de Corg peut s'expliquer par la présence de Zn associé à des molécules organiques fixées sur les hydroxydes de Fe.

TABLE 8.18 – Coefficient de détermination (R^2), constante et coefficients relatifs aux paramètres explicatifs des équations de régression prédisant les 4 fractions (en pourcentage de ER) pour Zn en fonction des teneurs en éléments majeurs et des paramètres pédologiques ; « 0 » indique que la constante ou le coefficient n'est pas significativement différent de 0 au niveau 0.01 (p>0.01) ; « + » indique que le paramètre est significativement positif ; « - » indique que le paramètre est significativement négatif.

	Zn_AcAc	Zn_HA	Zn_H2O2	Zn_ResER
r2	0.57	0.75	0.28	0.65
Constante	+	0	+	0
coef. Corg	+	+	+	-
coef. Argile	-	0	0	0
coef. pH_KCl	0	0	0	0
coef. CE	0	0	-	0
coef. Ca	0	+	0	-
coef. Mg	0	0	0	+
coef. Mn	0	0	0	0
coef. Fe	-	0	-	+
coef. Al	0	0	0	0

8.1.3.4 Relations avec la pollution

Afin de déterminer si le caractère pollué ou non d'un sol peut être révélé à l'aide d'extractions séquentielles, nous avons étudié les relations existant entre les teneurs extraites lors des 3 étapes de l'extraction séquentielle et les paramètres « Nat » et « Pol » pour l'élément correspondant (table 8.19). Le paramètre « Nat » (teneur naturelle estimée) est calculé selon les équations calculées dans le cadre de la modélisation des retombées (*cf.* chapitre 6, la section « Cartographie des retombées atmosphériques de polluants »). Pour Cu, nous avons utilisé l'équation basée uniquement sur l'horizon de surface, car (i) nous ne disposons pas de toutes les analyses dans l'horizon profond et (ii) les relations basées sur les teneurs en profondeur ne sont valables que pour les sols « non-remblais ». Le paramètre « Pol » (pollution estimée) est calculé par différence entre la teneur ER et la teneur « Nat ». Les relations entre ces deux paramètres et les teneurs extraites lors des 3 étapes de l'extraction séquentielle ont été étudiées au moyen de régressions robustes, qui ne tiennent pas compte des points aberrants. Une transformation transformation logarithmique (ln) a été appliquée aux valeurs brutes des teneurs de l'extraction et aux teneurs « Nat » et « Pol ». Etant donné que ces deux paramètres sont exprimés dans les mêmes unités (mg/kg), les valeurs des coefficients s'y rapportant peuvent être comparées.

Dans le chapitre 6, à la section « Cartographie des retombées atmosphériques de polluants », le paramètre « Pol » a été utilisé pour représenter la pollution atmosphérique, car le jeu de données à été filtré de façon à éliminer les remblais, les pollutions ponctuelles et autres anomalies. Dans ce cas-ci, un tel filtrage n'est pas possible, notamment parce que le jeu de données intègre également les remblais. Le paramètre « Pol » représente donc l'apport d'origine atmosphérique, la pollution ponctuelle ou l'excès lié à des anomalies géochimiques ou analytiques. Toutefois, l'utilisation de régressions robustes tend à éliminer les valeurs atypiques, liées à des erreurs analytiques et des pollutions ponctuelles de grande ampleur. Dans ce paragraphe, nous préférons donc parler de « pollution » sans en préciser l'origine.

Les résultats de ces régressions sont présentés dans la table 8.19.

Pour As, aucun des deux paramètres ne présente un coefficient significatif pour les teneurs dans les 3 premiers compartiments. La teneur résiduelle est influencée par les deux paramètres, mais le coefficient attribué aux teneurs naturelles est nettement plus élevé que celui attribué à la pollution.

Pour Co et Cr, les teneurs H_2O_2 et résiduelles sont influencées simultanément par les teneurs naturelles et par la pollution, avec une prépondérance des teneurs naturelles. L'observation est similaire pour les teneurs HA de Co. Aucun des paramètre n'est significatif pour les autres compartiments de ces métaux. Ces résultats indiquent que la pollution du sol n'engendre pas de signature particulière en termes de teneurs extraites.

Pour Cu, les fractions HA et H_2O_2 sont uniquement influencées par la pollution. Cela indique que la pollution est la principale source de variation pour le Cu dans

TABLE 8.19 – Paramètres des régressions prédisant les teneurs en ETM dans les 4 fractions de l'extraction séquentielle en fonction des teneurs « Nat » et « Pol » (équation : ln(As_AcAc) = Constante + coef.Nat×ln(As_Nat) + coef.Pol×ln(Pol_As)) ; les paramètres de l'équation qui ne sont pas significatifs au niveau 0.01 (p>0.01) sont remplacés par 0)

	As_AcAc	As_HA	As_H2O2	As_ResER
r^2	0.40	0.04	0.15	0.97
Constante	0	0	0	0
coef. Nat	0	0	0	0.85
coef. Pol	0	0	0	0.29

	Co_AcAc	Co_HA	Co_H2O2	Co_ResER
r^2	0.10	0.67	0.57	0.82
Constante	0	0	-1.39	-0.59
coef. Nat	0	0.58	0.42	1.03
coef. Pol	0	0.29	0.24	0.19

	Cr_AcAc	Cr_HA	Cr_H2O2	Cr_ResER
r^2	0.06	0.17	0.61	0.96
Constante	-2.24	0	0	0
coef. Nat	0	0	0.92	0.95
coef. Pol	0	0	0.12	0.09

	Cu_AcAc	Cu_HA	Cu_H2O2	Cu_ResER
r^2	-	0.40	0.75	0.85
Constante	-	0	-1.30	0
coef. Nat	-	0	0	0.77
coef. Pol	-	0.32	0.77	0.35

	Ni_AcAc	Ni_HA	Ni_H2O2	Ni_ResER
r^2	0.28	0.65	0.65	0.95
Constante	-0.63	0	-1.01	0.26
coef. Nat	0.20	0	0.60	0.75
coef. Pol	0.11	0.45	0.17	0.28

	Pb_AcAc	Pb_HA	Pb_H2O2	Pb_ResER
r^2	0.73	0.96	0.89	0.65
Constante	-3.32	0	-2.83	0
coef. Nat	0	0.46	0.80	0
coef. Pol	0.63	0.54	0.56	0.48

	Zn_AcAc	Zn_HA	Zn_H2O2	Zn_ResER
r^2	0.86	0.85	0.89	0.85
Constante	0	-3.05	0	0
coef. Nat	0	0.69	0	0.55
coef. Pol	0.84	0.83	0.79	0.50

les compartiments liés aux oxydes et à la matière organique. La teneur dans le compartiment résiduel dépend principalement des teneurs naturelles, mais également de la pollution.

Pour Ni, les teneurs dans les compartiments AcAc, H_2O_2 et Res_ER dépendent principalement des teneurs naturelles, mais aussi de la pollution. Par contre, la teneur dans le compartiment HA est uniquement influencée par la pollution.

Pour Pb, les teneurs dans les compartiments HA et H_2O_2 sont liées simultanément aux teneurs naturelles et à la pollution. Par contre, les teneurs dans les compatiments AcAc et résiduel dépendent uniquement de la pollution. Les retombées de plomb métallique (zérovalent) pourrait expliquer le lien entre la pollution et la teneur résiduelle.

Pour Zn, les teneurs dans les compartiments HA et résiduels sont influencées simultanément par la teneur « naturelle » et la pollution. Par contre, les paramètres AcAc et H_2O_2 semblent être uniquement influencés par la pollution. Ces observations suggèrent

que la pollution serait la principale source de Zn très soluble et de Zn lié à la matière organique.

La régression n'a pas été effectuée pour Cd car la teneur naturelle en Cd a été considérée comme une constante lors de l'estimation des retombées (*cf.*section 6.2).

Ces résultats suggèrent que les extractions séquentielles pourraient être utilisées pour déterminer la contribution de la pollution pour Cu, Pb, Zn et peut-être Ni.

8.1.3.5 Relations avec les charges d'origine technogéniques

Nous avons étudié les relations existant entre les teneurs extraites lors des 3 étapes de l'extraction séquentielle ainsi que les teneurs résiduelles et les pourcentages volumiques des différentes charges caillouteuses d'origine technogénique. Seules les charges présentes dans au moins 5 sols de la sélection ont été étudiées (BR= brique ; CI= ciment ; VE= verre ; CH= charbon ; SHH= schiste houiller ; SHB ; schiste houiller brûlé ; SCC= mâchefer ; Scor= somme de tous les types de scories). Les pourcentages volumiques sont exprimés en fraction du volume total de l'horizon concerné (et non en fraction du volume total des charges). Ils ont été estimés lors de la description des sols de culture, forêts et parcs. Les relations entre ces pourcentages volumiques et les teneurs des 4 fractions de l'extraction séquentielle ont été étudiées au moyen de régressions robustes, qui ne tiennent pas compte des points aberrants. Une transformation logarithmique (ln) a été appliquée aux valeurs brutes des teneurs extraites et aux contributions des différentes charges. Cette étude a montré que les coefficients de détermination de ces régressions étaient tous très bas (<0.25). Nous ne présenterons donc pas les résultats de cette analyse.

8.1.3.6 Influence des classes de sols, selon la typologie des situations

Nous avons classé les échantillons sur lesquels nous avons réalisé les extractions séquentielles selon les classes de niveau 3 de la typologie des situations [2]. Pour chacune des classes représentées par au moins 3 échantillons, nous avons calculé la moyenne des observations pour les 3 fractions (exprimées en pourcentages de la teneur ER). La fraction résiduelle a été calculée par différence avec les moyennes des 3 autres fractions. Ces résultats sont présentés dans les tables 8.20 et 8.21.

As :

Les sols d'Aubange sont caractérisés par des valeurs nettement plus faibles que dans les autres régions pour les fractions HA et H_2O_2, compensées par des valeurs plus élevées de la fraction résiduelle. L'arsenic dans cette zone est donc lié à des formes minérales très stables et donc très peu disponibles. Si l'on tient compte des excellentes corrélations observées entre les teneurs « Eau régales » en As et Fe (*cf.* Chapitre 5, section 5.1.3.7), il semble probable que As soit associé à des formes d'oxydes de fer résistantes à l'attaque par l'hydroxylamine (HA). Les teneurs très élevées en As dans la région d'Aubange seraient donc partiellement compensées par une disponibilité faible.

D'autre part, nous observons une fraction plus élevée de As dans le compartiments AcAc pour les sols de potagers, et plus particulièrement les potagers sur remblais, ce qui est plus préoccupant en terme de transfert vers les plantes. Il pourrait s'agir de l'effet de l'utilisation de déchets industriels fins comme matériaux de remblais, comme évoqué dans la section (*cf.* Chapitre 5).

2. Nous ne possédions pas assez d'échantillons pour nous intéresser au niveau 4.

Cd :

Nous observons que la fraction AcAc est plus élevée dans les sols de la région liégeoise que dans les autres régions, sauf pour les potagers. Ceci est plutôt préoccupant dans la mesure ou cette région présente des teneurs « Eau régale » nettement plus élevées que dans les autres régions. Cette observation peut s'expliquer par le fait que les capacités de stockage dans les compartiments HA et H_2O_2 est limitée, provoquant une accumulation des apports excédentaires dans le compartiment le plus labile.

La fraction HA est plus élevées dans les sols agricoles de la région du Hainaut que dans la région de Liège.

Nous n'observons pas d'effet clair de l'occupation ou de la présence de remblais, à part une fraction plus élevée dans le compartiment HA pour les potagers, et une fraction résiduelle plus faible dans les sols forestiers.

Co :

Les sols de la région d'Aubange sont caractérisés par de très faibles contributions des fractions AcAc, compensée par des fractions HA plus élevées que dans les autres régions. Cette observation pourrait être expliquée par l'adsorption de Co sur les oxydes de Mn, très abondants dans les sols d'Aubange.

Cr :

Les différences entre moyennes des fractions pour Cr sont très faibles. Les fractions sont donc très peu affectées par les facteurs « région », « occupation » et « remblais ».

Cu :

Les sols agricoles de la région d'Aubange sont caractérisés par des valeurs faibles des fractions HA et H_2O_2, compensées par des valeurs élevées de la fraction résiduelle, indiquant la contribution importante d'une phase minérale naturelle stable dans cette région. Cette observation n'est pas confirmée dans les sols de potagers, mais ces derniers semblent présenter un comportement particulier dans les 3 régions. Nous observons en effet que les sols de potagers du Hainaut et de la région de Liège sont caractérisés par une fraction H_2O_2 nettement plus élevée que dans les sols agricoles, compensée par une fraction AcAc plus faible dans les deux régions, par une fraction HA plus faible en région liégeoise, et par une fraction résiduelle plus faible en Hainaut. L'importance de cette fraction H_2O_2 dans les potagers peut être liée aux teneurs en Ca extrêmement élevées dans ces sols, par rapport aux autres occupations (*cf.* Chapitre 5). En effet, le calcium a la faculté de provoquer la polymérisation est l'insolubilisation des molécules organiques de type fulvique et humique, or Cu a une affinité très élevée pour ces molécules (formation de complexes très stables).

Ni :

Les sols de la région d'Aubange sont caractérisés par de très faibles contributions

des fractions AcAc, compensées par des fractions HA plus élevées que dans les autres régions. Cette observation serait liée à l'abandance des oxydes et hydroxydes de fer dans cette région.

Pb :

Les sols agricoles de la région d'Aubange sont caractérisés par des valeurs faibles des fractions HA et H_2O_2, compensées par des valeurs élevées de la fraction résiduelle. Cette observation n'est toutefois pas confirmée dans les sols de potagers qui présentent une fraction H_2O_2 très élevée dans la région d'Aubange.

Les sols de potagers et de forêts sont caractérisés par une fraction H_2O_2 nettement plus élevée que dans les sols agricoles, compensée par une fraction résiduelle plus faible. L'importance de la fraction H_2O_2 dans les potagers peut être liée aux teneurs en Ca extrêmement élevées dans ces sols, par rapport aux autres occupation *(cf.* Chapitre 5). En effet, le calcium a la faculté de provoquer la polymérisation est l'insolubilisation des molécules organiques de type fulvique et humique, or Pb a une affinité très élevée pour ces molécules (formation de complexes très stables). Dans les sols forestiers, la dominance des substances humiques polymériques contribue au compartiment H_2O_2, tandis que le pH bas permet l'existence formes échangeables solubles. En, effet, à pH neutre ou basique, Pb est extrêmement peu soluble.

Sb :

Le faible nombre d'observations, dû aux fait que les teneurs « Eau régale » sont très souvent inférieures aux limites de quantification et que les limites de quantification des extractions sont proches des teneurs « Eau régale » (*cf.* conditions de calcul des pourcentages dans la section « méthodes »), ne permet pas de comparer les différentes classes.

Zn :

Les sols agricoles d'Aubange sont caractérisés par des valeurs nettement plus faibles que dans les autres régions pour les fractions AcAc, HA et H_2O_2, compensées par des valeurs très élevées de la fraction résiduelle. Le zinc dans cette zone est donc proportionnellement plus lié à des formes minérales très stables et donc très peu disponibles.

D'autre part, nous observons une fraction plus élevée de Zn dans le compartiment AcAc et HA pour les sols de remblais. Il pourrait s'agir de l'effet de l'utilisation de déchets industriels fins comme matériaux de remblais, comme évoqué au chapitre 5, section 5.1.3.8.

TABLE 8.20 – Moyennes des 3 fractions de l'extraction séquentielle (en pourcentage de ER) et résidu calculé, pour As, Cd, Co, Cr et Cu, selon les classes du niveau 3 de la typologie *(cf.* section 7.4) ; chaque case d'un tableau correspond à une classe, identifiées par agrégation du nom de la colonne et du nom de la ligne (AU : région d'Aubange ; HA : région du Hainaut ; LG : région de Liège ; FO : forêt ; AG : agriculture ; PA : parc ; PO : potagers ; R : sol de remblai ; N : sol naturel)

As_AcAc		AU	HA	LG
FO	N	/	2.5	1.6
AG	N	0.6	3.1	2.3
	R	/	3.7	2.2
PA	N	/	/	/
	R	/	3.3	3.9
PO	N	3.8	4.9	4.0
	R	/	7.9	6.3

As_HA		AU	HA	LG
FO	N	/	13	13
AG	N	2	16	14
	R	/	17	13
PA	N	/	/	/
	R	/	18	15
PO	N	5.8	16	12
	R	/	20	18

As_H2O2		AU	HA	LG
FO	N	/	5.9	8
AG	N	1	7	8
	R	/	6.1	8.4
PA	N	/	/	/
	R	/	8	6
PO	N	4	7	8
	R	/	7	6

As_Res		AU	HA	LG
FO	N	/	79	78
AG	N	96	74	75
	R	/	73	76.4
PA	N	/	/	/
	R	/	71	76
PO	N	87	73	76
	R	/	65	70

Cd_AcAc		AU	HA	LG
FO	N	/	31	39
AG	N	/	35	42
	R	/	35	39
PA	N	/	/	/
	R	/	31	35
PO	N	/	33	37
	R	/	30	30

Cd_HA		AU	HA	LG
FO	N	/	42	37
AG	N	/	42	49
	R	/	46	59
PA	N	/	/	/
	R	/	45	48
PO	N	50	60	48
	R	/	67	57

Cd_H2O2		AU	HA	LG
FO	N	/	13	14
AG	N	/	18	6
	R	/	17	8
PA	N	/	/	/
	R	/	18	10
PO	N	9	11	7
	R	/	6	6

Cd_Res		AU	HA	LG
FO	N	/	14	10
AG	N	/	5	3
	R	/	0	0
PA	N	/	/	/
	R	/	6	7
PO	N	/	0	8
	R	/	0	7

Co_AcAc		AU	HA	LG
FO	N	/	7	7
AG	N	2	7	4
	R	/	6.7	4
PA	N	/	/	/
	R	/	9.4	6
PO	N	/	5	5
	R	/	6	4

Co_HA		AU	HA	LG
FO	N	/	30	41
AG	N	52	41	44
	R	/	33	44
PA	N	/	/	/
	R	/	31	31
PO	N	39	38	43
	R	/	33	37

Co_H2O2		AU	HA	LG
FO	N	/	10	8
AG	N	6	7	7
	R	/	7	8
PA	N	/	/	/
	R	/	8	8
PO	N	/	5	6
	R	/	5	6

Co_Res		AU	HA	LG
FO	N	/	53	44
AG	N	39	46	46
	R	/	53	44
PA	N	/	/	/
	R	/	51	55
PO	N	/	51	46
	R	/	55	53

Cr_AcAc		AU	HA	LG
FO	N	/	0.5	0.5
AG	N	/	0.3	0.3
	R	/	0.4	0.4
PA	N	/	/	/
	R	/	0.3	0.3
PO	N	0.2	0.4	0.3
	R	/	0.4	0.3

Cr_HA		AU	HA	LG
FO	N	/	3	3
AG	N	2	4	4
	R	/	5	3
PA	N	/	/	/
	R	/	5	5
PO	N	3	5	3
	R	/	6	5

Cr_H2O2		AU	HA	LG
FO	N	/	21	20
AG	N	15	17	19
	R	/	15	18
PA	N	/	/	/
	R	/	17	14
PO	N	24	18	17
	R	/	18	20

Cr_Res		AU	HA	LG
FO	N	/	75	77
AG	N	/	79	76
	R	/	79	79
PA	N	/	/	/
	R	/	78	81
PO	N	73	76	79
	R	/	76	75

Cu_AcAc		AU	HA	LG
FO	N	/	4.3	3.2
AG	N	4.1	4.3	3.5
	R	/	2.5	2.5
PA	N	/	/	/
	R	/	2.8	2.4
PO	N	1.2	2.2	2.5
	R	/	1.9	1.5

Cu_HA		AU	HA	LG
FO	N	/	14	18
AG	N	8	23	31
	R	/	21	27
PA	N	/	/	/
	R	/	17	15
PO	N	/	25	13
	R	/	19	13

Cu_H2O2		AU	HA	LG
FO	N	/	22	38
AG	N	11	17	23
	R	/	25	28
PA	N	/	/	/
	R	/	25	28
PO	N	35	27	41
	R	/	30	40

Cu_Res		AU	HA	LG
FO	N	/	60	41
AG	N	77	56	43
	R	/	52	43
PA	N	/	/	/
	R	/	55	55
PO	N	/	46	44
	R	/	49	46

TABLE 8.21 – Moyennes des 3 fractions de l'extraction séquentielle (en pourcentage de ER) et résidu calculé, pour Ni, Pb, Sb et Zn, selon les classes du niveau 3 de la typologie (*cf.* section 7.4) ; chaque case d'un tableau correspond à une classe, identifiées par agrégation du nom de la colonne et du nom de la ligne (AU : région d'Aubange ; HA : région du Hainaut ; LG : région de Liège ; FO : forêt ; AG : agriculture ; PA : parc ; PO : potagers ; R : sol de remblai ; N : sol naturel)

Ni_AcAc		AU	HA	LG
FO	N	/	5.7	5.1
AG	N	3.5	5.4	5
	R	/	4.8	5.3
PA	N	/	/	/
	R	/	4.6	3.9
PO	N	/	5.0	3.6
	R	/	4.2	3.9

Ni_HA		AU	HA	LG
FO	N	/	11	9.3
AG	N	14	9	9
	R	/	10	11
PA	N	/	/	/
	R	/	11	10
PO	N	13	12	9
	R	/	12	12

Ni_H2O2		AU	HA	LG
FO	N	/	13	12
AG	N	10	12	11
	R	/	12	13
PA	N	/	/	/
	R	/	14	13
PO	N	/	11	10
	R	/	9.8	11

Ni_Res		AU	HA	LG
FO	N	/	70	74
AG	N	73	74	75
	R	/	73	71
PA	N	/	/	/
	R	/	70	73
PO	N	/	72	77
	R	/	74	73

Pb_AcAc		AU	HA	LG
FO	N	/	1.4	1.6
AG	N	/	1.2	1.3
	R	/	1.1	1.1
PA	N	/	/	/
	R	/	1.1	1.4
PO	N	/	0.95	1.3
	R	/	1.1	0.97

Pb_HA		AU	HA	LG
FO	N	/	72	75
AG	N	58	70	78
	R	/	68	74
PA	N	/	/	/
	R	/	66	75
PO	N	/	65	66
	R	/	75	73

Pb_H2O2		AU	HA	LG
FO	N	/	12	12
AG	N	9	8	10
	R	/	10	10
PA	N	/	/	/
	R	/	7.7	10
PO	N	/	10	12
	R	/	11	13

Pb_res		AU	HA	LG
FO	N	/	15	11
AG	N	34	20	11
	R	/	21	15
PA	N	/	/	/
	R	/	25	14
PO	N	/	24	21
	R	/	13	13

Sb_AcAc		AU	HA	LG
FO	N	/	/	16
AG	N	/	/	25
	R	/	/	/
PA	N	/	/	/
	R	/	/	13
PO	N	/	/	32
	R	/	28	16

Sb_HA		AU	HA	LG
FO	N	/	/	/
AG	N	/	/	/
	R	/	/	/
PA	N	/	/	/
	R	/	/	/
PO	N	/	/	/
	R	/	/	23

Sb_H2O2		AU	HA	LG
FO	N	/	/	/
AG	N	/	/	/
	R	/	/	/
PA	N	/	/	/
	R	/	/	/
PO	N	/	/	/
	R	/	/	17

Sb_Res		AU	HA	LG
FO	N	/	/	/
AG	N	/	/	/
	R	/	/	/
PA	N	/	/	/
	R	/	/	/
PO	N	/	/	/
	R	/	/	44

Zn_AcAc		AU	HA	LG
FO	N	/	11	24
AG	N	3	14	22
	R	/	18	28
PA	N	/	/	/
	R	/	18	23
PO	N	16	23	24
	R	/	29	31

Zn_HA		AU	HA	LG
FO	N	/	14	17
AG	N	10	20	23
	R	/	24	28
PA	N	/	/	/
	R	/	28	26
PO	N	33	22	25
	R	/	30	32

Zn_H2O2		AU	HA	LG
FO	N	/	14	13
AG	N	8	12	14
	R	/	13	17
PA	N	/	/	/
	R	/	11	13
PO	N	9	10	17
	R	/	10	13

Zn_Res		AU	HA	LG
FO	N	/	61	46
AG	N	80	54	41
	R	/	45	27
PA	N	/	/	/
	R	/	43	38
PO	N	/	45	34
	R	/	31	24

8.1.4 Synthèse

Les résultats des extractions séquentielles et les tests statistiques effectués nous apportent des informations précieuses relatives à l'origine des ETM et à leur mobilité. Ci-dessous, nous avons mis en évidence les principaux enseignements pour chaque métal. La région d'Aubange se démarque des deux autres régions à par une fraction résiduelle plus élevée pour plusieurs métaux. Par contre, ces analyses n'ont pas mis en évidence de différences claires entre les régions de Liège et du Hainaut au niveau de la répartition des polluants entre les compartiments chimiques.

As : La fraction résiduelle, probablement lié à des oxydes de fer résistants à l'attaque hydroxylamine, est largement dominante pour As, particulièrement dans la région d'Aubange.

Cd : C'est pour ce métal que l'on observe la fraction soluble (AcAc) la plus élevée, mais le fraction HA constitue la fraction dominante. La matière organique semble jouer un rôle majeur pour le stockage de Cd, via des liaisons faibles (pool échangeable), ou des liaisons fortes (pool complexé) avec des molécules qui sont elles-mêmes liées aux oxydes de fer. Le compartiment échangeable représente une fraction d'autant plus élevée que la teneur totale est élévée, ce qui pose des problèmes en terme de risque de transfert vers la plante et les eaux souterraines.

Co : Les fractions dominantes sont la fraction résiduelle et la fraction extraite à l'hydroxylamine. Cette dernière est dominante dans la région d'Aubange et semble être directement lié à des oxydes (probablement Mn).

Cr : La fraction résiduelle est très largement dominante et serait liée à des composés riches en fer non extraits par l'hydroxylamine.

Cu : La fraction résiduelle, liées à des phases minérales stables, représente environ 50% de la teneur ER. La somme des fractions H_2O_2 et HA représentent également 50% de la teneur ER. Le Cu dans ces 2 compartiments, dont les teneurs augmentent avec la pollution, sont vraisemblablement fortement liées (complexes) à des molécules organiques macromoléculaires.

Ni : La fraction résiduelle est largement dominante. La fraction extraite par l'hydroxylamine est directement liée à des oxydes.

Pb : La fraction extraite à l'hydroxylamine (HA) est largement dominante. Elle est vraisemblablement liée à des molécules organiques qui sont elles-même adsorbées à la surface des hydroxydes de fer. La fraction H_2O_2, probablement liée à des substances humiques macromoléculaires, est légèrement plus élevée en potager et en forêt que dans les sols agricoles.

Sb : Le nombre trop réduit d'observations ne nous autorise pas à tirer des enseignements.

Zn : La fraction résiduelle, liée à des formes de fer non dissoutes par l'hydroxylamine, est dominante, en particulier dans la région d'Aubange. Cependant, les 3 autres compartiments représentent également des fractions significatives (15-30 %) de

la teneur ER. Ces 3 compartiments sont vraisemblablement liés à des substances organiques, macromoléculaires ou adsorbées sur les oxydes. La teneur dans le compartiment le plus labiles (AcAc), est fortement affectée par la pollution, et est plus élevée dans les sols de remblais.

8.2 Création d'une base de données bibliographiques sur les transferts sol/plante (ULg-GxABT)

Cette section est présentée dans le chapitre 6 du rapport final partie « jardins potagers », aux pages 192 à 199.

8.3 Etude de l'impact du facteur variété sur les teneurs en contaminants dans les légumes (ULg-GxABT)

Cette section est présentée dans le chapitre 6 du rapport final partie « jardins potagers », aux pages 200 à 208.

8.4 Etude de l'intérêt d'éplucher les légumes (ULg-GxABT)

Cette section est présentée dans le chapitre 6 du rapport final partie « jardins potagers », aux pages 209 à 211.

8.5 Etude de l'impact de différents amendements sur la mobilité des polluants dans le sol et sur leur transfert vers les plantes potagères (ULg-GxABT)

Cette section est présentée dans le chapitre 6 du rapport final partie « jardins potagers », aux pages 212 à 241.

8.6 Modélisation des transferts sol-plante (1re partie) : sélection du meilleur extractif chimique

8.6.1 Introduction

La prédiction des teneurs en éléments traces métalliques dans les plantes à partir d'une analyse de sol (biodisponibilité) est généralement effectuée via des extractions chimiques « classiques », basées sur une mise en suspension du sol dans une solution d'extraction, suivie d'une centrifugation et d'une analyse de la solution. Le choix de la méthode, en particulier la composition de la solution d'extraction, est délicat, car aucune d'entre elles n'est considérée comme valable pour tous les métaux dans toutes les situations. Pour cette raison, les méthodes de référence pour l'estimation de la biodisponibilité des ETM diffèrent actuellement d'un pays ou d'une région à l'autre.

Il n'existe à ce jour aucune méthode de référence établie en région wallonne pour la mesure des risques de transfert de polluants inorganiques vers les plantes. L'objectif de ce travail est de déterminer quelle méthode est la plus adaptée dans le contexte des sols soumis aux PAP en région wallonne pour les 9 ETM « majeurs » (As, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Sb et Zn). A cette fin, nous avons entrepris une comparaison expérimentale de 4 méthodes ($CaCl_2$0.01M - EDTA - DTPA- Mehlich3). Les résultats obtenus via ces 4 méthodes seront comparés (1) aux résultats d'analyse de ray-grass cultivé sur les mêmes sols en conditions contrôlées et (2) aux résultats d'analyses de légumes prélevés sur le terrain sur les sols correspondants. La comparaison avec le ray-grass cultivé en conditions contrôlées permet d'obtenir un point de référence pour les sols « non-potagers » et de s'affranchir de la variabilité liée à l'espèce végétale, aux variétés, aux stades de croissances, à la présence de poussières, *etc.* Par ailleurs, la comparaison avec les mesures effectuées sur les légumes récoltés *in-situ* permettra de vérifier si les tendances observés *in-vitro* sont reflétées sur le terrain.

8.6.2 Matériel et méthodes

8.6.2.1 Sélection des sols

Un total de 96 échantillons d'horizons de surface ont été sélectionnés (7 potagers et 5 sols agricoles par zone) sur base des résultats des teneurs « Eau régale ». Pour chaque zone et chaque occupation, un codage en rang [3] pour les 9 ETM étudiés a été effectué. Les échantillons sont ensuite classés selon la somme de ces 9 rangs, qui peut être assimilée à un indice de pollution intégré. Les échantillons sont ensuite sélectionnés aléatoirement parmi les 33 % les plus pollués (sommes des rangs les plus élevés).

Les gammes de teneurs en ETM couvertes par ces 96 échantillons sont présentées dans la table 8.22.

3. On classe les valeurs en ordre croissant et on remplace chaque valeur par son rang dans le classement.

TABLE 8.22 – Gamme des teneurs en ETM (mg/kg MS) dans les échantillons de sols sélectionnés pour la comparaison des extractifs chimiques.

	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Sb	Zn
min.	7.0	0.3	6.5	22	10	15	19	0.7	46
moy.	23	3.3	16.5	49	66	39	327	4.0	697
max.	100	20	40	135	161	91	1856	46	3297

8.6.2.2 Extractions sélectives

Nous avons sélectionné 4 méthodes considérées comme références en Europe ou Amérique du Nord (table 8.23). Elles représentent les 4 catégories principales d'extractifs : sels neutres ($CaCl_2$), complexant en conditions modérément acides (EDTA), complexant en conditions neutres (DTPA), mélange de complexants et d'acides (Mehlich3). Les détails méthodologiques sont disponibles dans les délivrables 9-13-14 de la convention A. Pour chaque méthode, 15 échantillons ont été sélectionnés aléatoirement pour être analysés 3 fois (3 répétitions analytiques). Les échantillons concernés par les répétitions diffèrent selon la méthode, car la quantité de matière disponible par échantillon est limitée.

TABLE 8.23 – Résumé des méthodes d'extraction sélectives sélectionnées

Méthode	Extractif	Prise d'essai	Protocole simplifié	Référence
$CaCl_2$	0,01M $CaCl_2$	5g sol / 50 ml extractif	Agitation 2h Centrifugation Dosage ICP	Houba et al. (1991)
DTPA	0.005M acide diéthylène triamine penta acétique (DTPA) , 0.01M $CaCl_2$, 0.1M triéthylamine (TEA) à pH 7.3	5 g sol / 25 ml extractif	Agitation 2h Centrifugation 15 min. Dosage ICP	Liang & Karamanos (1993)
EDTA	0.02M acide éthylène diamine tétra acétique (EDTA), 0.5M acétate d'ammonium, 0.5M acide acétique, pH 4.65	5g sol / 25 ml extractif	Agitation 30 min. Centrifugation Dosage ICP	Lakanen & Ervio (1971)
Mehlich3	NH_4F, EDTA, NH_4NO_3, acide acétique, HNO_3	3g sol /30 ml extractif	Agitation 5min Centrifugation 10 min. Dosage ICP	Mehlich A. (1984)

8.6.2.3 Culture de ray-grass

Le ray-grass italien (Lolium multiflorum) est considéré comme une plante de référence pour ce type de test (Tremel-Schaub et Feix, 2005). Nous l'avons cultivé en tapis racinaires dans des conditions contrôlées (phytotron) afin de standardiser les conditions de culture et d'homogénéiser le contact sol-plante.

Les graines de ray-grass ont été semées sur des voiles en nylon (diamètre des pores de 20 µm) fixés sur des anneaux en PVC. Ces dispositifs ont été placés sur des plaques en frigolites, maintenus humides par capillarité et placés en phytotron. Après 3 jours, l'eau d'arrosage a été remplacée par une solution nutritive (0.002M Ca, 0.002M K, 0.001M Mg, 0.0055M NO_3^-, 0.001M SO_4^{2-}, 0.0005M H_2PO_4). Dix jours après le semis, les pousses de ray-grass ont été coupées au niveau du collet au moyen de ciseaux en céramique. Le produit de cette première coupe a été conservé, mais non analysé. A ce stade, les racines formaient un tapis racinaire dense (figure 8.2), car elles étaient retenues du côté supérieur du voile. Seuls les poils absorbants des racines traversaient le voile.

FIGURE 8.2 – Tapis racinaire prêt à être mis en contact avec le sol

Chaque échantillon de sol (10g de sol sec) a été étalé en fine couche (1-2 mm) sur un voile en nylon (diamètre des pores = 20 µm) qui était disposé sur une soucoupe en PVC et entouré d'un anneau de PVC (figure 8.3). Parmi les 96 échantillons utilisés pour cette expérience, 15 ont été sélectionnés aléatoirement pour être faire l'objet de 3 répétitions analytiques (3 dispositifs de culture).

Un tapis racinaire a été déposé sur chaque « galette de sol » afin de permettre un contact homogène entre le sol et les poils absorbants. Le tout a été disposé sur un grand couvercle contenant une réserve de la solution nutritive et placé en phytotron (figure 8.4). La réserve de solution nutritive, protégée de la lumière, était rechargée tous les 3 jours.

FIGURE 8.3 – Galette de sol prête à recevoir le tapis racinaire

FIGURE 8.4 – Dispositif expérimental en phytotron, 7 jours après la première coupe

Les pousses des ray-grass ont été coupées 17 jours (coupe 2) et 24 jours (coupe 3) après le semis. Le produit des coupes 2 et 3 correspondant au même échantillon a été mélangé, séché (50°C) et envoyé pour analyse des ETM (As, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Sb, Zn) au laboratoire mandaté par SPAQuE.

8.6.2.4 Détection des valeurs atypiques

Les valeurs atypiques ont été détectées selon une procédure simplifiée basée sur la méthode multivariée présentée à la section 2.3.2 : chaque métal est considéré séparément et les résultats des 4 extractifs chimiques sont comparés entre eux, ainsi qu'aux teneurs dans les échantillons végétaux (ray-grass ou légume). Les valeurs atypiques détectées ont été supprimées pour l'étude des relations avec les plantes.

La détection des outliers univariés a été effectuée, mais n'a pas été utilisée dans les filtres, car les échantillons pour cette expérience avaient été sélectionnés en ciblant les valeurs élevées.

8.6.2.5 Limites de quantification et incertitudes relatives

Les résultats des analyses répétées (15 échantillons analysés 3 fois pour chaque méthode) ont été utilisés pour déterminer l'incertitude relative et la limite de quantification de la méthode.

A cet effet, nous avons calculé les moyennes, écarts-types et coefficients de variation par triplets. Les coefficients de variation sont ensuite portés en graphique en fonction des moyennes correspondantes (ex. : figure 8.8) afin de détecter si leur valeur (1) augmente brusquement en-dessous d'un seuil donné de la moyenne et (2) dépasse 20%. Le cas échéant, ce seuil est considéré comme limite de quantification de la méthode et remplace la limite de quantification de l'analyse ICP. A défaut, la limite de quantification analytique est considérée comme limite de quantification de la méthode. Les valeurs des limites de quantifications, ainsi que le nombre de résultats sous cette limite, sont indiqués à la troisième ligne des tables de description des résultats (tables 8.24 et 8.27 à 8.30)

Dans le cas du Cr dans le ray-grass, nous avons observé que les valeurs du coefficient de variation augmentent fortement lorsque la valeur moyenne est supérieure à 0.25, ce qui suggère un problème de contamination de certains échantillons. Nous avons supprimé de la base de données tous les résultats de Cr pour le ray-grass dont la valeur était supérieure à 0.25 (remplacés par « -9999 »).

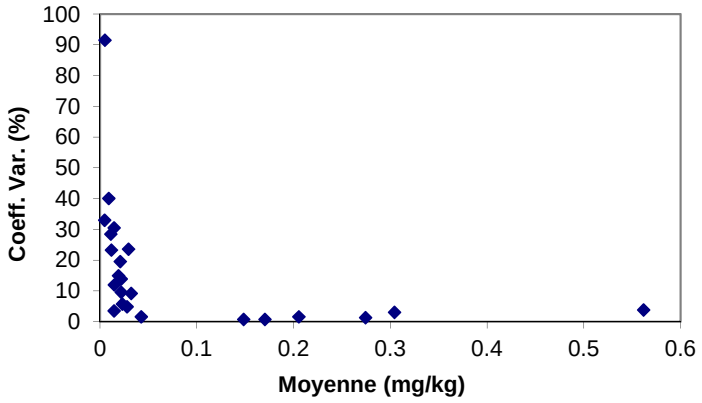


FIGURE 8.5 – Mise en relation des coefficients de variation et des moyennes calculés sur les triplets de répétitions pour le Ni extrait par $CaCl_2$ (nous observons une forte augmentation du coefficient de variation au delà de 20% lorsque l'on passe sous le seuil de 0.05 mg/kg, qui sera donc considéré comme limite de quantification de cette méthode pour Ni)

L'incertitude relative sur les mesures correspond à l'amplitude [4] de l'intervalle de confiance à 95% autour d'une valeur mesurée, exprimée en pourcentage de cette valeur.

4. C'est-à-dire la moitié de l'écart entre les bornes.

Ces intervalles de confiance ont été calculés sur base des triplets d'analyses répétées, selon la méthode de calcul présentée à la section 2.4.5.

Pour le traitement des résultats, les valeurs inférieures aux limites de quantifications sont remplacées par la valeur de cette limite multipliée par 0.7, et les échantillons ayant fait l'objet de répétitions se voient attribuer une seule valeur par paramètre : la moyenne des 3 répétitions.

8.6.3 Résultats et discussion

Résultats bruts des analyses de ray grass et des extractions sélectives sont disponibles dans la base de données, dans les tables VEG_RG_ANA, SOLS_ANA_BIODIS_CaCl2, SOLS_ANA_BIODIS_EDTA, SOLS_ANA_BIODIS_DTPA et SOLS_ANA_BIODIS_M3. Notons que le table SOLS_ANA_BIODIS_CaCl2 contient également les résultats des analyses complémentaires effectuées dans le cadre de la modélisation du transfert vers le ray-grass (section 8.7) et les légumes (section 8.9). Les résultats des détections de valeurs atypiques multivariées pour le ray grass et les extractions sélectives sont présentés dans la table SOLS_OUT_MULTI_BIODIS.

8.6.3.1 Statistiques descriptives

Ray-grass

Les résultats d'analyse des échantillons de ray-grass (table 8.24) comportent un nombre élevé de valeurs sous la limite de quantification pour Ni, Pb et surtout Sb. Les analyses de Cr comportent 26 résultats manquants, qui correspondent à des résultats supprimés pour cause de possible contamination (*cf.* ci-dessus). L' incertitude relative de ces mesures est faible (<15 %) pour Zn, élevée (25-40%) pour As, Cd, Cr, Cu et Ni, et très élevée pour Co et Pb (84%).

TABLE 8.24 – Synthèse des résultats d'analyse des échantillons de ray-grass - résultats exprimés en mg/kg MS

	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Sb	Zn
n obs	96	96	96	70	96	96	96	96	96
n manq.	0	0	0	26	0	0	0	0	0
LQ (n)		0.05 (21)	0.06 (19)			2 (48)	0.4 (46)	0.05 (90)	50 (16)
<LQ %	0	22	20	0	0	50	48	94	17
Moyenne	0.28	0.2	0.17	0.19	22	1.9	0.47	0.038	120
Ecart type	0.13	0.28	0.14	0.032	6.4	0.62	0.25	0.012	77
Coeff. var.	0.46	1.4	0.82	0.17	0.29	0.33	0.53	0.32	0.64
Min.	0.085	0.035	0.042	0.13	7.5	1.4	0.28	0.035	35
perc25	0.19	0.05	0.073	0.16	16	1.4	0.28	0.035	69
Médiane	0.26	0.097	0.12	0.19	22	1.7	0.42	0.035	110
perc75	0.37	0.23	0.23	0.22	27	2.5	0.58	0.035	160
Max.	0.82	1.6	0.72	0.25	32	3.9	1.3	0.12	430
Out. Multi.	2	0	0	0	0	0	0	0	5
Incertitude (%)	33	26	81	31	30	40	84	/	14

Nous avons également calculé les rapports entre les concentrations dans le ray-grass et les concentrations dans le sol correspondant (table 8.25). Ces rapports ne sont pas des mesures directes de la fraction biodisponible, car les concentrations ne sont pas exprimées sur la même base (mg de polluant par kg de sol *versus* mg de polluant par kg de plante). Ils permettent néanmoins de comparer la biodisponibilité d'un élément par rapport aux autres en termes relatifs (biodisponibilité relative). Nous observons que les rapports sont nettement plus élevés pour Cu (0.4) et Zn (0.2) que pour les autres ETM, indiquant une biodisponibilité élevée. Les valeurs sont également relativement élevées pour Cd et Ni (0.06). A l'opposé, les rapports les plus bas correspondent à Cr et Pb (0.003 - 0.004), indiquant une biodisponibilité très faible. Les valeurs sont également relativement faibles pour As et Co (0.015) et intermédiaires pour Sb (0.035). Nous pouvons donc classer ces éléments selon leur biodisponibilité relative : Cr, Pb < As, Co < Sb < Cd, Ni < Zn < Cu. Il est important de noter qu'un facteur 100 sépare les deux premiers éléments de la liste des deux derniers.

Nous avons ensuite classé les échantillons sur lesquels nous avons cultivé le ray-grass selon les classes de niveau 3 de la typologie des situations [5]. Pour chacune des classes représentées par au moins 3 échantillons, nous avons calculé la moyenne des rapport (teneur ray-grass / teneur ER), après suppression des valeurs atypiques (+/- 2.567 MAD). Ces résultats sont présentés dans la table 8.26. Nous n'avons pas calculé de gamme de variation en raison du nombre trop faible d'observations.

Nous observons des rapports nettement plus bas pour As, Co, Cr et Ni dans la région d'Aubange, par rapport aux autres régions, correspondant à des fractions solubles nettement plus faibles selon les résultats de l'extraction séquentielle (fraction AcAc).

5. Nous ne possédions pas assez d'échantillons pour nous intéresser au niveau 4

TABLE 8.25 – Rapports de concentrations entre le ray-grass et le sol sur lequel il a été cultivé

	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Sb	Zn
n obs	87	85	96	69	93	90	94	69	91
Moyenne	0.015	0.06	0.013	0.0045	0.4	0.051	0.0029	0.018	0.22
Ecart type	0.0071	0.031	0.015	0.0018	0.14	0.02	0.003	0.017	0.098
Coeff. var.	0.47	0.52	1.2	0.40	0.35	0.39	1.00	0.94	0.45
Min.	0.0026	0.018	0.001	0.00077	0.18	0.018	0.0003	0.00077	0.096
perc25	0.011	0.039	0.0041	0.003	0.29	0.036	0.0011	0.0079	0.16
Médiane	0.015	0.05	0.0082	0.0043	0.38	0.048	0.0019	0.013	0.21
perc75	0.019	0.082	0.014	0.0057	0.48	0.062	0.0036	0.023	0.26
perc90	0.022	0.11	0.031	0.0066	0.56	0.076	0.0068	0.038	0.31
perc95	0.029	0.12	0.047	0.0078	0.68	0.089	0.011	0.048	0.38
Max.	0.038	0.17	0.09	0.01	0.95	0.13	0.015	0.11	0.76

Toutefois, cette bonne correspondance avec les résultats de l'extraction séquentielle n'est pas observées dans le cas de Pb.

Nous observons également des valeurs du rapport plus élevées pour Cd, Co, Cr et Cu dans les sols agricoles que dans les potagers des régions de Liège et du Hainaut. La même observation est valable pour Ni et Pb, mais uniquement dans le Hainaut. Les extractions séquentielles avaient mis en évidence une fraction disponible (AcAc) plus élévée dans les sols agricoles pour Cu et une fraction résiduelle plus élevées pour Co, mais nous n'observons pas de lien entre les deux expériences pour les autres ETM. Les rapports plus faibles dans les potagers indiquent une biodisponibilité relative plus réduite, ce qui compense partiellement le fait que les concentrations ER soient plus élevées dans les potagers. Une biodisponibilité plus réduite dans les potagers peut être mise en relation avec les pH légèrement plus élevés dans ces sols par rapport aux sols agricoles (*cf.* chapitre *5,* section 5.1.3.3). Un pH élevé diminue en effet la solubilté des métaux.

TABLE 8.26 – Moyennes des rapports entre teneurs en ETM dans le le ray-grass et dans le sol, pour les classes du niveau 3 de la typologie (*cf.* chapitre 7, section 7.4) ; chaque case d'un tableau correspond à une classe, identifiées par agrégation du nom de la colonne et du nom de la ligne (AU : région d'Aubange ; HA : région du Hainaut ; LG : région de Liège ; AG : agriculture ; PO : potagers ; R : sol de remblai ; N : sol naturel) ; résultats exprimés en mg/kg MS

As		AU	HA	LG
AG	N	0.004	0.02	0.01
	R	/	0.02	0.02
PO	N	0.007	/	0.02
	R	/	0.02	0.02

Cd		AU	HA	LG
AG	N	/	/	0.10
	R	/	0.08	0.11
PO	N	0.04	/	0.05
	R	/	0.05	0.04

Co		AU	HA	LG
AG	N	0.005	0.03	0.02
	R	/	0.02	0.03
PO	N	0.002	/	0.01
	R	/	0.01	0

Cr		AU	HA	LG
AG	N	0.002	0.006	0.005
	R	/	0.005	0.006
PO	N	0.002	/	0.005
	R	/	0.004	0.004

Cu		AU	HA	LG
AG	N	0.49	0.61	0.5
	R	/	0.49	/
PO	N	0.36	/	0.37
	R	/	0.38	0.29

Ni		AU	HA	LG
AG	N	0.03	0.09	0.06
	R	/	0.07	0.05
PO	N	0.03	/	0.05
	R	/	0.05	0.0

Pb		AU	HA	LG
AG	N	0.007	0.008	0.002
	R	/	0.007	0.003
PO	N	0.003	/	/
	R	/	0.002	0.001

Sb		AU	HA	LG
AG	N	/	/	/
	R	/	0.04	/
PO	N	0.02	/	0.02
	R	/	0.02	0.01

Zn		AU	HA	LG
AG	N	0.2	0.47	0.19
	R	/	0.32	0.25
PO	N	0.19	/	0.15
	R	/	0.25	0.16

$CaCl_2$

Les résultats de l'extraction $CaCl_2$ comportent une proportion élevée de valeurs sous la limite de quantification, en particulier pour Co, Cr, Ni et Sb (ligne « <LQ » dans la table 8.27). Cette méthode n'est pas adaptée pour Co et Cr car toutes les valeurs, ou presque, sont situées sous la limite de quantification. L'incertitude relative (ligne « Incertitude » dans la table 8.27) est inférieure à 15% pour Ni et Zn, comprises entre 20 et 30% pour Cd et Sb, supérieure ou égale à 50% pour As, Cu, et Pb.

TABLE 8.27 – Synthèse des résultats de l'extraction $CaCl_2$ - résultats exprimés en mg/kg MS

	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Sb	Zn
n obs	96	96	96	96	96	96	96	96	96
n manq.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LQ (n)	0.035 (50)	0.001 (16)	0.005 (96)	0.01 (95)	0.05 (7)	0.05 (69)	0.025 (52)	0.025 (59)	0.2 (20)
<LQ %	52	17	100	99	7	72	54	61	21
Moyenne	0.041	0.063	0.0035	0.0071	0.11	0.058	0.031	0.036	4.1
Ecart type	0.023	0.14	0	0.0012	0.066	0.056	0.028	0.047	9.8
Coeff. var.	0.56	2.2	0	0.17	0.6	0.97	0.9	1.3	2.4
Min.	0.025	0.0007	0.0035	0.007	0.035	0.035	0.017	0.017	0.14
perc25	0.025	0.0028	0.0035	0.007	0.07	0.035	0.017	0.017	0.33
Médiane	0.025	0.012	0.0035	0.007	0.092	0.035	0.017	0.017	0.83
perc75	0.053	0.055	0.0035	0.007	0.13	0.053	0.035	0.034	2.6
Max.	0.13	0.76	0.0035	0.018	0.38	0.39	0.25	0.35	62
Out. Multi.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Incertitude (%)	50	24	/	/	50	4.7	67	29	11

EDTA

L'extraction EDTA a produit un nombre très réduit de valeurs sous la limite de quantification (ligne « <LQ » dans la table 8.28), à l'exception de Sb. La précision de l'analyse est très bonne puisque l'incertitude relative calculée sur les répétitions est inférieure ou proche de 15% pour tous les paramètres quantifiés (ligne « Incertitude » dans la table 8.28).

TABLE 8.28 – Synthèse des résultats de l'extraction EDTA - résultats exprimés en mg/kg MS

	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Sb	Zn
n obs	96	96	96	96	96	96	96	96	96
n manq.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LQ (n)	0.2 (6)			0.1 (11)				1.5 (96)	
<LQ %	6	0	0	11	0	0	0	100	0
Moyenne	0.9	2.1	2	0.24	23	3	160	1	270
Ecart type	0.61	2.8	1.6	0.13	18	1.7	160	0	290
Coeff. var.	0.68	1.3	0.8	0.54	0.78	0.57	1	0	1.1
Min.	0.14	0.098	0.38	0.07	2.8	1.1	9.3	1	7.1
perc25	0.34	0.45	1.2	0.14	12	2.2	52	1	66
Médiane	0.8	1.1	1.7	0.21	18	2.6	98	1	190
perc75	1.3	2.3	2.2	0.32	30	3.3	230	1	350
Max.	2.8	14	8.6	0.77	120	11	970	1	1700
Out. Multi.	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Incertitude (%)	10	3	7	16	5	3	13	/	4

DTPA

Les résultats de l'extraction DTPA (Table 8.29) comportent une proportion assez faible de valeurs sous la limite de quantification, à l'exception de Cr et Sb, qui présentent plus de 90% des valeurs sous la limité de quantification. La méthode n'est donc pas adaptée pour ces deux ETM. L'incertitude relative est inférieure à 10% ou proche de 10% pour Cd, Co, Cu et Ni, proche de 20% pour Pb et Zn, et s'élève à 40% pour As. Il s'agit probablement d'un problème d'interférences avec le Fe.

TABLE 8.29 – Synthèse des résultats de l'extraction DTPA - résultats exprimés en mg/kg MS

	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Sb	Zn
n obs	96	96	96	96	96	96	96	96	96
n manq.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LQ (n)	0.1 (27)	0.16 (10)	0.02 (3)	0.15 (86)		0.25 (1)	10 (17)	2 (96)	10 (14)
<LQ %	28	10	3	90	0	1	18	100	15
Moyenne	0.15	1.4	0.08	0.12	9.5	1.3	40	1.4	120
Ecart type	0.068	1.7	0.057	0.037	7	0.48	40	0	140
Coeff. var.	0.45	1.2	0.71	0.31	0.74	0.37	1	0	1.2
Min.	0.07	0.11	0.014	0.1	0.65	0.17	7	1.4	7
perc25	0.07	0.27	0.046	0.1	4.9	0.94	14	1.4	28
Médiane	0.14	0.64	0.063	0.1	7	1.3	29	1.4	83
perc75	0.18	1.4	0.094	0.1	13	1.6	55	1.4	160
Max.	0.33	7.5	0.35	0.36	38	2.6	270	1.4	800
Out. Multi.	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Incertitude (%)	40	6	8	/	10	4	18	/	18

Mehlich3

Les résultats de l'extraction « Mehlich3 » (Table 8.30) sont très rarement situés sous la limite de quantification, à l'exception de Sb. L'incertitude relative est inférieure à 15% pour As, Cd, Co, Cr, Sb et Zn, et comprise entre 15% et 20% pour Cu, Ni et Pb.

TABLE 8.30 – Synthèse des résultats de l'extraction « Mehlich3 » - résultats exprimés en mg/kg MS

	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Sb	Zn
n obs	96	96	96	96	96	96	96	96	96
n manq.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LQ (n)	0.2 (7)						20 (14)	0.2 (70)	
<LQ %	7	0	0	0	0	0	15	73	0
Moyenne	0.91	1.4	0.5	0.19	12	1.3	73	0.27	210
Ecart type	0.66	1.5	0.3	0.08	7.4	0.36	57	0.34	210
Coeff. var.	0.73	1.1	0.6	0.42	0.62	0.28	0.78	1.3	1
Min.	0.14	0.062	0.15	0.055	1.7	0.54	14	0.14	5.1
perc25	0.37	0.35	0.28	0.14	6.8	1	29	0.14	55
Médiane	0.83	0.79	0.43	0.19	11	1.2	62	0.14	160
perc75	1.4	1.6	0.61	0.24	16	1.5	100	0.21	280
Max.	3.6	7.3	1.6	0.54	43	2.2	270	1.9	1200
Out. Multi.	1	0	0	0	0	0	0	0	3
Incertitude (%)	13	9	13	8	17	16	19	11	11

8.6.3.2 Relations extractifs / ray-grass

Les teneurs en ETM dans le ray-grass ont été modélisées par régressions linéaires simples et multiples. Les régressions linéaires simples sont basées sur les résultat des extractions sélectives et les résultats des extractions « Eau régale », considérés séparément. Les régressions linéaires multiples sont basées sur la combinaisons entre les résultats de chaque extraction sélective avec le résultats de l'analyse « Eau régale ». Pour Cd, Co, Ni, Pb et Zn, tous les résultats ont été traités en valeurs logarithmiques (ln) car les distributions étaient asymétriques. Pour Cu, nous avons également testé un modèle non linéaire basé sur l'équation y = a.x/(b+x), car les nuages de points représentant la teneur en Cu dans le ray-grass en fonction des résultats des extractions sélectives ou de la teneur « Eau régale » présentent une allure nettement courbée.

Nous avons comparé les coefficients de détermination des modèles obtenus (tables 8.31 et 8.32).

TABLE 8.31 – Coefficients de détermination (R^2) des modèles prédisant la teneur dans le ray-grass sur base d'une seule extraction sélective ou sur l'analyse « Eau régale » (ER) (n=96)

	modèle	$CaCl_2$	DTPA	EDTA	Mehlich3	ER
As	linéaire	0.39	0.15	0.41	0.41	0.08
Cd (ln)	linéaire	0.83	0.75	0.82	0.79	0.77
Co (ln)	linéaire	0.00	0.16	0.00	0.03	0.09
Cu	linéaire	0.28	0.54	0.17	0.49	0.60
Cu	non-linéaire	0.38	0.76	0.17	0.65	0.73
Cr	linéaire	0.00	0.04	0.00	0.00	0.01
Ni (ln)	linéaire	0.01	0.05	0.18	0.31	0.12
Pb (ln)	linéaire	0.06	0.14	0.16	0.11	0.14
Zn (ln)	linéaire	0.49	0.77	0.91	0.90	0.84

Les teneurs en Co, Cr, Ni et Pb dans le ray-grass ne peuvent être prédites de façon satisfaisante ($R^2 < 0.40$) sur base d'aucune extraction sélective, seule (Table 8.31) ou combinée aux résultats des analyses « Eau régale » (Table 8.32). Cette observation peut être liée à la mauvaise répétabilité des mesures (incertitude relative élevée) pour ces éléments, en particulier pour Co et Pb dans les échantillons de ray-grass (table 8.24). La teneur en As peut être prédite sur base de l'extraction $CaCl_2$, EDTA ou Mehlich3, mais les coefficients de détermination (R^2) sont assez bas (0.40) (Table 8.31). Les prédictions pour As sont légèrement meilleures en utilisant les combinaisons avec les résultats « Eau régale » (Table 8.32) que pour les extractifs seuls, en particulier dans le cas de $CaCl_2$ ($R^2 = 0.48$). La teneur en Cd peut être prédite de façon très satisfaisante (R^2 0.75 - 0.83) sur base de chaque extraction sélective ou de l'analyse « Eau régale » (Table 8.31). Les coefficients de détermination sont encore plus élevés (0.79 - 0.92) pour les modèles basés sur les combinaisons avec les résultats « Eau régale » (Table 8.32), en particulier pour les combinaisons $CaCl_2$ - Eau régale et DTPA - Eau régale. Pour le Cu, seuls

DTPA, Mehlich3 et l'Eau Régale permettent d'obtenir des prédictions satisfaisantes (R^2 0.49 - 0.60), qui sont améliorées si l'on adopte un modèle non linéaire (R^2 0.65 - 0.76) (Table 8.31) . Les teneurs en Zn peuvent être prédites avec une grande précision ($R^2 > 0.85$) sur base des résultats EDTA, Mehlich3 ou Eau régale (Table 8.31). Pour ces deux éléments, les modèles linéaires combinés (Table 8.32) ne permettent pas d'obtenir des coefficients nettement supérieurs aux meilleurs modèles simples.

TABLE 8.32 – Coefficients de détermination (R^2) des modèles prédisant la teneur dans le ray-grass sur base d'une régression multiple combinant les résultats d'une extraction sélective et de l'analyse « Eau régale » (ER) (n=96)

	modèle	CaCl2//ER	DTPA//ER	EDTA//ER	Mehlich3//ER
As	linéaire	0.48	0.20	0.48	0.49
Cd (ln)	linéaire	0.92	0.90	0.82	0.79
Co (ln)	linéaire	0.00	0.16	0.09	0.09
Cu	linéaire	0.60	0.61	0.60	0.61
Cu	non-linéaire	0.75	0.79	0.74	0.75
Cr	linéaire	0.00	0.04	0.01	0.01
Ni (ln)	linéaire	0.12	0.12	0.18	0.31
Pb (ln)	linéaire	0.14	0.14	0.16	0.14
Zn (ln)	linéaire	0.90	0.96	0.93	0.93

8.6.3.3 Relations extractifs / légumes

Dans cette section, réalisée en partenariat avec l'équipe ULg-GxABT, les teneurs en polluants dans les légumes ont été exprimées par rapport à la matière sèche (mg/kg MS).

Aucune sélection des données sur base des variétés n'a été effectuée, car le nombre d'observations par variété aurait été trop faible. Les résultats se rapportant à des légumes pelés n'ont pas été utilisés. Seuls les carottes, pommes de terres, salades et haricots ont été étudiés, car le nombre d'observations était trop faible pour les autres légumes (courgette, *etc.*).

Les teneurs en ETM dans les légumes ont été modélisés par régression linéaire sur base du résultat, pour l'élément correspondant, de chaque extraction chimique ou de l'analyse « Eau régale ». Les combinaisons avec les analyses « Eau régale » et les régressions non-linéaires ont été testées, mais n'améliorent pas la prédiction par rapport aux modèles linéaires simples.

Nous avons comparé les coefficients de détermination des modèles obtenus (table 8.33).

TABLE 8.33 – Coefficients de détermination (R^2) des modèles prédisant la teneur dans les légumes sur base d'une seule extraction sélective ou sur l'analyse « Eau Régale » (ER)

Carottes (n = 33)

	$CaCl_2$	DTPA	EDTA	Mehlich3	ER
As	0.01	0.16	0.03	0.00	0.00
Cd (ln)	0.83	0.80	0.82	0.81	0.78
Co (ln)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cu (ln)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ni (ln)	0.46	0.09	0.03	0.02	0.14
Pb (ln)	0.01	0.19	0.24	0.06	0.22
Zn (ln)	0.67	0.67	0.68	0.66	0.73

Pommes de terre (n=27)

	$CaCl_2$	DTPA	EDTA	Mehlich3	ER
As	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cd (ln)	0.84	0.91	0.93	0.88	0.91
Co (ln)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cu (ln)	0.08	0.05	0.08	0.20	0.08
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ni (ln)	0.41	0.08	0.01	0.05	0.04
Pb (ln)	0.08	0.33	0.27	0.07	0.37
Zn (ln)	0.76	0.78	0.77	0.75	0.78

Salades (n=55)

	CaCl2	DTPA	EDTA	Mehlich3	ER
As	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cd (ln)	0.65	0.66	0.63	0.65	0.63
Co (ln)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cu (ln)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ni (ln)	0.26	0.02	0.01	0.04	0.02
Pb (ln)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Zn (ln)	0.57	0.44	0.42	0.41	0.49

Haricots (n=17)

	$CaCl_2$	DTPA	EDTA	Mehlich3	ER
As	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cd (ln)	0.25	0.27	0.31	0.23	0.25
Co (ln)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cu (ln)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ni (ln)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pb (ln)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Zn (ln)	0.40	0.47	0.50	0.50	0.38

Carottes :

Les teneurs en Cd et Zn peuvent être prédites de façon très satisfaisante dans les carottes. Les coefficients de détermination sont similaires quelque soit l'extractif (0.80 pour Cd et 0.70 pour Zn). Les teneurs en Ni peuvent être prédites sur base du résultat $CaCl_2$, mais avec un coefficient de détermination relativement bas (0.46). Aucune prédiction valable n'est possible pour les autres ETM.

Pommes de terre :

Les teneurs en Cd et Zn peuvent être prédites de façon très satisfaisante dans les pommes de terre. Les coefficients de détermination sont assez proches quel que soit l'extractif (0.84-0.93 pour Cd et 0.74-0.78 pour Zn). Les teneurs en Ni peuvent être prédites sur base du résultat $CaCl_2$, mais avec un coefficient de détermination relativement bas (0.41).

Salades :

Seules les teneurs en Cd et Zn peuvent être prédites de façon satisfaisante dans les salades. Les coefficients de détermination sont très similaires quel que soit l'extractif pour Cd (0.65), mais la prédiction de la teneur en Zn est nettement meilleur pour $CaCl_2$ que pour les autres extractifs.

Haricots :

Seule la teneur en Zn peut être prédite de façon satisfaisante dans les haricots. Les coefficients de détermination les plus élevés (0.50) sont atteints avec EDTA et Mehlich3.

8.6.3.4 Choix de l'extractif pour la modélisation des transferts sol-plante dans le cadre de cette convention

Les tests de modélisation sur le ray-grass ont montré que les résultats $CaCl_2$, en combinaison avec les résultats « Eau régale », permettent d'obtenir les coefficients de détermination les plus élevés, à l'exception de Zn. Pour ce dernier toutefois, le coefficient de détermination obtenu (0.90) est très satisfaisant.

Les tests de modélisation sur les légumes ont montré que les résultats $CaCl_2$ permettent généralement d'obtenir des coefficients de détermination plus élevés ou équivalents aux autres extractifs. Pour Ni, seul $CaCl_2$ pemet d'obtenir une prédiction satisfaisante dans les carottes et les pommes de terre. Les coefficients de détermination pour le haricot sont toutefois légèrement plus faibles pour $CaCl_2$ que pour d'autres réactifs (EDTA ou Mehlich3).

Sur base de ces observations, et compte tenu du fait que les résultats des analyses « Eau régale » sont disponibles pour tous les sols de cette convention, le $CaCl_2$ a été sélectionné pour la suite des expérimentations liées aux transferts sol-plante. Ces résultats pourront être combinés aux résultats « Eau régale » lorsque cela permet d'améliorer les prédictions.

8.6.4 Outil d'aide à la gestion

Ces résultats peuvent également être utilisés pour orienter le choix d'un ou de plusieurs extractifs dans le contexte des sols soumis à la PAP en Région Wallonne. Nous avons distingué deux cas de figure selon que l'on dispose ou non des résultats de l'analyse « Eau régale » pour l'échantillon de sol étudié.

8.6.4.1 Résultats de l'analyse « Eau régale » disponibles

Dans cette situation, nous proposons (table 8.34) une sélection d'extractifs qui donnent, seuls ou en combinaison avec l'analyse « Eau régale », les meilleures prédictions. La sélection a été effectuée sur base des coefficients de détermination présentés dans les tables 8.31, 8.32 et 8.33.

TABLE 8.34 – Orientation du choix de l'extractif, si l'on dispose des résulats de l'analyse « Eau régale » (le terme « + ER » signifie que le résultats pour le réactif mentionné est combiné aux résultats de l'extraction « Eau régale » ; les choix sont classés par ordre d'intérêt décroissant ; les choix apparaissant en gras sont nettement meilleurs que les autres ; les choix entre parenthèse ne permettent pas d'obtenir une prédiction précise ; les cases vides indiquent l'absence de choix valable)

	Ray-Grass	Carotte	Pomme de terre	Salade	Haricot	Synthèse
As	Mehlich3 + ER CaCl2 + ER EDTA + ER					Mehlich3 + ER CaCl2 + ER EDTA + ER
Cd	**CaCl2 + ER** DTPA + ER CaCl2 EDTA Mehlich3 ER	CaCl2 EDTA ER	EDTA DTPA ER	DTPA CaCl2 Mehlich3 ER	EDTA DTPA ER CaCl2 Mehlich3	DTPA (+ ER) CaCl2 (+ER) ER
Co						
Cr						
Cu	**DTPA + ER** CaCl2 + ER Mehlich3 +ER EDTA + ER ER					**DTPA + ER** CaCl2 + ER Mehlich3 +ER EDTA + ER ER
Ni	(Mehlich3)	(CaCl2)	(CaCl2)	(CaCl2)		(CaCl2)
Pb			(ER)			(ER)
Zn	**DTPA + ER** Mehlich3 +ER EDTA + ER EDTA Mehlich3 CaCl2 + ER ER		ER DTPA EDTA CaCl2	CaCl2 ER	EDTA Mehlich3 DTPA	**DTPA (+ER)** CaCl2 (+ER) ER

Sur base de nos résultats, nous ne pouvons conseiller aucun extractif permettant de prédire de façon satisfaisante les teneurs en Co et Cr dans les plantes. Les teneurs en Ni dans les légumes peuvent être prédites sur base de l'extraction $CaCl_2$, mais les coefficients de détermination sont faibles (0.26 - 0.46). Les teneurs en Pb dans les pommes de terre pourraient éventuellement être prédites sur base de l'analyse « Eau

régale ». Pour les teneurs en Arsenic dans le ray-grass, 3 combinaisons (Mehlich3 + ER, $CaCl_2$ + ER et EDTA + ER) donnent des prédictions équivalentes, mais dont le coefficient de détermination est assez faible (0.39-0.41). Pour les teneurs en Cd, Cu et Zn, le meilleur extractif est DTPA, en combinaison avec ER dans le cas du ray-grass, mais les prédictions basées sur la combinaison $CaCl_2$ + ER ou uniquement sur le seul résultat « Eau régale » sont également bonnes. Cette dernière possibilité a le mérite d'être économique, puisque l'on se situe dans le cas de figure où ce résultat est déjà disponible.

En considérant l'ensemble des ETM, le réactif le plus intéressant est le $CaCl_2$, en combinaison éventuelle avec ER dans le cas du ray grass. Le DTPA est très intéressant pour Cd, Cu et Zn, mais donne de très mauvais résultats pour As. Si ce problème pouvait être résolu par un travail d'adaptation de la méthode, cet extractif serait certainement le plus performant pour la prédiction des teneurs dans les plantes.

8.6.4.2 Résultats de l'analyse « Eau régale » non disponibles

Dans cette situation, les choix impliquant une seule analyse (« Eau régale » ou une extraction sélective) sont privilégiés (table 8.35). La sélection a été effectuée sur base des coefficients de détermination présentés dans la table 8.31.

TABLE 8.35 – Orientation du choix de l'extractif, si l'on ne dispose par des résultats de l'analyse « Eau régale » (les choix sont classés par ordre d'intérêt décroissant ; les choix apparaissant en gras sont nettement meilleurs que les autres ; les choix entre parenthèse ne permettent pas d'obtenir une prédiction précise ; les cases vides indiquent l'absence de choix valable)

	Ray-Grass	Carotte	Pomme de terre	Salade	Haricot	Synthèse
As	EDTA Mehlich3					EDTA Mehlich3
Cd	**CaCl2** **EDTA** Mehlich3 ER DTPA	CaCl2 EDTA	EDTA DTPA	DTPA CaCl2 Mehlich3 ER EDTA	EDTA DTPA ER CaCl2 Mehlich3	**EDTA** CaCl2 DTPA ER
Co						
Cr						
Cu	DTPA					DTPA
Ni	(Mehlich3)	(CaCl2)	(CaCl2)	(CaCl2)		(CaCl2)
Pb			(DTPA)			(DTPA)
Zn	EDTA Mehlich3		DTPA EDTA CaCl2	CaCl2	EDTA Mehlich3 DTPA	EDTA

Les teneurs en Co et Cr ne peuvent être prédites sur base des réactifs étudiés, et les prédictions pour Ni et Pb sont médiocres. Les teneurs en As, Cd et Zn peuvent être prédites valablement sur base de l'extraction EDTA, tandis que les teneurs en Cu peuvent être prédites sur base de l'extraction DTPA. Il est impossible de sélectionner un extractif qui fonctionne bien pour la plupart des ETM, car EDTA donne de mauvais résultats pour Cu et DTPA donne de mauvais résultats pour As et Zn. Ces deux

extractions doivent donc être effectuées en parallèle si les 4 ETM pour lesquels la modélisation fonctionne doivent être prédits. Etant donné la nécessité d'effectuer deux extractions, il est probablement avantageux dans ce cas d'opter plutôt pour le choix $CaCl_2$ et « Eau régale », présenté dans le paragraphe précédent.

8.7 Modélisation des transferts sol-plante (2e partie) : prédiction des teneurs dans le ray-grass

8.7.1 Introduction

Le travail de comparaison des extractifs (section 8.6) a permis de mettre en évidence que la combinaison d'une extraction $CaCl_2$ et d'une analyse « Eau régale » permet d'obtenir les meilleures prédictions des teneurs en ETM dans le ray-grass par rapport aux autres extractifs. Cependant, les prédictions restent mauvaises pour As et impossibles pour d'autres métaux (Pb, Ni, Co, Cr).

Le premier objectif de cette section est donc de tenter d'affiner les prédictions basées sur « Eau régale » et/ou $CaCl_2$, en intégrant dans les modèles des variables quantitatives et qualitatives additionnelles (pH, occupation, retombées de polluant, etc.). Ensuite, le modèle qui en ressortira sera appliqué sur une sélection la plus large possible de sols afin d'obtenir un état des lieux complet dans les zones de l'étude.

8.7.2 Matériel et méthodes

8.7.2.1 Modélisation

Les modélisations ont été effectuées sur base des 96 résultats d'analyses « $CaCl_2$ » et « ray-grass » utilisés pour la comparaison des extractifs (table 8.24). Des paramètres explicatifs supplémentaires ont été utilisés : l'occupation du sol, les teneurs totales en éléments majeurs [6] (Ca_ER, Mg_ER, Mn_ER, Fe_ER), les paramètres pédologiques [7] (Corg, pH_KCl, Argile), les estimations des teneurs naturelles attendues (As_Nat, Cd_Nat, etc.) basées sur les équations de la section 6.2.1.2 du chapitre 6, et les estimations de pollution (Pol_As, Pol_Cd, etc.) calculées par différence entre le résultat de l'analyse « Eau régale » et l'estimation de la teneur naturelle attendue [8]. Les effets croisés sélectionnés sont les interactions entre d'une part le pH_KCl ou les teneurs « $CaCl_2$ » et d'autre part les teneurs « Eau régale », les teneurs « naturelles » (..._Nat) ou les « pollutions » (Pol_...). Ces effets croisés visent à prendre en compte l'effet multiplicatif pouvant exister entre des paramètres d'intensité (pH ou teneur « $CaCl_2$ ») liés à la solubilité des ETM et les paramètres de quantité (teneurs pseudo-totales, pool « naturel », pool « pollution »).

Les données ont été filtrées pour écarter les outliers univariés et bivariés (méthode générique présentée à la section 2.3.2). A l'issue de ce filtrage, les lignes (une ligne

6. Al_ER n'a pas été utilisé car la mesure à été considérée comme imprécise (*cf.* Chapitre 2, section « Contrôle qualité des analyses »)

7. pH_H2O n'a pas été retenu car un grand nombre de valeurs sont manquantes pour les potagers

8. Etant donné que l'objectif de la modélisation est de fournir des outils de prédictions applicables hors des zones d'étude de cette convention, le facteur « zone » n'a pas été considéré comme facteur explicatif potentiel

correspond à un échantillon) contenant au moins une valeur supprimée parmi les paramètres explicatifs ont été supprimées, afin que pour un ETM donné, tous les modèles soient calculés sur le même nombre d'observations.

Contrairement aux régressions effectuées pour le choix de l'extractif, les transformations logarithmiques n'ont pas été appliquées, car (i) nous voulions des équations relativement simples dont les coefficients peuvent être interprétés en termes physico-chimiques, et (ii) nous avons considéré dans ces modèles certaines interactions entre paramètres (qui n'auraient pas de sens sur base des valeurs logarithmiques). Dès lors, afin d'éviter les problèmes liés aux distributions assymétriques, nous avons supprimé les valeurs très élevées via le filtre outliers univariés et vérifié graphiquement si les droites de régression n'était pas « tirées » uniquement par quelques points élevés.

Nous avons comparé 11 modèles de prédiction pour chaque ETM, qui représentent différentes options par rapport aux résultats analytiques dont le gestionnaire dispose ou pourrait disposer :

Modèle 0 : valeur prédite égale à la moyenne des teneurs mesurées dans le ray-grass ;

Modèle 1 : prédiction basée sur nos résultats exprimentaux, ainsi que sur l'occupation du sol (PO : potager, CU :culture, PR :prairie) ;

Modèle 2 : prédiction basée sur l'occupation du sol (PO, CU, PR) et la teneur « Eau régale » de l'ETM correspondant ;

Modèle 3 : prédiction basée sur l'occupation du sol (PO, CU, PR), la teneur « Eau régale » de l'ETM correspondant et le pH_KCl (+ effet croisé pH_KCl*ETM_ER) ;

Modèle 4 : prédiction basée sur l'occupation du sol (PO, CU, PR), la teneur « Eau régale » de l'ETM correspondant, le pH_KCl, l'argile, le carbone organique (Corg) et les teneurs en éléments majeurs (Ca_ER, Mg_ER, Mn_ER et Fe_ER) (+ effet croisé pH_KCl*ETM_ER) ;

Modèle 5 : prédiction basée sur l'occupation du sol (PO, CU, PR), la teneur « naturelle » (ETM_Nat) et la pollution (Pol_ETM) pour l'ETM correspondant, le pH_KCl, l'argile, le carbone organique (Corg) et les teneurs en éléments majeurs (Ca_ER, Mg_ER, Mn_ER et Fe_ER) (+ effet croisé pH_KCl*ETM_Nat et pH_KCl*Pol_ETM) ;

Modèle 6 : prédiction basée sur l'occupation du sol (PO, CU, PR) et la teneur « $CaCl_2$ » de l'ETM correspondant ;

Modèle 7 : prédiction basée sur l'occupation du sol (PO, CU, PR) et les teneurs « $CaCl_2$ » et « Eau régale » de l'ETM correspondant (+ effet croisé ETM_$CaCl_2$*ETM_ER) ;

Modèle 8 : prédiction basée sur l'occupation du sol (PO, CU, PR), les teneurs « $CaCl_2$ » et « Eau régale » de l'ETM correspondant, et le pH_KCl (+ effet croisé ETM_$CaCl_2$*ETM_ER et pH_KCl*ETM_ER) ;

Modèle 9 : prédiction basée sur l'occupation du sol (PO, CU, PR), les teneurs « $CaCl_2$ » et « Eau régale » de l'ETM correspondant, le pH_KCl, l'argile, le carbone orga-

nique (Corg) et les teneurs en éléments majeurs (Ca_ER, Mg_ER, Mn_ER et Fe_ER) (+ effet croisé ETM_$CaCl_2$*ETM_ER et pH_KCl*ETM_ER) ;

Modèle 10 : prédiction basée sur l'occupation du sol (PO, CU, PR), les teneurs « $CaCl_2$ », la teneur « naturelle » (ETM_Nat) et la pollution (Pol_ETM) pour l'ETM correspondant, le pH_KCl, l'argile, le carbone organique (Corg) et les teneurs en éléments majeurs (Ca_ER, Mg_ER, Mn_ER et Fe_ER) (+ effet croisé ETM_$CaCl_2$*ETM_Nat, ETM_$CaCl_2$*Pol_ETM, pH_KCl*ETM_Nat et pH_KCl*Pol_ETM) ;

Modèle 11 : prédiction basée sur la classe de la typologie au niveau 2 [9] (*cf.* section 7.4) et la teneur « Eau régale » de l'ETM correspondant (+ effets croisés de ces deux facteurs).

Les prédictions sont effectuées par ANOVA (modèoe 1), ou ANCOVA (modèles 2 à 11) utilisant la procédure de sélection des variables « Stepwise ». Les coefficients de détermination (R^2) ont été calculés pour les modèles 1 à 11.

Pour chaque option, nous avons calculé l'incertitude sur la prédiction (IC95), définie par la moitié de l'écart entre les bornes de l'intervalle de confiance à 95% autour de la valeur prédite [10]. Nous avons également calculé l'écart absolu moyen entre chaque observation et la valeur prédite correspondante (EAM).

Enfin, nous avons calculé les incertitudes absolues sur les mesures (IC95_mes) en multipliant les incertitudes relatives sur les mesures (table 8.38) par les moyennes des mesures utilisées pour la comparaison des modèles (table 8.36).

La table 8.36 indique, pour chaque paramètre, le nombre de points utilisés pour la modélisation, la moyenne des valeurs mesurées dans les échantillons de ray-grass correspondants, l'incertitude sur la prédiction utilisant uniquement la valeur moyenne (IC95) et l'incertitude sur les mesures (IC95_mes). Ces informations révèlent que pour Cr et Pb, l'incertitude sur la prédiction basée sur la moyenne est proche de l'incertitude sur la mesure, indiquant que l'imprécision expérimentale serait la principale source de variabilités pour ces paramètres. Il est donc très peu probable que l'incertitude sur la prédiction puisse être réduite via l'utilisation de modèles plus élaborés.

8.7.2.2 Extrapolation

Les extractions $CaCl_2$ ont été réalisées sur une sélection de 328 échantillons de sols supplémentaires afin de compléter la sélection de 96 échantillons utilisés pour la comparaison des extractifs. Ces 328 échantillons ont été sélectionnés selon la même procédure que pour les 96 premiers, mais en ciblant les 66% de sols les moins pollués (sommes des rangs les plus basses). Cette procédure permet de compléter la gamme de teneurs afin d'obtenir une bonne représentation des 4 quartiles sur la sélection globale (424 échantillons) (table 8.38). Les teneurs « Eau régales » moyennes pour ces 328 échantillons sont

9. le niveau 3 n'a pas été utilisé en raison du nombre trop limité d'observations par classe pour ce jeu de données

10. L'intervalle est calculé d'après la distribution des résidus (valeurs observées moins valeurs prédites) ; les résidus devant être compris entre ces deux bornes dans 95% des cas

TABLE 8.36 – Synthèse des données utilisées pour la modélisation de la teneur en ETM dans le ray-grass (n : nombre de points utilisés ; ER_min : valeur minimum de la teneur « Eau régale » ; ER_moy : valeur moyenne de la teneur « Eau régale » ; ER_max : valeur maximum de la teneur « Eau régale » ; RG_moy : moyenne des teneurs dans le ray-grass ; RG_IC95 : incertitude sur la prédiction basée uniquement la valeur moyenne ; RG_IC95_mes : incertitude sur les mesures) - valeurs en mg/kg MS

	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Sb	Zn
n	76	77	82	58	80	79	80	82	79
ER_min	7.0	0.3	6.5	22	10	15	19	0.7	46
ER_moy	23	3.3	16	49	66	39	327	4.0	697
ER_max	100	20	40	135	161	91	1856	46	3297
RG_moy	0.28	0.19	0.17	0.19	22	1.87	0.46	0.04	112
RG_IC95	0.23	0.53	0.27	0.06	12	1.08	0.45	0.03	120
RG_IC95_mes	0.09	0.05	0.14	0.06	6.7	0.75	0.38	-	15

donc plus faible que pour les 96 premiers échantillons, mais les gammes de teneurs des deux sélections sont très semblables pour les ETM qui peuvent être modélisés (tables 8.22 et 8.37). Les statistiques descriptives concernant les teneurs extraites par $CaCl_2$ sur l'ensemble des 424 échantillons sont présentées dans la table 8.38. Ces résultats ont également été utilisés pour la modélisation des transferts sol-légumes (section 8.9).

TABLE 8.37 – Valeurs moyennes, minimum et maximum des teneurs « Eau régales » (mg/kg MS) pour la sélection complémentaire de 328 échantillons ayant fait l'objet d'une extraction $CaCl_2$.

	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Sb	Zn
ER_min	5.7	0.2	1.4	16	8.6	10	19	0.49	41
ER_moy	16	1.6	13	41	42	31	146	3	356
ER_max	123	22	58	268	165	129	1296	69	2957

TABLE 8.38 – Synthèse des résultats de l'extraction $CaCl_2$ sur la gamme complète de sols- résultats exprimés en mg/kg MS

	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Sb	Zn
n obs	424	424	424	424	424	424	424	424	424
n manq.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LQ (n)	0.035 (263)	0.001 (25)	0.005 (323)	0.01 (409)	0.05 (35)	0.05 (326)	0.025 (260)	0.025 (344)	0.2 (105)
<LQ %	62	6	76	96	8	77	61	81	25
Moyenne	0.036	0.049	0.01	0.0075	0.14	0.069	0.043	0.051	2.6
Ecart type	0.019	0.11	0.029	0.0041	0.27	0.1	0.29	0.33	6.4
Coeff. var.	0.53	2.2	2.9	0.55	1.9	1.4	6.7	6.5	2.5
Min.	0.025	0.0007	0.0035	0.007	0.035	0.035	0.017	0.017	0.14
perc25	0.025	0.0036	0.0035	0.007	0.073	0.035	0.017	0.017	0.2
Médiane	0.025	0.0095	0.0035	0.007	0.1	0.035	0.017	0.017	0.51
perc75	0.043	0.035	0.0035	0.007	0.16	0.035	0.033	0.017	1.8
Max.	0.14	0.76	0.38	0.078	5.3	1.1	5.9	5	62
Out. Uni. H.	22 / 424	12 / 424	22 / 424	0 / 199	9 / 424	14 / 379	24 / 424	14 / 379	11 / 424
Out. Uni. B.	0 / 424	0 / 424	0 / 424	0 / 199	0 / 424	0 / 379	0 / 424	0 / 379	0 / 424
Out. Multi.	2 / 117	0 / 330	3 / 101	0 / 8	1 / 112	1 / 90	1 / 25	1 / 71	0 / 316
Incertitude relative (%)	50	24	/	/	50	5	67	29	11

Les prédictions des teneurs biodisponibles ont été réalisées selon les modèles obtenus ci-dessous (table 8.43), sur base des teneurs « Eau régale » (ETM et majeurs), des teneurs « $CaCl_2$ », des paramètres pédologiques et de l'occupation du sol. Les valeurs de ces paramètres explicatifs ont été filtrées par rapport aux outliers univariés et bivariés (méthode générique, *cf.* section 2.3).

8.7.3 Résultats et discussion

8.7.3.1 Modélisation

Les modèles ont été comparés sur base de 3 paramètres (table 8.39) : le coefficient de détermination (R^2) indiquant la proportion de la variance expliquée par le modèle, l'écart absolu moyen (EAM) donnant une indication de l'erreur moyenne de prédiction, et l'amplitude de l'intervalle de confiance (IC95) indiquant l'incertitude sur la prédiction. La comparaison de ces paramètres doit nous aider dans la sélection des modèles : un modèle complexe (ex. : 4, 5, 9 ou 10) sera préféré à un modèle simple (0, 1 ou 6) uniquement s'il induit une augmentation du R^2 et une diminution nette de EAM et IC95.

Pour Cr, Ni, Pb et Sb, aucun modèle basé sur des paramètres explicatifs (n°1 à 10) ne permet une meilleure prédiction que le modèle 0, ce qui signifie que la teneur dans le ray-grass pour ces ETM ne peut être prédite que par la moyenne de nos observations.

Pour As, nous avons sélectionné les modèles 7 et 10. Le modèle 10 est légèrement meilleur que le 7 en terme de EAM et IC95, mais intègre le paramètre Pol_As, qui est lui-même basé sur un nombre élevé de paramètres (As_ER, Argile, Mg_ER et Fe_ER). Le modèle 10 est donc très sensible aux erreurs de mesures.

La prédiction pour Co peut être basée sur l'occupation (modèle 1) mais ce modèle n'apporte qu'une faible amélioration de la prédiction par rapport au modèle 0 : EAM de 0.10 à 0.08 et IC95 diminue de 0.27 à 0.22.

Pour Cd, nous avons sélectionné les modèles 3, 7 et 11. Le modèle 7 apporte une meilleure prédiction, mais nécessite de disposer de la teneur en Cd extraite par $CaCl_2$, tandis que le modèle 3 est basé uniquement sur la teneur « Eau régale » et le pH_KCl. Le modèle 11, donne une prédiction légèrement moins bonne, mais n'est basée que sur la teneur « Eau régale » et la classe de niveau 2 de la typologie.

Pour Cu, nous avons sélectionné les modèles 4, 9, 10 et 11. Le modèle 4 est le moins bon des quatres, mais ne nécessite pas d'analyse « $CaCl_2$ ». Le modèle 10 n'apporte qu'une légère amélioration par rapport au modèle 9. Le modèle 11 apporte les meilleures prédictions et ne nécessite que la mesure « Eau régale » et la détermination de la classe de niveau 2 selon la typolgie. Notons que les 4 modèles sélectionnés sont caractérisés par des incertitudes sur la prédiction (IC95) proches des incertitudes sur les mesures (IC95_mes) (table 8.36), indiquant que l'on ne peut espérer obtenir de modèle donnant une prédiction plus fine.

Pour Zn, nous avons sélectionné les modèles 4 et 7. Le modèle 4 est légèrement moins bon en terme d'incertitude sur la prédiction, mais ne nécessite pas d'analyse « $CaCl_2$ ».

Les équations correspondant aux modèles sélectionnés et les incertitudes sur les valeurs prédites (IC95) sont présentées à la table 8.43.

TABLE 8.39 – Comparaison des modèles permettant la prédiction des teneurs en ETM dans le Ray-Grass (EAM : Ecart Absolu Moyen en mg/kg MS ; IC95 : amplitude de l'intervale de confiance à 95% en mg/kg MS) ; modèles 2 à 5 basés sur ER ; modèle 6 basé sur $CaCl_2$; modèles 7 à 10 basés sur ER + $CaCl_2$; les chiffres en gras correspondent aux modèles que nous avons jugés « intéressants » (cf texte).

		Modèle 0	Modèle 1	Modèle 2	Modèle 3	Modèle 4	Modèle 5	Modèle 6	Modèle 7	Modèle 8	Modèle 9	Modèle 10	Modèle 11
As	r^2	-	0.19	0.32	0.32	0.39	0.39	0.41	**0.52**	0.52	0.52	**0.57**	0.37
	EAM	0.091	0.083	0.074	0.074	0.069	0.068	0.066	**0.059**	0.059	0.059	**0.055**	0.078
	IC95 (+/-)	0.23	0.21	0.19	0.19	0.19	0.18	0.17	**0.15**	0.15	0.15	**0.14**	0.21
Cd	r^2	-	0.08	0.76	**0.91**	0.91	0.91	0.85	**0.96**	0.96	0.96	0.96	**0.87**
	EAM	0.18	0.16	0.07	**0.04**	0.04	0.04	0.07	**0.04**	0.04	0.03	0.04	**0.06**
	IC95 (+/-)	0.53	0.53	0.25	**0.16**	0.16	0.15	0.21	**0.11**	0.11	0.11	0.11	**0.20**
Co	r^2	-	**0.39**	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.21
	EAM	**0.10**	**0.08**	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.10
	IC95 (+/-)	0.27	**0.22**	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.26
Cr	r^2	-	0.00	0.03	0.03	0.04	0.04	0.00	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04
	EAM	**0.026**	0.026	0.026	0.026	0.025	0.025	0.026	0.026	0.026	0.026	0.026	0.03
	IC95 (+/-)	0.06	0.063	0.062	0.062	0.062	0.062	0.063	0.062	0.062	0.062	0.062	0.06
Cu	r^2	-	0.56	0.67	0.66	**0.72**	0.71	0.71	0.71	0.71	**0.75**	**0.78**	**0.76**
	EAM	5.2	3.3	2.7	2.7	**2.5**	2.5	2.6	2.6	2.6	**2.3**	**2.1**	**2.4**
	IC95 (+/-)	12.36	8.5	7.5	7.5	**6.9**	7.0	6.9	6.9	6.9	**6.5**	**6.2**	**6.1**
Ni	r^2	-	0.01	0.13	0.13	0.13	/	0.03	0.13	/	/	/	0.09
	EAM	**0.50**	0.5	0.5	0.5	0.5	/	0.5	0.5	/	/	/	0.5
	IC95 (+/-)	1.08	1.1	1.0	1.0	1.0	/	1.1	1.0	/	/	/	1.2
Pb	r^2	-	0.02	0.05	0.06	0.08	0.08	0.02	0.05	0.06	0.11	0.11	0.13
	EAM	**0.18**	0.18	0.17	0.18	0.18	0.18	0.18	0.17	0.17	0.17	0.17	0.18
	IC95 (+/-)	0.45	0.46	0.45	0.45	0.45	0.45	0.46	0.45	0.45	0.44	0.44	0.47
Sb	r^2	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
	EAM	**0.006**	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.005
	IC95 (+/-)	0.03	0.054	0.054	0.054	0.054	0.054	0.054	0.054	0.054	0.054	0.054	0.024
Zn	r^2	-	0.19	0.84	0.85	**0.88**	0.88	0.62	**0.90**	0.90	0.91	0.91	0.85
	EAM	46	41	19	19	**17**	17	29	**15**	15	14	14	20
	IC95 (+/-)	120	113	50	48	**45**	45	78	**40**	40	39	39	55

Nous observons que les interactions entre des paramètres d'intensité liés à la solubilité des ETM (pH ou teneur « $CaCl_2$ ») et les paramètres de quantité (teneurs pseudo-totales, teneurs « naturelles » ou « pollution ») sont prises en compte dans la plupart des modèles retenus. Cette observation démontre l'intérêt d'étudier simultanément la taille des pools et leur solubilité dans le cadre de la prédiction des transferts sol-plante.

8.7.3.2 Extrapolation

Sur base des modèles élaborés dans la section précédente, nous avons prédit la teneurs dans le ray-grass pour As, Cd, Cu et Zn dans les sols de la convention sur lesquels les analyses $CaCl_2$ ont été effectuées. Ces prédictions sont basées sur le modèle 7 pour As (le modèle 10 étant trop complexe), le modèle 7 pour Cd, le modèle 10 pour Cu et le modèle 9 pour Zn (*cf.* table 8.43, paragraphe suivant).

Les statistiques descriptives globales sur les 8 zones d'étude sont présentées à la table 8.40.

TABLE 8.40 – Statistiques descriptives concernant les teneurs en As, Cd, Cu et Zn prédites dans le ray-grass

	As	Cd	Cu	Zn
n obs	399	398	383	406
Moyenne	0.25	0.20	23	95
Ecart type	0.07	0.16	4.6	50
Coeff. var.	0.28	0.80	0.20	0.53
Min.	0.20	0.081	8.8	30
perc25	0.20	0.14	20	68
Médiane	0.21	0.15	23	85
perc75	0.26	0.21	26	100
perc90	0.34	0.31	28	150
perc95	0.38	0.43	29	180
Max.	0.61	1.6	40	420

Nous avons ensuite classé ces échantillons selon les classes de niveau 3 de la typologie des situations [11]. Ces classes sont définies à la section 7.4. Pour chacune des classes représentées par au moins 3 échantillons, nous avons calculé la moyenne et une gamme de variation des observations pour ces 4 métaux, après suppression des valeurs atypiques (+/- 2.576 MAD). Ces résultats sont présentés dans les tables 8.41 et 8.42.

Nous observons que les teneurs en Cd et Zn prédites sont plus élevées en région liégeoise, reflétant des teneurs ER plus élevées dans les sols de cette région. Les teneurs en As prédites sont plus élevées dans la région d'Aubange, mais la différence avec les autres régions n'est pas très importante par rapport à la différence de teneur ER correspondante.

Nous observons également que les teneurs en Cu et Zn prédites sont plus élevées dans les potagers que dans les sols agricoles, comme cela a été observé pour les teneurs ER. Nous observons également des teneurs prédites plus élevées en Cd dans les potagers, mais pas en région liégeoise.

11. Nous ne possédions pas assez d'échantillons pour obtenir un état des lieux suffisamment complet pour le niveau 4

TABLE 8.41 – Moyennes des teneurs en As, Cd, Cu et Zn prédites dans le ray-grass, pour les classes du niveau 3 de la typologie (*cf.* chapitre 7) ; chaque case d'un tableau correspond à une classe, identifiée par agrégation du nom de la colonne et du nom de la ligne (AU : région d'Aubange ; HA : région du Hainaut ; LG : région de Liège ; AG : agriculture ; PO : potagers ; R : sol de remblai ; N : sol naturel) ; résultats exprimés en mg/kg MS

As_Pred		AU	HA	LG
AG	N	0.26	0.21	0.21
	R	/	0.21	0.22
PO	N	0.34	0.22	0.23
	R	0.41	0.23	0.28

Cd_Pred		AU	HA	LG
AG	N	0.09	0.09	0.31
	R	/	0.09	0.22
PO	N	0.14	0.14	0.24
	R	0.14	0.14	0.2

Cu_Pred		AU	HA	LG
AG	N	13	17	19
	R	/	16	17
PO	N	24	23	25
	R	24	23	25

Zn_Pred		AU	HA	LG
AG	N	38	46	74
	R	/	50	100
PO	N	80	75	120
	R	70	85	120

TABLE 8.42 – Gamme de variation (estimation des 5^{e} et 95^{e} centiles) des teneurs en As, Cd, Cu et Zn prédites dans le ray-grass, pour les classes du niveau 3 de la typologie (*cf.* chapitre 7) ; chaque case d'un tableau correspond à une classe, identifiée par agrégation du nom de la colonne et du nom de la ligne (AU : région d'Aubange ; HA : région du Hainaut ; LG : région de Liège ; AG : agriculture ; PO : potagers ; R : sol de remblai ; N : sol naturel) ; résultats exprimés en mg/kg MS

As_Pred		AU	HA	LG
AG	N	[0.18 - 0.33]	[0.18 - 0.22]	[0.18 - 0.23]
	R	/	[0.2 - 0.25]	[0.21 - 0.24]
PO	N	[0.2 - 0.56]	[0.2 - 0.25]	[0.18 - 0.34]
	R	[0.26 - 0.62]	[0.18 - 0.27]	[0.18 - 0.4]

Cu_Pred		AU	HA	LG
AG	N	[8.1 - 22]	[14 - 20]	[12 - 27]
	R	/	[14 - 19]	[13 - 20]
PO	N	[17 - 29]	[19 - 27]	[20 - 30]
	R	[19 - 27]	[21 - 29]	[20 - 30]

Cd_Pred		AU	HA	LG
AG	N	[0.073 - 0.092]	[0.082 - 0.1]	[0.093 - 0.65]
	R	/	[0.077 - 0.11]	[0.12 - 0.53]
PO	N	[0.14 - 0.17]	[0.14 - 0.16]	[0.13 - 0.45]
	R	[0.12 - 0.15]	[0.14 - 0.16]	[0.11 - 0.45]

Zn_Pred		AU	HA	LG
AG	N	[26 - 52]	[40 - 50]	[41 - 160]
	R	/	[44 - 55]	[57 - 140]
PO	N	[59 - 110]	[60 - 90]	[77 - 190]
	R	[57 - 96]	[64 - 100]	[66 - 220]

8.7.4 Outil de gestion

Nous avons sélectionné les équations les plus intéressantes pour la prédiction des teneurs en ETM dans le ray-grass, qui est lui-même considéré comme une plante modèle pour la prédiction de la biodisponibilité (table 8.43). Certains paramètres (Cr, Ni, Pb, et Sb) n'ont pû être modélisés de façon satisfaisante, car la variabilité inter-échantillon est à peine plus élevée que la variabilité liées à l'imprécision analytique. C'est pourquoi la prédiction pour ces métaux est basée sur la moyenne des teneurs mesurées dans les échantillons de ray-grass analysés.

Pour les autres métaux, plusieurs équations sont présentées. Le choix est laissé au gestionaire selon les paramètres dont il dispose ou qu'il envisage d'obtenir.

Pour la prédiction des teneurs en Cd et Cu, le modèle 11, basé sur la typologie des situations, a été retenu. Les définitions des classes sont données dans la section 7.4.

TABLE 8.43 – Prédiction des teneurs en ETM dans le ray-grass (IC95 :amplitude de l'intervale de confiance à 95% autour de la valeur prédite ; « Occ_PO » prend la valeur 1 pour un sol de potager et 0 dans les autres cas ; « Occ_PR » prend la valeur 1 pour un sol de prairie et 0 dans les autres cas ; « Typo_SLGAG » prend la valeur 1 pour les sols agricoles de la région liégeoise (*cf.* section 7.4), et 0 dans les autres cas ; « Typo_SAUAG » prend la valeur 1 pour les sols agricoles de la région d'Aubange, et 0 dans les autres cas ; « Typo_SHAAG » prend la valeur 1 pour les sols agricoles du Hainaut, et 0 dans les autres cas ; Pol_As = As_ER - 3.54 - 0.23 * Argile + 2.9E-03 * Mg_ER - 5.0E-04 * Fe_ER ; Pol_Cu peut être estimé via les cartes de retombées athmosphériques (*cf.* chapitre 6, section « Cartographie des retombées atmosphériques de polluants ») ou selon l'équation : Pol-Cu = Cu_ER - 2.79 - 4.3E-04 * Fe_ER)

ETM	Modèle	Equations	IC95	r^2
As	7	0.14 + 1.99 * As_CC + 6.36E-02 * As_ER * As_CC	+/- 0.15	0.52
	10	0.16 + 2.08 * As_CC + 0.13 * As_CC * Pol_As	+/- 0.14	0.57
Cd	3	2.18E-02 + 0.41 * Cd_ER - 5.53E-02 * Cd_ER * pH_KCl	+/- 0.16	0.91
	7	7.40E-02 + 2.23E-02 * Cd_ER + 0.80 *Cd_CC - 4.66E-02*Occ_PO +0.035 * Cd_ER * Cd_CC	+/- 0.11	0.96
	11	-7.80E-03 + 4.97E-02 * Cd_ER + 6.21E-02 * Cd_ER * Typo_SLGAG	+/- 0.20	0.87
Co	0	0.14	+/- 0.27	-
	1	0.12 + 0.20 * Occ_PR	+/- 0.22	0.39
Cr	0	0.19	+/- 0.06	-
Cu	4	16.4 - 6.62E-05 * Fe_ER + 5.55*Occ_PO + 1.05E-02 * Cu_ER * pH_KCl	+/- 6.9	0.72
	9	14.8 + 34 * Cu_CC - 5.28E-05 * Fe_ER + 8.79 * Occ_PO	+/- 6.6	0.75
	10	10.6 + 54 * Cu_CC + 5.88 * Occ_PO - 0.42 * Cu_CC * Pol_Cu + 1.46E-02 * Pol_Cu * pH_KCl	+/- 6.2	0.78
	11	18.4 + 8.31E-02 * Cu_ER -10.3 * Typo_SAUAG - 7.33 * Typo_SHAAG - 2.90 * Typo_SLGAG	+/- 6.1	0.76
Ni	0	1.87	+/- 1.1	-
Pb	0	0.46	+/- 0.45	-
Sb	0	0.038	+/- 0.026	-
Zn	4	61.45 + 0.29 * Zn - 1.47 * Argile - 2.62E-02 * Zn_ER * pH_KCl	+/- 45	0.88
	7	31.81 + 9.78E-02 * Zn_ER +2.19 * Zn_CC + 19.55 * Occ_PO	+/- 40	0.90

8.8 Modélisation des transferts sol-plante (3^{e} partie) : prédiction de la biodisponibilité par extractions cinétiques

8.8.1 Introduction

Les méthodes d'extractions classiques sont basées sur un seul temps d'extraction. Généralement, ce temps est fixé de façon à ce que les concentrations extraites aient atteint leur plateau (n'augmentent plus significativement avec le temps). Cependant, les temps nécessaires pour atteindre le plateau diffèrent selon le métal, ce qui pose problème lorsque l'on s'intéresse simultanément à plusieurs métaux. De plus, la limite du plateau est parfois très floue. Enfin, plusieurs formes labiles d'un même métal peuvent coexister dans le sol. Une extraction simple mesurera uniquement la somme de ces pools, alors qu'ils peuvent avoir des impacts contrastés sur la biodisponibilité.

Afin de résoudre ces problèmes, une nouvelle méthode a été proposée dans la communauté scientifique : considérer l'ensemble de la courbe d'extraction en répétant la même analyse avec des temps de réaction différents.

8.8.2 Matériel et méthodes

8.8.2.1 Sélections de sols

Vingt sols ont été sélectionnés aléatoirement parmi les 96 sols de l'expérience de comparaison des extractifs (*cf.* section 8.6).

8.8.2.2 Extraction

La solution d'extraction est constituée d'EDTA disodique à 0.05M et son pH est ajusté à 6.0 au moyen de NaOH.

Pour chaque échantillon, 7 sous-échantillons de 2.50 g sont placés dans des tubes à centrifuger. Les tubes sont placés dans un agitateur après ajout de 25ml de la solution d'EDTA.

Après chaque pas de temps (2 min, 5 min, 20 min, 3 heures, 8 heures et 24 heures), la réaction est stoppée dans un des 7 tubes correspondant à chaque échantillon par filtration. L'arrêt de la réaction a lieu dès que la solution est séparée du sol : filtration directe (seringue avec Acrodisc 0.45 µm) pour les temps inférieurs à 1h, ou centrifugation suivie de filtration (0.45 µm) pour les temps plus longs. La solution est ensuite diluée 10 fois avant mesure des concentrations en ETM par ICP.

8.8.2.3 Modélisation de la cinétique d'extraction

Les courbes sont modélisées sur base d'une équation basée sur la coexistence de deux compartiments (pools) (figure 8.6) : le premier étant très rapidement solubilisé et

le deuxième plus lentement. Les 4 paramètres dérivés de ces équations sont :

- « pool1 » (p1) et « pool2 » (p2), exprimés en mg/kg et représentant la concentration en métaux dans ces 2 compartiments.
- « vitesse1 » (v1) et « vitesse2 » (v2), exprimés en heure^{-1} et représentent la vitesse de dissolution des deux compartiments

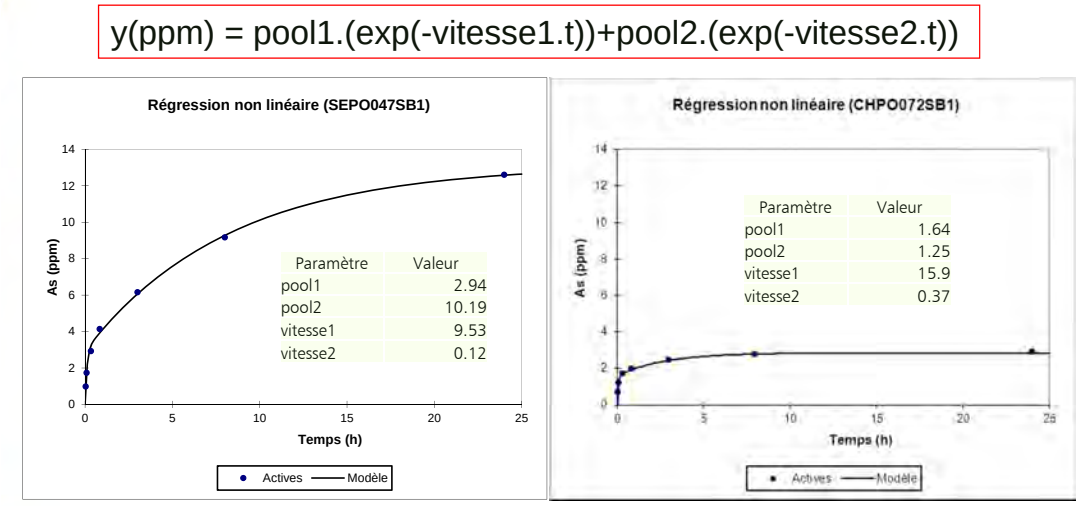


FIGURE 8.6 – Exemples de modélisation des courbes de cinétiques d'extraction de As

8.8.3 Résultats et discussions

8.8.3.1 Statistiques descriptives

Les concentrations dans le pool1 (table 8.44) varient fortement selon le métal considéré : les teneurs moyennes et médianes sont les plus faibles (0.5-2.1 mg/kg) pour As, Cd, Co, Cr, Ni et Sb, intermédiaires pour Cu (médiane = 21 mg/kg) et les plus élevées pour Pb (médiane = 82 mg/kg) et Zn (médiane = 132 mg/kg). Dans le pool2 (table 8.45), le classement des métaux selon les moyennes et médianes est identique au pool1. On note dans le pool2 des teneurs environ deux fois plus élevées que dans le pool1 pour As, Co et Cr, des teneurs semblables dans les deux pools pour Cu, Ni et Sb, alors que les teneurs sont plus faibles que dans le pool1 pour Cd, Pb et Zn. Les vitesses de dissolution du pool1 (table 8.46) varient également beaucoup selon l'ETM. La valeur médiane la plus faible (1) se rapporte à Co, les valeurs les plus élevées (0.5-0.6) se rapportent à Cd et Zn, tandis que les autres métaux présentent des valeurs intermédiaires (13-37). Enfin, le pool2 (table 8.47) présente des vitesses de dissolution de 40 à 100 fois plus faible que le pool1 pour tous les ETM sauf Co (« seulement » 10 fois plus faible). Les valeurs médianes les plus basses (0.1-0.2) concernent As, Co, Cr et Ni, tandis que les valeurs les plus hautes (1.3-1.4) concernent Zn et Cd.

Ces paramètres permettent de caractériser de façon détaillée la mobilité de ces

métaux et pourraient donc être utiles dans le cadre de la prédiction des risques de transfert sol-plantes, sol-homme ou sol-nappe.

TABLE 8.44 – Statistiques descriptives pour les paramètres « pool1 » (p1) issus de la modélisation des courbes d'extraction cinétiques (mg/kg)

	As_p1	Cd_p1	Co_p1	Cr_p1	Cu_p1	Ni_p1	Pb_p1	Sb_p1	Zn_p1
n obs	20	20	20	20	20	20	20	20	20
n manq.	0	0	0	0	1	0	0	8	0
Moyenne	1.2	1.5	1.5	0.6	24	2.1	130	0.5	216
Ecart type	0.8	2.6	1.0	0.4	19	0.8	142	0.4	284
Coeff. var.	0.67	1.75	0.61	0.65	0.76	0.39	1.06	0.77	1.28
Min.	0.1	0.1	0.1	0.1	1	0.7	5	0.2	17
perc25	0.5	0.4	1.1	0.3	12	1.3	39	0.3	63
Médiane	1.1	0.5	1.5	0.6	21	2.2	82	0.4	132
perc75	1.8	1.5	1.8	0.9	32	2.6	136	0.6	228
Max.	2.9	12	4.3	1.5	78	3.7	486	1.6	1291

TABLE 8.45 – Statistiques descriptives pour les paramètres « pool2 » (p2) issus de la modélisation des courbes d'extraction cinétiques (mg/kg)

	As_p2	Cd_p2	Co_p2	Cr_p2	Cu_p2	Ni_p2	Pb_p2	Sb_p2	Zn_p2
n obs	20	20	20	20	20	20	20	20	20
n manq.	4	0	3	1	1	0	0	10	3
Moyenne	2.3	0.7	2.7	1.5	19	2.2	123	0.9	153
Ecart type	2.3	1.1	1.6	0.9	13	0.9	128	1.4	192
Coeff. var.	0.96	1.45	0.59	0.59	0.66	0.41	1.01	1.39	1.22
Min.	0.6	0.1	0.1	0.0	2	0.8	12	0.2	23
perc25	1.1	0.2	1.7	1.0	12	1.7	35	0.3	43
Médiane	1.7	0.3	2.6	1.5	18	2.0	63	0.5	96
perc75	2.6	0.7	3.6	1.9	23	2.7	204	0.8	133
Max.	10	5	6.0	3.7	56	4.1	433	4.7	793

TABLE 8.46 – Statistiques descriptives pour les paramètres « vitesse1 » (v1) issus de la modélisation des courbes d'extraction cinétiques (heure^{-1})

	As_v1	Cd_v1	Co_v1	Cr_v1	Cu_v1	Ni_v1	Pb_v1	Sb_v1	Zn_v1
n obs	20	20	20	20	20	20	20	20	20
n manq.	2	4	0	3	1	0	0	10	2
Moyenne	23	65	8.44	19	37	20	45	28	54
Ecart type	19	16	19	15	12	9	20	17	13
Coeff. var.	0.82	0.24	2.19	0.79	0.31	0.46	0.44	0.56	0.24
Min.	6	43	0.25	0	15	8	21	1	34
perc25	12	53	0.58	10	33	15	32	18	47
Médiane	16	62	0.99	13	36	17	37	35	51
perc75	26	75	1.94	28	40	22	58	39	56
Max.	87	98	72	56	59	50	94	46	92

8.8.3.2 Prédiction des teneurs dans le Ray-Grass

Nous avons considéré les 4 paramètres issus de la modélisation des courbes cinétiques comme variables de prédiction des teneurs en ETM dans le Ray-Grass. Les données relatives au Ray-Grass ont été filtrées par rapport aux valeurs aberrantes multivariées et univariées. Les valeurs aberrantes pour les paramètres explicatifs ont été

TABLE 8.47 – Statistiques descriptives pour les paramètres « vitesse2 » (v2) issus de la modélisation des courbes d'extraction cinétiques (heure^{-1})

	As_v2	Cd_v2	Co_v2	Cr_v2	Cu_v2	Ni_v2	Pb_v2	Sb_v2	Zn_v2
n obs	20	20	20	20	20	20	20	20	20
n manq.	4	0	3	2	1	0	0	10	3
Moyenne	0.2	2.0	0.19	0.2	0.7	0.3	1.0	0.7	2.1
Ecart type	0.2	1.6	0	0.1	0.4	0.3	0.7	0.7	2.0
Coeff. var.	0.72	0.78	1.16	0.75	0.53	0.88	0.68	0.94	0.91
Min.	0.1	0.9	0.04	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.5
perc25	0.1	1.3	0.09	0.1	0.4	0.1	0.6	0.2	1.1
Médiane	0.2	1.4	0.10	0.1	0.6	0.2	0.8	0.5	1.3
perc75	0.3	2.2	0.16	0.2	0.8	0.4	1.2	1.0	2.2
Max.	0.7	7.9	0.9	0.5	1.4	1.3	3.1	2.4	7.8

supprimées selon une méthode graphique (box-plot) car le faible nombre de points ne permettait pas d'appliquer la méthode générique (*cf.* section 2.3.2).

Pour chaque ETM, la teneur dans le Ray-Grass a été prédite sur base des 4 paramètres correspondant à cet élément (pool1, pool2, vitesse1 et vitesse2), en considérant également les effets croisés (multiplicatifs) « pool1*vitesse1 » et « pool2*vitesse2 ». La procédure « Stepwize » (0.05 ; 0.1) a été appliquée en vue de sélectionner automatiquement les variables qui contribuent significativement au modèle.

La table 8.48 indique le nombre de points utilisés pour les modèles, la moyenne des valeurs mesurées dans les échantillons de Ray-Grass correspondants, l'écart absolu moyen par rapport à la moyenne « EAM(moy) », l'écart absolu moyen par rapport à la valeur prédite par la régression « EAM(regr) », l'incertitude [12] pour pour la prédiction d'une valeur en utilisant la moyenne des observations « IC95(moy) », ou en utilisant appliquant l'équation de la régression « IC95(regr) ».

Les résultats du modèle pour Zn sont satisfaisants ($r^2 = 0.79$; diminution de EAM et IC95 par rapport à une prédiction basée uniquement sur la moyenne), mais le coefficient obtenu reste largement inférieur à ceux des modèles basés sur ER et $CaCl_2$ (table 8.43). Les résultats pour As, Cd et Cu sont également moins bons que pour les modèles basés sur ER et $CaCl_2$. Pour Co, Ni et Pb, le modèle présente des r^2 non négligeables et engendre une faible diminution du critère EAM par rapport à la prédiction basée sur la moyenne. Cependant, ils n'engendrent pas de diminution évidente de IC95, indiquant que la prédiction est entourée d'une incertitude élevée.

Nous estimons que l'utilisation de cette méthode ne se justifie pas dans l'optique d'une prédiction directe des teneurs en ETM dans le Ray-Grass.

Notons que l'imprécision très élevée de l'estimation pour la plupart des ETM provient au moins en partie de l'imprécision élevée liée à la mesure de leurs teneurs dans le ray-grass (*cf.* table 8.24). Cette imprécision s'élève en effet à 30-40% pour As, Cr, Cu et Ni, et plus de 80% pour Co et Pb.

12. Moitié de l'écart entr les deux bornes de l'intervale de confiance à 95% sur les résidus de la prédiction.

TABLE 8.48 – Paramètres des modèles de régression prédisant les teneurs dans le Ray-Grass en fonction des paramètres des courbes d'extractions cinétiques, selon les équations ETM_ray_grass = Constante + coefficient « pool1 »× teneur dans le pool1 + coefficient « pool2 »× teneur dans le pool2 + coefficient « pool1* vitesse1 »× teneur dans le pool1*valeur de vitesse1 + coefficient « pool2*vitesse2 »×teneur dans le pool2*valeur de vitesse2.

	As	Cd	Co	Cu	Ni	Pb	Zn
n	13	16	11	16	17	17	14
moy	0.33	0.20	0.19	24	1.90	0.57	135
EAM (moy)	0.12	0.17	0.14	5.1	0.58	0.26	54
EAM (regr)	0.07	0.11	0.11	3.6	0.42	0.21	17
IC95 (moy)	0.34	0.41	0.38	13.3	1.36	0.65	167
IC95 (regr)	0.21	0.35	0.35	12	1.28	0.70	53
r^2	0.33	0.47	0.48	0.35	0.37	0.18	0.76
Constante	0.20	0.10	0.04	18	1.08	0.27	59
pool1	0.085	0	0	0	0	0	0.30
pool2	0	0	0	0.31	0	0	0
vitesse1	0	0	0	0	0.043	0.0072	0
vitesse2	0	0	0	0	0	0	0
pool1*vitesse1	0	0.000849	0	0	0	0	0
pool2*vitesse2	0	0	0.53	0	0	0	0

8.8.4 Outil de gestion

Cette méthode nous a permis de quantifier les paramètres relatifs à la mobilité des ETM. Ces paramètres ont été utilisés pour la prédiction des teneurs dans le Ray-Grass. Les modèles obtenus sont satisfaisants, mais ne permettent pas de prédire les teneurs dans la plante avec plus de précision que les modèles basés sur ER et/ou $CaCl_2$. Dès lors, étant donné la lourdeur de cette manipulation, nous déconseillons son utilisation en temps qu'outil de gestion pour la prédiction du transfert sol-plante dans le contexte wallon.

8.9 Modélisation des transferts sol-plante (4e partie) : prédiction des teneurs dans les légumes (ULg-GxABT)

Cette section est présentée dans le chapitre 6 du rapport final partie « jardins potagers », aux pages 242 à 385.

8.10 Modélisation des transferts sol-plante (5e partie) : prédiction des teneurs dans les légumes à partir des stades précoces (ULg-GxABT)

Cette section est présentée dans le chapitre 6 du rapport final partie « jardins potagers », aux pages 386 à 419.

8.11 Modélisation des transferts sol-homme

8.11.1 Introduction

La bioaccessibilité est une mesure de la fraction d'un polluant qui est solubilisée dans l'estomac ou l'intestin humain en cas d'ingestion de sol (particules sur des légumes mal lavés, enfants jouant dans la terre, personnes atteintes de pica). Ces fractions sont exprimées en pourcentage de la teneur totale du polluant correspondant dans l'échantillon de sol. Dans le cadre de ce travail, nous exprimons la biocaccessibilité des ETM par rapport aux teneurs « Eau régale ».

8.11.2 Matériel et méthodes

8.11.2.1 Sélection des sols

Un total de 237 échantillons d'horizons de surface ont été sélectionnés sur les 8 zones de l'étude, en ciblant les occupations impliquant des risques d'ingestion liés à la consommation de légumes ou aux jeux d'enfants (122 potagers, 37 forêts, et 78 parcs).

Pour chaque zone et chaque occupation, un codage en rang pour les 8 ETM étudiés (As, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn) a été effectué. Les échantillons sont ensuite classés selon la somme de ces 8 rangs, qui peut être assimilée à un indice de pollution intégré. Les échantillons sont ensuite sélectionnés sur l'ensemble de cette échelle, en vérifiant que les quartiles des distributions sont bien représentés pour chaque métal. Les échantillons présentant des valeurs aberrantes évidentes ont été exclus de la liste avant sélection.

8.11.2.2 Détermination des teneurs bioaccessibles

La méthode consiste à simuler au moyen de réactifs chimiques le fonctionnement du système digestif en ajoutant progressivement des réactifs mimant l'évolution des conditions physico-chimiques au cours du transit digestif. Le protocole utilisé correspond à la méthode « BARGE », illustrée à la figure 8.7 et détaillée dans le délivrable 9_13_14_A. Les concentrations en métaux dissous sont mesurées par ICP dans (1) une suspension de sol ayant atteint le stade « gastrique » (test gastro-salivaire) et (2) une suspension ayant atteint le stade « intestinal » (test gastro-intestinal). Il est important de noter que les deux tests sont réalisés indépendamment sur des sous-échantillons de sol différents. L'échantillon pour le test gastro-intestinal reçoit également la solution salivaire et gastrique, et aucune séparation sol-solution n'est effectuée avant de recevoir les solutions duodénales et biliaires. Il ne s'agit donc pas d'extractions séquentielles ; les résultats ne sont pas additifs.

Dans ce travail, nous préférons parler de « stade gastrique » et de « stade intestinal », plutôt que de « test gastro-salivaire » et de « test gastro-intestinal » [13] », pour

13. qui devrait logiquement être appelé « salivo-gastro-inestinal

bien représenter qu'il s'agit de mesures ponctuelles effectuées au cours d'un processus continu (digestion simulée) et non de simples extractions par des mélanges de réactifs.

Le test « stade intestinal » a été effectué sur une sélection plus restreinte d'échantillons (178), car les résultats des premières séries nous ont permis de mettre en évidence une bonne corrélation entre les teneurs extraites aux deux stades.

Les concentrations mesurées dans les extraits sont utilisées pour calculer des « teneurs bioaccessibles », exprimées par rapport à la masse de sol sec utilisée.

Les teneurs bioaccessibles ne sont pas présentées dans ce rapport, car il ne s'agit pas de paramètres directement interpétables [14]. Elles sont cependant disponibles dans les tables SOLS_ANA_BIOACCESS_GA (stade gastrique) et SOLS_ANA_BIOACCESS_IN (stade intestinal) de la base de données.

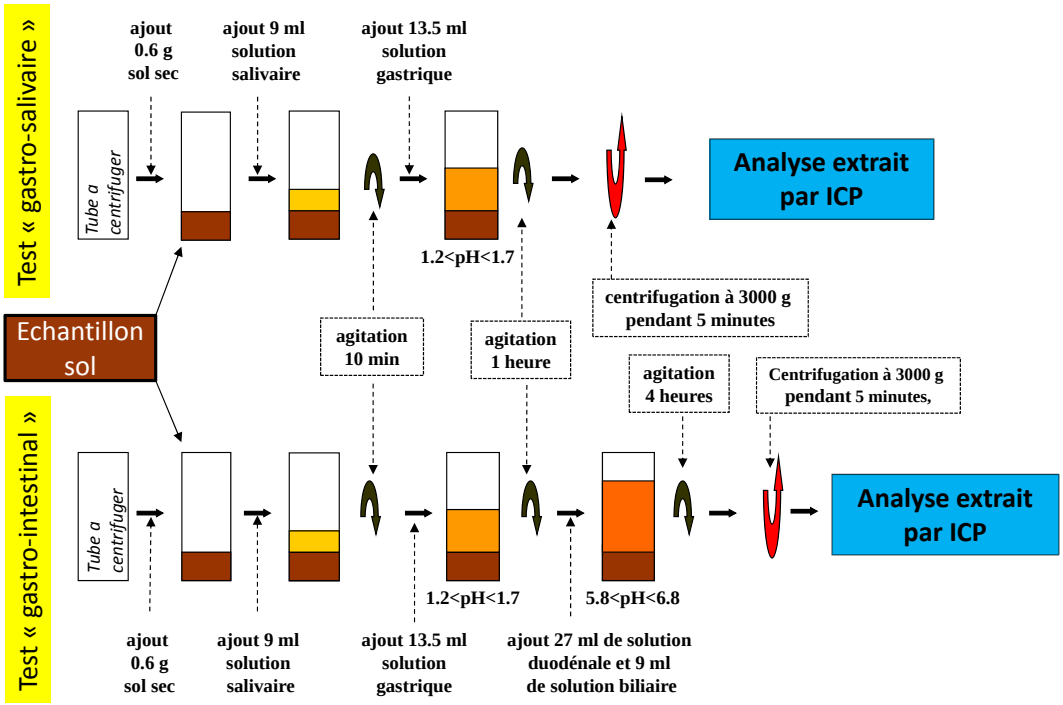


FIGURE 8.7 – Schéma expérimental de la mesures de la bioaccessibilité des ETM en phase gastrique et intestinale

8.11.2.3 Limites de quantification et erreurs relatives

Les résultats des analyses répétées ont été utilisés pour déterminer les incertitudes relatives de la méthode et les limites de quantification méthodologique.

Pour les teneurs bioaccessibles, nous avons calculé les moyennes, écart-type et coefficients de variation par triplets de répétitions (35 triplets pour le stade gastrique

14. ces données sont utilisées pour le calcul de la bioaccessibilité et la détection des valeurs atypiques

et 21 pour le stade intestinal). Les coefficients de variation ont ensuite été portés en graphique en fonction des moyennes correspondantes (ex. : figure 8.8), afin de détecter si ce coefficient (i) augmente brusquement en dessous d'un seuil donné de la moyenne et (ii) dépasse 20%. Le cas échéant, ce seuil est considéré comme limite de quantification de la méthode. A défaut, la limite de quantification analytique est considérée comme limite de quantification de la méthode. Les limites de quantification sont reprises dans la table 8.49.

L'incertitude relative sur les mesures correspond à l'amplitude [15] de l'intervalle de confiance à 95% autour d'une valeur mesurée, exprimée en pourcentage de cette valeur. Ces intervalles de confiance ont été calculés sur base des triplets d'analyses répétées, selon la méthode de calcul présentée à la section 2.4.5.

Pour le traitement des résultats, les échantillons ayant fait l'objet de répétitions se voient attribuer une seule valeur par paramètre : la moyenne des 3 répétitions.

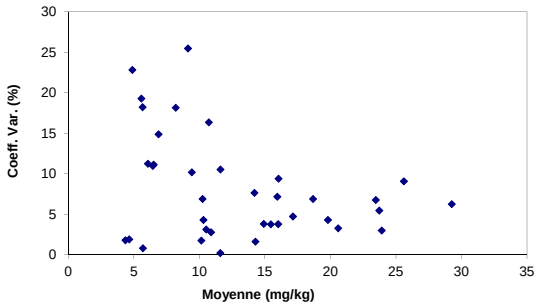


FIGURE 8.8 – Mise en relation des coefficients de variation et des moyennes relatives aux triplets de répétitions pour la teneur en Cu extraite au stade gastrique (nous observons une forte augmentation du coefficient de variation lorsque l'on passe sous le seuil de 10 mg/kg, qui sera donc considéré comme limite de quantification de cette méthode pour Cu)

TABLE 8.49 – Limites de quantification de la méthode, pour les teneurs bioaccessibles aux stades gastrique et intestinal. Les chiffres accompagnés d'une astérisque correspondent à des limites analytiques (ICP) ; étant donné que ces dernières varient selon la série d'analyse, les valeurs indiquées représentent des moyennes.

LQ (mg/kg MS)	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Stade gastrique	2	0.4	0.4*	3	10	3	10	3
Stade intestinal	4*	0.5*	0.9*	1	2	2	50	25

15. moitié de l'écart entre les bornes

8.11.2.4 Calcul de la bioaccessibilité

Les teneurs bioaccessibles, aux stades gastrique et intestinal, sont converties en « bioaccessiblilité » en les exprimant en pourcentage de la teneur « Eau-régale ».

$$\text{Bioaccessibilité} = \frac{\text{Teneur bioaccessible}}{\text{Teneur "Eau-régale"}} * 100$$

Il s'agit de la bioaccessibilité absolue. La bioaccessibilité relative peut être obtenue en divisant ces valeurs par un coefficient représentant la bioaccessibilité d'un sel du métal correspondant.

Lorsque la valeur de la concentration « Eau-régale » est atypique, inférieure à la limite de quantification « Eau régale » ou inférieure à deux fois la limite de quantification de la teneur bioaccessible concernée, le pourcentage n'est pas calculé et considéré comme valeur manquante [16].

La bioaccessibité calculée pour tous les échantillons analysés est reprise dans les tables SOLS_ANA_BIOACCESS_RAP_GA (stade gastrique) et SOLS_ANA_BIOACCESS_RAP_IN (stade intestinal) de la base de données.

8.11.2.5 Détection des valeurs atypiques

Les valeurs atypiques ont été détectées selon les procédures génériques utilisées pour les analyses de sols (*cf.* section 2.3), en divisant le jeu de donnée en 3 en fonction de la région (Liège, Hainaut, Aubange). Les outliers univariés ont été détectés directement sur les valeurs exprimées en pourcentages (« bioaccessibilité »), mais l'analyse multivariée ne pouvait pas être effectuée sur ces valeurs, car les valeurs correspondant aux 2 stades ne sont pas indépendantes pour un métal donné. Elles sont en effet calculées en utilisant la même valeur « Eau-régale ». Les outliers multivariés ont été détectés sur base des « teneurs bioaccessibles », sur un jeu de données regroupant les résultats des 8 métaux, pour les 2 stades de la manipulation ainsi que pour l'analyse « Eau-Régale ».

Les résultats de la détection de valeurs atypiques sont repris dans les tables SOLS_OUT_UNI_RAP (outliers univariés pour les valeurs de bioaccessibilité) et SOLS_OUT_MULTI (outliers multivariés pour les teneurs bioaccessibles) de la base de donnée.

16. Il n'est pas envisageable d'effectuer le rapport sur base de la valeur de la limite de quantification « Eau régale » multipliée par 0.7 comme cela a été appliqué dans les autres chapitres de l'étude, car l'incertitude liée à cette approximation a une incidence élevée sur le pourcentage calculé étant donné que ce terme intervient au dénominateur. D'autre part, si la teneur « Eau régale » est très proche de la limite de quantification pour la teneur bioaccessible (moins de 2 fois la valeur de cette limité), l'imprécision sur la teneur bioaccessible devient élevée par rapport à la teneur « Eau régale », ce qui engendre une erreur importante sur le rapport pourcentage calculé

8.11.3 Résultats et discussions

8.11.3.1 Statistiques descriptives

Le nombre d'observation correspond au nombre de valeurs non écartées (*cf.* section 8.11.2.4). Le pourcentage de valeurs sous la limite de quantification (<LQ) se réfère aux teneurs bioaccessibles (mg/kg MS). L'incertitude relative, calculée sur base des triplets de répétitions, a été calculée sur les teneurs bioaccessibles. Elle peut s'appliquer à la bioaccessibilité (pourcentage du pourcentage), si l'on néglige l'incertitude liée à la mesure « Eau régale ».

TABLE 8.50 – Bioaccessibilité des ETM au stade gastrique - résultats exprimés en pourcentages des teneurs « Eau-régale »

	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
n obs	222	137	230	236	201	234	237	237
<LQ (%)	42	23	3	89	40	35	1	0
Moyenne	19	82	25	7	31	13	57	44
Ecart type	9	12	7	3	8	4	16	17
perc25	13	75	22	5	26	10	49	32
Médiane	18	81	26	6	31	13	56	44
perc75	24	88	29	7	36	16	64	54
Out. Uni. H.	3	4	0	9	2	2	7	2
Out. Uni. B.	3	4	20	4	5	10	11	15
Out. Multi.	1	3	20	0	4	3	2	1
Incertitude (%)	19	11	9	19	14	28	19	15

Stade gastrique La bioaccessibilité au stade gastrique (table 8.50) augmente selon la séquence suivante : Cr et Ni (< 15%) ; As, Co et Cu (20 - 30%) ; Zn et Pb (45 - 55%) ; Cd (80%). Les incertitudes relatives de mesures (estimation basée sur les analyses répétées) sont faibles (9-20 % de la valeur de pourcentage mesuré) pour la plupart des métaux étudiés, sauf pour Ni (30% de la valeur de pourcentage mesuré). La proportion de « teneurs bioaccessibles » sous la limite de quantification est faible pour Co, Pb et Zn (<5%), moyenne pour As, Cd, Cu, Ni (20-45%) et très élevées pour Cr (90%). Les écarts interquartiles (perc75 - perc25) sont faibles par rapport aux médianes, en particulier pour Cd.

Stade intestinal La bioaccessibilité au stade intestinal (table 8.51) augmente selon la séquence suivante : Cr (< 5%), Ni, Co, Zn (10 - 15%) ; As, Cd, Cu et Pb (20 - 30%). Ces valeurs sont nettement plus faibles que pour le stade gastrique, à l'exception de As et Cu. Le fait que les valeurs soient plus faibles pour les métaux au stade intestinal qu'au

TABLE 8.51 – Bioaccessibilité des ETM au stade intestinal - résultats exprimés en pourcentages des teneurs « Eau-régale »

	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
n obs	136	68	177	178	178	177	109	171
<LQ (%)	93	57	11	71	2	19	70	51
Moyenne	25	32	13	3	30	11	25	15
Ecart type	7	7	6	2	10	6	7	6
perc25	20	28	10	2	25	8	21	10
Médiane	25	31	13	2	31	10	26	14
perc75	31	36	15	3	35	13	30	18
Out. Uni. H.	0	0	3	6	1	6	0	1
Out. Uni. B.	4	2	11	1	10	1	9	2
Out. Multi.	1	6	2	0	6	6	3	1
Incertitude (%)	/	29	21	29	45	151	35	44

stade gastrique est liée à la reprécipitation d'une partie des métaux dissous au stade gastrique suite à la hausse du pH lié à l'ajout de la solution duodénale. Cette diminution est aussi observée lorsque les métaux sont apportés sous forme des sels solubles (*cf.* Thèse J. Caboche [17]), car la hausse du pH jusqu'à des valeurs proches de la neutralité, couplée à l'ajout de phosphate induit la formation d'hydroxides, de (bi-)carbonates ou de phosphates insolubles. Par contre, les hydroxides d'As sont anioniques et solubles à pH neutre, contrairement aux conditions acides. Ceci explique probablement que les valeurs soient légèrement plus élevées au stade intestinal pour cet élément. Le Cu a une affinité très forte pour certaines fonctions organiques, ce qui empêche vraisemblablement la reprécipitation. Les incertitudes relatives sur les mesures sont relativement faibles pour Co (21% de la valeur de pourcentage mesurée), mais élevées pour Cd, Cr, Cu Pb et Zn (30-45% de la valeur de pourcentage mesurée) et extrêmement élevées pour Ni (151%). La proportion de « teneurs bioaccessibles » sous la limite de quantification est assez faible pour Co, Cu (<15%), moyenne pour Cd, Ni et Zn (20-50%) et très élevées pour As, Cr et Pb (70-90%). Les écarts interquartiles (perc75 - perc25) sont assez faibles par rapport aux médianes.

Commentaires généraux

Par rapport aux résultats de la thèse de J. Caboche, les valeurs moyennes obtenues sont relativement faibles pour Pb et As, relativement élevées pour Cd, mais surtout beaucoup moins variables pour ces 3 éléments. Cette très faible variabilité est probablement liée à des niveaux de pollution nettement plus bas et à la faible variabilité

17. Caboche, J. (2009). Validation d'un test de mesure de bioaccessibilité - Application à 4 éléments traces métalliques dans les sols : As, Cd, Pb et Sb. Laboratoire unité de recherche animale et fonctionnalités des produits animaux (URAFPA). Nancy, Institut national polytechnique de Lorraine.

au niveau de la répartition de ces éléments entre les fractions des extractions séquentielles. Les sols étudiés par J. Caboche présentent en effet des teneurs « Eau régale » de 18 à 25000 mg/kg pour As, 24 a 184 mg/kg pour Cd, 1400 à 40000 mg/kg pour Pb et présentent d'importants contrastes en termes de répartition selon les fractions des extractions séquentielles. Nos sols présentent des teneurs maximales de 78 mg/kg pour As, 9.8 mg/kg pour Cd et 1500 mg/kg pour Pb. Il est donc très important de noter que les valeurs que nous présentons sont valables pour une population de sols représentatives des zones de PAP en région wallonne, et valables pour les gammes de teneurs « Eau régales » reprises dans les tables8.57 et 8.59.

8.11.3.2 Influence des classes de sols, selon la typologie des situations

Nous avons classé les échantillons sur lesquels nous avons réalisé les mesures de bioaccessibilité selon les classes de niveau 3 de la typologie des situations [18]. Les explications relatives à la définition des classes sont données dans le chapitre 7 consacré à la typologie. Pour chacune des classes représentées par au moins 3 échantillons, nous avons calculé la moyenne des observations pour chaque métal, aux stades gastrique et intestinal, après suppression des valeurs atypiques selon la méthode générale présentée à la section 2.3. Ces résultats sont présentés dans la table 8.52.

Nous observons des valeurs nettement plus faibles dans la région d'Aubange par rapport aux autres zones pour As et Cr au stade gastrique et plus faibles pour Pb au stade gastrique, ce qui est en accord avec les résultats des extractions séquentielles : fractions résiduelles en As nettement plus élevées dans cette région et fractions labiles de Pb plus réduites.

Nous observons également des valeurs plus élevées en potager sur remblais pour Zn au stade gastrique et des valeurs plus élevées en forêt pour Pb au stade intestinal. Ces observations sont aussi en accord avec les résultats des extractions séquentielles qui présentent des valeurs élevées pour la fraction la plus labile de ces mêmes métaux dans ces mêmes classes.

18. Nous ne possédions pas assez d'échantillons pour nous intéresser au niveau 4

TABLE 8.52 – Moyennes des valeurs de bioaccessibilité (%) au stade gastrique (GA) et intestinal (IN), selon les classes du niveau 3 de la typologie (section 7.4) ; chaque case d'un tableau correspond à une classe, identifiées par agrégation du nom de la colonne et du nom de la ligne (AU : région d'Aubange ; HA : région du Hainaut ; LG : région de Liège ; FO : forêt ; PA : parc ; PO : potagers ; R : sol de remblai ; N : sol naturel)

As_GA		AU	HA	LG
FO	N	6.7	16	11
PA	N	/	16	19
	R	10	20	22
PO	N	11	20	18
	R	6.8	22	22

Cd_GA		AU	HA	LG
FO	N	/	/	76
PA	N	/	/	75
	R	/	84	83
PO	N	72	82	84
	R	/	85	82

Co_GA		AU	HA	LG
FO	N	19	25	25
PA	N	/	24	35
	R	34	27	26
PO	N	26	28	28
	R	22	28	26

Cr_GA		AU	HA	LG
FO	N	5.1	7.1	8.7
PA	N	/	6.6	7.4
	R	2.9	7.2	6.6
PO	N	3.8	5.7	6.4
	R	3.6	5.6	5.5

Cu_GA		AU	HA	LG
FO	N	31	28	33
PA	N	/	29	32
	R	/	31	33
PO	N	31	36	33
	R	24	31	30

Ni_GA		AU	HA	LG
FO	N	18	14	15
PA	N	/	17	15
	R	18	13	12
PO	N	13	13	12
	R	/	13	13

Pb_GA		AU	HA	LG
FO	N	41	63	64
PA	N	/	48	52
	R	50	55	56
PO	N	33	56	53
	R	33	58	57

Zn_GA		AU	HA	LG
FO	N	26	31	43
PA	N	/	28	35
	R	27	39	50
PO	N	46	44	40
	R	29	52	53

As_IN		AU	HA	LG
FO	N	/	18	22
PA	N	/	/	25
	R	/	25	24
PO	N	/	30	22
	R	/	29	26

Cd_IN		AU	HA	LG
FO	N	/	/	/
PA	N	/	/	34
	R	/	30	30
PO	N	/	/	33
	R	/	33	29

Co_IN		AU	HA	LG
FO	N	/	12	14
PA	N	/	13	16
	R	/	14	15
PO	N	/	14	14
	R	/	13	11

Cr_IN		AU	HA	LG
FO	N	/	3	3.3
PA	N	/	2.2	2.7
	R	/	3	2.4
PO	N	/	2	1.9
	R	/	2.2	2.2

Cu_IN		AU	HA	LG
FO	N	/	28	35
PA	N	/	23	35
	R	/	27	33
PO	N	/	35	36
	R	/	33	30

Ni_IN		AU	HA	LG
FO	N	/	12	12
PA	N	/	16	9.2
	R	/	12	9.9
PO	N	/	11	9.4
	R	/	9.2	8.5

Pb_IN		AU	HA	LG
FO	N	/	31	29
PA	N	/	/	29
	R	/	28	27
PO	N	/	26	22
	R	/	27	24

Zn_IN		AU	HA	LG
FO	N	/	21	11
PA	N	/	18	13
	R	/	16	17
PO	N	/	12	11
	R	/	13	16

8.11.3.3 Prédictions

Etant donné la lourdeur de ces expérimentations, il est important pour le gestionnaire de disposer d'outil permettant de prédire les valeurs de bioaccessibilité sans devoir effectuer les tests. Dans cette optique, nous avons examiné 6 modèles prédictifs :

- « Modèle 0 » : la valeur prédite est une constante, égale à la moyenne de nos résultats exprimentaux sur le jeu de donnée utilisé pour la comparaison des modèles,
- « Modèle 1 » : prédiction basée sur les teneurs totales en éléments majeurs (Ca, Mg, Mn et Fe) [19],
- « Modèle 2 » : prédiction basée sur les paramètres pédologiques (Corg, Argile, pH_KCl) [20],
- « Modèle 3 » : prédiction basée sur les teneurs totales en éléments majeurs (Ca, Mg, Mn et Fe) et sur les paramètres pédologiques (Corg, Argile, pH_KCl),
- « Modèle 4 » : prédiction basée sur les moyennes expérimentales pour chaque classe de niveau 3 de la typologie (*cf.* table 8.52),
- « Modèle 5 » : prédiction basée sur les teneurs totales en éléments majeurs (Ca, Mg, Mn et Fe), sur les paramètres pédologiques (Corg, Argile, pH_KCl) et sur la présence d'artefacts (déchets de constriction, charbon, etc.). Les résultats de ce modèle ne sont pas présentés car aucune des variables liées aux artefacts n'avait un effet significatif.

La modélisation a été effectuée sur un jeu de données filtré : suppression des valeurs atypiques univariées et multivariées et suppression des lignes (une ligne correspond à un échantillon) comprenant une valeur manquante pour au moins un facteur explicatif. La suppression de ces lignes garantit que les 6 modèles sont calculés exactement sur les mêmes points, afin de pouvoir les comparer rigoureusement.

Les prédictions sont effectuées par régression linéaire (modèles 1 à 3), ANOVA (modèle 4) ou ANCOVA (modèle 5) utilisant la procédure de sélection des variables de type « stepwize ». Les coefficients de détermination ont été calculés pour les modèles 1 à 5.

Pour chaque option, nous avons calculé l'incertitude sur la prédiction (IC95), définie par la moitié de l'écart entre les bornes de l'intervalle de confiance à 95% autour de la valeur prédite [21]. Nous avons également calculé l'écart absolu moyen entre chaque observation et la valeur prédite correspondante (EAM).

Enfin, nous avons calculé les incertitudes absolues sur les mesures (IC95_mes) en multipliant les incertitudes relatives sur les mesures (tables 8.50 et 8.51) par les

19. Al n'a pas été utilisé car l'analyse a été jugée trop peu fiable (section 2.4)
20. pH_H2O n'a pas été utilisé car de nombreuses valeurs sont manquantes pour les potagers
21. l'intervalle est calculé d'après la distribution des résidus (valeurs observées moins valeurs prédites) ; les résidus devant être compris entre ces deux bornes dans 95% des cas

moyennes des mesures utilisées pour la comparaison des modèles (tables 8.53 et 8.55). Pour le stade gastrique, l'incertitude sur la prédiction via la valeur moyenne (table 8.53) est nettement plus élevée que l'incertitude sur la mesure expérimentale, indiquant qu'une proportion significative de la variabilité pourrait être expliquée via la modélisation. Cette observation est également valable pour Co au stade intestinal (table 8.55). Par contre, pour les autres éléments au stade intestinal, l'incertitude sur la mesure expérimentale est proche de l'incertitude sur la prédiction utilisant uniquement la moyenne, ce qui signifie qu'il n'existe pratiquement pas de variabilité explicable via un modèle prédictif. Notons toutefois que ces observations ne sont qu'indicatives, car l'incertitude sur la mesure a été réalisé sur un nombre plus restreint d'observations (35 pour le stade gastrique et 21 pour le stade intestinal).

Stade gastrique

Les paramètres de synthèse des modèles pour la prédiction de la bio-accessibilité au stade gastrique sont repris dans les tables 8.53 et 8.54. Pour As, Co, Pb et Zn, les modèles 3 et 4, par rapport aux autres, apportent une diminution claire, mais faible, de l'écart absolu moyen (EAM) entre les observations et les valeurs prédites. Pour ces métaux, la diminution en terme d'incertitude sur la prédiction (IC95) est cependant faible, car ce paramètre est plus sensible à la présence de quelques valeurs de résidus élevées (paramètre calculé sur base du carré des erreurs). Pour les autres métaux, les modèles 1 à 4 n'apportent aucune amélioration prédictive par rapport au modèle 0, utilisant la moyenne des résultats. Ces observations peuvent être expliquées par le fait que les EAM et les IC95 autour de la moyenne sont déjà relativement faibles, reflétant une faible variabilité des observations.

Etant donné que la dispersion des observations autour de la moyenne est faible pour les éléments étudiés, l'utilisation de la moyenne des observations comme valeur prédictive est satisfaisante. La prise en compte de facteurs explicatifs via un modèle de régression, ou l'utilisation de moyennes par classes, n'apporte que peu, voire pas, de diminution de l'incertitude sur la prédiction. Il nous semble donc préférable d'opter pour une valeur de prédiction unique, égale à la moyenne de nos mesures expérimentales.

TABLE 8.53 – Nombre de points utilisés pour la modélisation de la bioaccessibilité au stade gastrique, moyenne des observations (% des teneurs ER correspondantes), incertitude sur la prédiction utilisant uniquement la valeur moyenne (IC95) et incertitude sur les mesures (IC95_mes)

	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
n	204	119	193	207	178	202	201	202
moyenne	19	81	27	6	31	13	56	45
IC95	15	17	11	3.7	14	6.4	21	27
IC95_mes	4.2	9.3	2.4	1.4	4.5	3.9	11	6.6

TABLE 8.54 – Comparaison des modèles permettant la prédiction de la bioaccessibilité au stade gastrique (EAM : Ecart Absolu Moyen ; IC95 : amplitude de l'intervalle de confiance à 95% ; valeurs exprimées en % de la teneur ER)

		Modèle 0	Modèle 1	Modèle 2	Modèle 3	Modèle 4
As	r^2	-	0.24	0.31	0.39	0.34
	EAM	6.2	5.4	5.2	4.9	5.0
	IC95	15	13	12	12	12
Cd	r^2	-	0.20	0.03	0.20	0.18
	EAM	7.0	6.1	7.0	6.1	6.2
	IC95	17	15	17	15	15
Co	r^2	-	0.21	0.19	0.29	0.20
	EAM	4.2	3.6	3.8	3.5	3.7
	IC95	11	9	9	9	9
Cr	r^2	-	0.28	0.15	0.34	0.34
	EAM	1.4	1.2	1.3	1.2	1.2
	IC95	3.7	3.1	3.4	3.0	3.0
Cu	r^2	-	0.06	0.02	0.06	0.06
	EAM	5.7	5.5	5.6	5.6	5.4
	IC95	14	13	14	14	13
Ni	r^2	-	0.06	0.06	0.09	0.11
	EAM	2.6	2.5	2.6	2.5	2.5
	IC95	6.4	6.2	6.2	6.1	6.1
Pb	r^2	-	0.26	0.17	0.29	0.28
	EAM	8.1	7.1	7.3	6.9	7.0
	IC95	21	18	19	17	18
Zn	r^2	-	0.25	0.29	0.40	0.32
	EAM	11	10	9	8	9
	IC95	27	23	23	21	22

Stade intestinal

Les paramètres de synthèse des modèles pour la prédiction de la bio-accessibilité au stade intestinal sont repris dans les tables 8.55 et 8.56. Tout comme pour le stade gastrique, les modèles 1 à 4 n'apportent que très peu d'avantages par rapport au modèle 0, vu la faible dispersion des valeurs mesurées autour de leur moyenne. Nous observons que pour la plupart des paramètres, l'incertitude sur la prédiction est proche de l'incertitude sur la mesure. Ceci indique que l'imprécision expérimentale serait la principale source de variabilité (qui est faible) pour ces paramètres. Il est donc très peu probable que l'incertitude sur la prédiction puisse être réduite via l'utilisation de modèles plus élaborés.

Il nous semble donc préférable d'opter pour une valeur de prédiction unique, égale à la moyenne de nos mesures expérimentales.

TABLE 8.55 – Nombre de points utilisés pour la modélisation de la bioaccessibilité au stade intestinal, moyenne des observations (% des teneurs ER correspondantes), incertitude sur la prédiction utilisant uniquement la valeur moyenne (IC95) et incertitude sur les mesures (IC95_mes)

	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
n	126	58	156	163	157	159	93	159
moyenne	26	32	13	2.4	31	10	26	14
IC95	14	11	6.4	1.6	14	6.1	12	11
IC95_mes	-	10	2.7	1.0	14	16	8.9	7.2

TABLE 8.56 – Comparaison des modèles permettant la prédiction de la bioaccessibilité au stade intestinal (EAM : Ecart Absolu Moyen ; IC95 : largeur de l'intervale de confiance à 95% ; valeurs exprimées en % de la teneur ER)

		Modèle 0	Modèle 1	Modèle 2	Modèle 3	Modèle 4
As	r^2	-	0.12	0.09	0.18	0.19
	EAM	5.9	5.4	5.6	5.2	5.1
	IC95	14	13	13	12	12
Cd	r^2	-	0.02	0.07	0.07	0.12
	EAM	4.4	4.3	4.3	4.3	4.0
	IC95	11	11	11	11	10
Co	r^2	-	0.17	0.11	0.21	0.18
	EAM	2.5	2.3	2.4	2.3	2.3
	IC95	6.4	5.8	6.0	5.8	5.8
Cr	r^2	-	0.13	0.05	0.13	0.19
	EAM	0.7	0.6	0.7	0.6	0.6
	IC95	1.6	1.5	1.6	1.5	1.5
Cu	r^2	-	0.02	0.03	0.03	0.17
	EAM	5.7	5.7	5.5	5.5	4.8
	IC95	14	14	14	14	13
Ni	r^2	-	0.05	0.02	0.05	0.16
	EAM	2.5	2.4	2.4	2.4	2.2
	IC95	6.1	5.9	6.0	5.9	5.6
Pb	r^2	-	0.13	0.12	0.13	0.08
	EAM	4.9	4.5	4.6	4.5	4.5
	IC95	12	11	11	11	11
Zn	r^2	-	0.01	0.03	0.03	0.11
	EAM	4.4	4.4	4.3	4.3	4.1
	IC95	11	10	10	10	10

8.11.3.4 Outil de gestion

La bioaccessibilité est une mesure de la fraction d'un polluant qui est solubilisée dans l'estomac ou l'intestin humain en cas d'ingestion de sol (légumes mal lavés, enfants jouant dans la terre, ...). Ces fractions sont exprimées en pourcentages de la teneur totale du polluant correspondant dans le sol. Dans le cadre de ce travail, nous exprimons la biocaccessibilité des ETM par rapport aux teneurs « Eau régale ». Sur base des analyses effectuées dans le cadre de cette convention (237 mesures pour le stade gastrique ; 178 mesures pour le stade intestinal), nous n'avons pas mis en évidence de dépendance forte avec un paramètre explicatif (propriété pédologique, éléments majeurs, ...), probablement parce que la dispersion des valeurs autour de leur moyenne est relativement faible.

Nous avons mis en évidence quelques effets des classes de sol, selon la typologie des situations, mais le modèle basé sur ces classes n'apportent pas d'avantages en terme d'incertitude sur la prédiction. De plus, de nombreuses valeurs de moyennes sont manquantes en raison du faible nombre d'observations pour certaines classes.

Nous proposons donc d'utiliser les moyennes globales de nos mesures comme valeurs attendues. Ces moyennes ont été calculées sur un jeu de données légèrement plus étendu que le jeu de donnée utilisé pour tester les modèles. Les valeurs atypiques univariées et multivariées ont également été supprimées, mais les échantillons présentant des valeurs manquantes pour les facteurs explicatifs testés ont été conservés. En plus de la moyenne, nous avons calculé les 5^e et 95^e centiles pour ce jeu de données en utilisant les formules suivantes :

- 5^e centile = Moyenne - 1.645 * Ecart_Type
- 95^e centile = Moyenne + 1.645* Ecart_Type

Ces formules sont basées sur une distribution normale ; cette condition étant rencontrée pour ces paramètres.

Les nombres d'observations utilisés et les gammes de teneurs « Eau régale » correspondantes sont présentés dans les tables 8.57 et 8.59.

Les tables 8.58 et 8.60 reprennent les valeurs attendues (moyennes) et les 5^e et 95^e centiles des distributions pour la bioaccessibilité (absolue) aux stades gastrique et intestinal pour des échantillons de sols représentatifs des zones de PAP en région wallonne (gammes de teneurs « Eau régales » reprises dans les tables 8.57 et 8.59).

Si le gestionaire désire obtenir un apperçu global de la situation en zone de PAP, il peut se baser sur les valeurs attendues (moyennes). S'il désire évaluer un risque sur un site particulier, nous lui suggérons d'utiliser les 95 centiles afin de se placer dans une situation raisonnablement défavorable (valeur dépassée dans 5% des cas).

Dans le contexte de l'évaluation des risques, doit-on utiliser les valeurs correspondant au stade gastrique, au stade intestinal ou une combinaison des deux ? Dans sa thèse, J. Caboche a comparé la bioaccessibilité pour ces deux stades à une expérience in-vivo sur des porcelets. Il a obtenu des prédictions aussi bonnes pour les deux stades,

mais les résultats étaient plus variables pour le stade intestinal. Il a effectué les comparaisons sur base de la bioaccessibilité relative [22], or ces valeurs diffèrent très peu entre les deux stades et sont très proches de la bioaccessibilité absolue au stade gastrique. Cela signifie que la chute de bioaccessibilité absolue entre le stade gastrique et intestinal pour la plupart des métaux dépend très peu du sol, mais du processus de digestion lui-même. Nous proposons donc d'utiliser les valeurs pour le stade gastrique, sauf pour l'Arsenic. Pour cet élément, une quantité supplémentaire semble être dissoute entre le stade gastrique et le stade intestinal, c'est pourquoi l'utilisation de la valeur au stade intestinal est préférable (situation plus défavorable en terme de risque).

TABLE 8.57 – Nombre d'observations et gamme de teneur « Eau régale » correspondant au jeu de donné utilisé pour le calcul des valeurs attendues au stade gastrique

	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
n	216	126	206	223	190	220	217	219
Eau régale (min.)	5.0	0.8	1.0	16	20	9.2	12	15
Eau régale (méd.)	14	1.7	13	36	40	29	122	280
Eau régale (max.)	78	9.8	30	112	146	60	1485	2100

TABLE 8.58 – Valeurs attendues, 5^{e} centiles et 95^{e} centiles pour de la bioaccessibilité au stade gastrique (en % de la teneur ER)

	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
5e centile	6	67	18	3	20	8	39	22
valeur attendue	19	81	27	6	31	13	56	45
95e centile	32	95	35	9	43	19	74	67

TABLE 8.59 – Nombre d'observations et gamme de teneur « Eau régale » correspondant au jeu de donné utilisé pour le calcul des valeurs attendues au stade intestinal

	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
n	131	60	162	171	164	167	97	167
Eau régale (min.)	10	1.2	3.7	18	6.4	8.6	103	64
Eau régale (méd.)	15	2.1	12	36	40	30	194	264
Eau régale (max.)	46	6.0	27	112	131	70	784	2100

22. bioaccessibilité relative = bioaccessibilité absolue (étudiée dans notre travail) divisée par un coefficient égal à la bioaccessibilité d'un sel du métal correspondant

TABLE 8.60 – Valeurs attendues, 5^{e} centiles et 95^{e} centiles pour la bioaccessibilité au stade intestinal (en % de la teneur ER)

	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
5e centile	15	23	8	1	19	5	16	6
valeur attendue	26	32	13	2	31	10	26	15
95e centile	37	41	18	4	43	16	36	24

Conclusions et Perspectives

Le « volet 1 » du projet POLLUSOL 2 est la première étude de grande envergure qui s'intéresse aux sols des régions urbaines et industrielles de Wallonie. Huit secteurs de la Wallonie affectés par la « pollution atmosphérique de proximité » (PAP) ont été sélectionnés, car ils représentaient bien les différents contextes pédogéologiques et hydrogéologiques des principaux bassins industriels wallons potentiellement affectés par la PAP. Huit zones d'étude représentatives de ces secteurs ont fait l'objet d'une campagne de collecte et d'analyse d'échantillons de sols et de litières. Des échantillons de sols agricoles, de forêt et de parc ont été prélevés par l'équipe de recherche de l'UCL sur 398 points répartis sur ces huit zones.

L'horizon de surface du sol et les différents horizons rencontrés en profondeur aux points d'échantillonnage ont fait l'objet d'une description et d'une détermination des éventuels artefacts rencontrés. En tout, 1325 horizons de sols ont été décrits. Ce travail constitue la base du travail de typologie des situations rencontrées dans les régions urbaines et industrielles de Wallonie. Pour classer les sols en différentes catégories, il est en effet nécessaire de connaître précisément leur composition en termes de succession d'horizons, de charge caillouteuse (naturelle ou artificielle) et de matériaux exogènes (remblais).

Les résultats du contrôle qualité ont permis d'estimer l'occurrence d'erreurs grossières, de valeurs anomales et la fidélité des résultats des analyses d'éléments majeurs et en traces. Ce travail a constitué un préalable indispensable à toute interprétation scientifiquement fondée des données, et a eu des implications pratiques pour la réalisation de chacune des missions confiées à l'UCL dans le cadre de la présente convention.

L'analyse statistique des résultats a permis de déterminer les caractéristiques principales des polluants. L'effet de la profondeur d'échantillonnage sur les concentrations en polluants a été étudié : pour la plupart des polluants organiques et quelques polluants inorganiques, les concentrations dans l'horizon de surface sont beaucoup plus élevées que les concentrations trouvées dans les horizons profonds. Nous avons aussi comparé les concentrations en polluants trouvés dans les sols de remblais par rapport aux sols «naturels» [23]. Les concentrations en polluants des remblais ne sont pas toujours plus élevées que les concentrations retrouvées dans les sols naturels» : un remblai n'est

23. Les guillemets signifient que l'on parle ici des sols proches de l'état naturel, sans qu'il soit possible d'affirmer que des sols dans un état totalement naturels subsistent encore de nos jours dans nos régions.

donc pas nécessairement plus «pollué» [24] qu'un sol naturel. L'effet de l'occupation du sol du type de sol sur les concentrations en polluants retrouvées dans les sols a aussi été analysé. Dans les horizons de surface des sols, l'occupation du sol influence les concentrations trouvées pour la plupart des polluants. Le type de sol influence principalement les concentrations en polluants inorganiques, tant dans l'horizon de surface que dans l'horizon profond. L'effet des charges caillouteuses technogéniques sur les concentrations en polluant a été examiné. Ceci a permis de mettre en évidence les corrélations positives qui existent entre les concentrations en certains polluants et la présence de certains types de charges caillouteuses technogéniques. Finalement, les relations entre polluants, et entre les polluants et les paramètres pédologiques ont été étudiés. Les principaux mécanismes qui déterminent les teneurs en polluants ont pu ainsi être mis en évidence.

Sur base des analyses statistiques, nous avons défini des classes de sol basées sur la combinaison des principaux paramètres influençant les teneurs en polluants. Pour les horizons de surface, ces critères sont : la région (région d'Aubange, zones de PAP du Hainaut et zones de PAP de Liège), l'occupation du sol, le caractère naturel ou remblais du sol, la lithologie et la classe de remblais, dépendant de la nature des charges caillouteuses rencontrées. Pour les horizons profonds, ces critères sont : la région (Région d'Aubange, zones de PAP du Hainaut et zones de PAP de Liège), le caractère remblais ou naturel du sol, la lithologie et la classe de remblais, dépendant de la nature des charges caillouteuses rencontrées. L'ensemble des échantillons analysés ont été classés selon ces critères. Pour l'ensemble des paramètres étudiés dans le volet 1, nous avons ensuite calculé des valeurs moyennes et des gammes de variation pour chacune de ces classes. Ces statistiques permettent d'obtenir des prédictions qui ne sont pas basées sur des cartes.

Lors de la description des sols, nous avons mis en évidence la nécessité d'identifier les déchets caillouteux (artefacts) rencontrés dans les sols urbains. Une attention toute particulière a été portée à l'identification des scories. Une campagne de récolte, d'analyse et d'identification de 94 échantillons a été menée. Elle a abouti à la mise au point d'une clef pour la détermination des scories sur le terrain.

La collaboration entre les équipes de l'UCL et de la FPMs dans le cadre du projet a permis la mise au point de cartes de retombées atmosphériques de polluants. Des modèles prédictifs des retombées atmosphériques ont été établis pour le zinc, le plomb, le cadmium, le cuivre, le mercure et les HAP. Le résultat de ces modèles prédictifs a permis de prédire l'augmentation des teneurs dans l'horizon de surface du sol attribuable aux retombées atmosphériques en tout point de la Wallonie. Ces cartes n'ont pas pu être réalisée pour tous les polluants étudiés dans POLLUSOL 2, soit parce que ces polluants ne sont pas liés à la PAP (As, Ni, Cr et Co), soit parce que nous ne disposons pas de points de contrôle dans les sols en dehors des huit zones d'étude de POLLUSOL 2

24. Les guillemets signifient qu'il est difficile de parler d'un état « pollué » ou « non pollué » pour un remblai, dans la mesure où il n'existe pas à proprement parler d'état naturel qui puisse servir de référence pour ce remblai..

nécessaire à l'établissement d'un modèle prédictif efficace.

Dans le cadre de la présente convention, l'UCL a fourni des cartes de concentration attendues dans les sols pour 13 polluants inorganiques et 21 polluants organiques. Les cartes ont été réalisées grâce à la collaboration avec le Dr P. Goovaerts (PGeostat LLC, Michigan, USA). De plus, des cartes d'incertitudes ont été réalisées : celles-ci renseignent la concentration qui a une probabilité inférieure à 5 chances sur 100 d'être dépassée. Des cartes de concentrations en tout point de la Wallonie existent pour As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb et Zn, les 16 HAP et CN_tot. Pour les autres polluants cartographiés, le modèle de prédiction spatiale ne disposait pas de points connus bien répartis sur l'ensemble de la Wallonie et les cartes se limitent aux huit zones d'étude. Finalement, pour certains polluants, il n'a pas été possible d'obtenir de bons résultats cartographiques. Il s'agit des polluants situés pratiquement toujours à un niveau inférieur aux limites de quantification (par ex. : Tl et BTEX), ou aux polluants qui ne se prêtent pas à une prédiction spatiale (par ex. : huiles minérales et Se). Par rapport aux cartes de POLLUSOL 1, les cartes de POLLUSOL 2 sont valables en dans les zones urbaines et péri-industrielles de Wallonie. De plus, nous disposons de cartes pour les HAP et CN_tot qui sont valables en tout point de la Région wallonne : il s'agit des premières cartes régionales de concentrations en polluants organiques.

Nous avons réalisé des extractions chimiques séquentielles sur une sélection de 210 échantillons. Les résultats de ces extractions nous ont permis de mettre en évidence des comportements très différents selon les métaux. En particulier, nous avons montré que les fractions résistantes aux 3 extractions sont largement dominantes pour As, Cr et Ni. A l'opposé, Cd et Zn (dans une moindre mesure) sont essentiellement présents sous forme échangeable et liée à des molécules organiques, dont une proportion importante est adsorbée à la surface des oxydes. Enfin, Cu et Pb sont essentiellement liés de manière stable (complexes) aux molécules organiques. Ces analyses ont confirmé que les teneurs très élevées en As, Co, Cr et Ni à Aubange sont liées à la présence naturelle de minéraux ferrifères. Elles ont en outre mis en lumière que les fractions les plus solubles de As et Zn sont plus élevées dans les potagers que dans les autres sols.

Les travaux dédiés à la prédiction du risque de transferts sol-plante comprennent la comparaison des résultats de 4 extractifs chimiques dans une optique de prédiction des teneurs dans les plantes, la mise au point de modèles basés sur l'extraction au $CaCl_2$et le test d'une méthode alternative pour la prédiction des teneurs dans la plante : l' extraction « cinétique ».

La comparaison de 4 extractifs ($CaCl_2$, EDTA, DTPA et Mehlich 3) par rapport aux teneurs mesurées dans le ray-grass cultivé *in-vitro* a montré que les résultats de l'extraction au $CaCl_2$, en combinaison éventuelle avec les résultats de l'extraction « Eau régale », permettent d'obtenir les meilleures prédictions des teneurs dans la plante. Le DTPA donne de meilleurs résultats pour la plupart des métaux, mais ne fonctionne pas pour As (limite de quantification trop haute).

La comparaison de modèles linéaires basés sur les résultats des extractions $CaCl_2$ et Eau régale, sur les propriétés pédologiques (pH, etc.) et sur les teneurs en éléments

majeurs, ont permis de sélectionnés des modèles donnant une très bonne prédiction des teneurs dans le ray-grass pour Cd et Zn et une bonne prédiction pour As et Cu. Par contre, aucun modèle n'a permis de prédire de façon satisfaisante Co, Cr, Ni, Pb et Sb, car la variabilité inter-échantillon est à peine plus élevée que l'incertitude analytique sur la mesure dans le ray-grass. Les teneurs en Cd et Zn dans le ray-grass peuvent également être prédites en multipliant les teneurs « Eau régale » par des coefficients propres à chaque classe de la typologie des situations.

Les extractions cinétiques donnent des prédictions valables pour As, Cd, Cu et Zn, mais qui ne sont pas meilleures que les prédictions basées sur les extractions sélectives et « Eau régale ». Cette méthode ne semble donc pas très intéressante étant donné que 7 analyses par échantillon sont requises.

Les analyses de bioaccessibilité, effectuées sur 237 échantillons de sol, visent à estimer la proportion de chaque métal qui est soluble dans l'estomac et l'intestin en cas d'ingestion de particules de sol. Ces analyses ont montré que les sols étudiés présentent une très faible variabilité en terme de bioaccessibilité aux stades gastriques et intestinaux. Les prédictions peuvent donc être réalisées en utilisant les moyennes globales, ou les moyennes par classe de sol (selon la typologie des situations). L'utilisation de modèles de régression n'a pas permis d'augmenter de façon significative la précision de ces prédictions.

Annexes

Annexe 1 : Cartes réalisées comme support à l'analyse des composantes de l'environnement pour la préparation des plans d'échantillonnage dans les huit zones d'étude

Carte 1 : Topographie (relief, de l'hydrographie, des éléments constitutifs du paysage, du réseau du chemin de fer et du réseau routier) ;

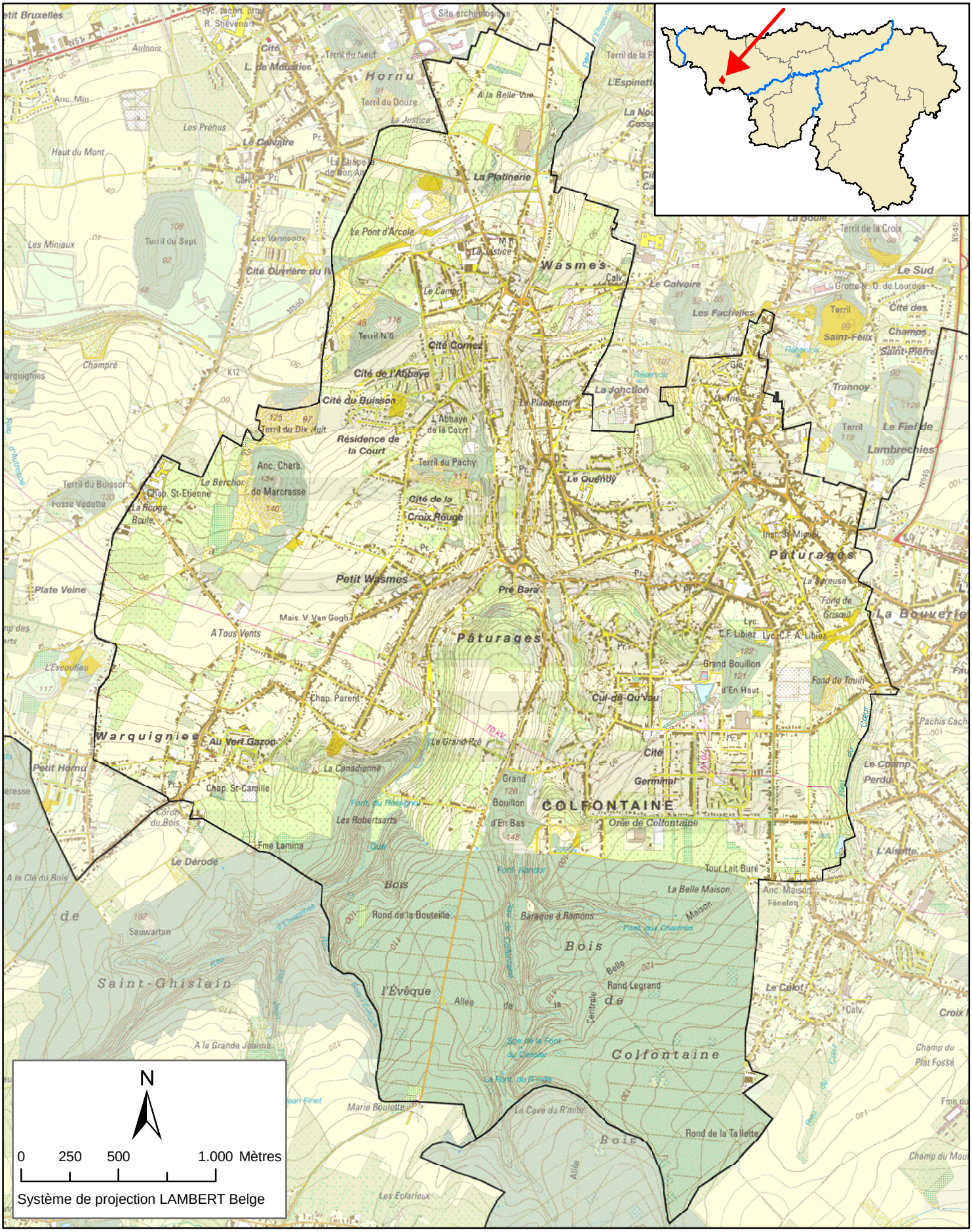
Carte 2 : Pédologie et de la présence de sols artificiels sur base des indications de la « Carte Numérique des Sols de Wallonie » (CNSW) et de la carte des terrils de la DGARNE ;

Carte 3 : Occupation du sol (sur base des informations de la « Carte d'Occupation du Sol de Wallonie » (COSW)) ;

Carte 4 : Localisation des industries de la base de données « Sources historiques de pollutions » de SPAQuE.

Carte 5 : Sites SPAQuE en cours sur les zones d'étude (carte réalisée par SPAQuE).

Carte 6 : Terrils et sols touchés par les activités anthropiques. Cette carte utilise les informations de la carte de sols sur les terrils et le jeu de données de la MRW-DGARNE comprenant les terrils actuels et la délimitation des anciens terrils en Région wallonne.


N
0 250 500 1.000 Mètres
Système de projection LAMBERT Belge
COLFONTAINE
Wasmes
Hornu
Warquignies
Pâturages
Petit Wasmes
Saint-Ghislain
Colfontaine
Bois
Cité Ouvrière du IV
Cité Cornez
Cité de l'Abbaye
Cité du Buisson
Résidence de la Court
Cité de la Croix Rouge
Le Pont d'Arcole
La Platinerie
Le Quesnoy
Le Calvaire
Le Sud
Trannoy
Lambrechies
La Bouverie
Grand Bouillon
Cul-de-Ou'vau
Germinal
Le Champ Perdu
Tour Lait Buré
Rond Legrand
Rond de la Bouteille
Rond de la Tallette
Marie Boulette
Les Eclarieux
Le Dérodé
Au Vert Gazon
Chap. St-Camille
Chap. Parent
Chap. St-Etienne
Anc. Charb. de Marcrasse
Terril du Pachy
Terril du Dix-Huit
Terril N°6
Terril du Neuf
Terril du Douze
Terril du Sept
Terril de la Croix
Les Fachelles
Les Minlaux
Haut du Mont
Les Préhus
Champré
Plate Veine
A Tous Vents
Mais. V. Van Gogh
Pré Bara
Le Grand Pré
La Canadienne
Les Robertsarts
Le Calot
L'Alsotte
Le Champ Perdu
Champ du Plat Fossé
Champ du Mou
Croix
Sauwartan
Fme Lamina
Fme du
Anc. Maison
Fénelon
Baraque à Ramons
Maison
Le Cave du R'mite
Allée de la Centrale
Allée
Ruelle
Rue
Grotte N.-D. de Lourdes
Site archéologique
Lyc. C.F.A. Libiez
Inst. St-Michel
Petit Bruxelles
Aulnois
Anc. Min
Le Calvaire
Les Vanneaux
Champs Saint-Félix
Saint-Pierre
Le Fief de
Trannoy
La Jonction
Le Plaquette
Le Berchor
Fosse Vedette
La Rouge Boule
Terril du Buisson
Petit Hornu
Pachis Gach
L'Escouteau
Fond de Touin
Fond de Griscail
La Sireuse
Grand Bouillon d'En Haut
Grand Bouillon d'En Bas
Cité
Orée de Colfontaine
Les Robertsarts
Fond du Rossignol
Fond Nandon
Fond aux Charmes
Sce de la Font du Censier
La Font du R'mite
Bois
Le Calvaire
Cité des
Champré
Champ
Champ
Champ

Carte 1b : Zone de La Louvière
Localisation et topographie

Légende

- Limites communales
- Limite de la zone d'étude pour les sols

Données sources :
- Fond de plan : Carte topographique 1:10.000 (Origine : IGN)
- Limites administratives et fleuves (Origine : ArcWallonie, Walphot)

Projet POLLUSOL 2

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

Réalisation :
UCL
Earth and Life Institute - environment (ELI-e)

UCL Université catholique de Louvain

Carte 1c1 : Zone de Charleroi - Châtelet : partie Charleroi
Localisation et topographie

Projet POLLUSOL 2

Données sources :
- Fond de plan : Carte topographique 1:10.000 (Origine : IGN)
- Limites administratives et fleuves (Origine : ArcWallonie, Walphot)

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/FSAGx/ULg/FPMs) financé par SPAQuE

Réalisation : UCL- Unité des sciences du sol

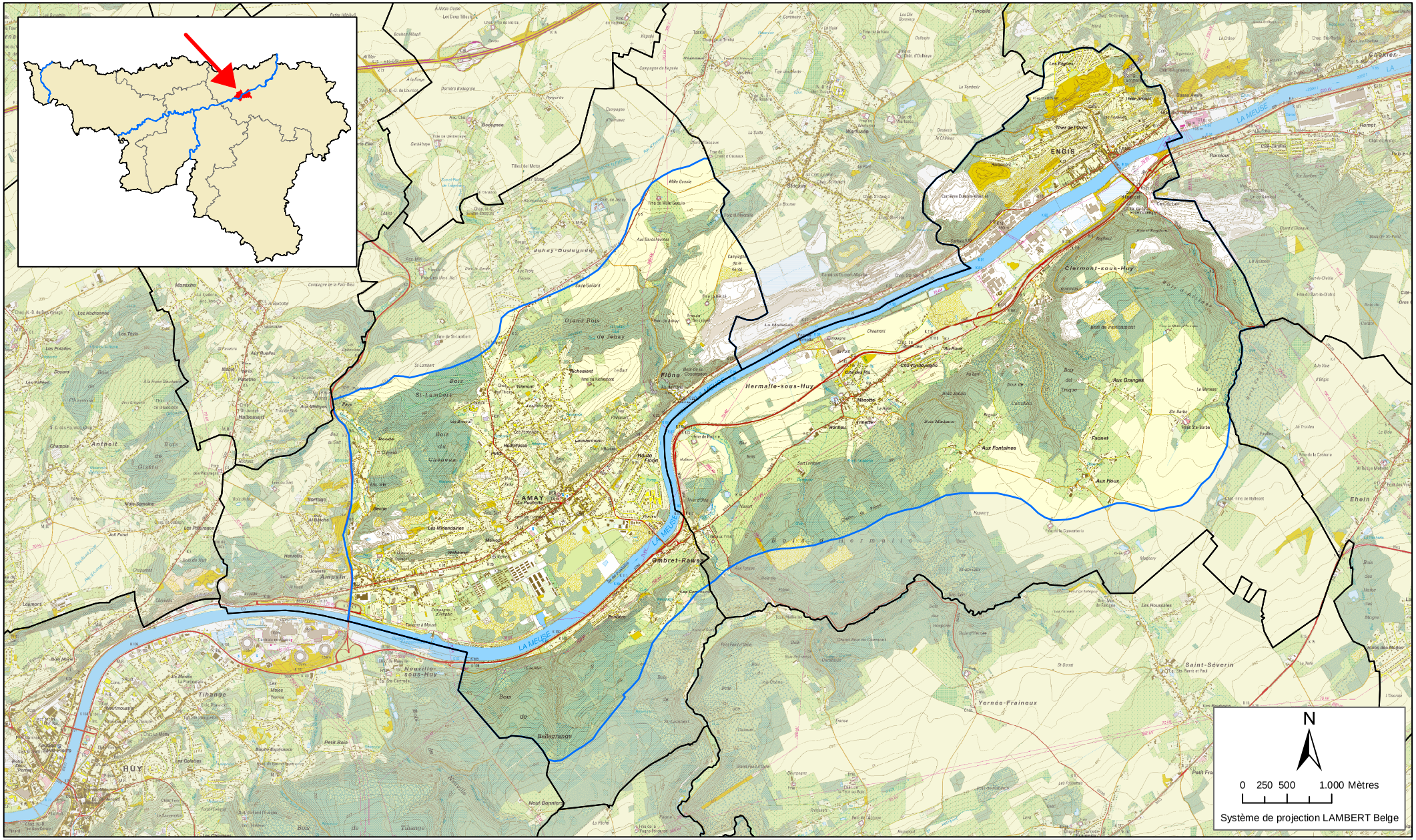
Carte 1c2 : Zone de Charleroi - Châtelet : partie Châtelet
Localisation et topographie

Projet POLLUSOL 2

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/FSAGx/ULg/FPMs) financé par SPAQuE

Réalisation : UCL- Unité des sciences du sol

Données sources :
- Fond de plan : Carte topographique 1:10.000 (Origine : IGN)
- Limites administratives et fleuves (Origine : ArcWallonie, Walphot)



Carte 1d : Zone de Amay-Engis
Localisation et topographie

Projet POLLUSOL 2

Légende

- Limites communales
- Limite de la zone d'étude pour les sols

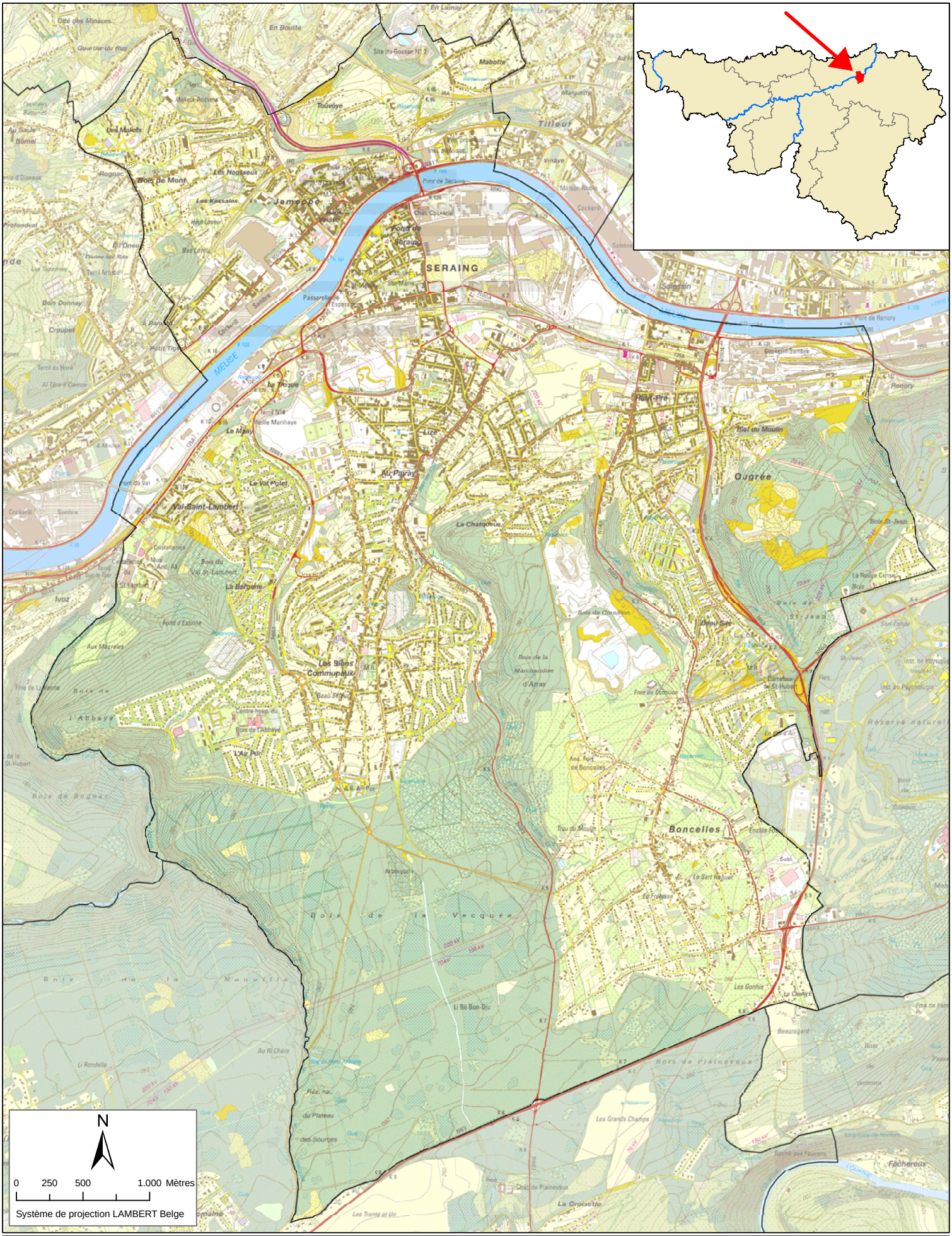
Données sources :
- Fond de plan : Carte topographique 1:10.000 (Origine : IGN)
- Limites administratives et fleuves (Origine : ArcWallonie, Walphot)

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

Réalisation :
UCL
Earth and Life Institute - environment (ELI-e)

UCL Université catholique de Louvain



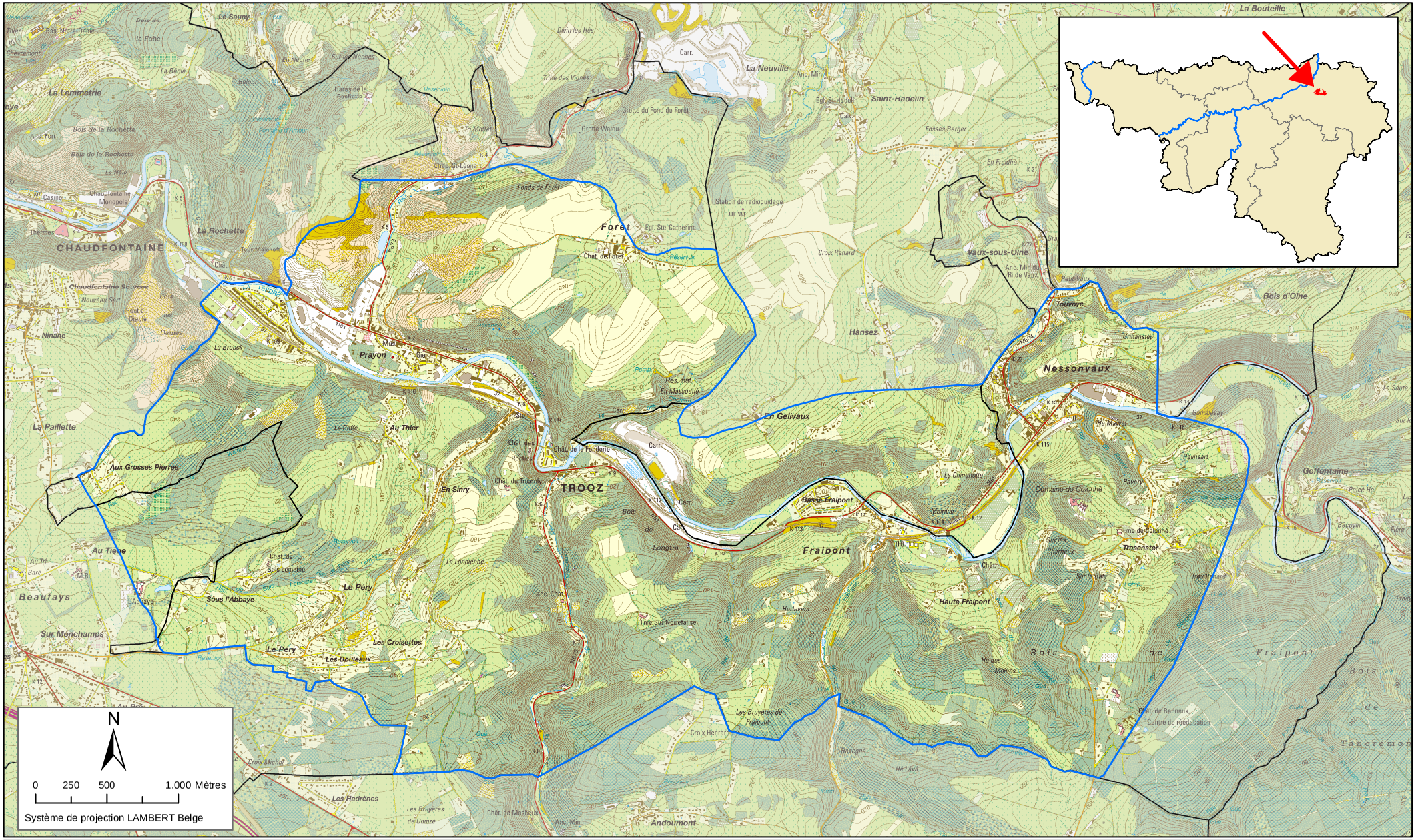
Carte 1e : Zone de Seraing
Localisation et topographie

Projet POLLUSOL 2

Données sources :
- Fond de plan : Carte topographique 1:10.000 (Origine : IGN)
- Limites administratives et fleuves (Origine : ArcWallonie, Walphot)

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/FSAGx/ULg/FPMs) financé par SPAQuE

Réalisation : UCL- Unité des sciences du sol



Carte 1f : Zone de Trooz
Localisation et topographie

Légende

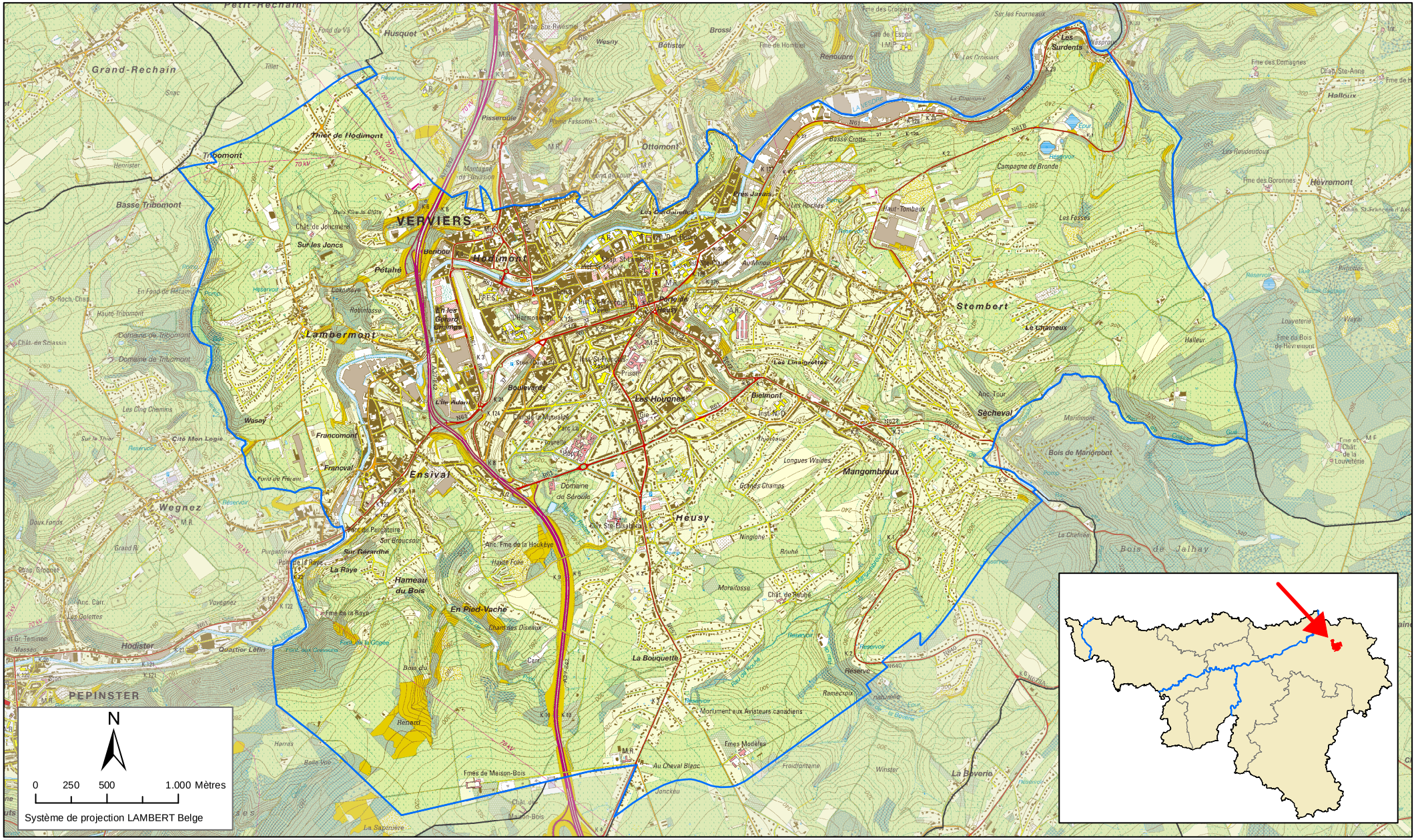
- Limites communales
- Limite de la zone d'étude pour les sols

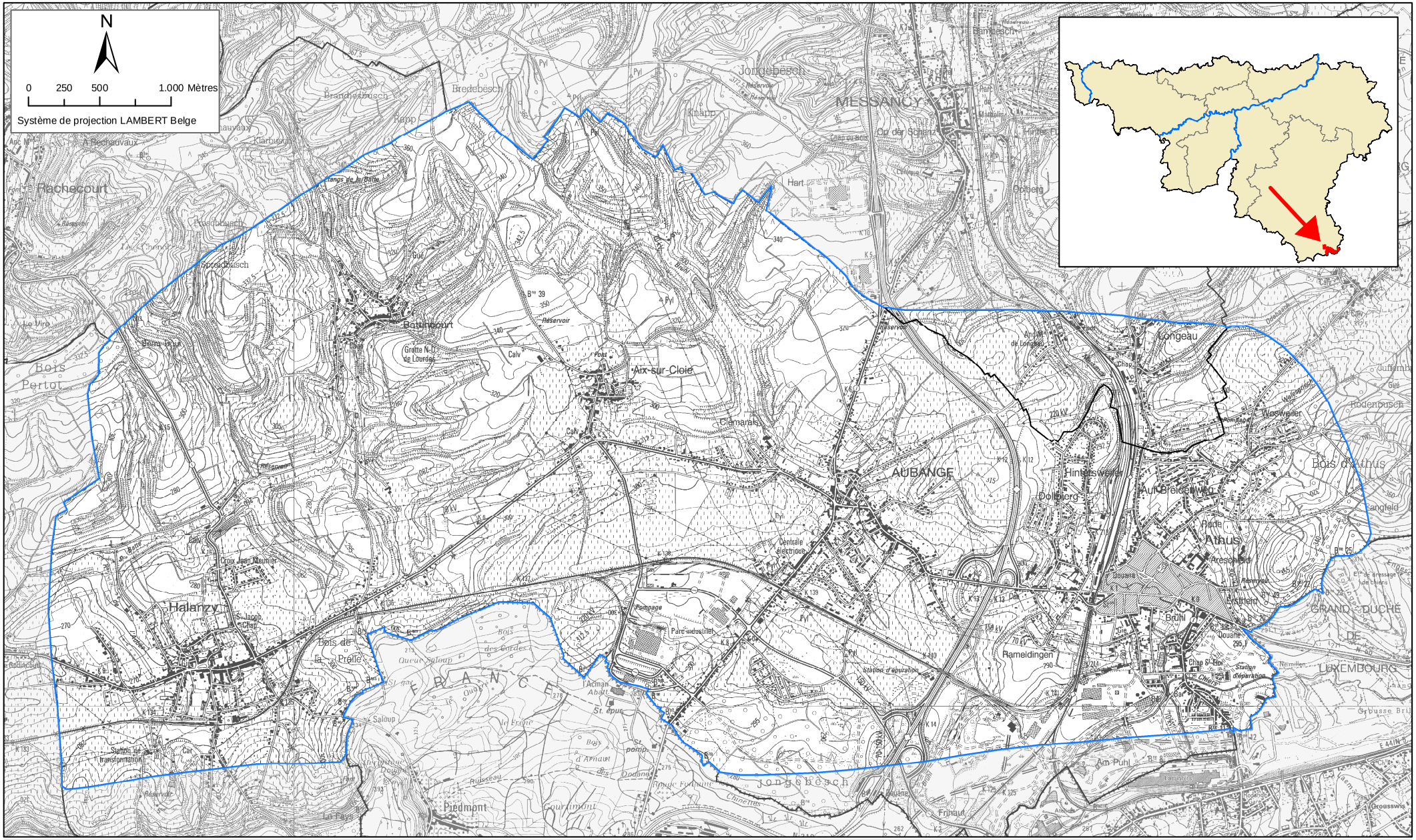
Données sources :
- Fond de plan : Carte topographique 1:10.000 (Origine : IGN)
- Limites administratives et fleuves (Origine : ArcWallonie, Walphot)

Projet POLLUSOL 2

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

Réalisation :
UCL
Earth and Life Institute - environment (ELI-e)


VERVIERS
Petit-Rechain
Grand-Rechain
Husquet
Thier de Hodimont
Tribomont
Basse Tribomont
Sur les Joncs
Pétahé
Lambermont
Wegnez
Ensival
Francomont
Wasay
Hodimont
Stembert
Heusy
Mangombroux
Bielmont
Les Hoyonnes
Boulevard
Hameau du Bois
En Pied-Vache
La Bouquette
Hodister
PEPINSTER
Ottomont
Brossi
Renoupré
Les Surdents
Halloux
Hévremont
Campagne de Bronde
Basse Crotte
Haut-Tombeux
Les Fosses
Le Chaineux
Sécheval
Bois de Mariompont
Bois de Jalhay
Longues Waides
Grands Champs
Ninglohe
Rouhé
Morairosse
Chât. de Rouhé
Monument aux Aviateurs canadiens
Fmes Modèles
Au Cheval Blanc
Froidfontaine
Winster
La Baverie
Fmes de Maison-Bois
Chât. de Maison-Bois
Jonckeu
Renard
Harras
Boite Voie
La Sapinière
Hodister
Quartier Lelin
Les Oolettes
Vavegnez
Anc. Carr.
Chap. Groenen
Grand Ri
Doux Fonds
Sur Broucson
Sur Berardha
La Raye
Anc. Fme de la Houkève
Haute Folie
Chant des Oiseaux
Fme de la Raye
Carr.
Bois du
Renard
Les Oolettes
Les Cinq Chemins
Cité Mon Logis
Sur le Thier
Domaine de Tribomont
Chât. de Sclassin
Haute-Tribomont
St-Roch. Chap.
En Fond de Retzin
Robinsosse
Lokonaye
Chât. de Jonchemin
Bois Fée la Crotte
Thier de Hodimont
Tribomont
Henrister
Snac
Tillet
Fond de Va
Husquet
Wesny
Brossi
Bâtister
Fme de Hombiet
Les Croisiers
Fme des Croisiers
Sur les Fourneaux
Les Surdents
Fme des Comagnes
Chap. Ste-Anne
Halloux
Les Houdeudoux
Fme des Goronnes
Hévremont
Chap. St-François d'Ass.
Les Fosses
Haut-Tombeux
Les Roches
Campagne de Bronde
Basse Crotte
Les Croisiers
Ottomont
Pisseroule
Fme Fassotte
Montagne de l'Invasion
Fond de Tour
Cres Jarais
Les Caddolles
Les Oolettes
Chap. St-Lambert
Ecl. St-Michel
Hodimont
Au Minou
Pétahé
Sur les Joncs
Verdenpoit
Chât. de Jonchemin
Bois Fée la Crotte
Thier de Hodimont
Tribomont
Basse Tribomont
Henrister
Snac
Tillet
Fond de Va
Husquet
Grand-Rechain
Petit-Rechain
Wesny
Brossi
Bâtister
Fme de Hombiet
Les Croisiers
Fme des Croisiers
Sur les Fourneaux
Les Surdents
Fme des Comagnes
Chap. Ste-Anne
Halloux
Les Houdeudoux
Fme des Goronnes
Hévremont
Chap. St-François d'Ass.
Les Fosses
Haut-Tombeux
Les Roches
Campagne de Bronde
Basse Crotte
Les Croisiers
Ottomont
Pisseroule
Fme Fassotte
Montagne de l'Invasion
Fond de Tour
Cres Jarais
Les Caddolles



Carte 1h : Zone de Aubange
Localisation et topographie

Projet POLLUSOL 2

Légende

- Limites communales
- Limite de la zone d'étude pour les sols

Données sources :
- Fond de plan : Carte topographique 1:10.000 (Origine : IGN)
- Limites administratives et fleuves (Origine : ArcWallonie, Walphot)

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

Réalisation :
UCL
Earth and Life Institute - environment (ELI-e)

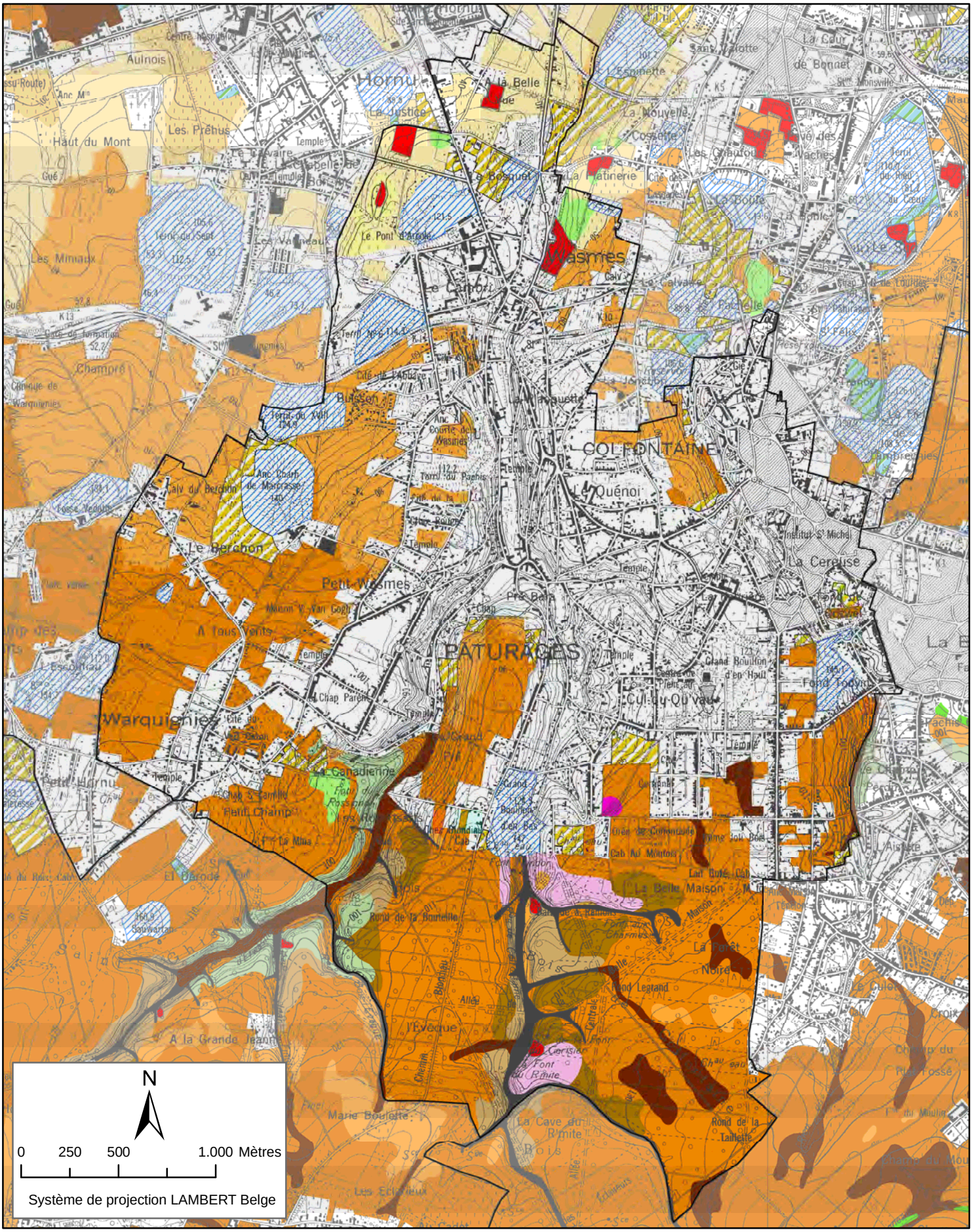
TYPES DE SOLS : LEGENDE ET SYMBOLOGIE

TYPES DE SOLS (Carte Numérique des Sols Wallons, 1:250.000)

- Sols tourbeux ou tourbières
- Sols sableux ou limono-sableux à drainage naturel excessif ou légèrement excessif
- Sols sableux ou limono-sableux à drainage naturel principalement modéré ou imparfait
- Sols sablo-limoneux à drainage naturel principalement favorable
- Sols sablo-limoneux à drainage naturel principalement modéré ou imparfait
- Sols limoneux à drainage naturel favorable
- Sols limoneux à drainage naturel modéré ou imparfait
- Sols limoneux à drainage naturel assez pauvre à très pauvre
- Sols argileux à drainage naturel favorable à imparfait
- Sols argileux à drainage naturel assez pauvre à très pauvre
- Sols limoneux peu caillouteux à drainage naturel favorable
- Sols limoneux peu caillouteux à drainage naturel principalement modéré à assez pauvre
- Sols limono-caillouteux à charge schisto-phylladeuse et à drainage naturel quasi-exclusivement favorable
- Sols limono-caillouteux à charge schisto-gréseuse ou gréseuse et à drainage naturel favorable
- Sols limono-caillouteux à charge schisto-gréseuse ou gréseuse et à drainage naturel modéré à assez pauvre
- Sols limono-caillouteux à charge schisteuse et à drainage naturel principalement favorable
- Sols limono-caillouteux à charge psammitique ou schisto-psammitique et à drainage naturel principalement favorable
- Sols limono-caillouteux à charge calcaire ou contenant du calcaire et à drainage naturel quasi-exclusivement favorable
- Sols limono-caillouteux à charge de silexite ou de gravier ou de conglomérat et à drainage naturel principalement favorable
- Sols limono-caillouteux à charge de grès calcaire ou de grès argilo-calcaire et à drainage naturel favorable à imparfait
- Sols limono-caillouteux à charge crayeuse et à drainage naturel favorable
- Regroupement de complexes de sols de textures différentes ou sur fortes pentes et de sols de fonds de vallons limoneux ou rocailleux

SOLS ARTIFICIALISES (Carte Numérique des Sols Wallons, 1:50.000)

- Complexe non différencié de carrières, terrils, remblais, terrains remaniés, zones bâties et industrialisées
- Fosses d'extraction
- Marnières
- Non cartographié (zone bâtie, cours d'eau ou plan d'eau, aérodrome, terrain militaire, etc.)
- Remblais
- Terrains remaniés
- Terrils
- Zone décapée mécaniquement



Carte 2a : Zone de Colfontaine
Principaux types de sols et sols artificiels

Projet POLLUSOL 2

Légende : voir page jointe

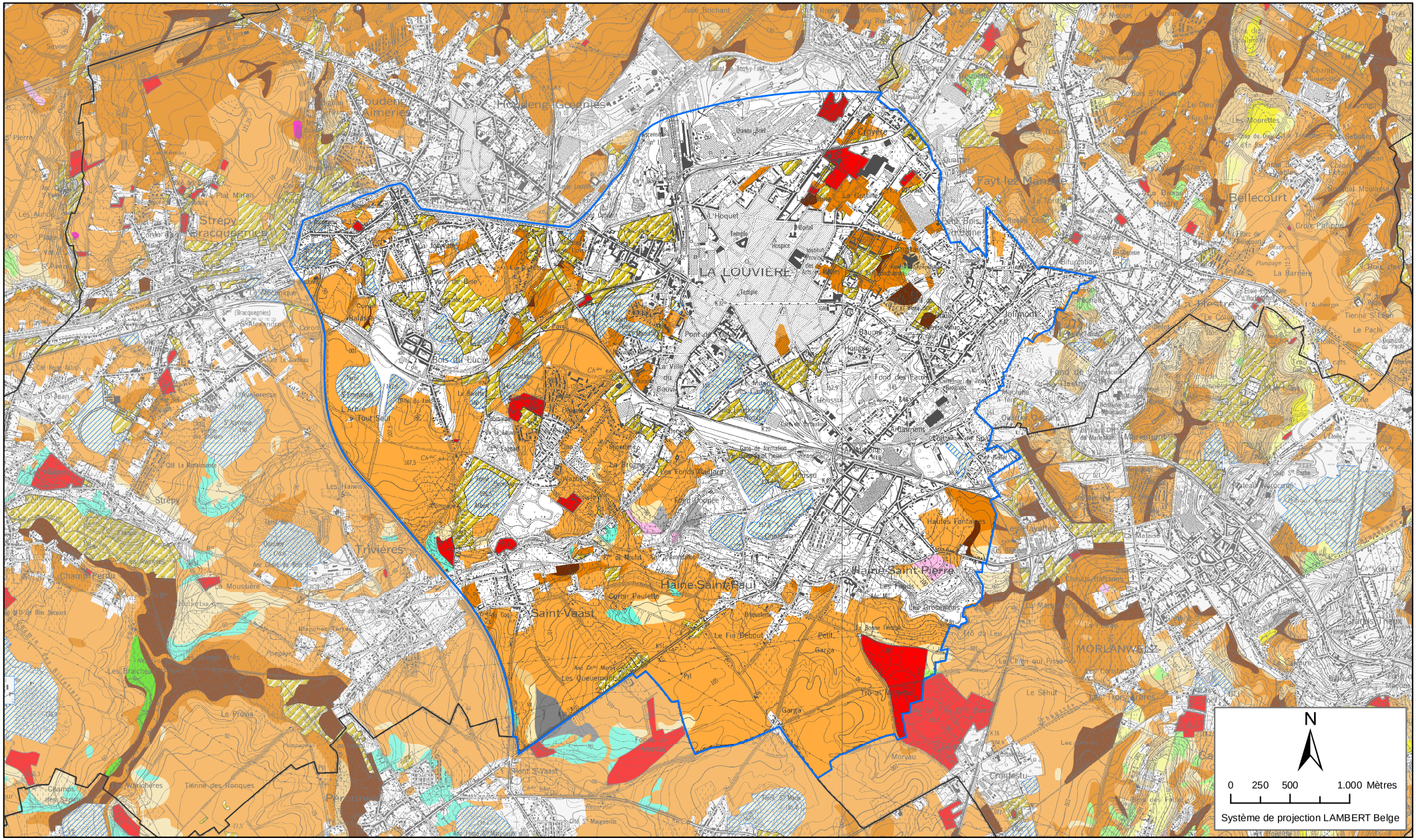
Données sources :
- Fond de plan : Carte topographique 1:10.000 (Origine : IGN)
- Carte des sols : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L&GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
(Copyright : Direction Générale de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et de l'Environnement, Service Public de Wallonie)

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/FSAGx/ULg/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

Réalisation :
UCL- Unité des sciences du sol

UCL Université catholique de Louvain



Carte 2b : Zone de La Louvière
Principaux types de sols et sols artificiels

Légende : voir page jointe

Données sources :
- Fond de plan : Carte topographique 1:10.000 (Origine : IGN)
- Carte des sols : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L&GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
(Copyright : Direction Générale de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et de l'Environnement, Service Public de Wallonie)

Projet POLLUSOL 2

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2
(SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs)
financé par SPAQuE

Réalisation :
UCL
Earth and Life Institute - environment (ELI-e)

Carte 2c1 : Zone de Charleroi - Châtelet : partie Charleroi
Principaux types de sols et sols artificiels

Projet POLLUSOL 2

Légende : voir page jointe

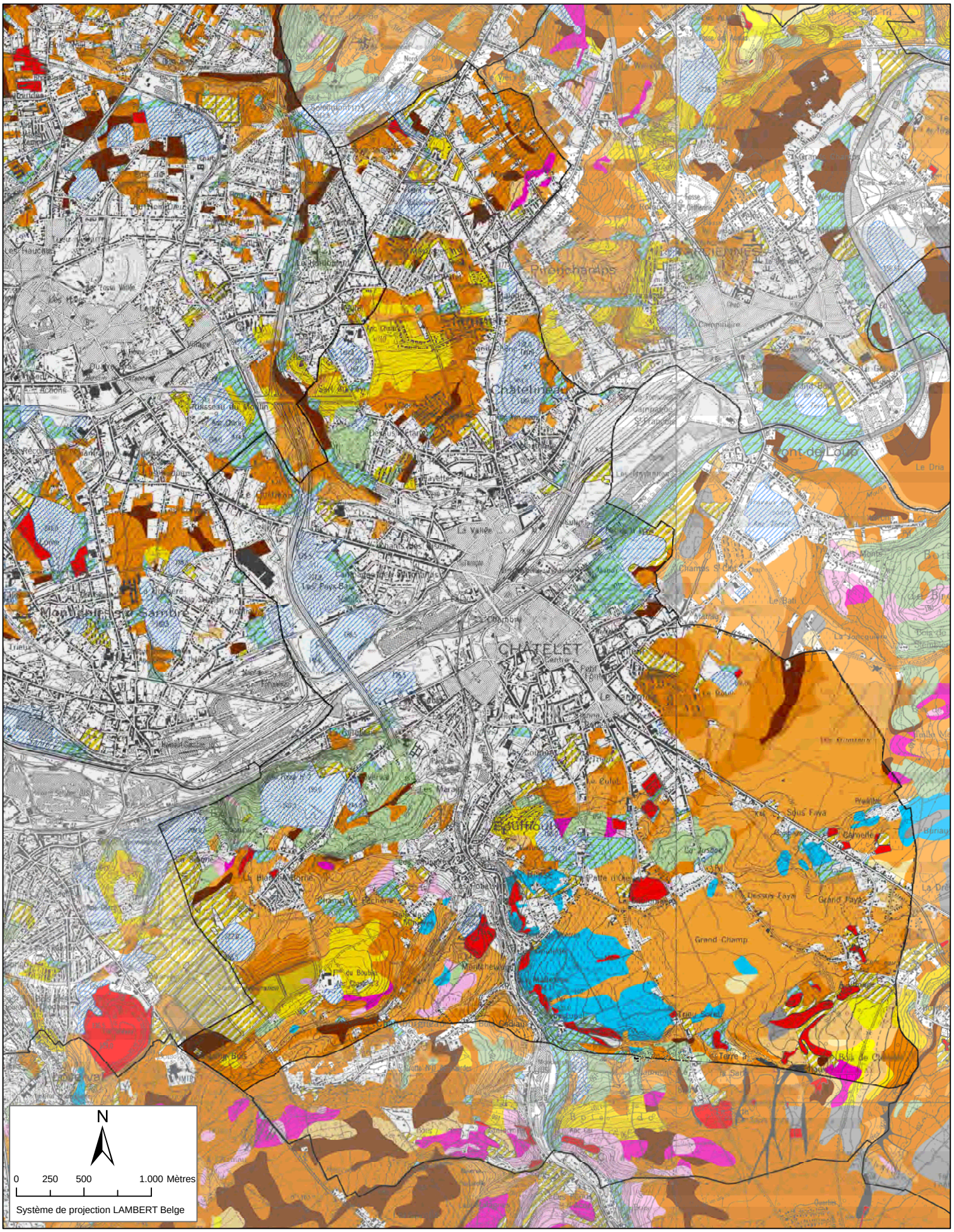
Données sources :
- Fond de plan : Carte topographique 1:10.000 (Origine : IGN)
- Carte des sols : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L&GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
(Copyright : Direction Générale de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et de l'Environnement, Service Public de Wallonie)

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/FSAGx/ULg/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

Réalisation : UCL- Unité des sciences du sol

UCL Université catholique de Louvain



Carte 2c2 : Zone de Charleroi - Châtelet : partie Châtelet
Principaux types de sols et sols artificiels

Projet POLLUSOL 2

Légende : voir page jointe

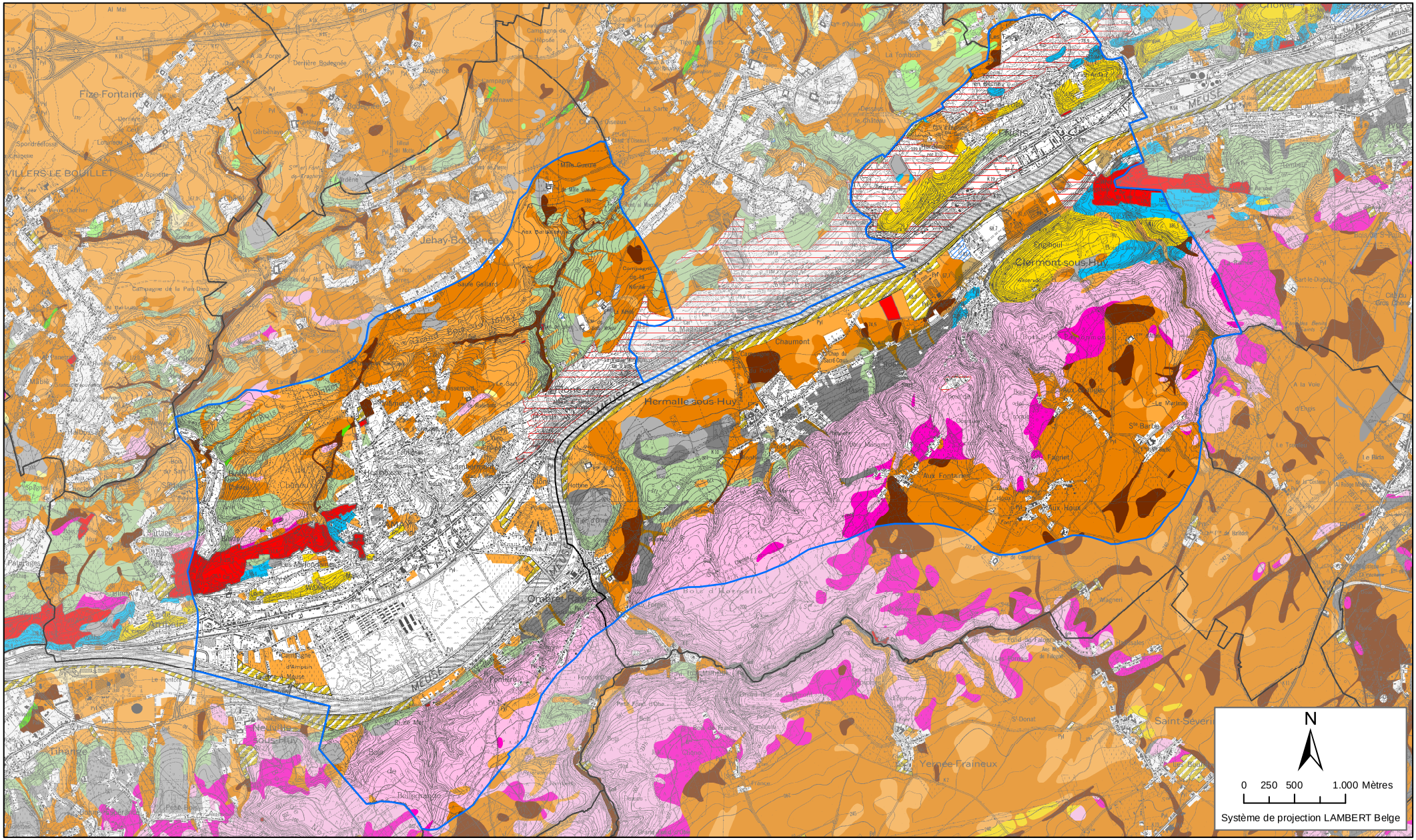
Données sources :
- Fond de plan : Carte topographique 1:10.000 (Origine : IGN)
- Carte des sols : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L&GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
(Copyright : Direction Générale de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et de l'Environnement, Service Public de Wallonie)

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/FSAGx/ULg/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

Réalisation : UCL- Unité des sciences du sol

UCL Université catholique de Louvain



Carte 2d : Zone de Amay-Engis
Principaux types de sols et sols artificiels

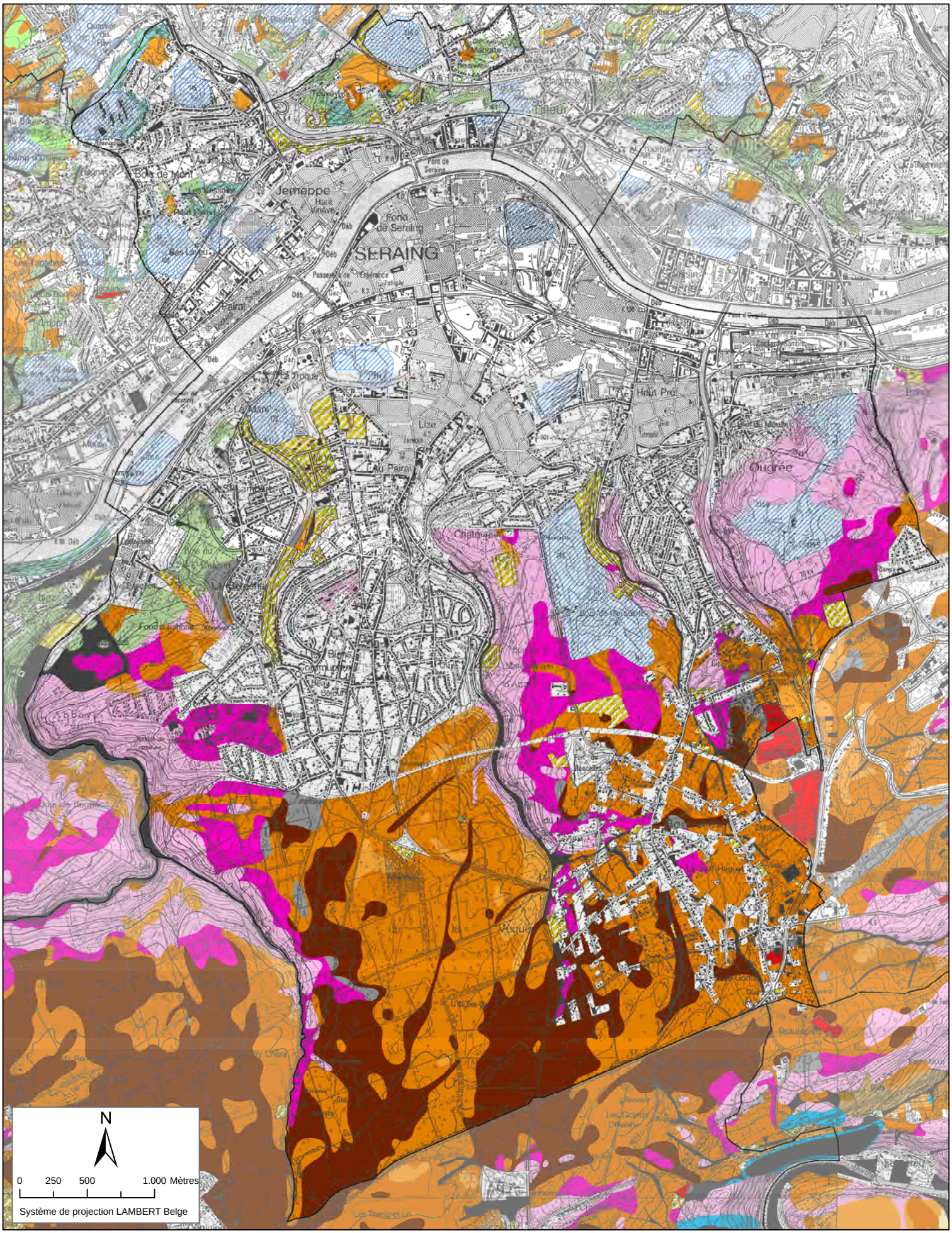
Légende : voir page jointe

Données sources :
- Fond de plan : Carte topographique 1:10.000 (Origine : IGN)
- Carte des sols : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L&GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
(Copyright : Direction Générale de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et de l'Environnement, Service Public de Wallonie)

Projet POLLUSOL 2

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2
(SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs)
financé par SPAQuE

Réalisation :
UCL
Earth and Life Institute - environment (ELI-e)



Carte 2e : Zone de Seraing
Principaux types de sols et sols artificiels

Légende : voir page jointe

Données sources :
- Fond de plan : Carte topographique 1:10.000 (Origine : IGN)
- Carte des sols : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L&GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
(Copyright : Direction Générale de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et de l'Environnement, Service Public de Wallonie)

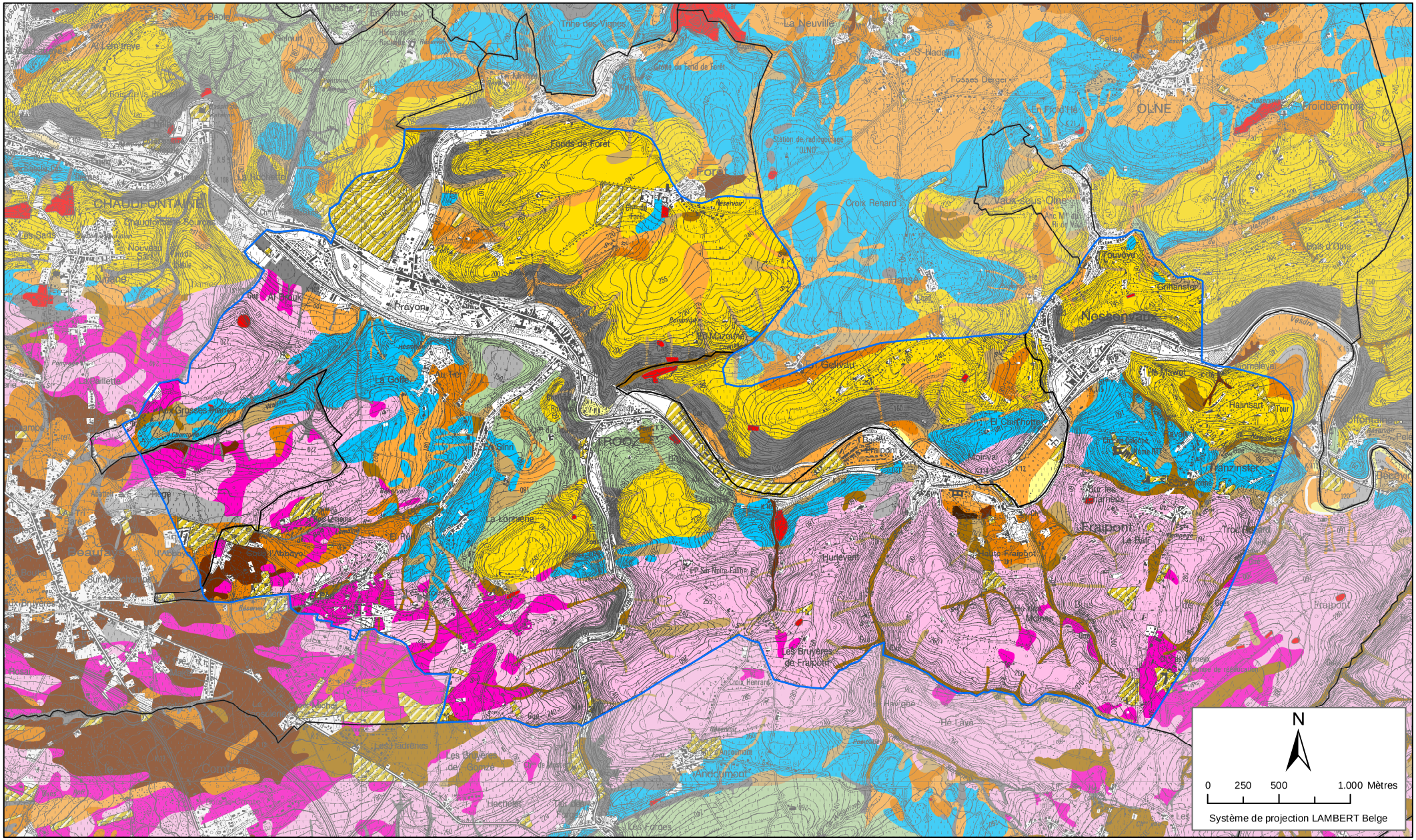
Projet POLLUSOL 2

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/FSAGx/ULg/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

Réalisation : UCL- Unité des sciences du sol

UCL Université catholique de Louvain



Carte 2f : Zone de Trooz
Principaux types de sols et sols artificiels

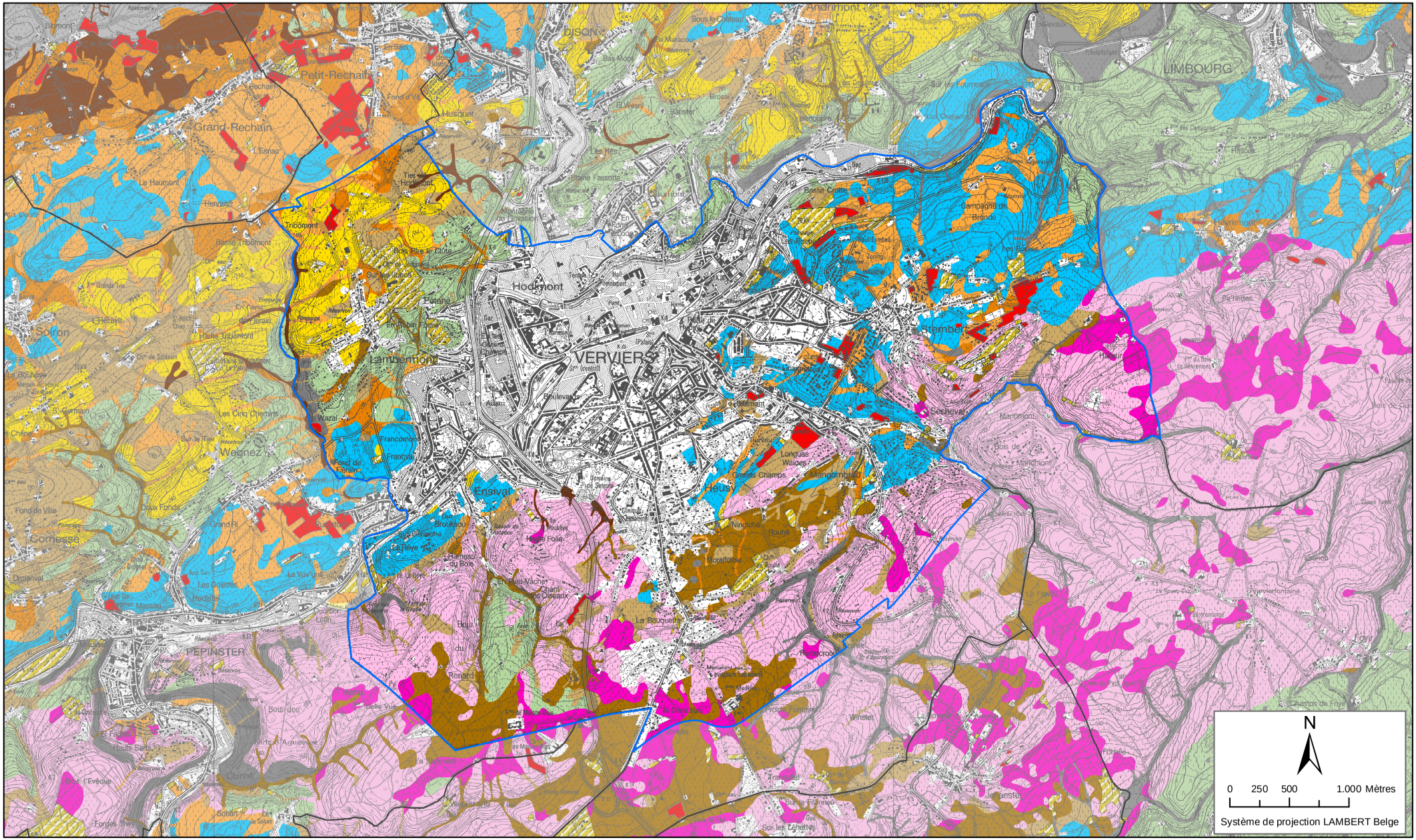
Légende : voir page jointe

Données sources :
- Fond de plan : Carte topographique 1:10.000 (Origine : IGN)
- Carte des sols : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L&GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
(Copyright : Direction Générale de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et de l'Environnement, Service Public de Wallonie)

Projet POLLUSOL 2

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

Réalisation :
UCL
Earth and Life Institute - environment (ELI-e)



Carte 2g : Zone de Verviers
Principaux types de sols et sols artificiels

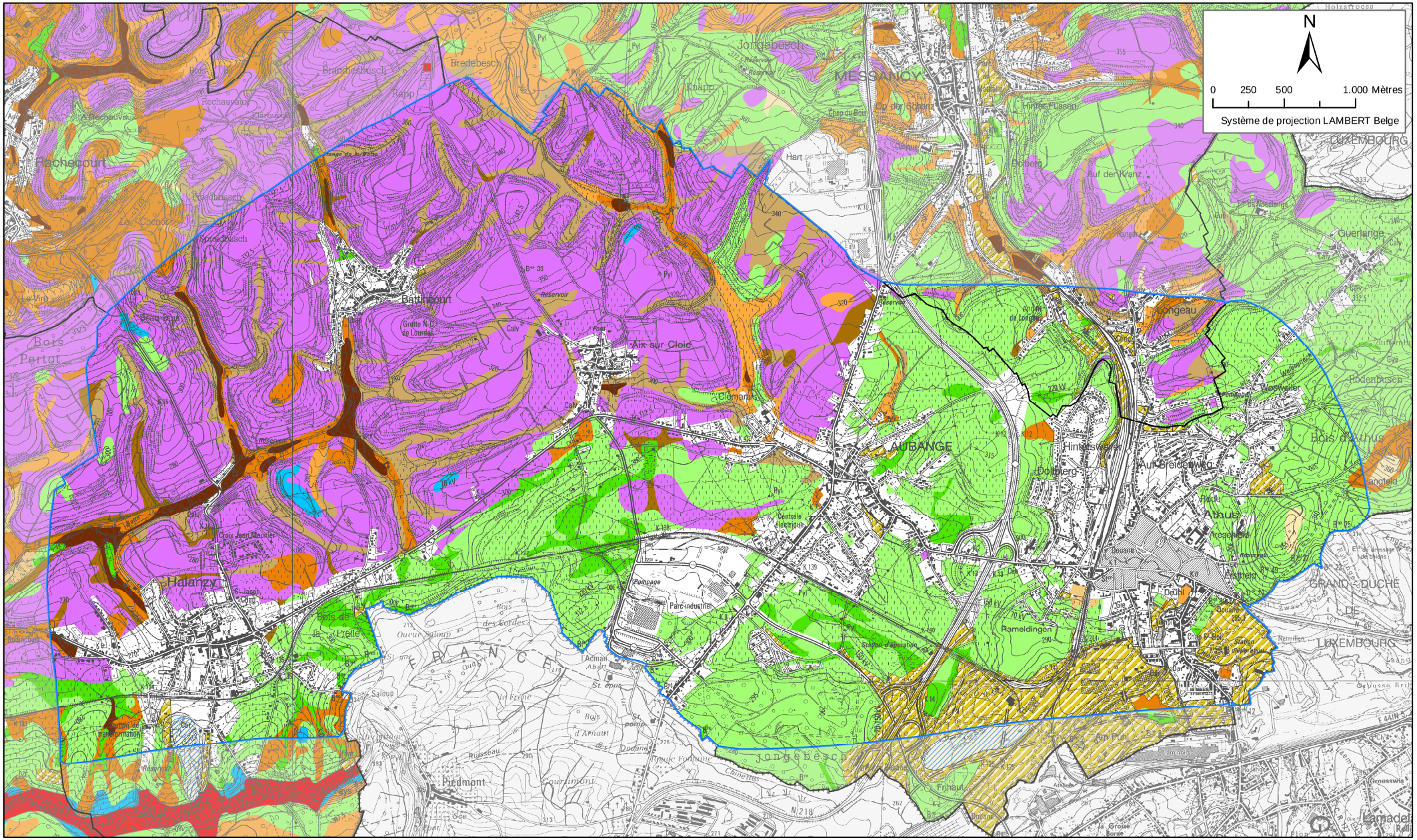
Légende : voir page jointe

Données sources :
- Fond de plan : Carte topographique 1:10.000 (Origine : IGN)
- Carte des sols : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L&GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
(Copyright : Direction Générale de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et de l'Environnement, Service Public de Wallonie)

Projet POLLUSOL 2

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2
(SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs)
financé par SPAQuE

Réalisation :
UCL
Earth and Life Institute - environment (ELI-e)



Carte 2h : Zone de Aubange
Principaux types de sols et sols artificiels

Légende : voir page jointe

Données sources :
- Fond de plan : Carte topographique 1:10.000 (Origine : IGN)
- Carte des sols : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L&GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
(Copyright : Direction Générale de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et de l'Environnement, Service Public de Wallonie)

Projet POLLUSOL 2

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

Réalisation :
UCL
Earth and Life Institute - environment (ELI-e)

OCCUPATION DU SOL : LEGENDE ET SYMBOLOGIE

TERRITOIRES ARTIFICIALISES

- Ilots urbains continus de très haute densité
- Ilots urbains continus de haute densité
- Ilots urbains
- Tissu bâti

- Terrains à usage industriel et artisanat
- Service administratif
- Service social et de santé
- Equipement scolaire
- Equipement de culte
- Cimetières
- Bâtiments et enceintes militaires
- Equipement technique
- Equipement socio-culturel
- Equipement sportif et récréatif couvert
- Terrains occupés par des commerces, bureaux et services
- Terrains occupés par des bâtiments d'exploitation agricole
- Réseau routier et espaces associés
- Réseau ferroviaire et espaces associés
- Zones portuaires

- Terrils en exploitation
- Décharges
- Ruines et bâtiments abandonnés
- Friches industrielles

- Espaces verts urbains
- Campings, parcs résidentiels et villages de vacances
- Terrains de sports, parcs de loisirs et d'attraction

- Autres terrains artificialisés

TERRITOIRES AGRICOLES

- Cultures annuelles
- Cultures maraîchères et horticoles
- Pépinières et sapins de Noël
- Cultures permanentes
- Prairies temporaires
- Friches agricoles

- Prairies permanentes
- Bandes enherbées

FORETS ET MILIEUX SEMI-NATURELS

- Forêts (type non spécifié)
- Forêts de feuillus
- Forêts de conifères

- Forêts et végétation arbustive en mutation
- Terrils recolonisés

ZONES HUMIDES ET SURFACES EN EAU

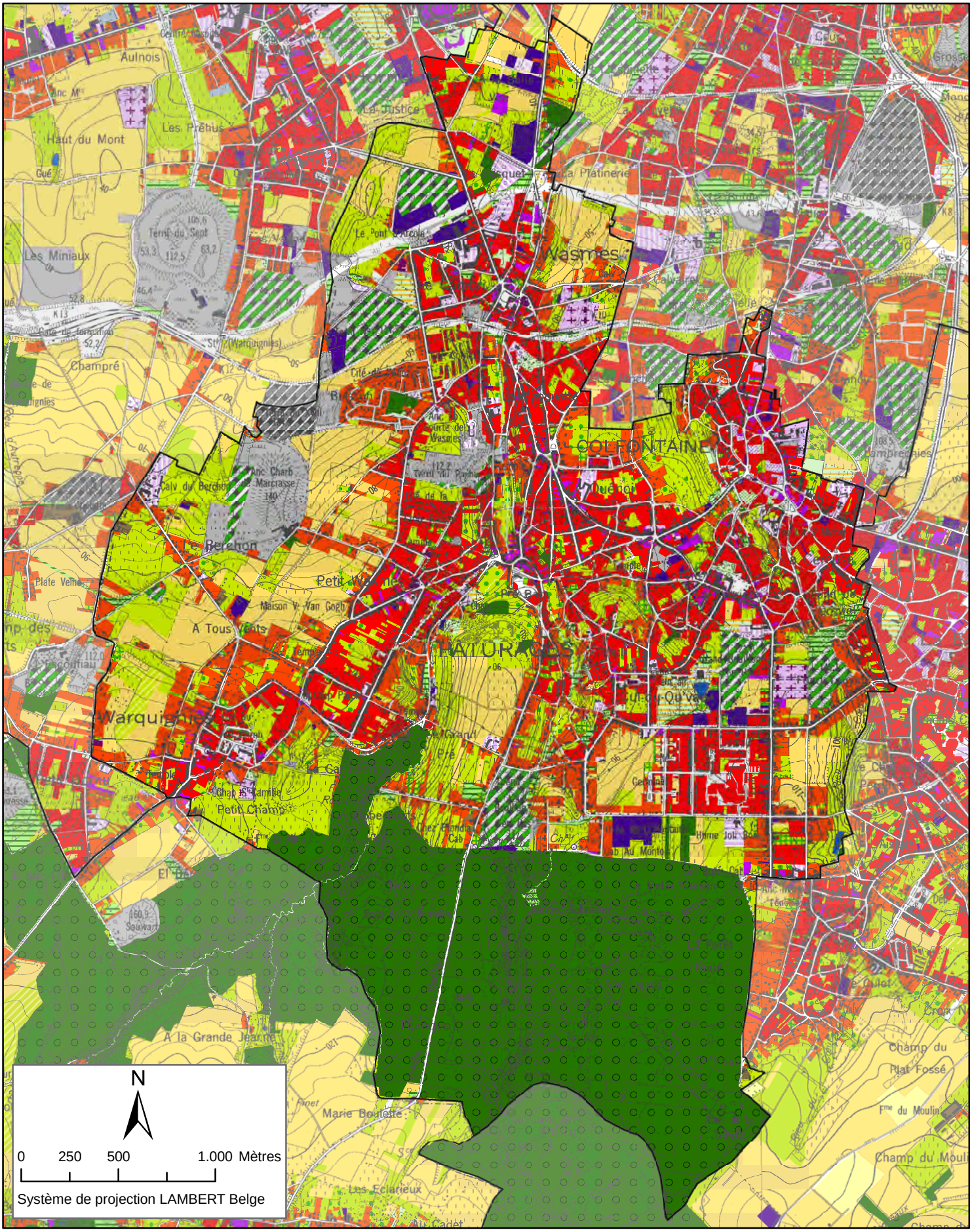
- Zones humides
- Cours et voies d'eau
- Plans d'eau

NON CLASSE

- Non classé

NON CADASTRE

- Non cadastré



Carte 3a : Zone de Colfontaine
Occupation du sol

Projet POLLUSOL 2

Légende : voir page jointe

Données sources :
- Fond de plan : Carte topographique 1:10.000 (Origine : IGN)
- Carte d'occupation du sol : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2005/Doc.1022/28.04/B.L.)

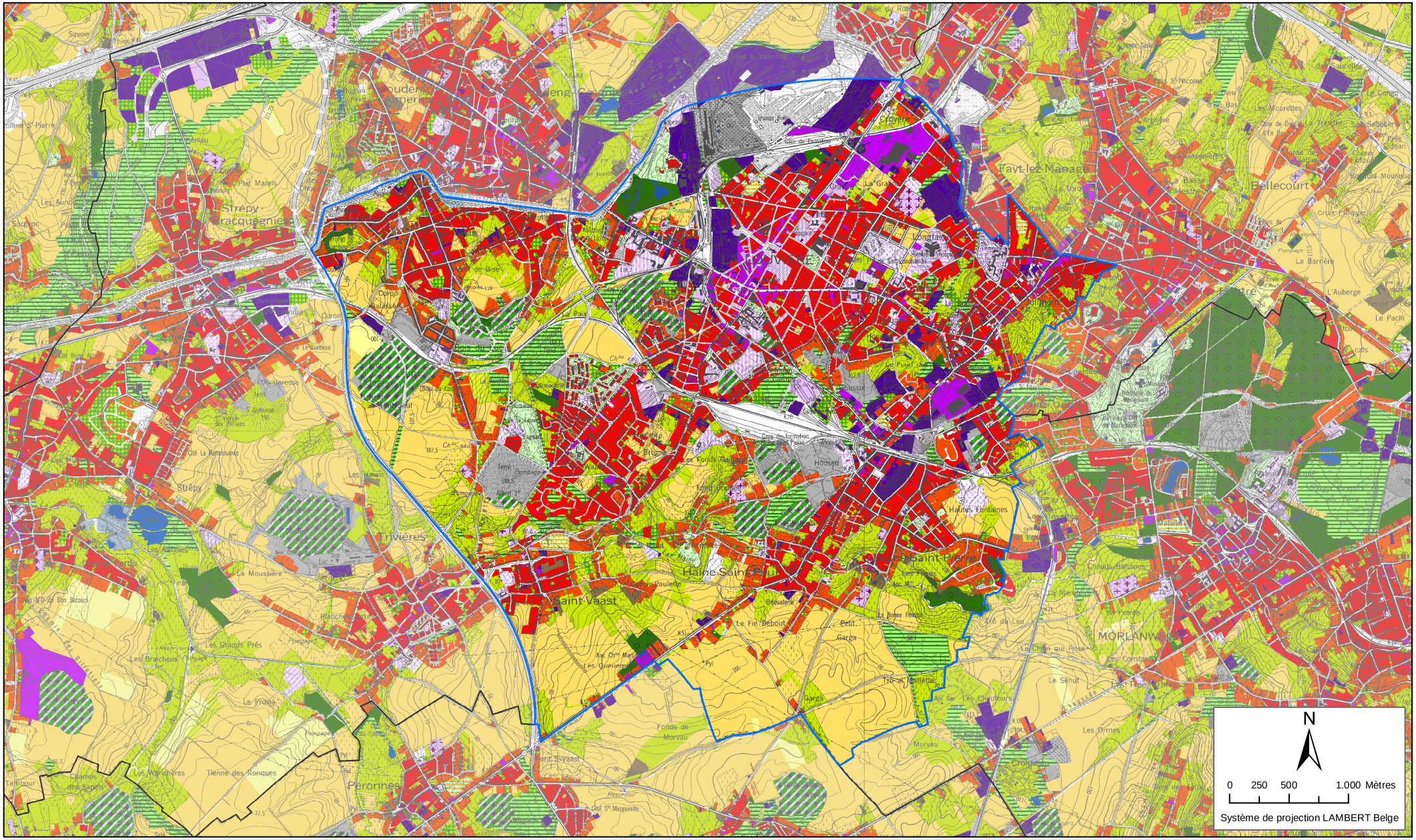
(Copyright : Direction Générale de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et de l'Environnement, Service Public de Wallonie)

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/FSAGx/ULg/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

Réalisation :
UCL- Unité des sciences du sol

UCL Université catholique de Louvain



Carte 3b : Zone de La Louvière
Occupation du sol

Légende : voir page jointe

Données sources :
- Fond de plan : Carte topographique 1:10.000 (Origine : IGN)
- Carte d'occupation du sol : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2005/Doc.1022/28.04/B.L.)

(Copyright : Direction Générale de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et de l'Environnement, Service Public de Wallonie)

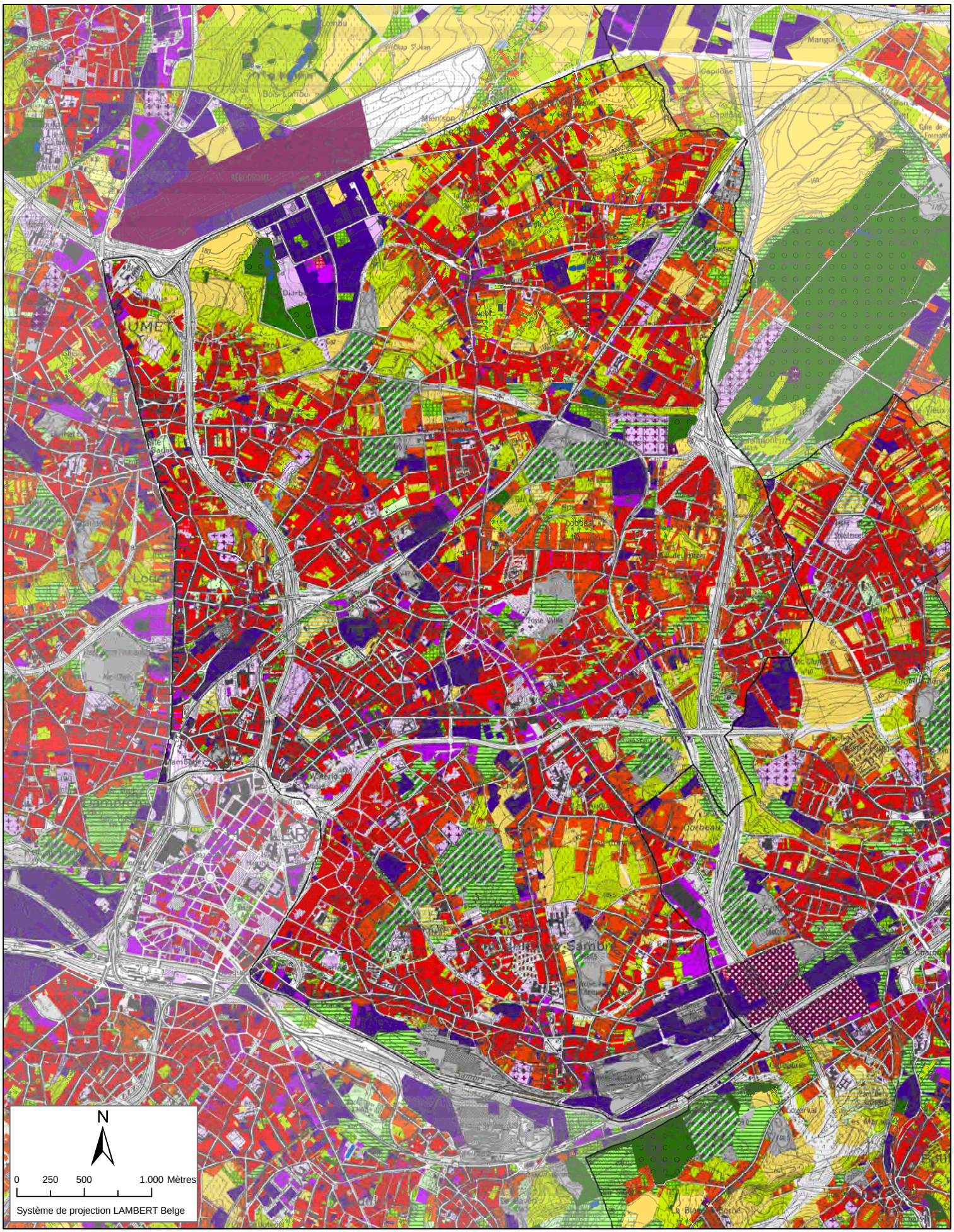
Projet POLLUSOL 2

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

Réalisation :
UCL
Earth and Life Institute - environment (ELI-e)

UCL Université catholique de Louvain



Carte 3c1 : Zone de Charleroi - Châtelet : partie Charleroi
Occupation du sol

Projet POLLUSOL 2

Légende : voir page jointe

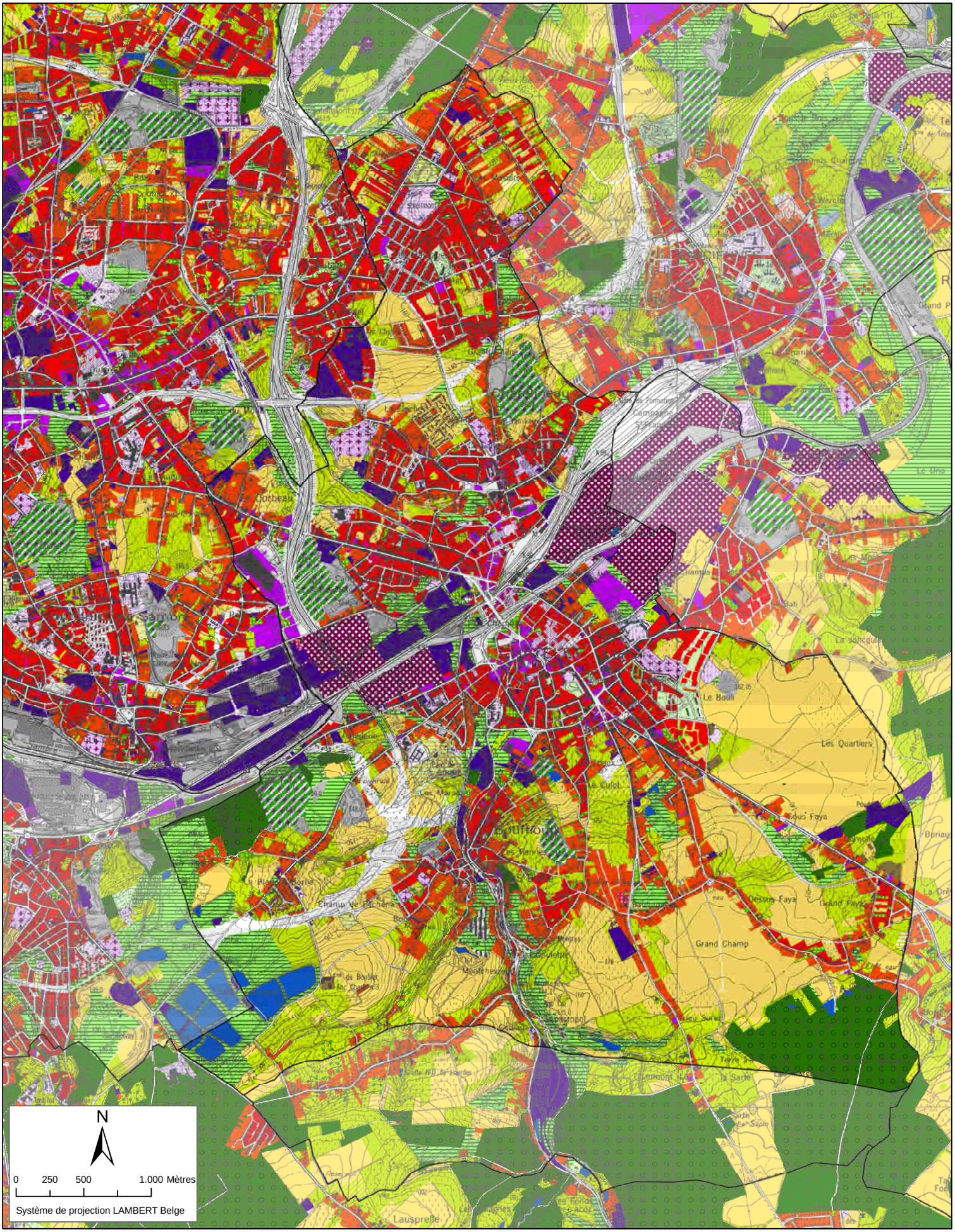
Données sources :
- Fond de plan : Carte topographique 1:10.000 (Origine : IGN)
- Carte d'occupation du sol : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2005/Doc.1022/28.04/B.L.)
(Copyright : Direction Générale de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et de l'Environnement, Service Public de Wallonie)

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/FSAGx/ULg/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

Réalisation : UCL- Unité des sciences du sol

UCL Université catholique de Louvain



Carte 3c2 : Zone de Charleroi - Châtelet : partie Châtelet
Occupation du sol

Projet POLLUSOL 2

Légende : voir page jointe

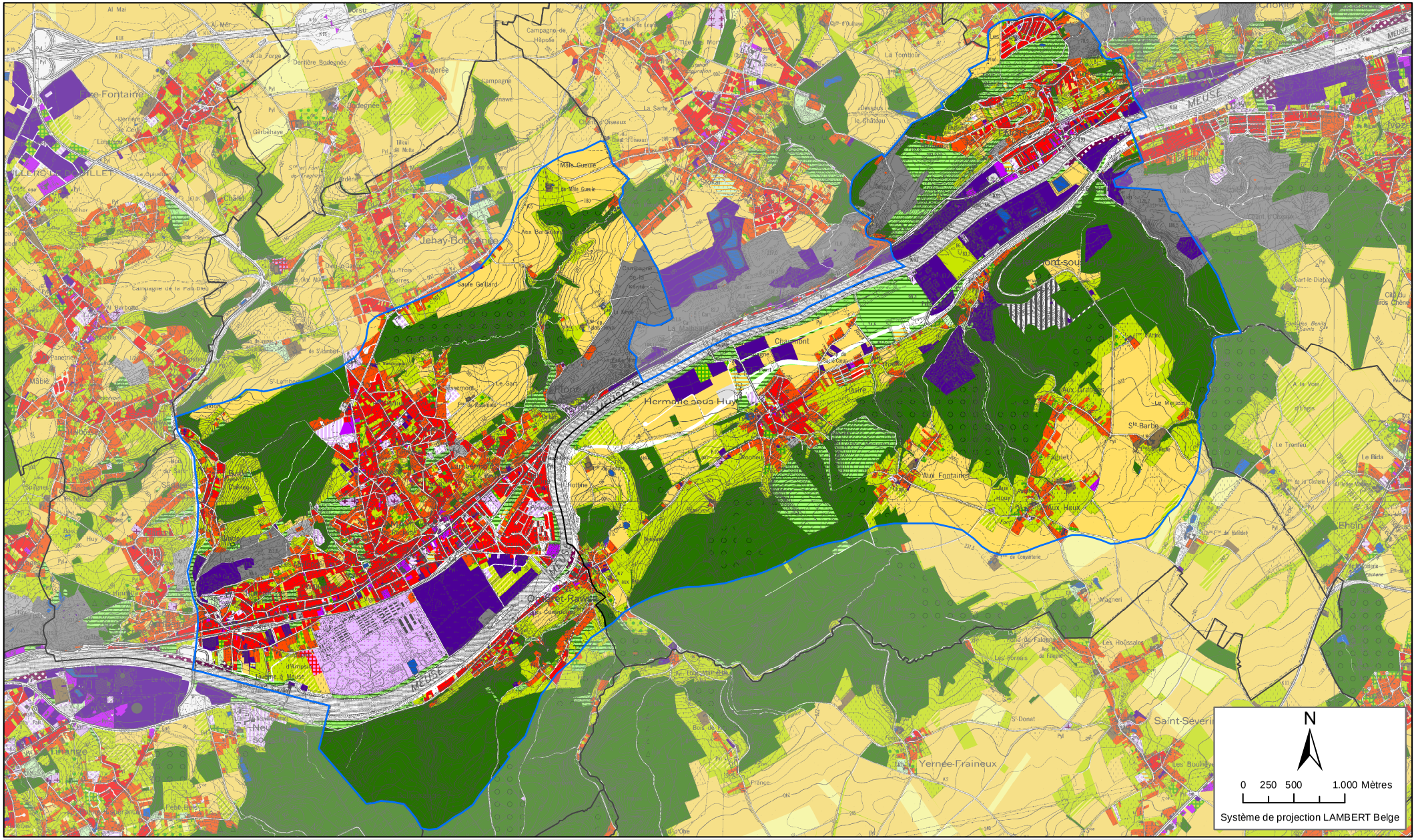
Données sources :
- Fond de plan : Carte topographique 1:10.000 (Origine : IGN)
- Carte d'occupation du sol : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2005/Doc.1022/28.04/B.L.)
(Copyright : Direction Générale de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et de l'Environnement, Service Public de Wallonie)

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/FSAGx/ULg/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

Réalisation : UCL- Unité des sciences du sol

UCL Université catholique de Louvain



Carte 3d : Zone de Amay-Engis
Occupation du sol

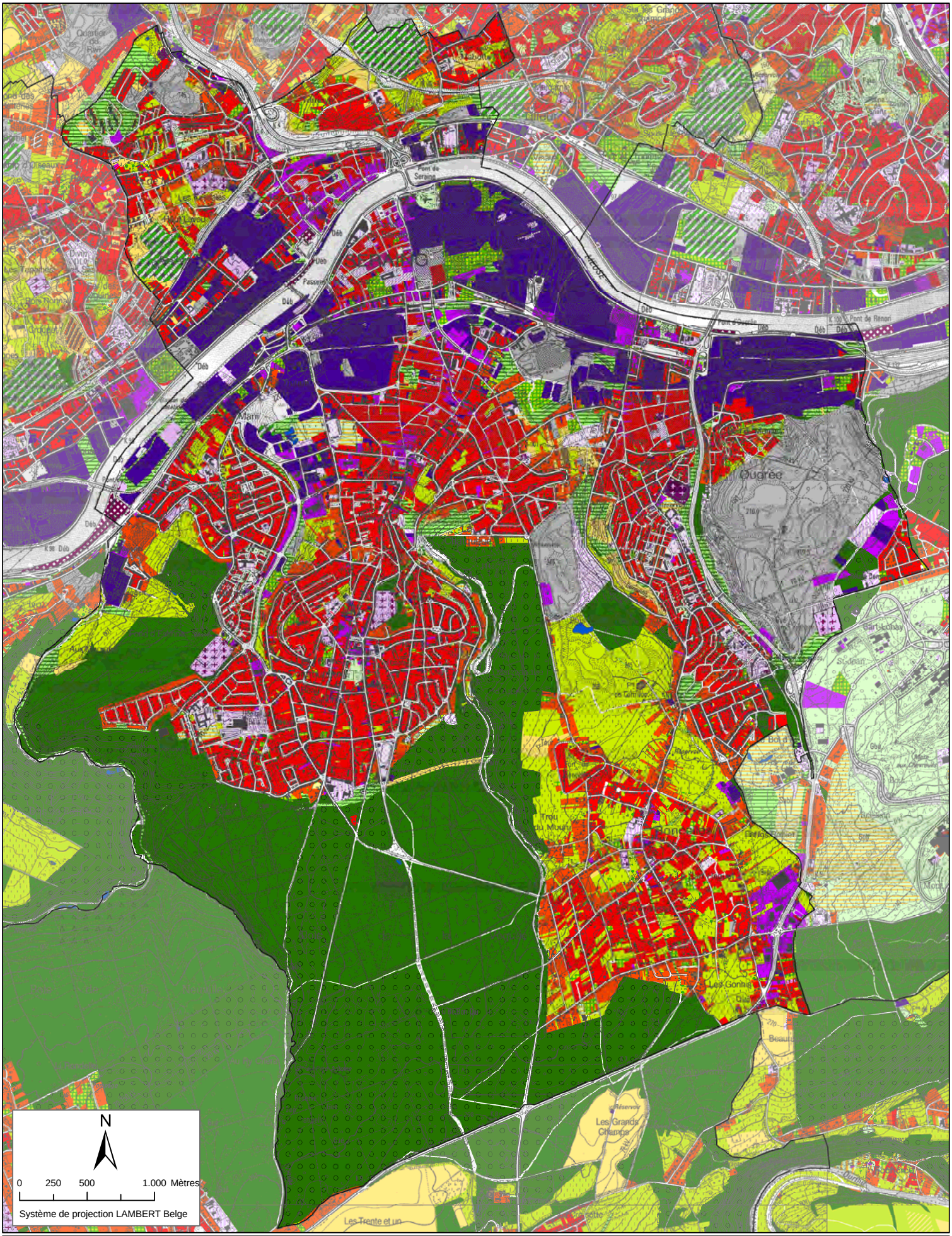
Légende : voir page jointe

Données sources :
- Fond de plan : Carte topographique 1:10.000 (Origine : IGN)
- Carte d'occupation du sol : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2005/Doc.1022/28.04/B.L.)
(Copyright : Direction Générale de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et de l'Environnement, Service Public de Wallonie)

Projet POLLUSOL 2

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2
(SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs)
financé par SPAQuE

Réalisation :
UCL
Earth and Life Institute - environment (ELI-e)



Carte 3e: Zone de Seraing
Occupation du sol

Projet POLLUSOL 2

Légende : voir page jointe

Données sources :
- Fond de plan : Carte topographique 1:10.000 (Origine : IGN)
- Carte d'occupation du sol : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2005/Doc.1022/28.04/B.L.)

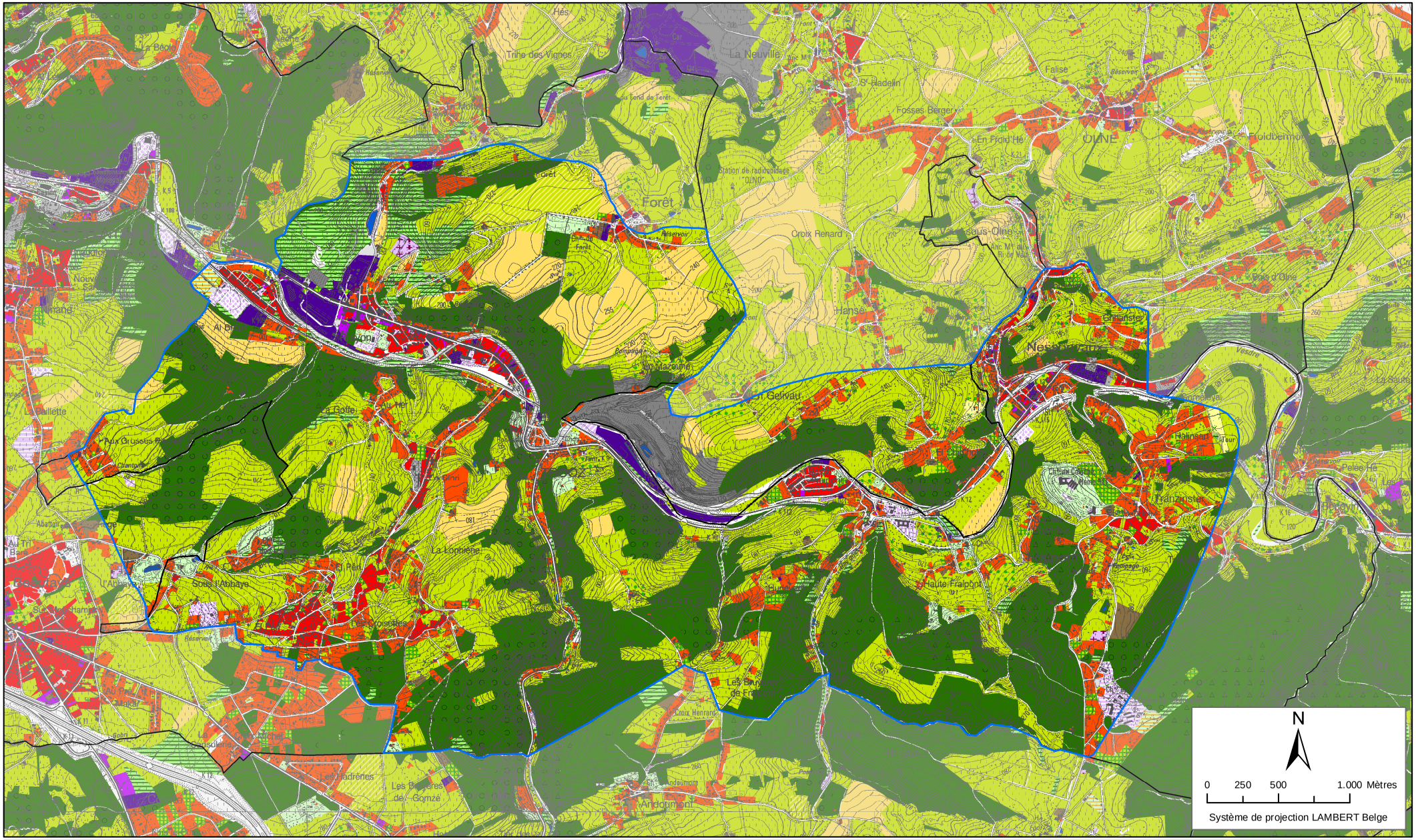
(Copyright : Direction Générale de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et de l'Environnement, Service Public de Wallonie)

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/FSAGx/ULg/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

Réalisation : UCL- Unité des sciences du sol

UCL Université catholique de Louvain



Carte 3f : Zone de Trooz
Occupation du sol

Légende : voir page jointe

Données sources :
- Fond de plan : Carte topographique 1:10.000 (Origine : IGN)
- Carte d'occupation du sol : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2005/Doc.1022/28.04/B.L.)
(Copyright : Direction Générale de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et de l'Environnement, Service Public de Wallonie)

Projet POLLUSOL 2

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2
(SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs)
financé par SPAQuE

SPAQuE

Réalisation :
UCL
Earth and Life Institute - environment (ELI-e)

UCL Université catholique de Louvain

Carte 3g : Zone de Verviers
Occupation du sol

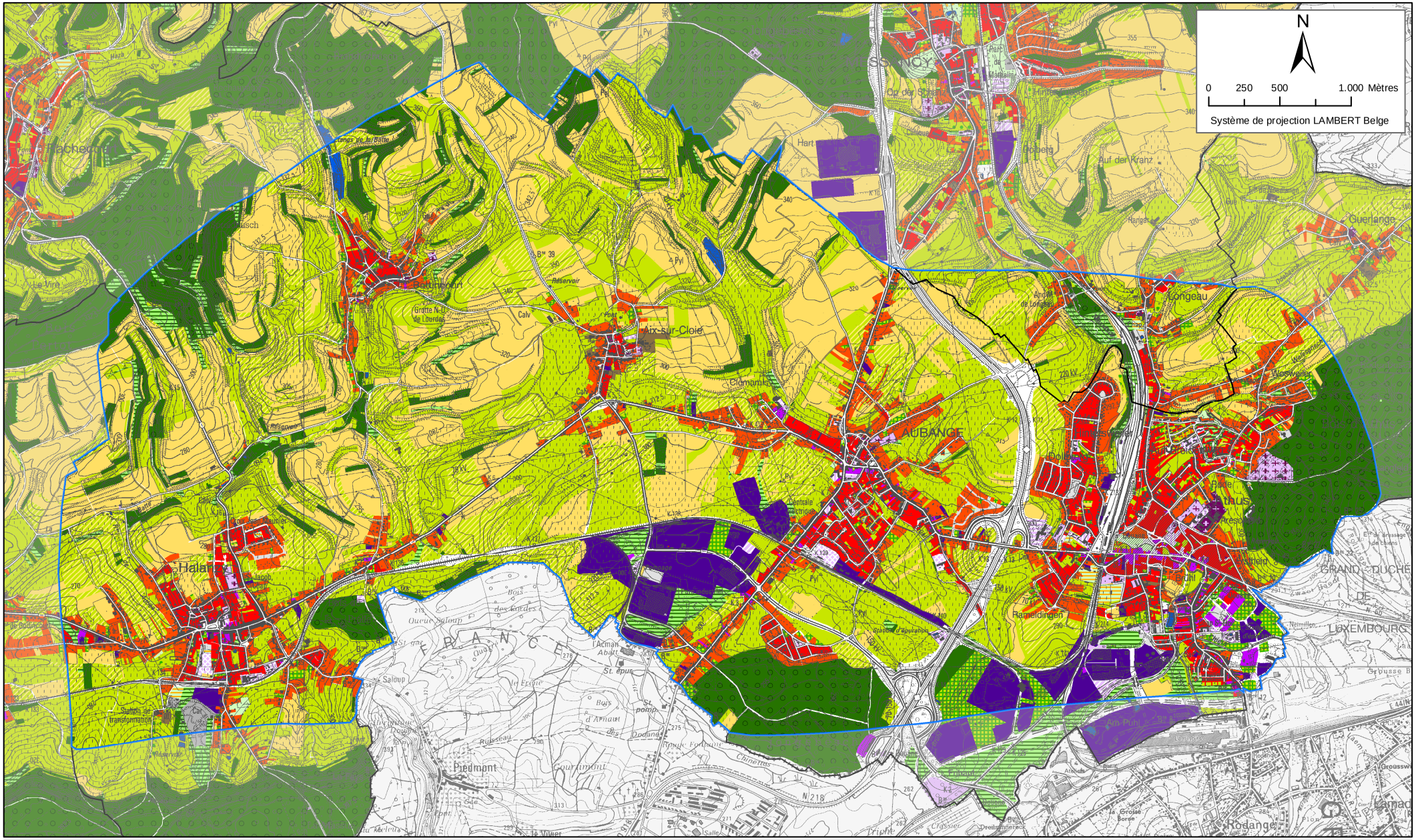
Légende : voir page jointe

Données sources :
- Fond de plan : Carte topographique 1:10.000 (Origine : IGN)
- Carte d'occupation du sol : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2005/Doc.1022/28.04/B.L.)
(Copyright : Direction Générale de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et de l'Environnement, Service Public de Wallonie)

Projet POLLUSOL 2

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2
(SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs)
financé par SPAQuE

Réalisation :
UCL
Earth and Life Institute - environment (ELI-e)



Carte 3h : Zone de Aubange
Occupation du sol

Légende : voir page jointe

Données sources :
- Fond de plan : Carte topographique 1:10.000 (Origine : IGN)
- Carte d'occupation du sol : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2005/Doc.1022/28.04/B.L.)

(Copyright : Direction Générale de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et de l'Environnement, Service Public de Wallonie)

Projet POLLUSOL 2

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

Réalisation :
UCL
Earth and Life Institute - environment (ELI-e)

UCL Université catholique de Louvain

Carte 4a : Zone de Colfontaine
Localisation des industries de la base de données "Sources historiques de pollution" de SPAQuE

Projet POLLUSOL 2

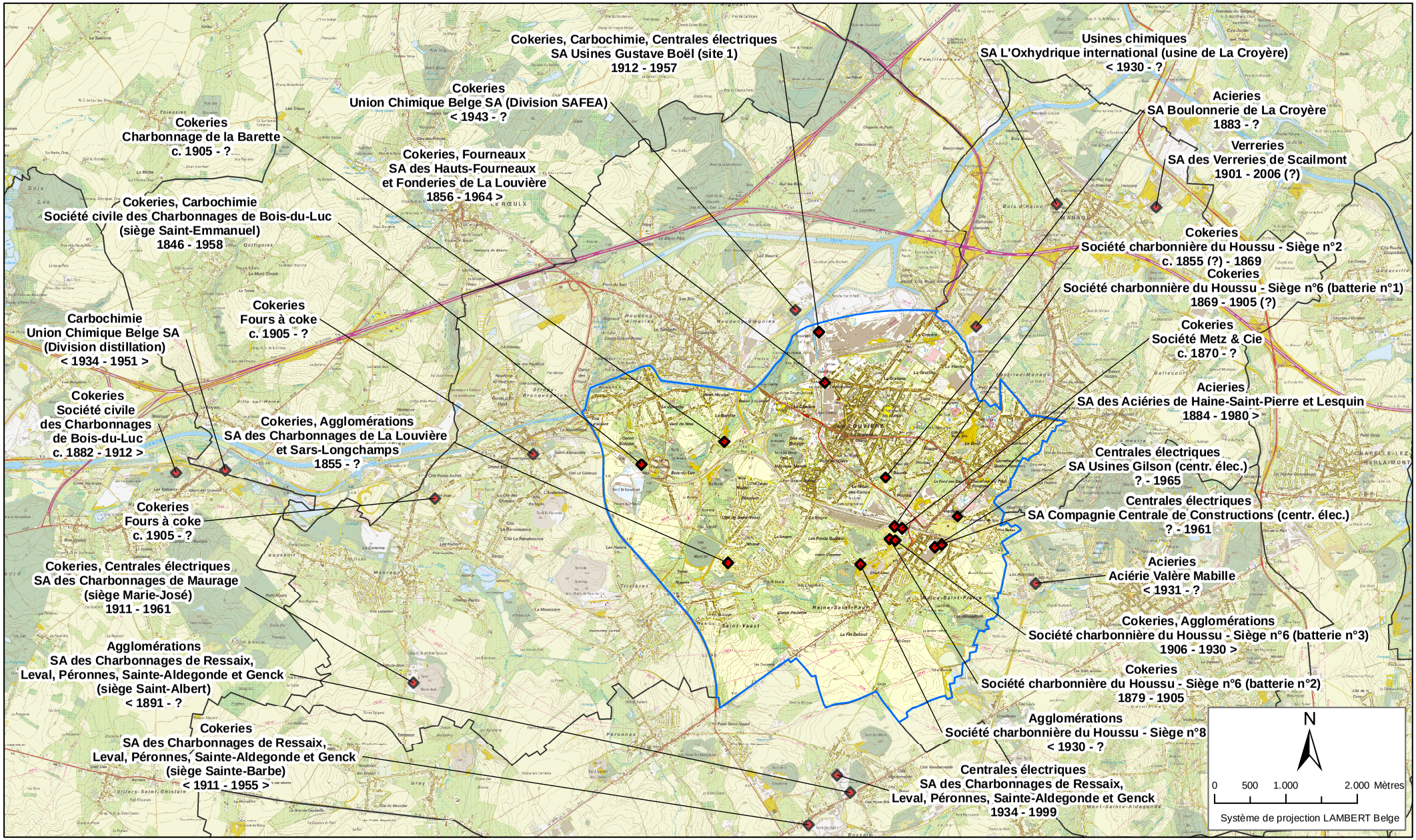
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/FSAGx/ULg/FPMs) financé par SPAQuE

Légende

- Industrie

Réalisation : UCL- Unité des sciences du sol

Données sources :
- Fond de plan : Carte topographique 1:10.000 (Origine : IGN)
- Industries : Base de données "Sources historiques de pollution" (Origine : SPAQuE)



Carte 4b : Zone de La Louvière
Localisation des industries de la base de données "Sources historiques de pollution" de SPAQuE

Projet POLLUSOL 2

Légende

- Limites communales
- Limite de la zone d'étude pour les sols
- Industrie

Données sources :
- Fond de plan : Carte topographique 1:10.000 (Origine : IGN)
- Industries : Base de données "Sources historiques de pollution" (Origine : SPAQuE)

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

Réalisation :
UCL
Earth and Life Institute - environment (ELI-e)

Carte 4c1 : Zone de Charleroi - Châtelet : partie Charleroi
Localisation des industries de la base de données "Sources historiques de pollution" de SPAQuE

Projet POLLUSOL 2

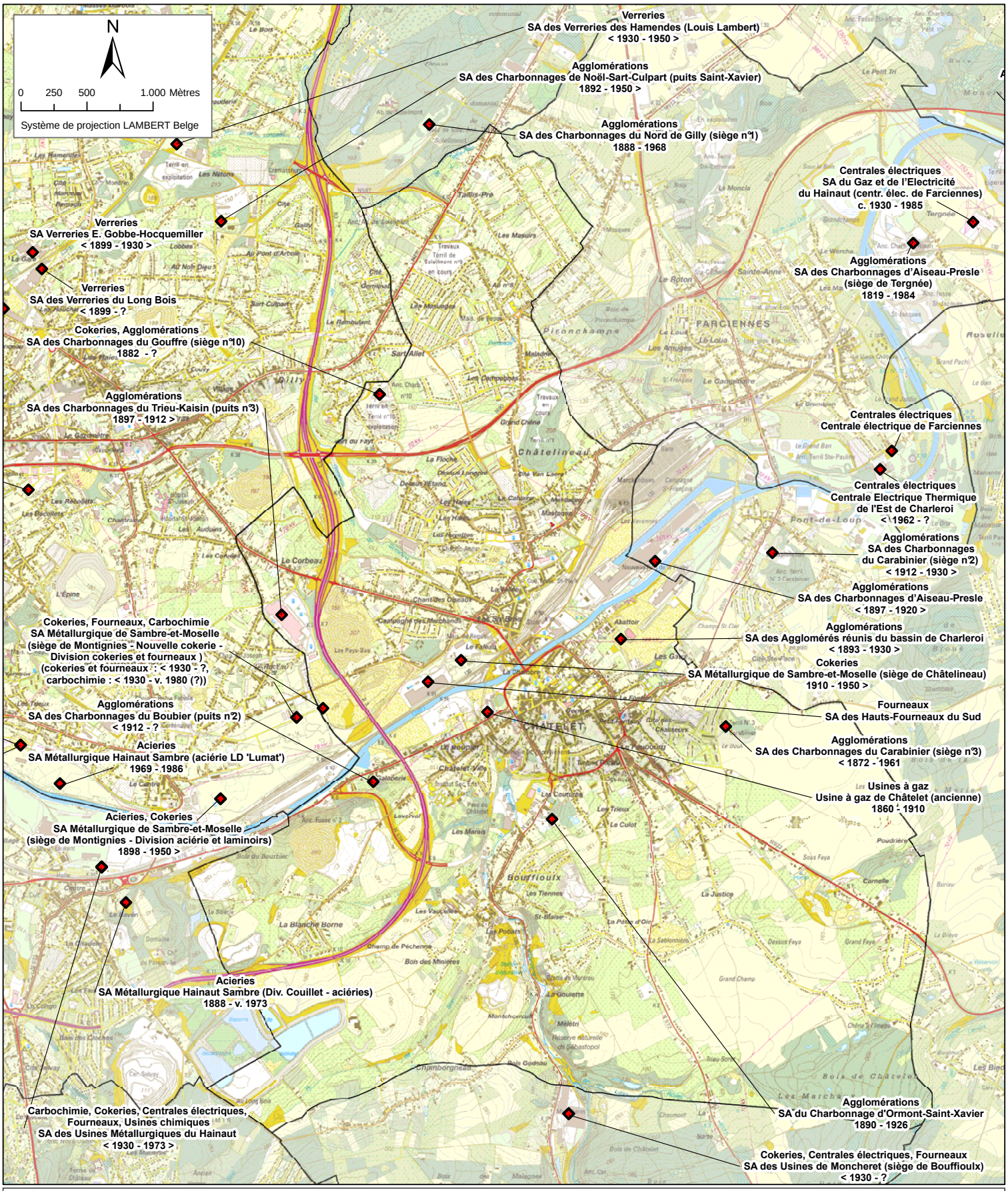
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2
(SPAQuE/UCL/FSAGx/ULg/FPMs) financé par SPAQuE

Légende

◆ Industrie

Réalisation : UCL- Unité des sciences du sol

Données sources :
- Fond de plan : Carte topographique 1:10.000 (Origine : IGN)
- Industries : Base de données "Sources historiques de pollution" (Origine : SPAQuE)



Carte 4c2 : Zone de Charleroi - Châtelet : partie Châtelet
Localisation des industries de la base de données "Sources historiques de pollution" de SPAQuE

Projet POLLUSOL 2

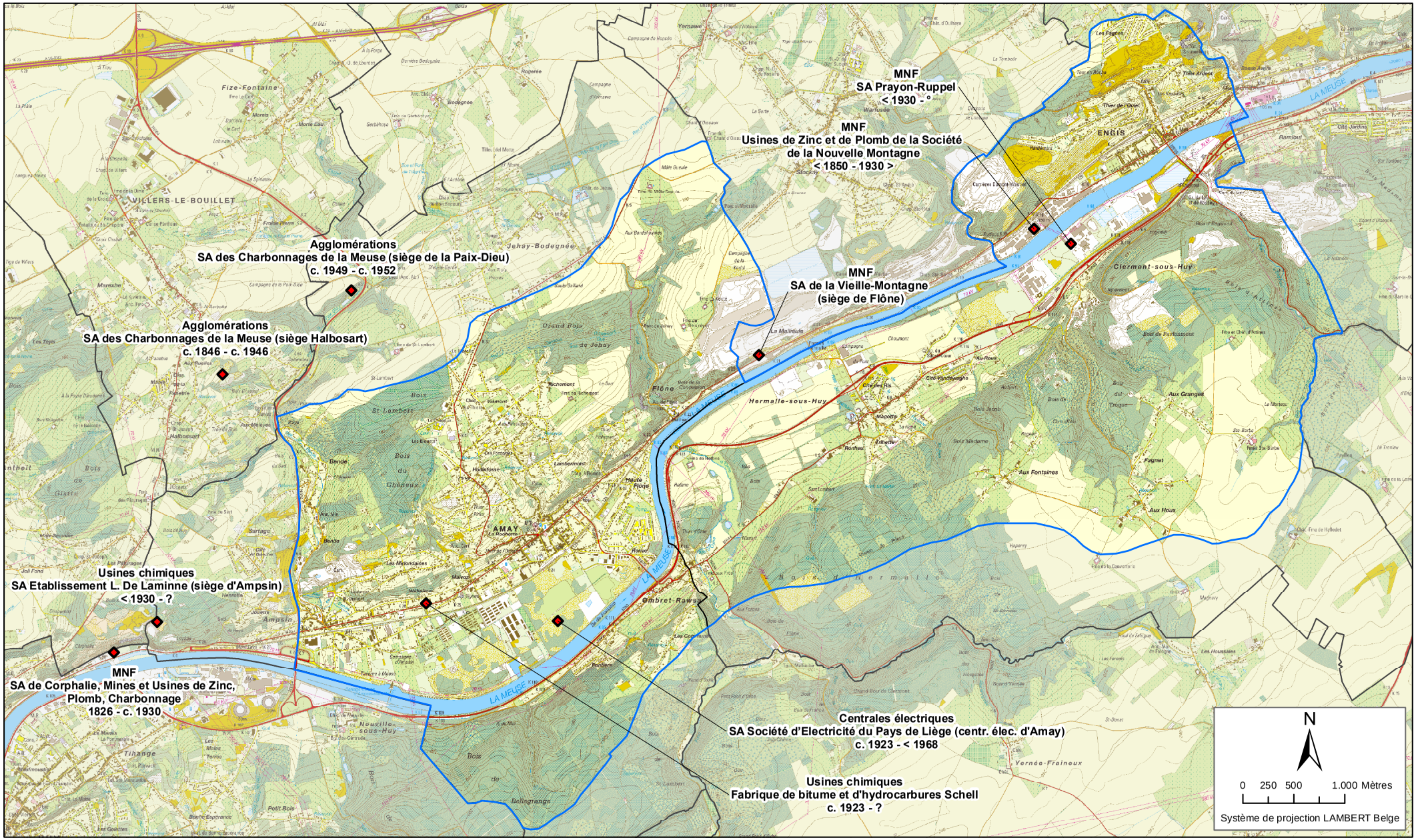
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2
(SPAQuE/UCL/FSAGx/ULg/FPMs) financé par SPAQuE

Légende

- Industrie

Réalisation : UCL- Unité des sciences du sol

Données sources :
- Fond de plan : Carte topographique 1:10.000 (Origine : IGN)
- Industries : Base de données "Sources historiques de pollution" (Origine : SPAQuE)



Carte 4d : Zone de Amay-Engis
Localisation des industries de la base de données "Sources historiques de pollution" de SPAQuE

Légende

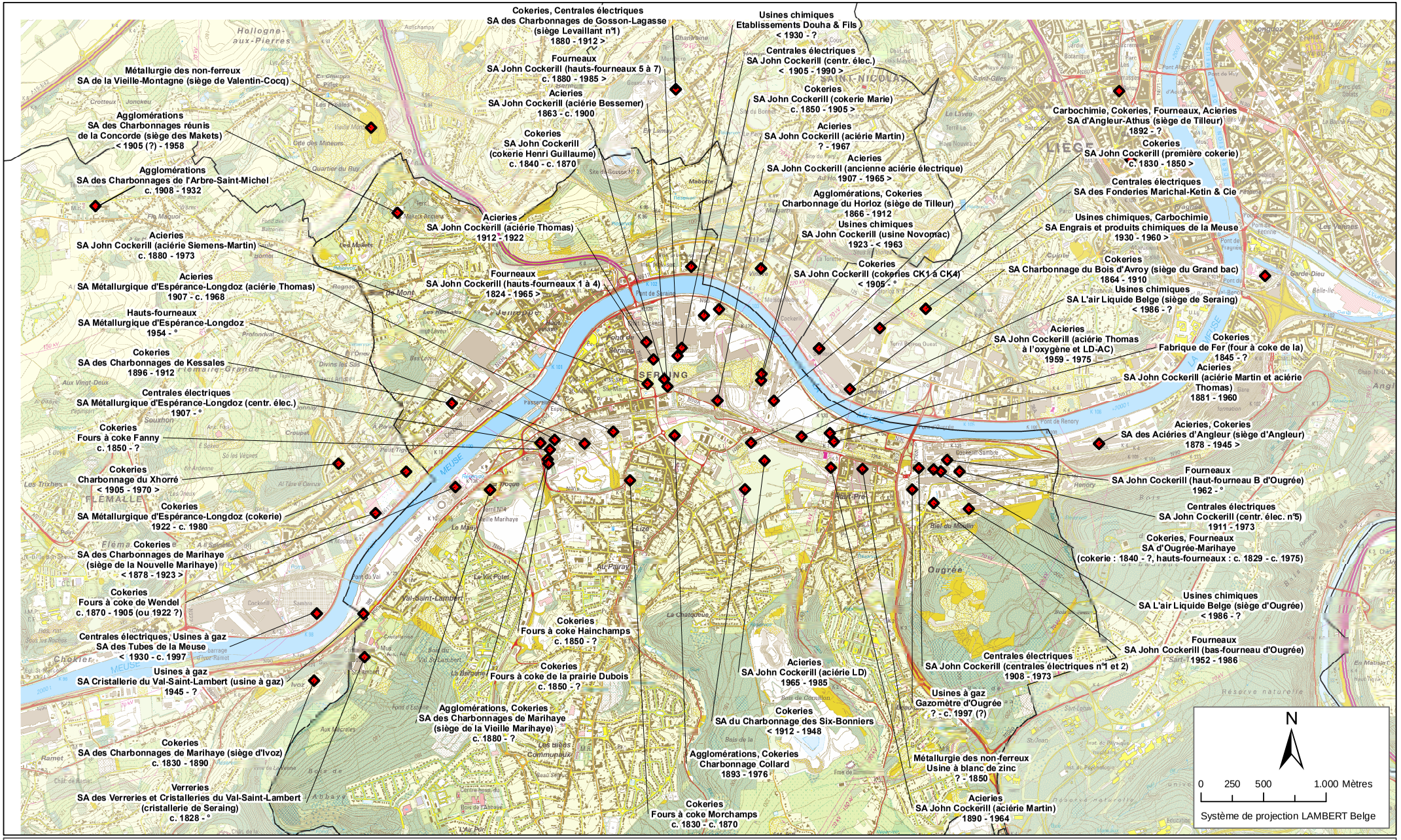
- Limites communales
- Limite de la zone d'étude pour les sols
- Industrie

Données sources :
- Fond de plan : Carte topographique 1:10.000 (Origine : IGN)
- Industries : Base de données "Sources historiques de pollution" (Origine : SPAQuE)

Projet POLLUSOL 2

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

Réalisation :
UCL
Earth and Life Institute - environment (ELI-e)



Carte 4e : Zone de Seraing
Localisation des industries de la base de données "Sources historiques de pollution" de SPAQuE

Projet POLLUSOL 2

Légende

◆ Industrie

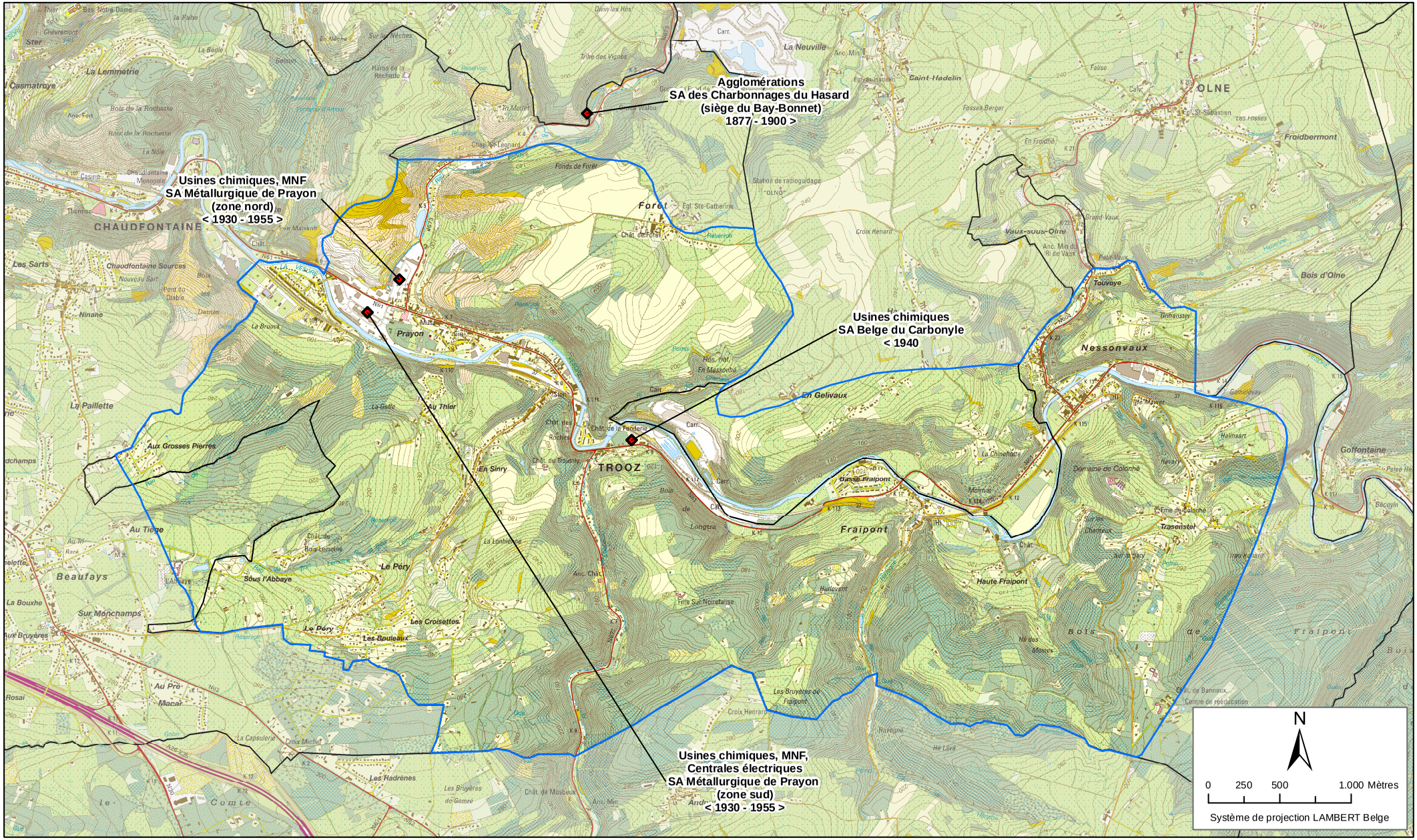
Données sources :
- Fond de plan : Carte topographique 1:10.000 (Origine : IGN)
- Industries : Base de données "Sources historiques de pollution" (Origine : SPAQuE)

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2
(SPAQuE/UCL/FSAGx/ULg/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

Réalisation : UCL- Unité des sciences du sol

UCL Université catholique de Louvain



Carte 4f : Zone de Trooz
Localisation des industries de la base de données "Sources historiques de pollution" de SPAQuE

Projet POLLUSOL 2

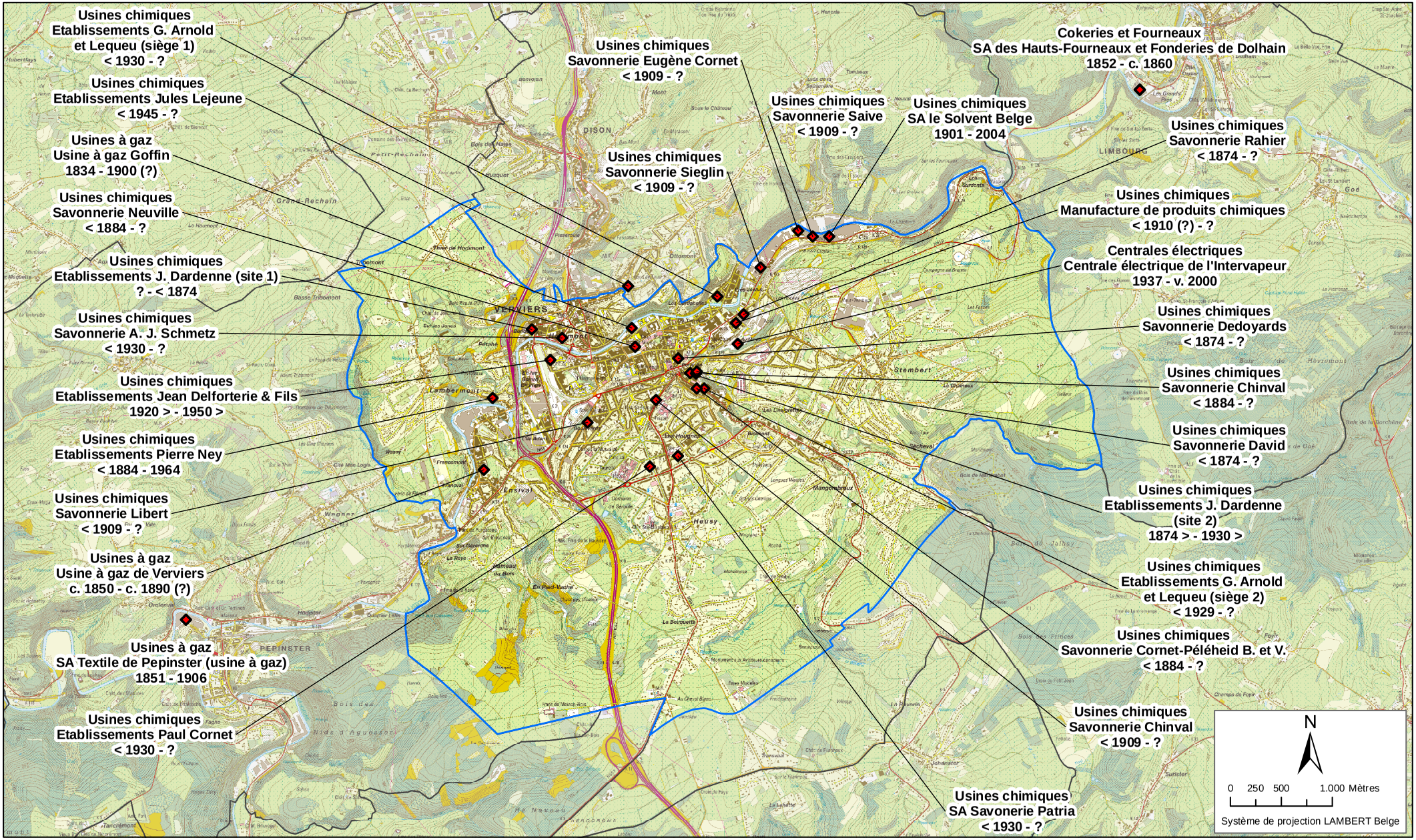
Légende

- Limites communales
- Limite de la zone d'étude pour les sols
- Industrie

Données sources :
- Fond de plan : Carte topographique 1:10.000 (Origine : IGN)
- Industries : Base de données "Sources historiques de pollution" (Origine : SPAQuE)

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

Réalisation :
UCL
Earth and Life Institute - environment (ELI-e)



Carte 4g : Zone de Verviers
Localisation des industries de la base de données "Sources historiques de pollution" de SPAQuE

Projet POLLUSOL 2

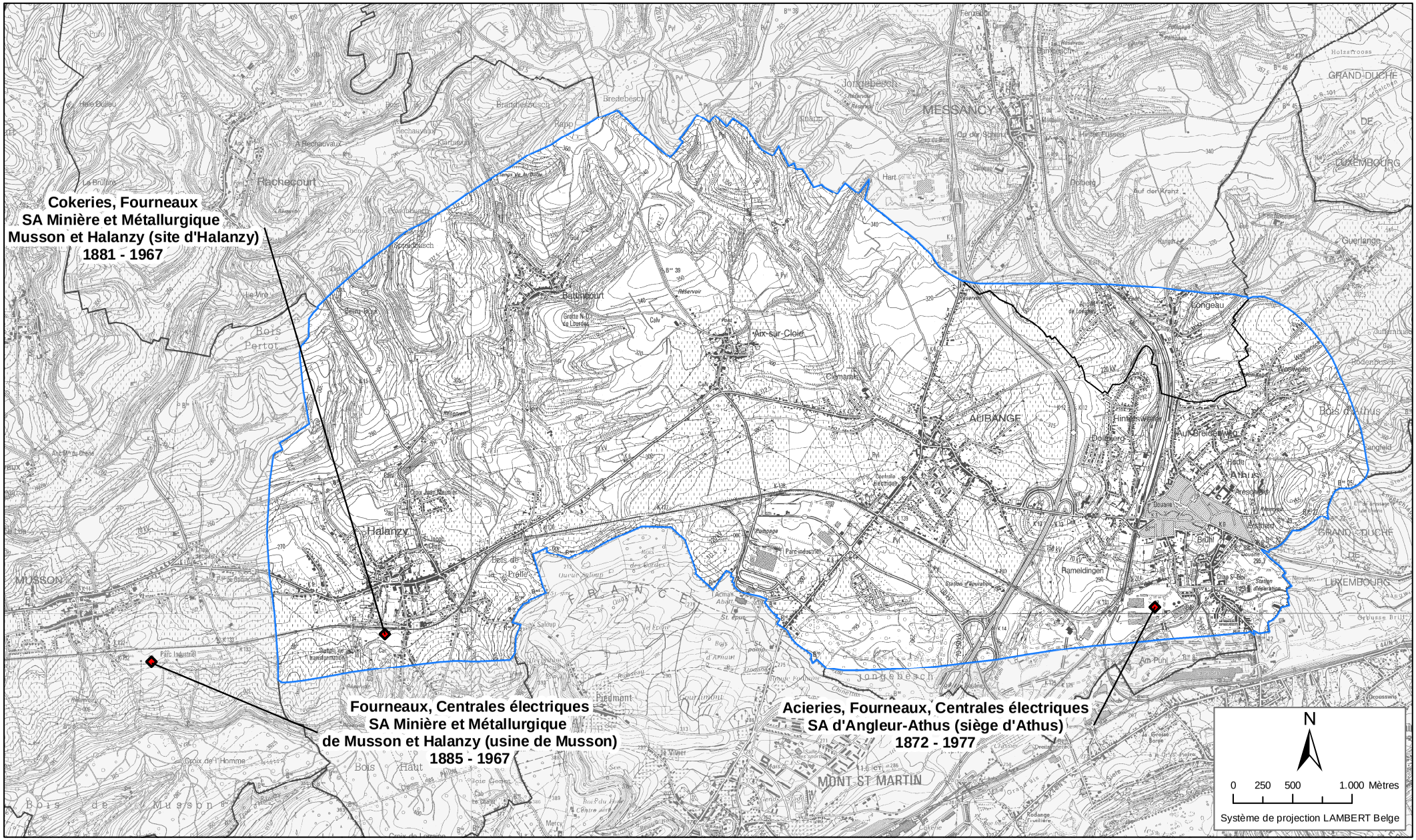
Légende

- Limites communales
- Limite de la zone d'étude pour les sols
- Industrie

Données sources :
- Fond de plan : Carte topographique 1:10.000 (Origine : IGN)
- Industries : Base de données "Sources historiques de pollution" (Origine : SPAQuE)

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

Réalisation :
UCL
Earth and Life Institute - environment (ELI-e)



Carte 4h : Zone de Aubange
Localisation des industries de la base de données "Sources historiques de pollution" de SPAQuE

Projet POLLUSOL 2

Légende

- Limites communales
- Limite de la zone d'étude pour les sols
- Industrie

Données sources :
- Fond de plan : Carte topographique 1:10.000 (Origine : IGN)
- Industries : Base de données "Sources historiques de pollution" (Origine : SPAQuE)

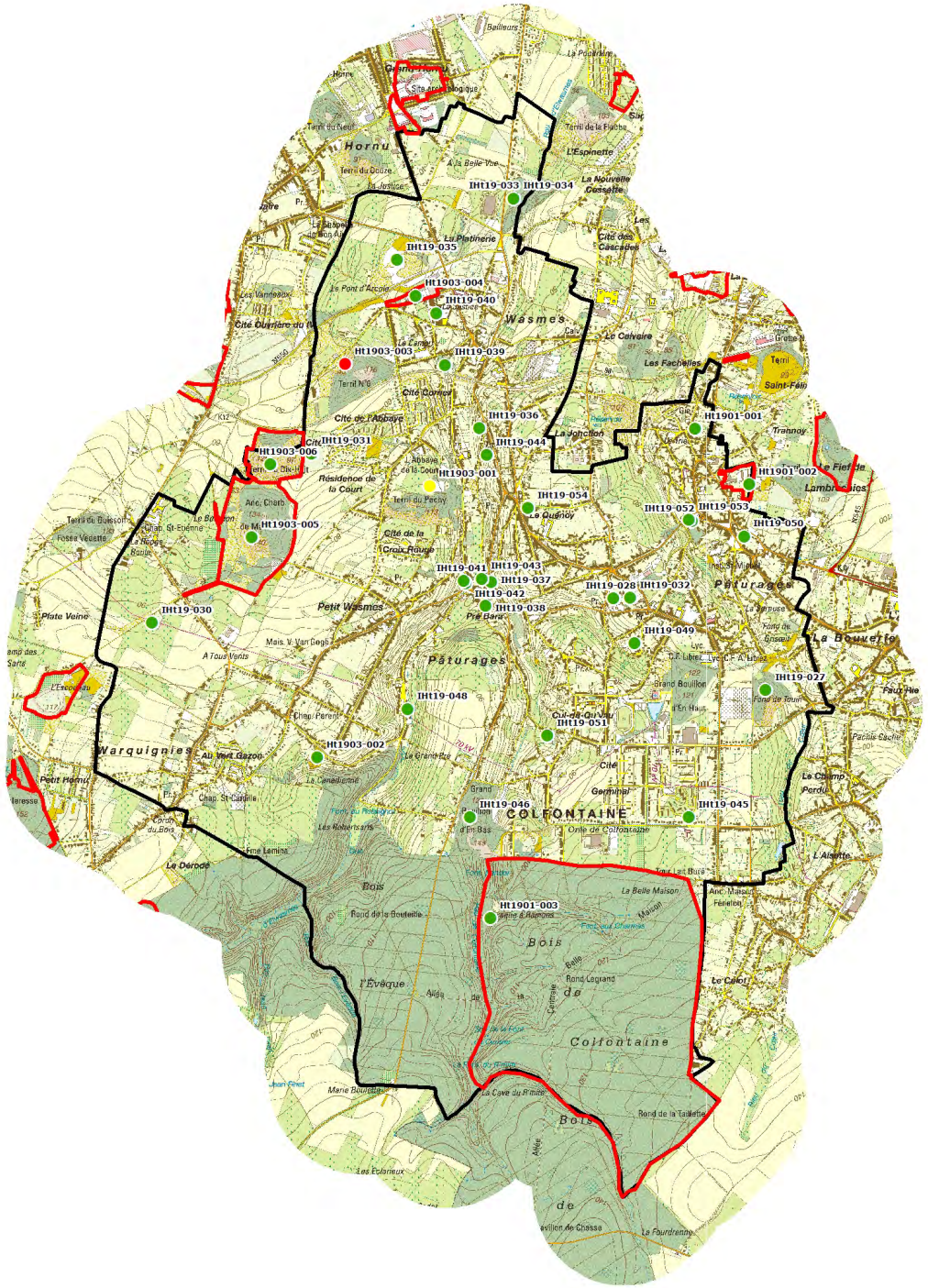
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

Réalisation :
UCL
Earth and Life Institute - environment (ELI-e)

UCL Université catholique de Louvain

Projet Pollusol 2
Zone d'étude de Colfontaine



Banque de données Walsols - Niveau de gestion (Décembre 2009)

- Inventaire
- Investigations d´orientation
- Dépôt de pneus enlevés
- Délimitation présumée au stade de l'Inventaire
- Limite communale

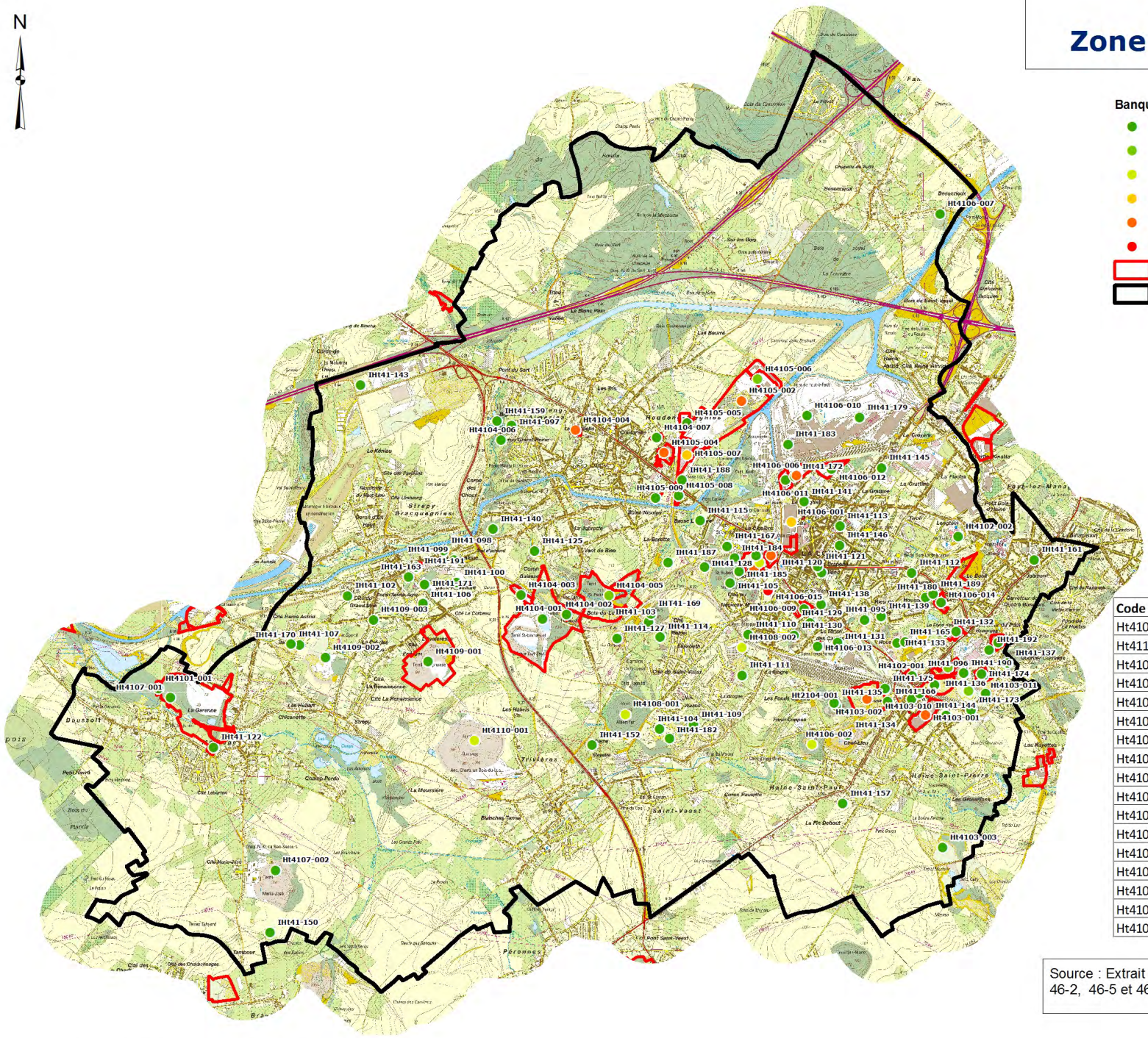
Code	Nom	Niveau gestion
Ht1903-001	N°8 du Pachy	Orientation

Source : Extrait des cartes topographiques n°45-6 et 45-7

Janvier 2010

SPAQuE

Projet Pollusol 2
Zone d'étude de La Louvière



Code	Nom	Niveau gestion
Ht4106-002	Terril n°10 de Houssu	Investigations d'orientation
Ht4110-001	Le Quesnoy	Investigations d'orientation
Ht4108-001	Terril Albert 1er	Investigations d'orientation
Ht4108-002	Ateliers La Louvière-Bouvy	Investigations d'orientation
Ht4106-005	Tôleries louviéroises	Investigations d'orientation
Ht4103-005	Mercantile Béliard	Investigations des caractérisations
Ht4106-001	Boch Keramis	Investigations des caractérisations
Ht4105-007	Idéal standard	Investigations des caractérisations
Ht4106-015	Usine à gaz de La Louvière	Surveillance environnementale
Ht4103-001	Cabay-Jouret	Travaux de Réhabilitation achevés
Ht4106-006	Ubell	Travaux de Réhabilitation achevés
Ht4105-002	SAFEA - partie usine	Travaux de Réhabilitation achevés
Ht4103-002	N°6 des Houssus	Travaux de Réhabilitation achevés
Ht4106-004	Javel Lacroix	Travaux de Réhabilitation achevés
Ht4106-003	Moulin Dambot - Electrabel	Travaux de Réhabilitation achevés
Ht4105-004	Boulonnerie Boël	Travaux de Réhabilitation achevés
Ht4104-004	Brasserie Boël	Travaux de Réhabilitation achevés

Source : Extrait des cartes topographiques n°45-4, 45-8, 46-1, 46-2, 46-5 et 46-6

Janvier 2010

SPAQuE

Projet Pollusol 2
Zone d'étude de Charleroi (Charleroi, Gily, Jumet, Lodelinsart, Montignies-sur-Sambre et Ransart)

Banque de données Walsols - Niveau de gestion (Décembre 2009)

- Inventaire
- Bilan historique
- Investigations d´orientation
- Investigations des caractérisations
- Etude des faisabilités
- Travaux de Réhabilitation (en cours)
- Délimitation présumée au stade de l'Inventaire
- Limite communale

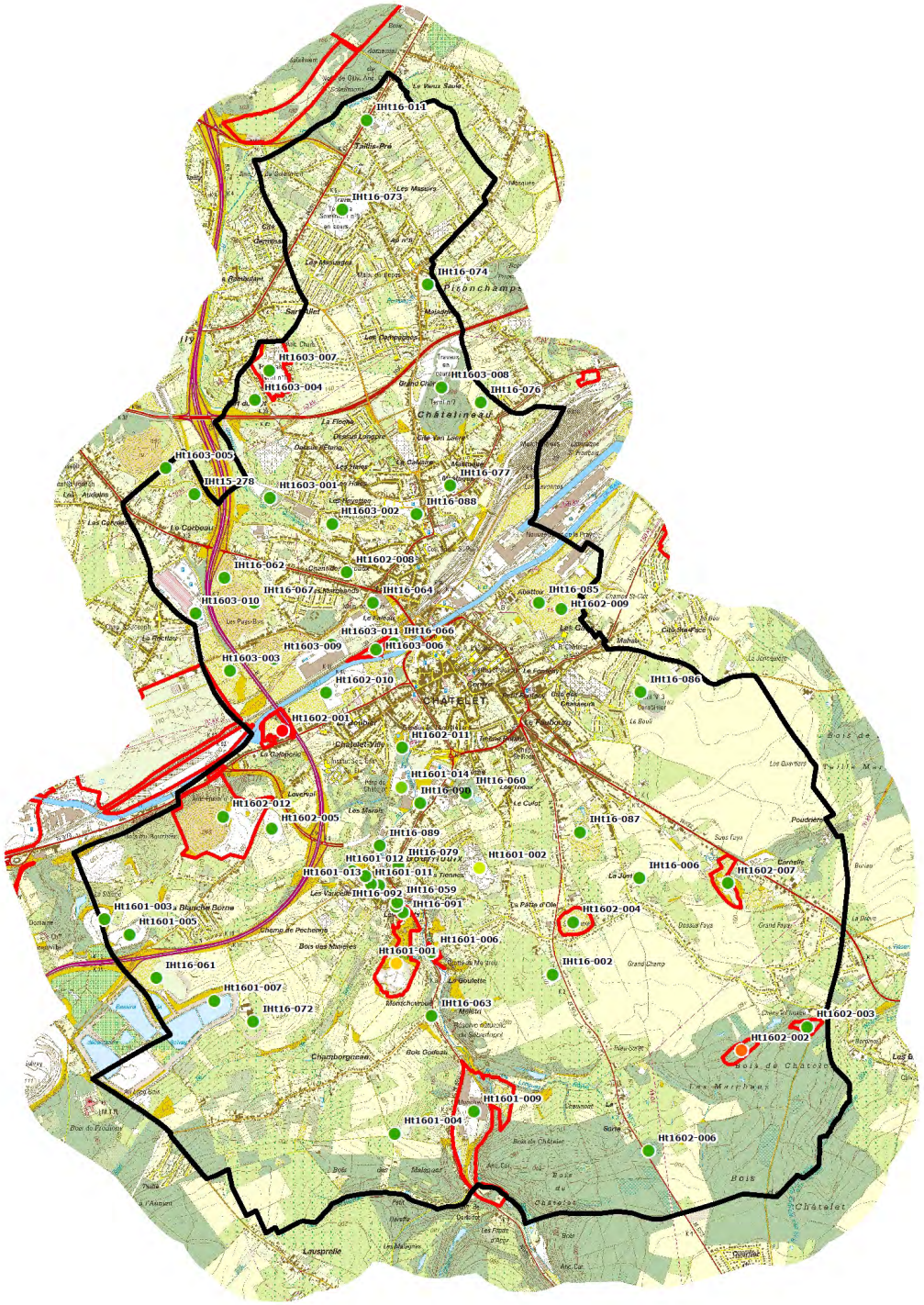
Code	Nom	Niveau gestion
Ht1512-002	Lumat	Investigations d´orientation
Ht1504-006	Corderie Ligny	Investigations d´orientation
Ht1507-002	St-Louis	Investigations des caractérisations
Ht1512-001	BOMA de Montignies-Sur-Sambre	Etude des faisabilités
Ht1504-005	Verrerie de la Discipline	Etude des faisabilités
Ht1514-003	Goudronnerie Robert - partie décharge	Travaux de Réhabilitation

Source : Extrait des cartes topographiques n°46-3, 46-4, 46-7 et 46-8

Janvier 2010

SPAQuE

Projet Pollusol 2
Zone d'étude de Châtelet



Banque de données Walsols - Niveau de gestion (Décembre 2009)

- Inventaire
- Bilan historique
- Investigations d´orientation
- Investigations des caractérisations
- Surveillance environnementale
- Travaux de Réhabilitations achevés
- Délimitation présumée au stade de l'Inventaire
- Limite communale

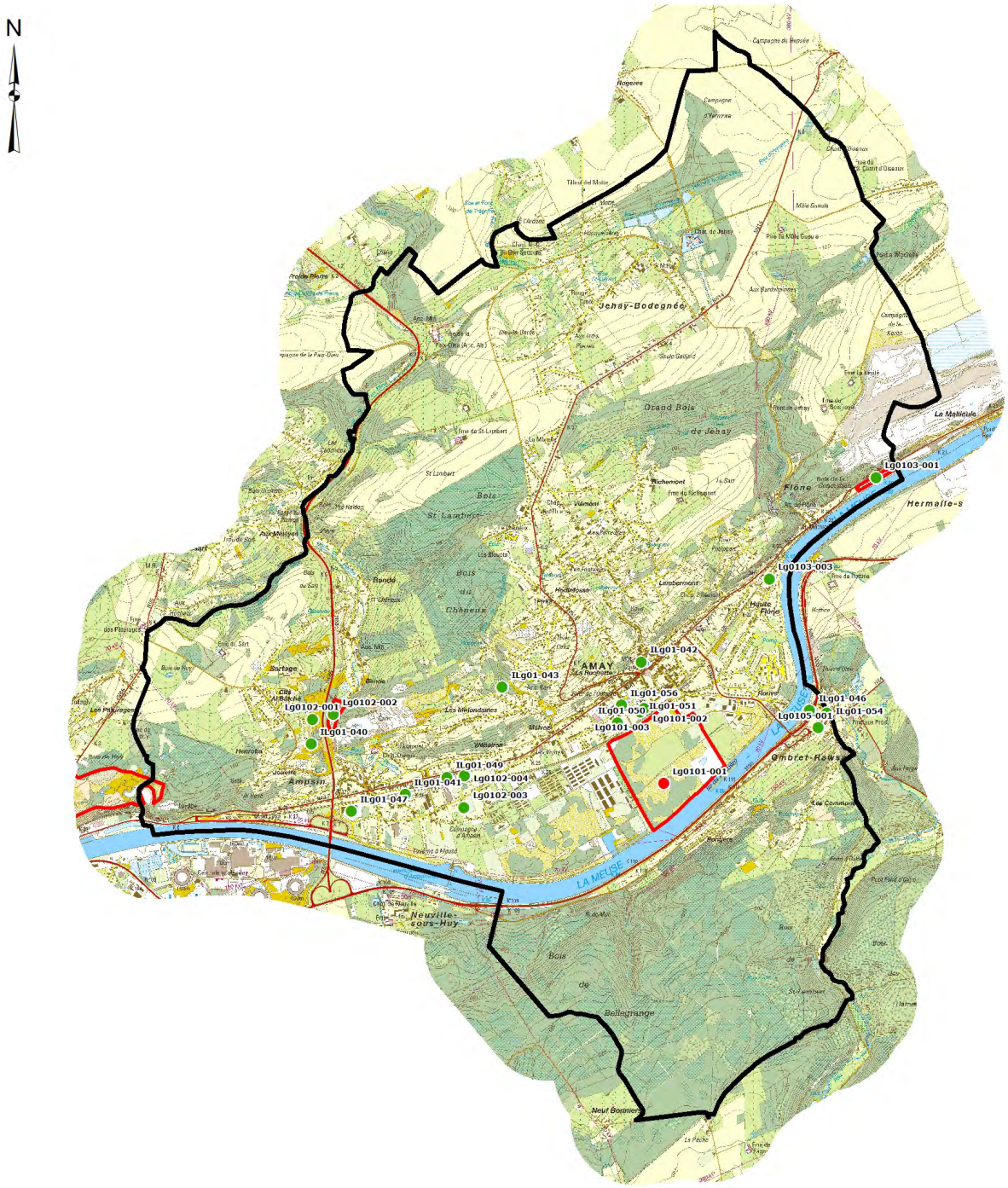
Code	Nom	Niveau gestion
Ht1601-002	Terril d´Ormont	Investigations d'orientation
Ht1601-001	Carrière Moreau	Investigations des caractérisations
Ht1602-001	Stockage PURFINA	Travaux de réhabilitation achevés
Ht1602-002	Chêne à l´Image	Surveillance environnementale

Source : Extrait des cartes topographiques n°46-8, 47-5, 52-4 et 53-1

Janvier 2010

SPAQuE

Projet Pollusol 2
Zone d'étude d'Amay



Banque de données Walsols - Niveau de gestion (Décembre 2009)

- Inventaire
- Travaux de Réhabilitation achevés
- Limite communale
- Délimitation présumée au stade de l'Inventaire

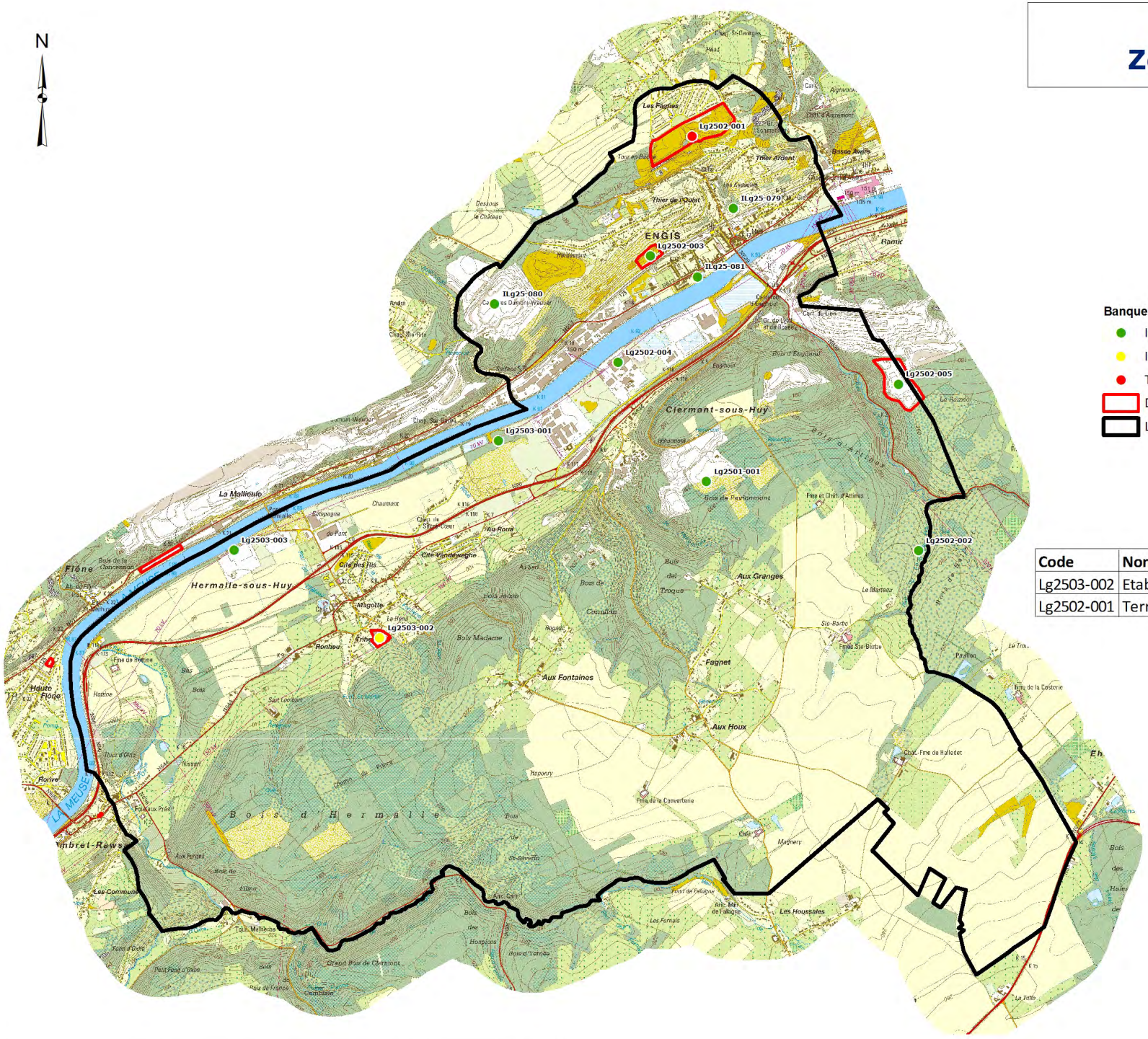
Code	Nom	Niveau gestion
Lg0101-001	Usine de céramique et centrale électrique	Travaux de Réhabilitation achevés

Source : Extrait des cartes topographiques n°41-7, 41-8, 48-3 et 48-4

Janvier 2010

SPAQuE

Projet Pollusol 2
Zone d'étude d'Engis



Banque de données Walsols - Niveau de gestion (Décembre 2009)

- Inventaire
- Investigations des caractérisations
- Travaux de Réhabilitation achevés
- Délimitation présumée au stade de l'Inventaire
- Limite communale

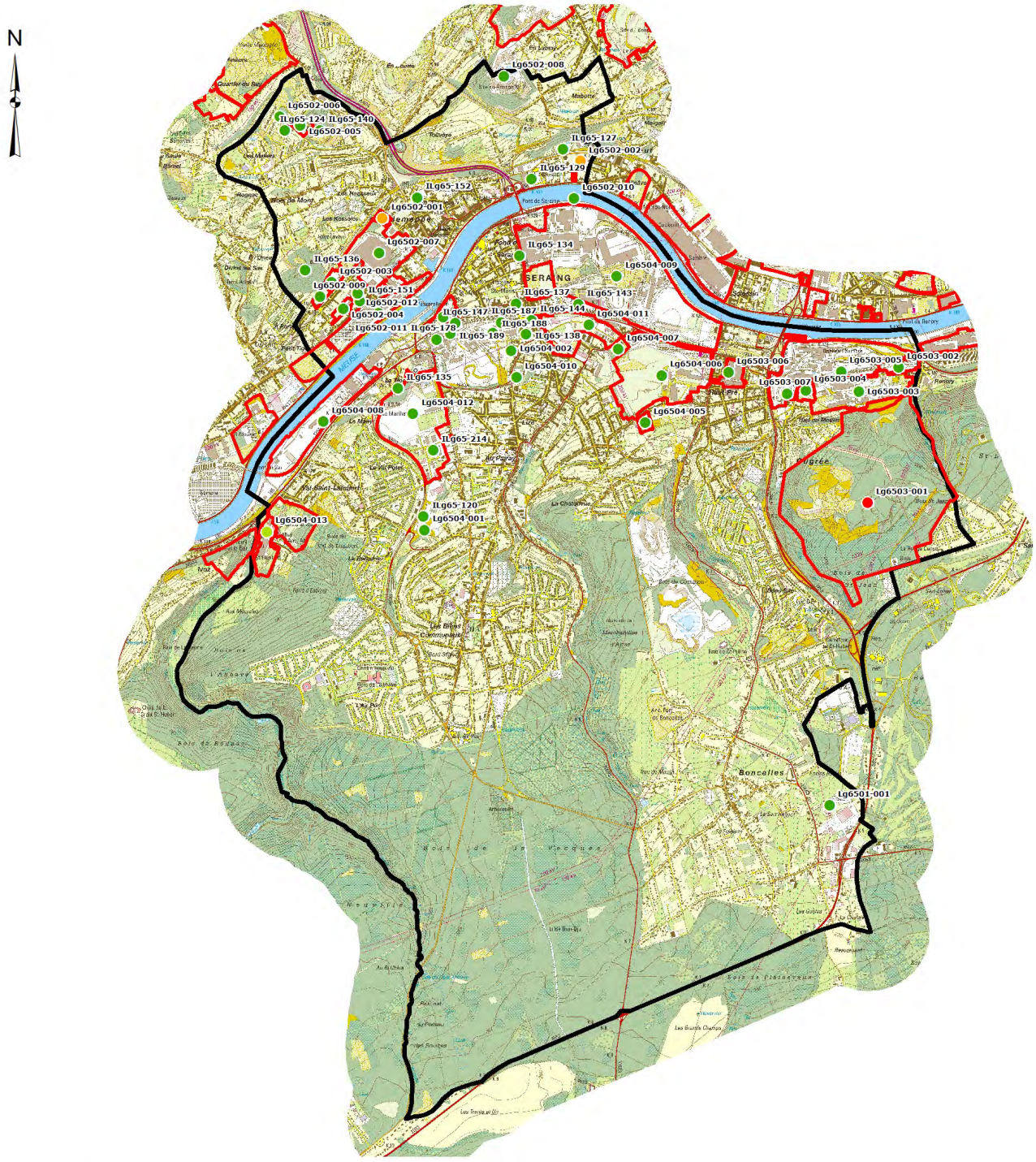
Code	Nom	Niveau gestion
Lg2503-002	Etablissements Bertrand	Investigations des caractérisations
Lg2502-001	Terres Rouges	Travaux de Réhabilitation achevés

Source : Extrait des cartes topographiques n°41-7, 41-8, 48-4 et 49-1

Janvier 2010

SPAQuE

Projet Pollusol 2
Zone d'étude de Seraing



Banque de données Walsols - Niveau de gestion (Décembre 2009)

- Inventaire
- Bilan historique
- Investigations d'orientation
- Travaux de Réhabilitation achevés
- Délimitation présumée au stade de l'Inventaire
- Limite communale

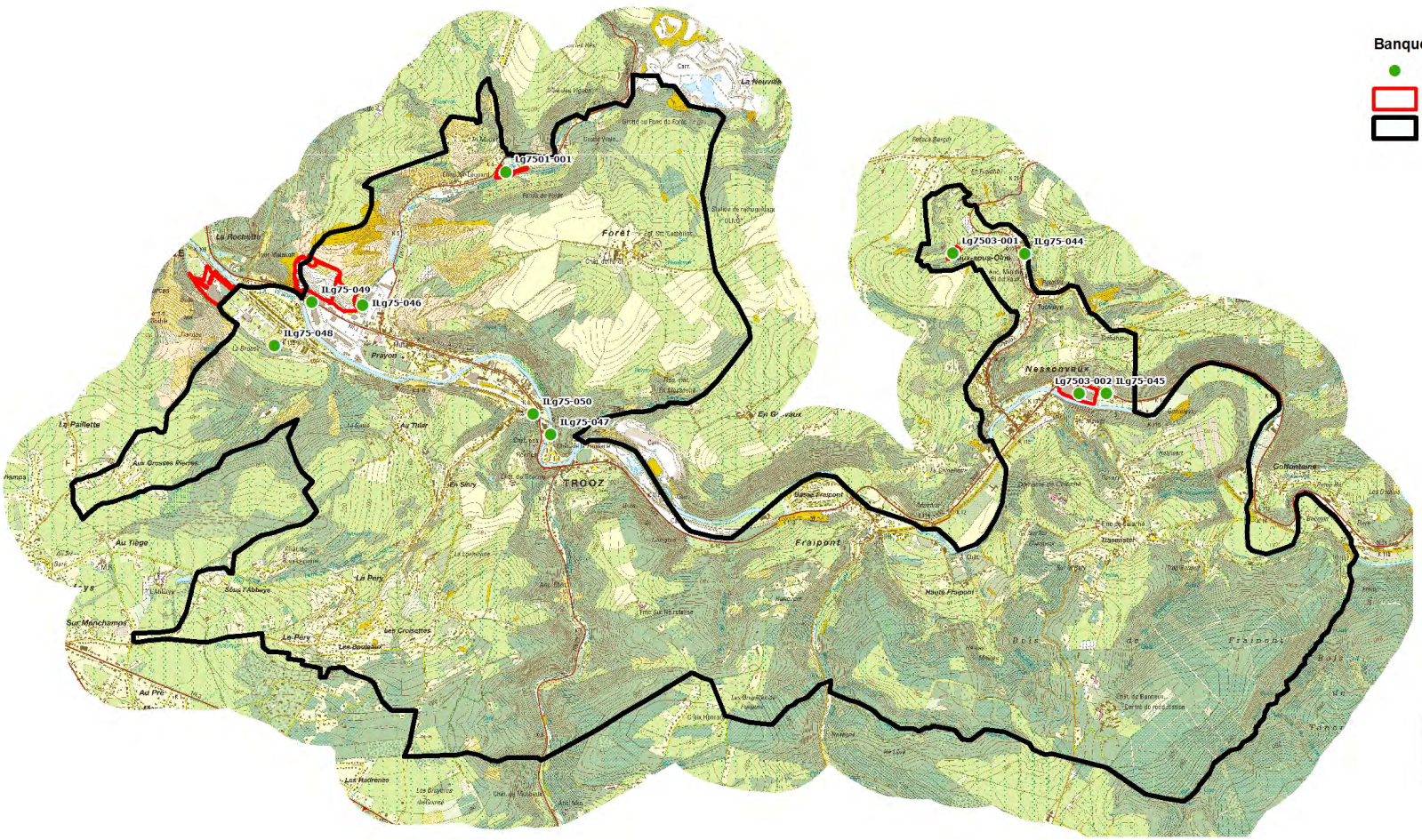
Code	Nom	Niveau gestion
Lg6503-001	Bois Saint-Jean	Réhabilitation
Lg6502-001	Sualem	Orientation
Lg6502-002	Horloz	Orientation

Source : Extrait des cartes topographiques n°42-5, 42-6 et 49-1

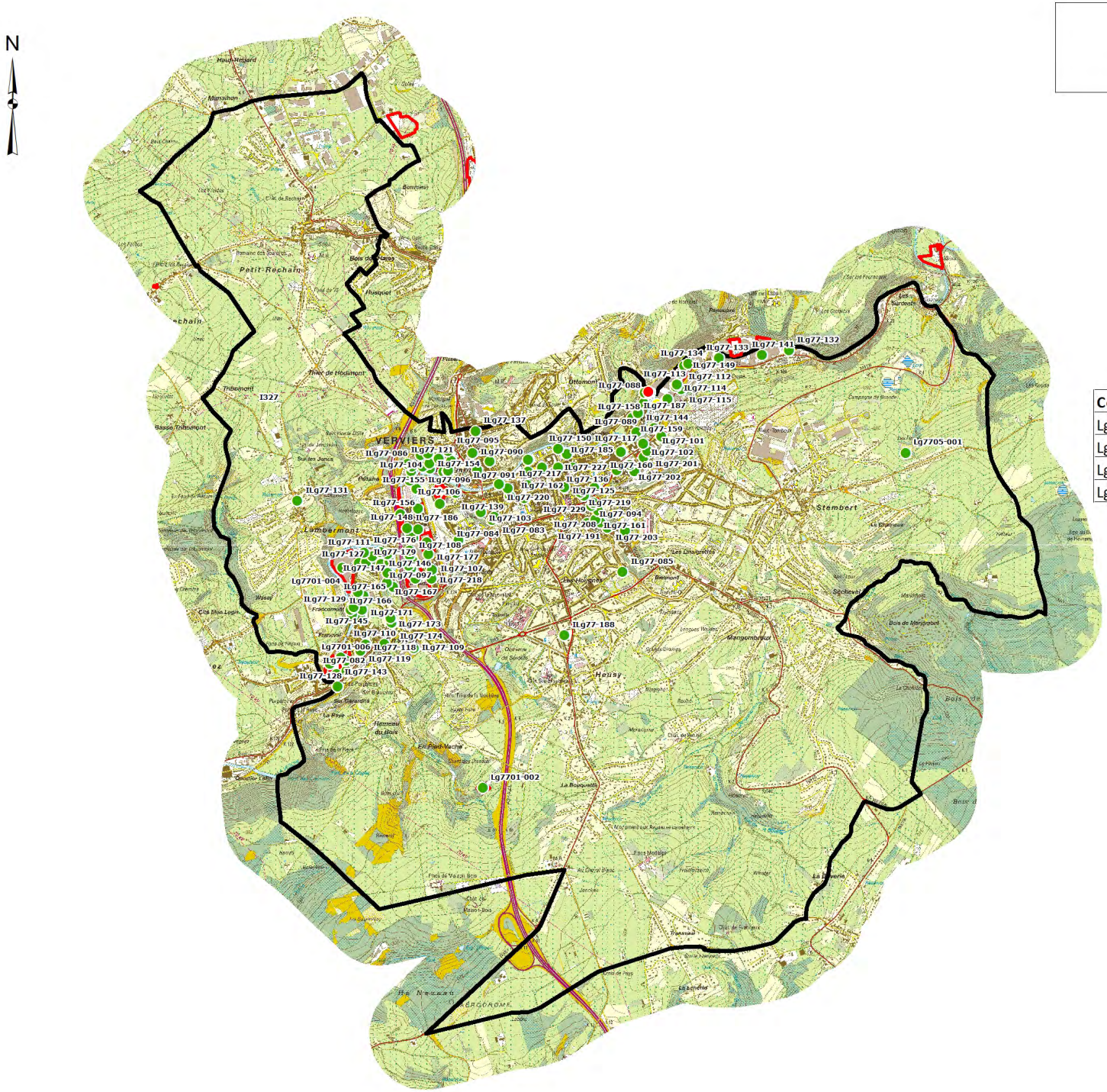
Janvier 2010

SPAQuE

Projet Pollusol 2
Zone d'étude de Trooz



Projet Pollusol 2
Zone d'étude de Verviers



Banque de données Walsols - Niveau de gestion (Décembre 2009)

- Inventaire
- Investigations d´orientation
- Travaux de Réhabilitations achevés
- Délimitation présumée au stade de l'Inventaire
- Limite communale

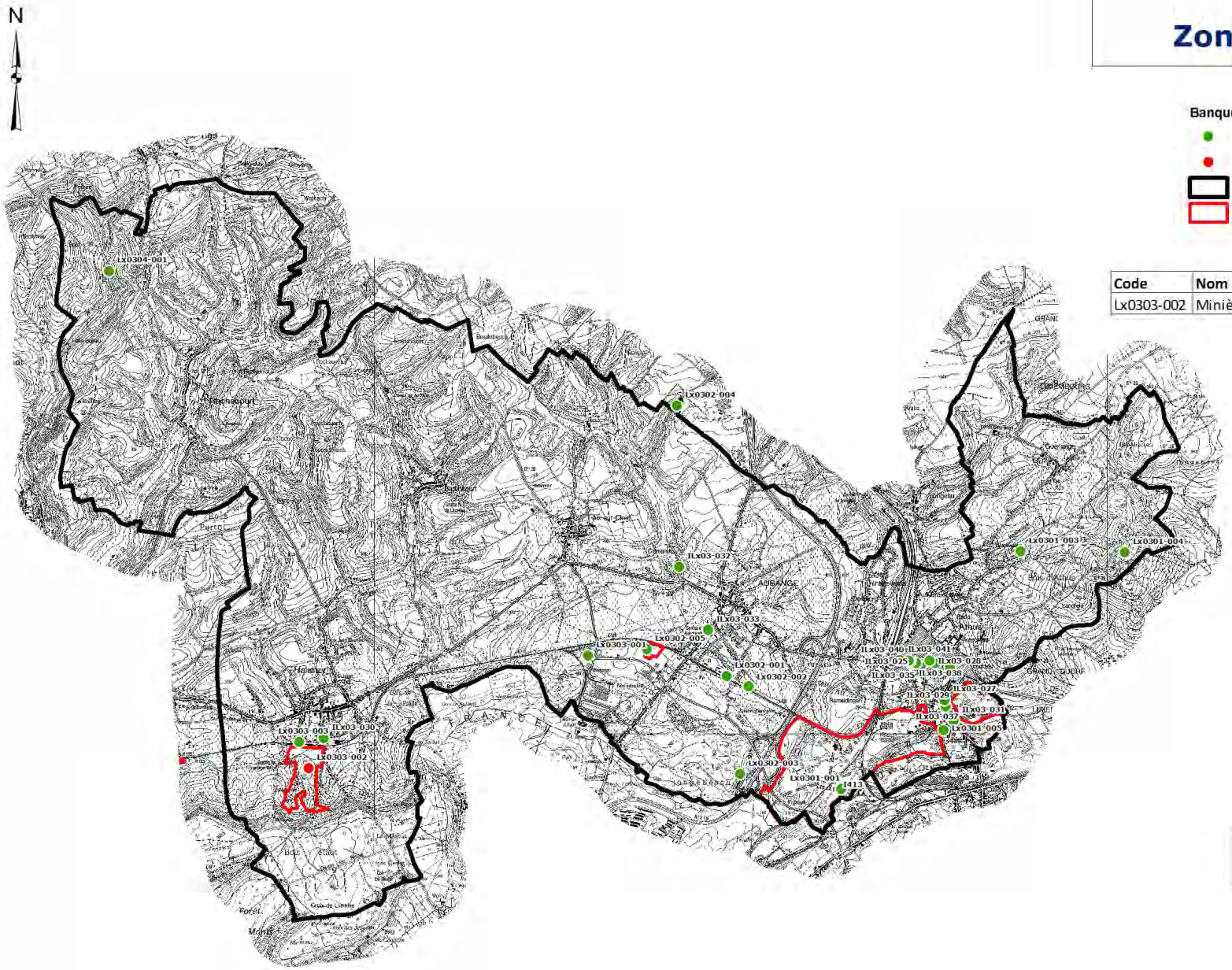
Code	Nom	Niveau gestion
Lg7706-002	CARDERIE VERVIETOISE	Investigations d´orientation
Lg7706-003	PETURKENNE	Investigations d´orientation
Lg7706-004	Station service Apna Oil	Investigations d´orientation
Lg7706-001	Ets ORTMANS	Travaux de Réhabilitation achevés

Source : Extrait des cartes topographiques n°42-8 et 43-5

Janvier 2010

SPAQuE

Projet Pollusol 2
Zone d'étude d'Aubange

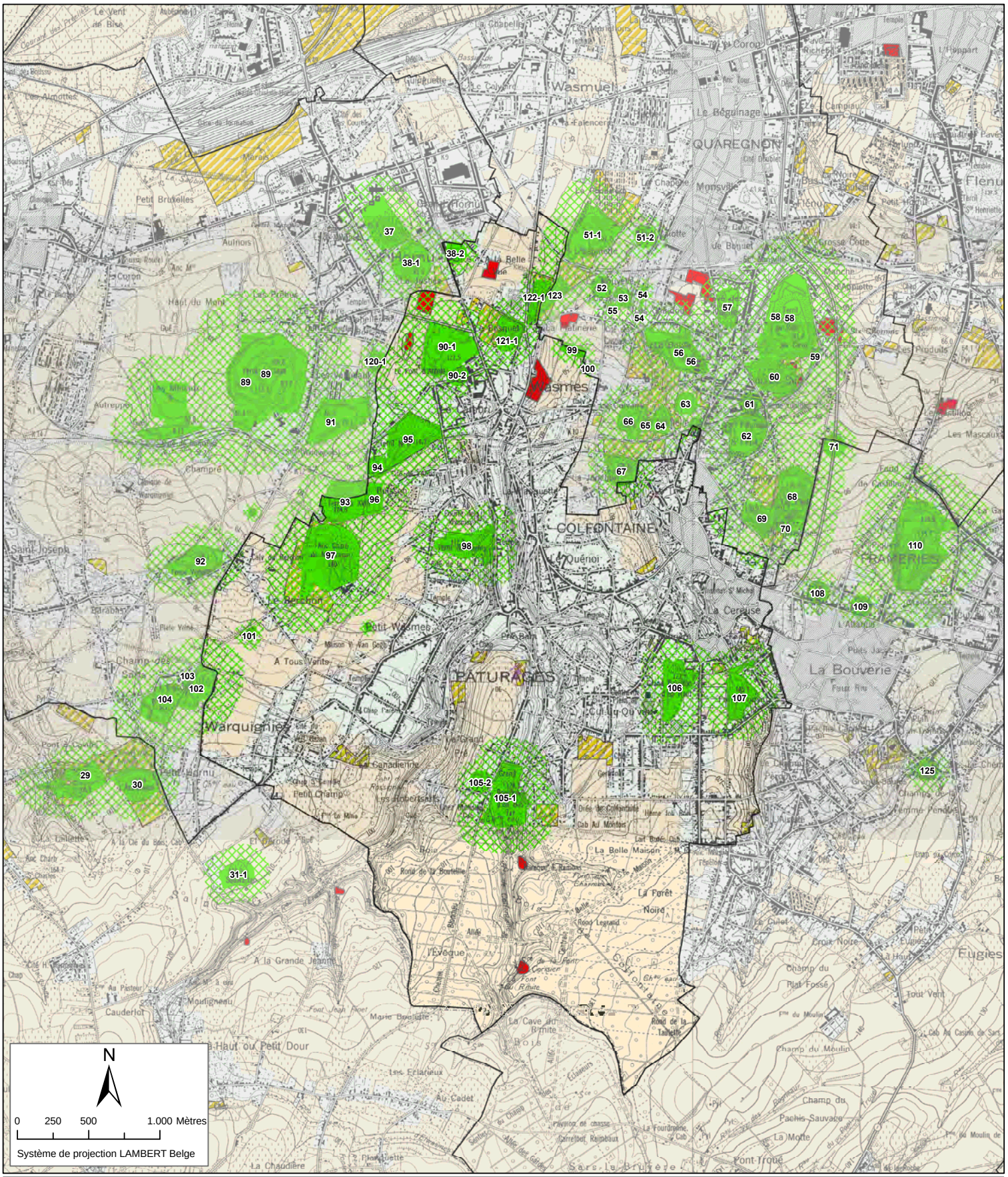


Code	Nom	Niveau gestion
Lx0303-002	Minière et Hauts Fourneaux d'Halanzy	Bilan historique (en cours)

Source : Extrait des cartes topographiques n°71-3, 71-4, 71-7, 71-8, et 72-1

Janvier 2010

SPAQuE



Carte 6a : Zone de Colfontaine
Terrils et sols potentiellement touchés par les activités anthropiques

Projet POLLUSOL 2

Légende

Sol recouvert (ou ayant été recouvert) par des matériaux exogènes de type :

- Schistes houillers (principalement)
- Matériaux issus de l'industrie métallurgique ou de natures diverses

- Sol potentiellement influencé par la présence d'un terril à proximité
- Sol potentiellement influencé par la présence d'un crassier ou d'une décharge à proximité

- Sols dérivés d'alluvions et de colluvions

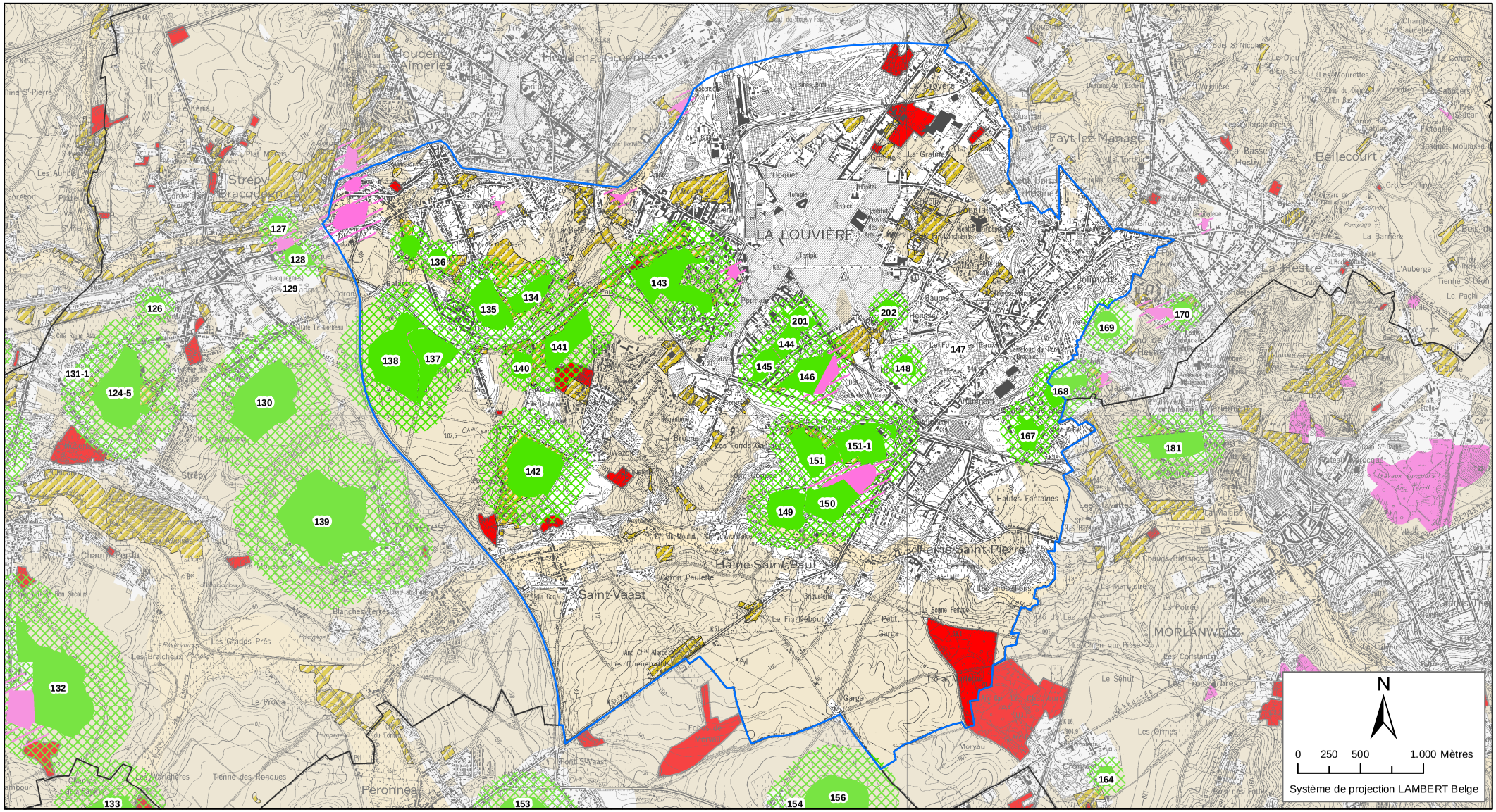
Unités cartographiques de la Carte des Sols de Wallonie :

- Sols naturels
- Fosses d'extraction
- Remblais et terrains remaniés

Données sources :
- Fond de plan : Carte topographique 1:10.000 (Origine : IGN)
- Carte des sols : PCNSW, projet du Gouvernement wallon(GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L.&GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
(Copyright : Direction Générale de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et de l'Environnement, Service Public de Wallonie)
- Sols dérivés d'alluvions et de colluvions : Carte Hydrogéologique de Wallonie (Origine : SPW/DGARNE)
- Carte des terrils de la MRW-DGARNE

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/FSAGx/ULg/FPMs) financé par SPAQuE

Réalisation : UCL- Unité des sciences du sol



Carte 6b : Zone de La Louvière
Terrils et sols potentiellement touchés par les activités anthropiques

Projet POLLUSOL 2

Légende

- Limites communales
- Limite de la zone d'étude pour les sols
- Sols dérivés d'alluvions et de colluvions

Unités cartographiques de la Carte des Sols de Wallonie :

- Sols naturels
- Fosses d'extraction
- Remblais et terrains remaniés

Sol recouvert (ou ayant été recouvert) par des matériaux exogènes de type :

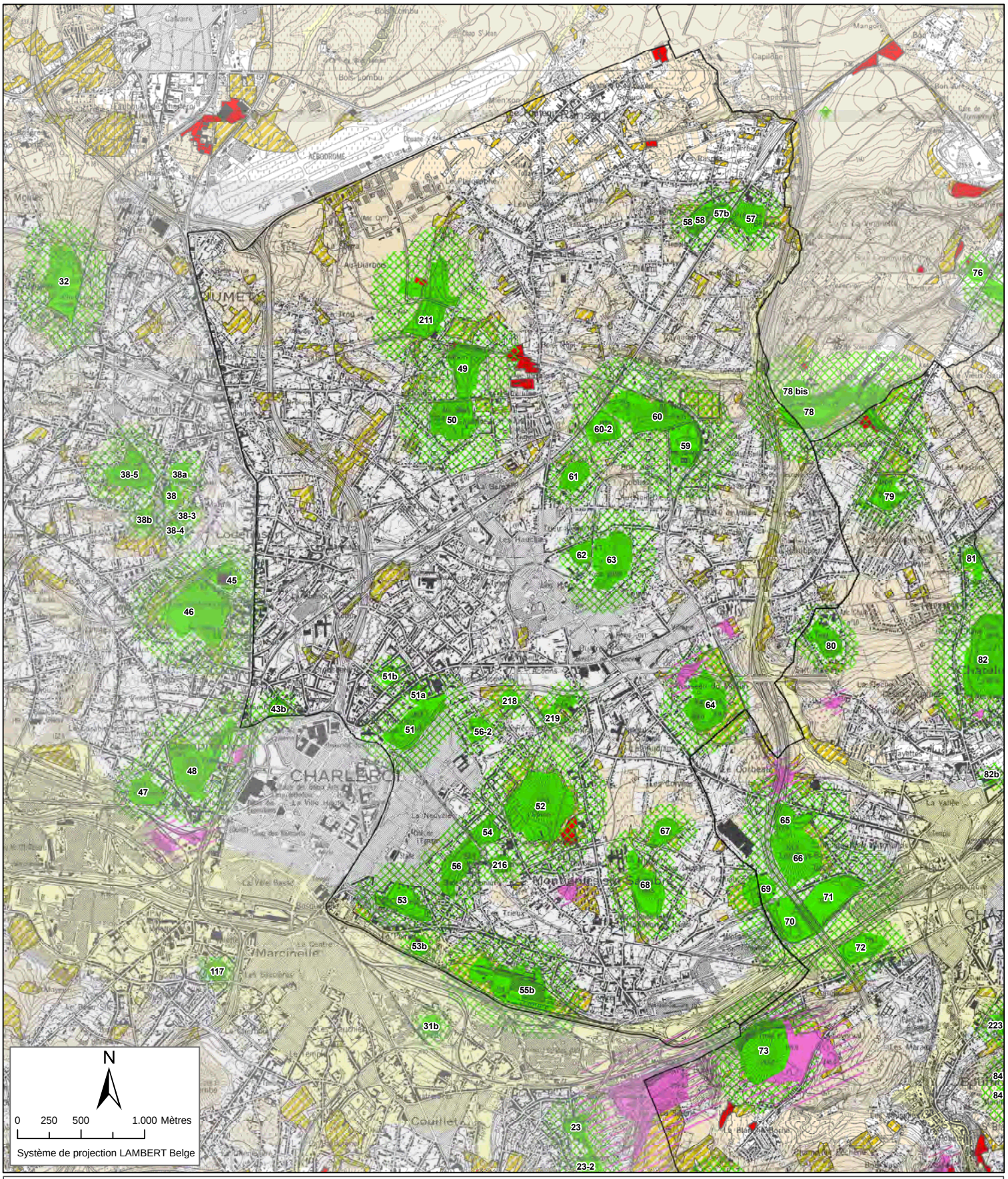
- Schistes houillers (principalement)
- Matériaux issus de l'industrie métallurgique ou de natures diverses

- Sol potentiellement influencé par la présence d'un terril à proximité
- Sol potentiellement influencé par la présence d'un crassier ou d'une décharge à proximité

Données sources :
- Fond de plan : Carte topographique 1:10.000 (Origine : IGN)
- Carte des sols : PCNSW, projet du Gouvernement wallon(GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L.&GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
(Copyright : Direction Générale de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et de l'Environnement, Service Public de Wallonie)
- Sols dérivés d'alluvions et de colluvions : Carte Hydrogéologique de Wallonie (Origine : SPW/DGARNE)
- Carte des terrils de la MRW-DGARNE

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

Réalisation :
UCL
Earth and Life Institute - environment (ELI-e)



Carte 6c1 : Zone de Charleroi - Châtelet : partie Charleroi
Terrils et sols potentiellement touchés par les activités anthropiques

Projet POLLUSOL 2

Légende

Sol recouvert (ou ayant été recouvert) par des matériaux exogènes de type :

- Schistes houillers (principalement)
- Matériaux issus de l'industrie métallurgique ou de natures diverses

- Sol potentiellement influencé par la présence d'un terril à proximité
- Sol potentiellement influencé par la présence d'un crassier ou d'une décharge à proximité

- Sols dérivés d'alluvions et de colluvions

Unités cartographiques de la Carte des Sols de Wallonie :

- Sols naturels
- Fosses d'extraction
- Remblais et terrains remaniés

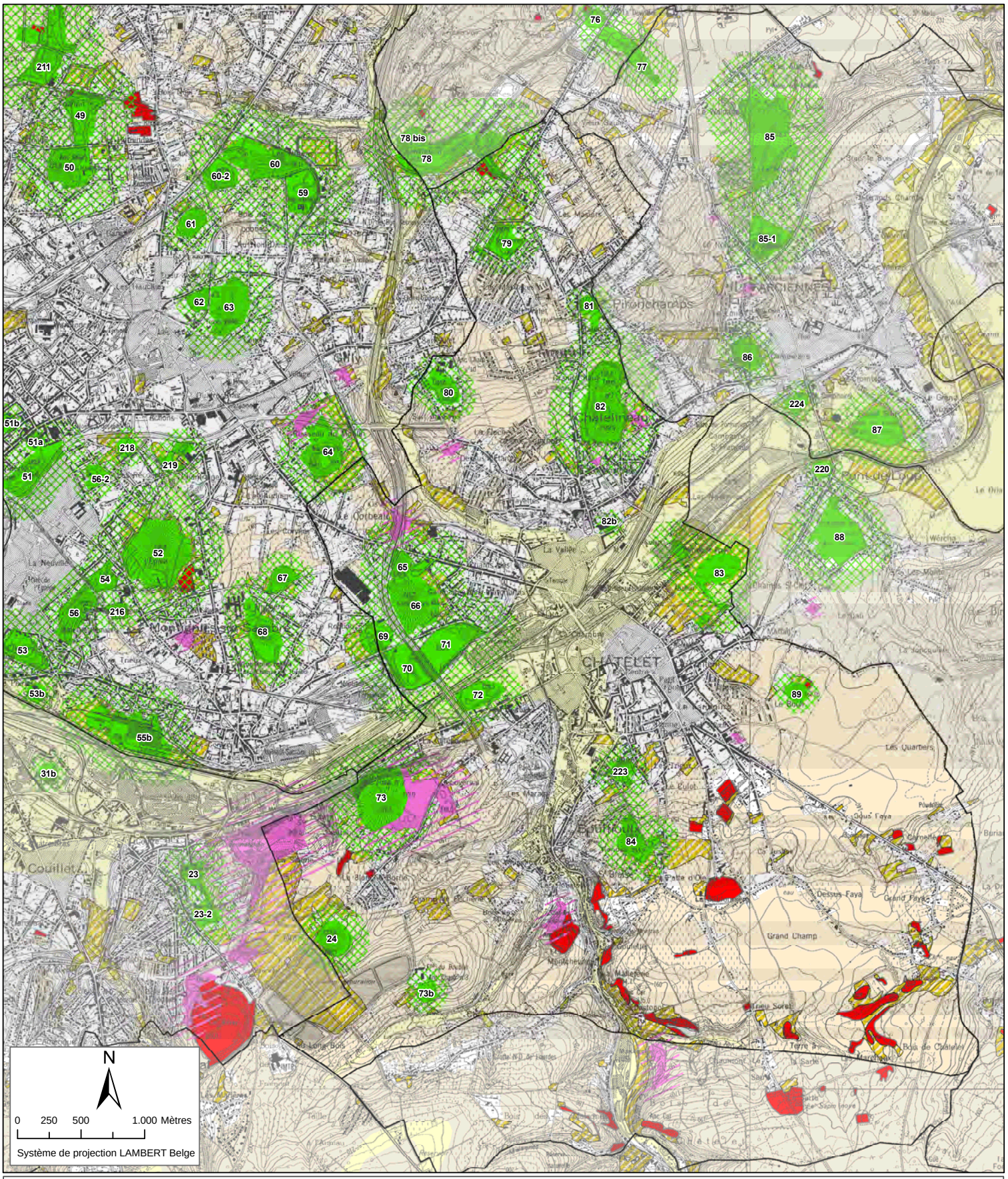
Données sources :
- Fond de plan : Carte topographique 1:10.000 (Origine : IGN)
- Carte des sols : PCNSW, projet du Gouvernement wallon(GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L.&GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
(Copyright : Direction Générale de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et de l'Environnement, Service Public de Wallonie)
- Sols dérivés d'alluvions et de colluvions : Carte Hydrogéologique de Wallonie (Origine : SPW/DGARNE)
- Carte des terrils de la MRW-DGARNE

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/FSAGx/ULg/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

Réalisation : UCL- Unité des sciences du sol

UCL Université catholique de Louvain



Carte 6c2 : Zone de Charleroi - Châtelet : partie Châtelet
Terrils et sols potentiellement touchés par les activités anthropiques

Projet POLLUSOL 2

Légende

Sol recouvert (ou ayant été recouvert) par des matériaux exogènes de type :

- Schistes houillers (principalement)
- Matériaux issus de l'industrie métallurgique ou de natures diverses

- Sol potentiellement influencé par la présence d'un terril à proximité
- Sol potentiellement influencé par la présence d'un crassier ou d'une décharge à proximité

- Sols dérivés d'alluvions et de colluvions

Unités cartographiques de la Carte des Sols de Wallonie :

- Sols naturels
- Fosses d'extraction
- Remblais et terrains remaniés

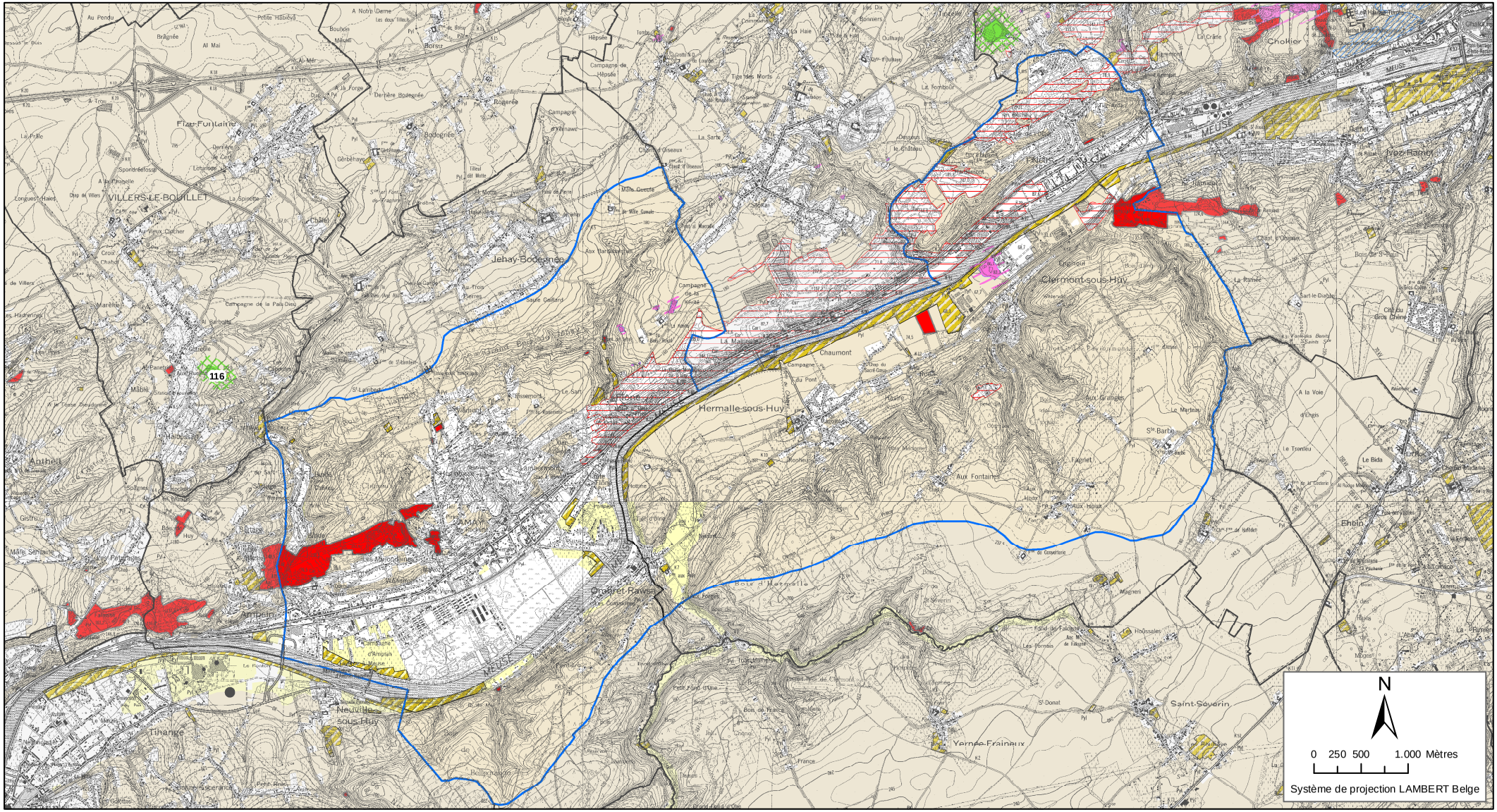
Données sources :
- Fond de plan : Carte topographique 1:10.000 (Origine : IGN)
- Carte des sols : PCNSW, projet du Gouvernement wallon(GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L.&GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
(Copyright : Direction Générale de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et de l'Environnement, Service Public de Wallonie)
- Sols dérivés d'alluvions et de colluvions : Carte Hydrogéologique de Wallonie (Origine : SPW/DGARNE)
- Carte des terrils de la MRW-DGARNE

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/FSAGx/ULg/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

Réalisation : UCL- Unité des sciences du sol

UCL Université catholique de Louvain



Carte 6d : Zone de Amay-Engis
Terrils et sols potentiellement touchés par les activités anthropiques

Projet POLLUSOL 2

Légende

- Limites communales
- Limite de la zone d'étude pour les sols
- Sols dérivés d'alluvions et de colluvions

Unités cartographiques de la Carte des Sols de Wallonie :

- Sols naturels
- Complexe non différencié de carrières, terrils, remblais, terrains remaniés, zones bâties et industrialisées
- Fosses d'extraction
- Remblais et terrains remaniés

Sol recouvert (ou ayant été recouvert) par des matériaux exogènes de type :

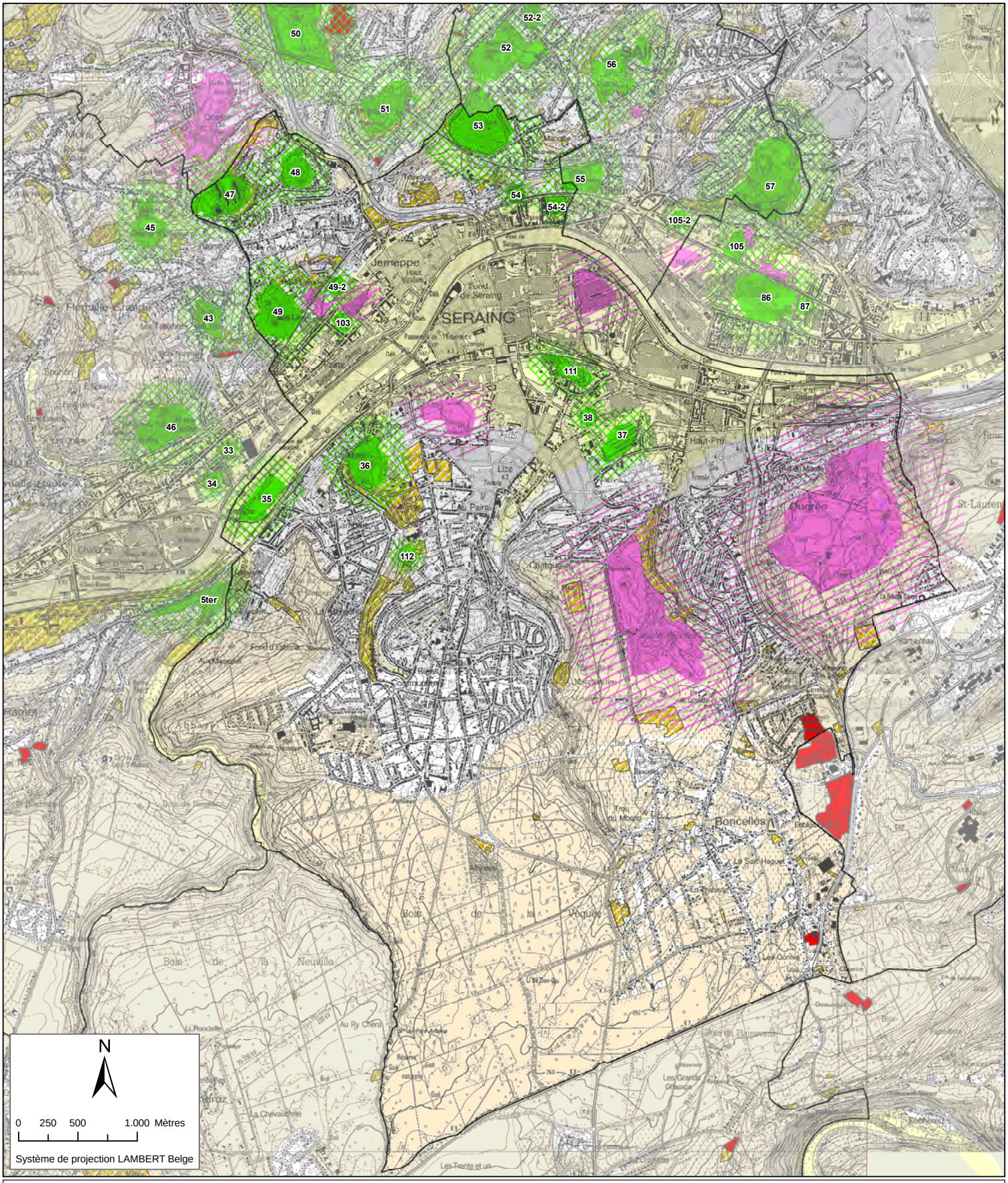
- Schistes houillers (principalement)
- Matériaux issus de l'industrie métallurgique ou de natures diverses

- Sol potentiellement influencé par la présence d'un terril à proximité
- Sol potentiellement influencé par la présence d'un crassier ou d'une décharge à proximité

Données sources :
- Fond de plan : Carte topographique 1:10.000 (Origine : IGN)
- Carte des sols : PCNSW, projet du Gouvernement wallon(GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L.&GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
(Copyright : Direction Générale de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et de l'Environnement, Service Public de Wallonie)
- Sols dérivés d'alluvions et de colluvions : Carte Hydrogéologique de Wallonie (Origine : SPW/DGARNE)
- Carte des terrils de la MRW-DGARNE

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

Réalisation :
UCL
Earth and Life Institute - environment (ELI-e)



Carte 6e : Zone de Seraing
Terrils et sols potentiellement touchés par les activités anthropiques

Projet POLLUSOL 2

Légende

Sol recouvert (ou ayant été recouvert) par des matériaux exogènes de type :

- Schistes houillers (principalement)
- Matériaux issus de l'industrie métallurgique ou de natures diverses

- Sol potentiellement influencé par la présence d'un terril à proximité
- Sol potentiellement influencé par la présence d'un crassier ou d'une décharge à proximité

- Sols dérivés d'alluvions et de colluvions

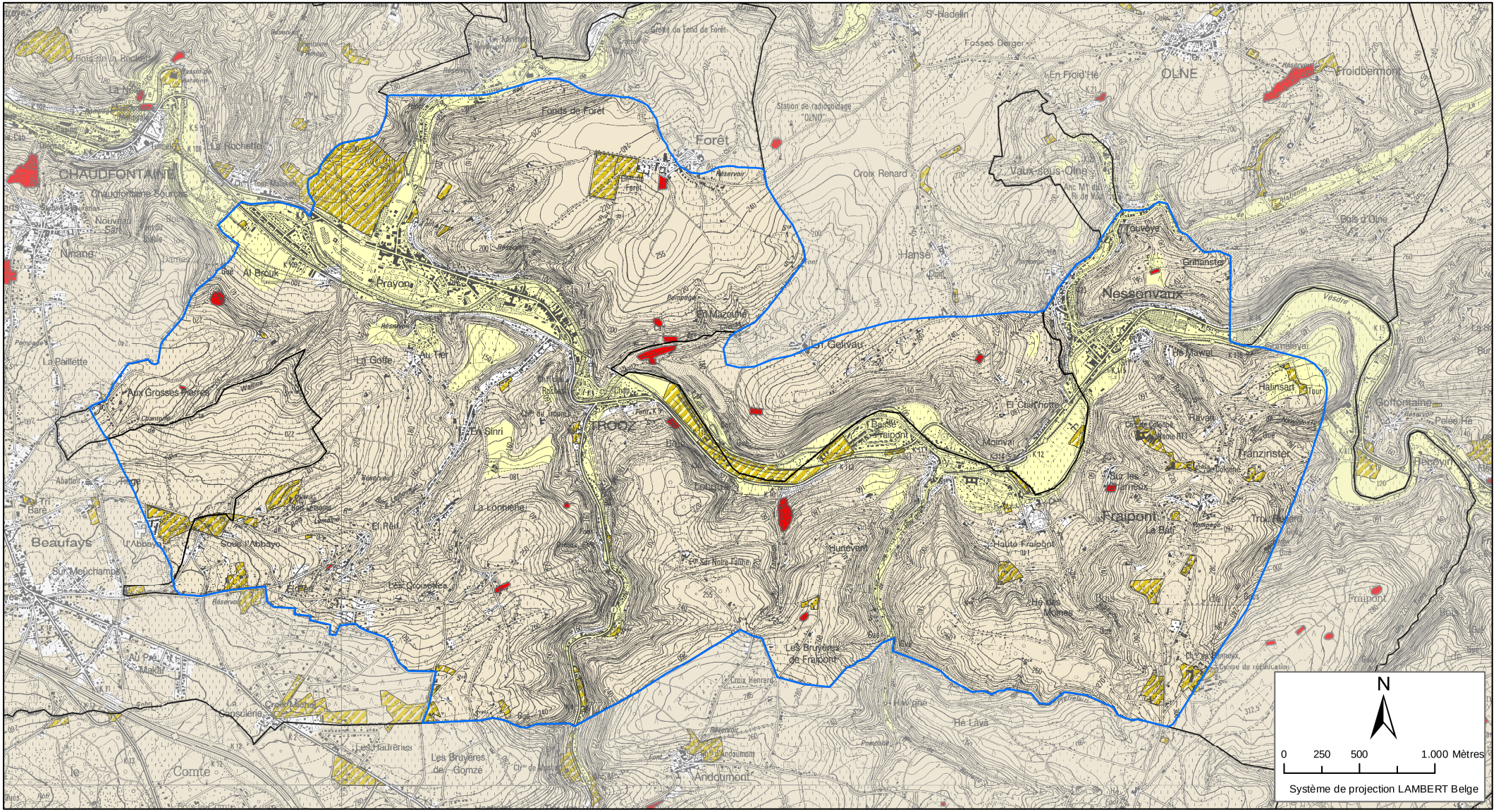
Unités cartographiques de la Carte des Sols de Wallonie :

- Sols naturels
- Fosses d'extraction
- Remblais et terrains remaniés

Données sources :
- Fond de plan : Carte topographique 1:10.000 (Origine : IGN)
- Carte des sols : PCNSW, projet du Gouvernement wallon(GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L.&GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
(Copyright : Direction Générale de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et de l'Environnement, Service Public de Wallonie)
- Sols dérivés d'alluvions et de colluvions : Carte Hydrogéologique de Wallonie (Origine : SPW/DGARNE)
- Carte des terrils de la MRW-DGARNE

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/FSAGx/ULg/FPMs) financé par SPAQuE

Réalisation : UCL- Unité des sciences du sol



Carte 6f : Zone de Trooz
Terrils et sols potentiellement touchés par les activités anthropiques

Projet POLLUSOL 2

Légende

Limites communales

Limite de la zone d'étude pour les sols

Sols dérivés d'alluvions et de colluvions

Unités cartographiques de la Carte des Sols de Wallonie :

Sols naturels

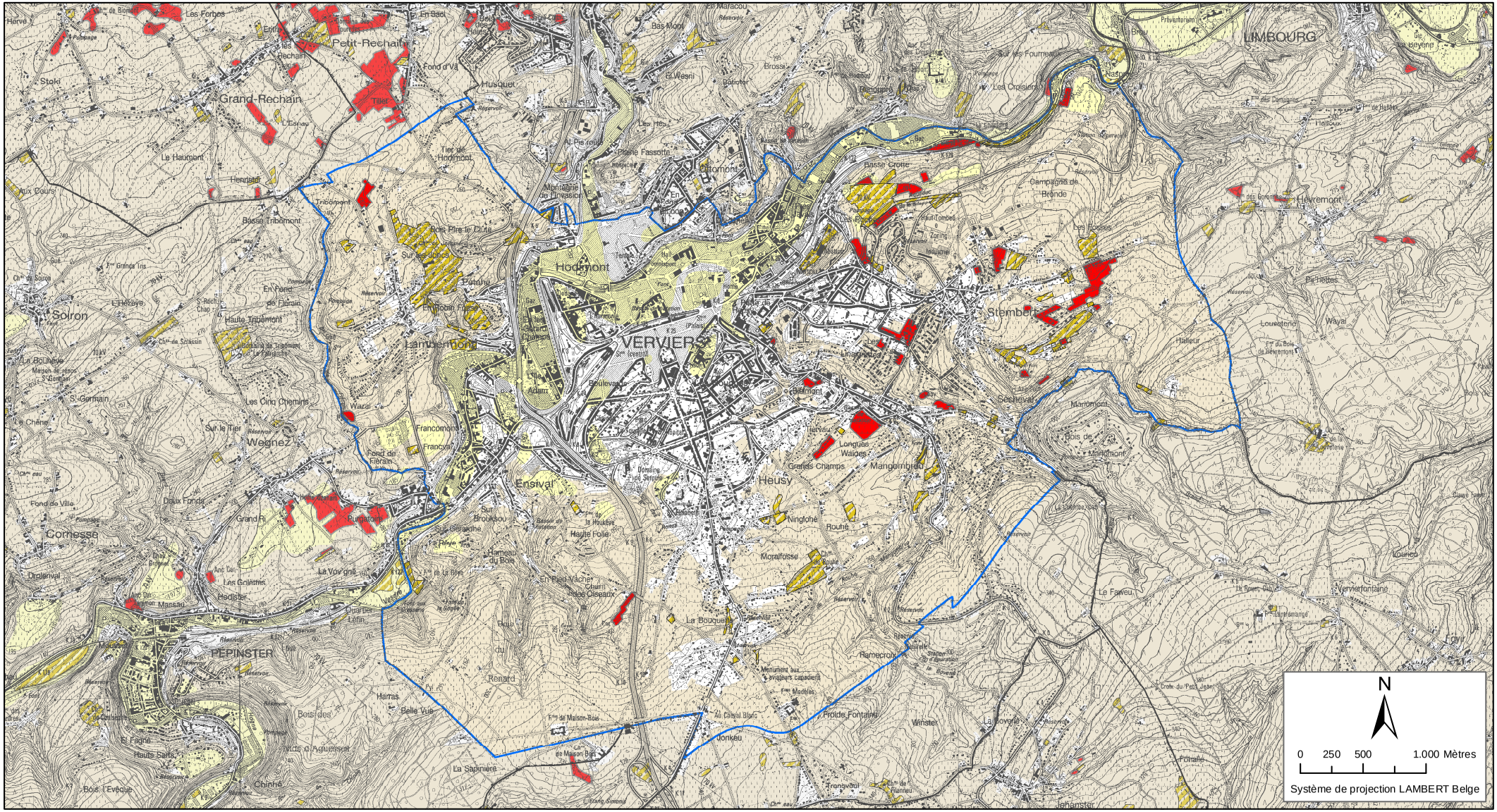
Fosses d'extraction

Remblais et terrains remaniés

Données sources :
- Fond de plan : Carte topographique 1:10.000 (Origine : IGN)
- Carte des sols : PCNSW, projet du Gouvernement wallon(GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L.&GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
(Copyright : Direction Générale de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et de l'Environnement, Service Public de Wallonie)
- Sols dérivés d'alluvions et de colluvions : Carte Hydrogéologique de Wallonie (Origine : SPW/DGARNE)
- Carte des terrils de la MRW-DGARNE

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

Réalisation :
UCL
Earth and Life Institute - environment (ELI-e)



Carte 6g : Zone de Verviers
Terrils et sols potentiellement touchés par les activités anthropiques

Projet POLLUSOL 2

Légende

Limites communales

Limite de la zone d'étude pour les sols

Sols dérivés d'alluvions et de colluvions

Unités cartographiques de la Carte des Sols de Wallonie :

Sols naturels

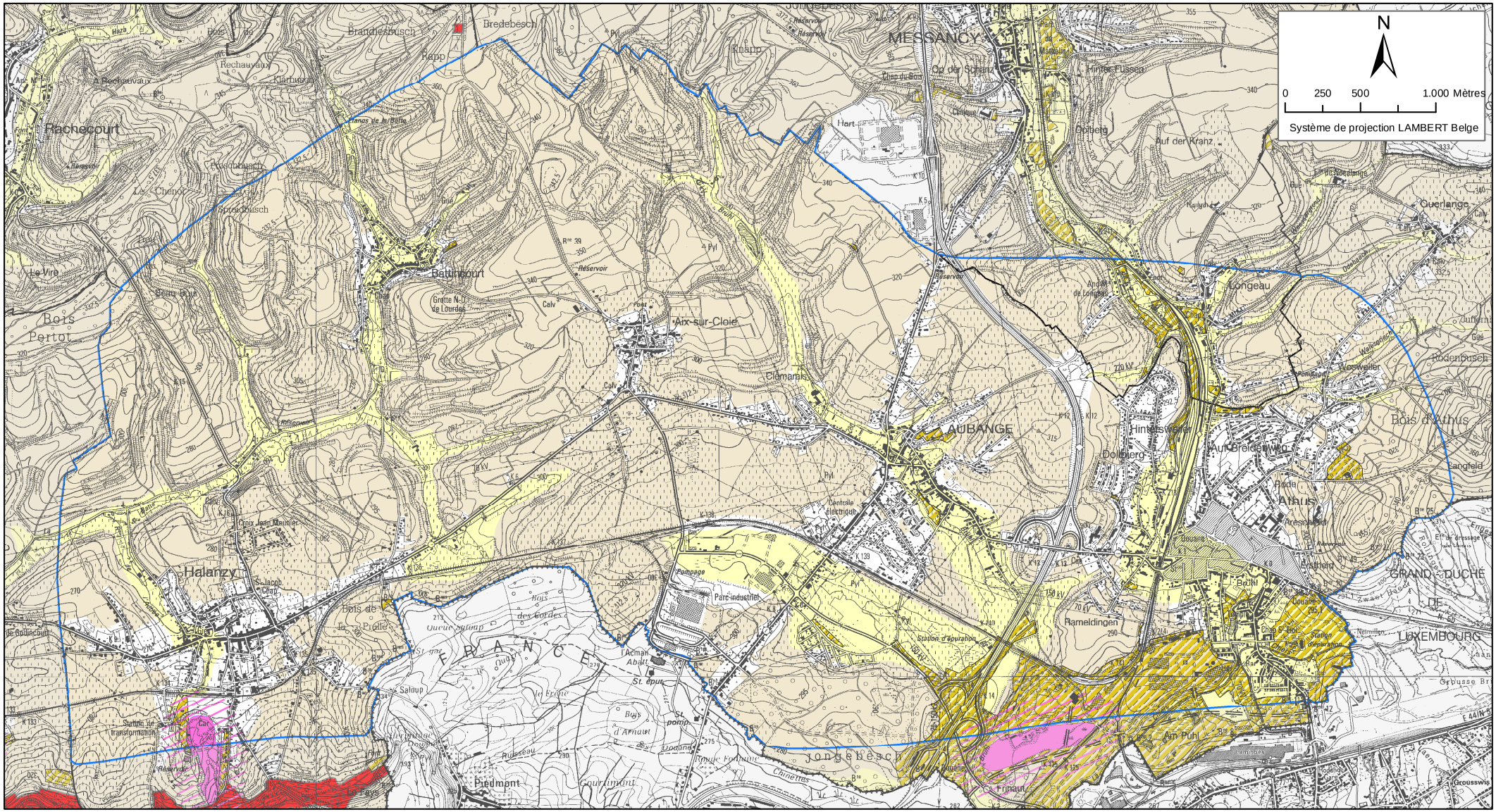
Fosses d'extraction

Remblais et terrains remaniés

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

Réalisation :
UCL
Earth and Life Institute - environment (ELI-e)

Données sources :
- Fond de plan : Carte topographique 1:10.000 (Origine : IGN)
- Carte des sols : PCNSW, projet du Gouvernement wallon(GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L.&GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
(Copyright : Direction Générale de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et de l'Environnement, Service Public de Wallonie)
- Sols dérivés d'alluvions et de colluvions : Carte Hydrogéologique de Wallonie (Origine : SPW/DGARNE)
- Carte des terrils de la MRW-DGARNE



Carte 6h : Zone de Aubange
Terrils et sols potentiellement touchés par les activités anthropiques

Projet POLLUSOL 2

Légende

- Limites communales
- Limite de la zone d'étude pour les sols
- Sols dérivés d'alluvions et de colluvions

Unités cartographiques de la Carte des Sols de Wallonie :

- Sols naturels
- Fosses d'extraction
- Remblais et terrains remaniés

Sol recouvert (ou ayant été recouvert) par des matériaux exogènes de type :

- Matériaux issus de l'industrie métallurgique ou de natures diverses
- Sol potentiellement influencé par la présence d'un crassier ou d'une décharge à proximité

Données sources :
- Fond de plan : Carte topographique 1:10.000 (Origine : IGN)
- Carte des sols : PCNSW, projet du Gouvernement wallon(GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L.&GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
(Copyright : Direction Générale de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et de l'Environnement, Service Public de Wallonie)
- Sols dérivés d'alluvions et de colluvions : Carte Hydrogéologique de Wallonie (Origine : SPW/DGARNE)
- Carte des terrils de la MRW-DGARNE

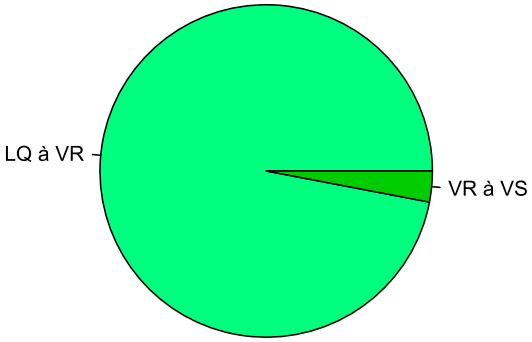
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

Réalisation :
UCL
Earth and Life Institute - environment (ELI-e)

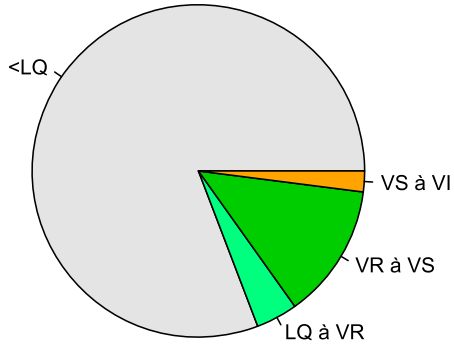
Annexe 2 : Concentration en polluant dans les horizons de surface et dans les horizons profonds des sols des huit zones d'échantillonnage par rapport aux valeurs normatives du décret sols

As : concentration en surface [mg/kg MS]

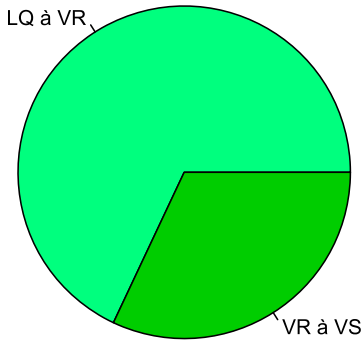
CO n= 33



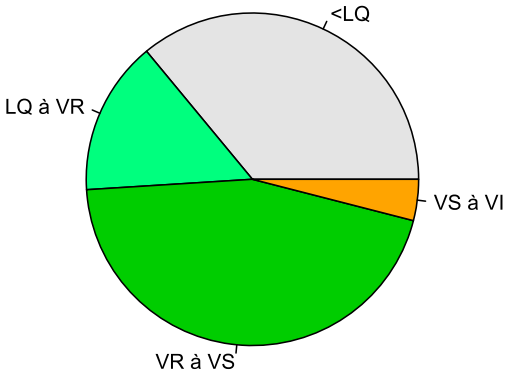
LL n= 46



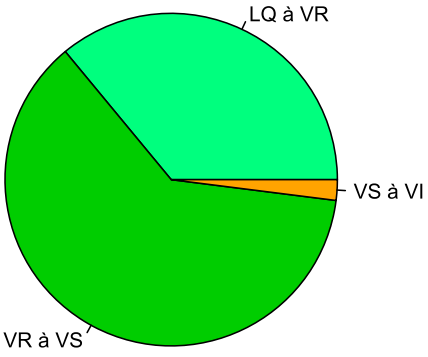
CH n= 82



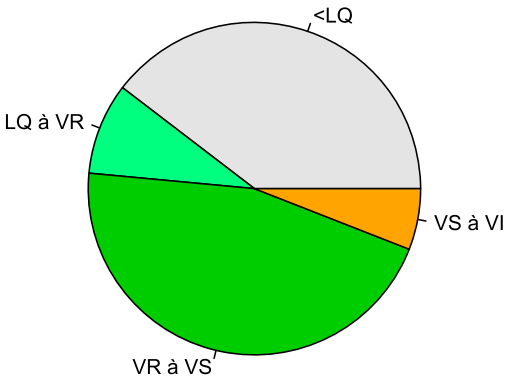
AE n= 53



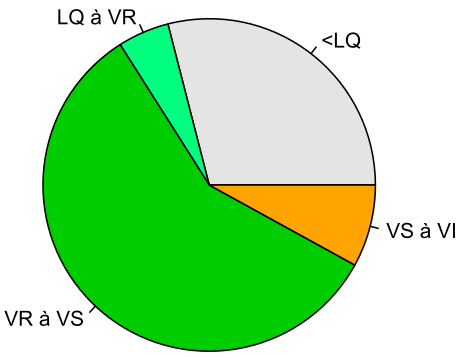
SE n= 55



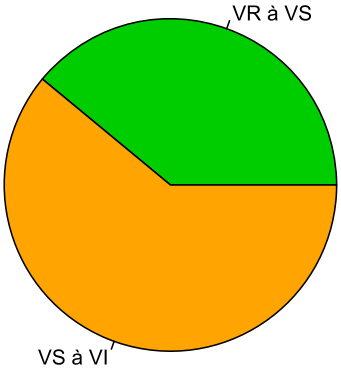
TR n= 35



VE n= 38

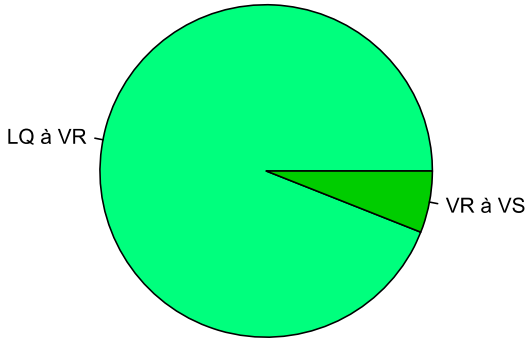


AU n= 36

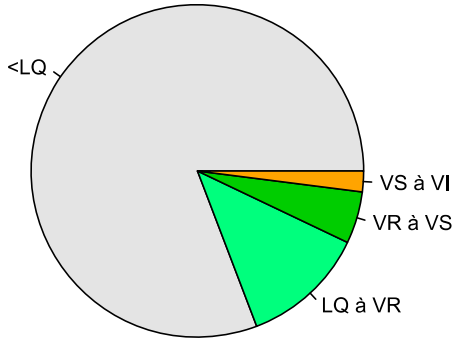


As : concentration en profondeur [mg/kg MS]

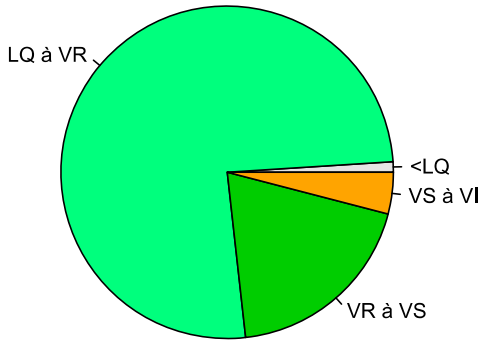
CO n= 31



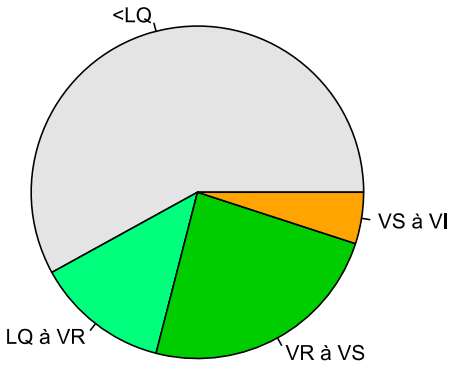
LL n= 40



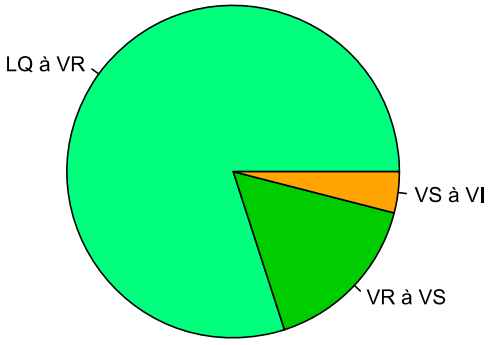
CH n= 73



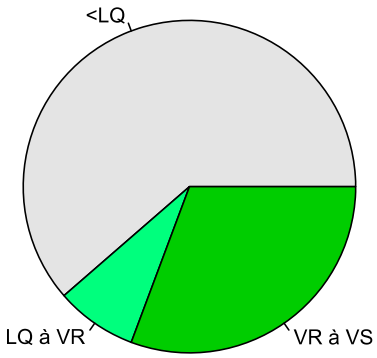
AE n= 38



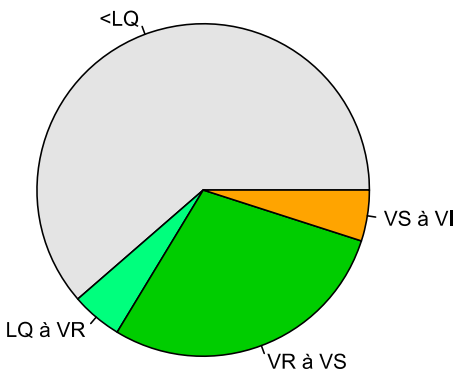
SE n= 45



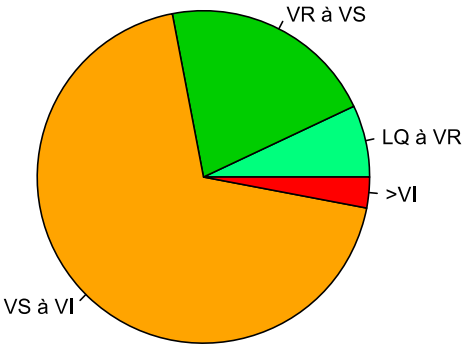
TR n= 26



VE n= 21

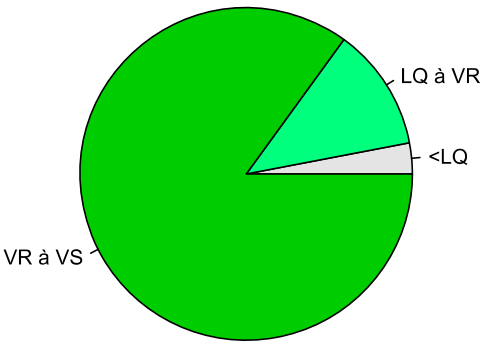


AU n= 29

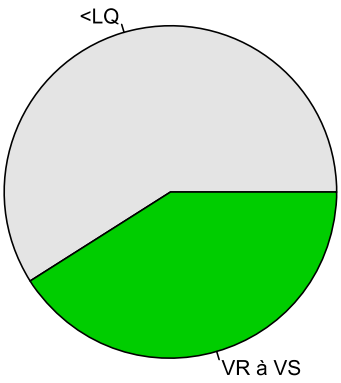


Cd : concentration en surface [mg/kg MS]

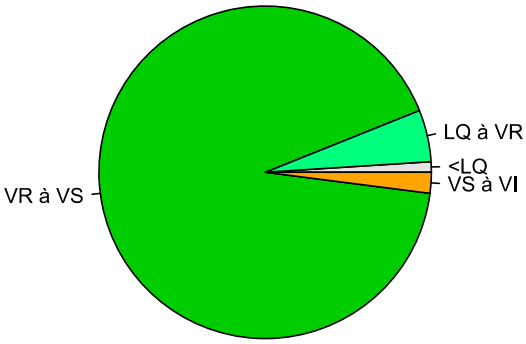
CO n= 33



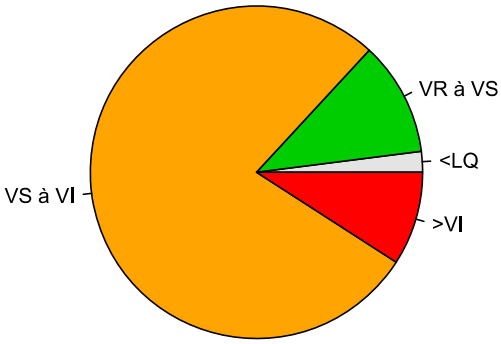
LL n= 46



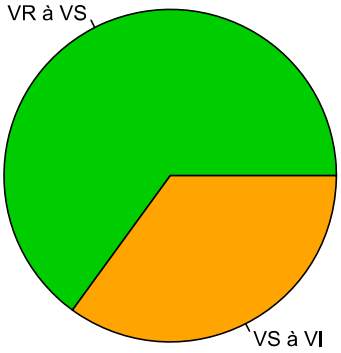
CH n= 82



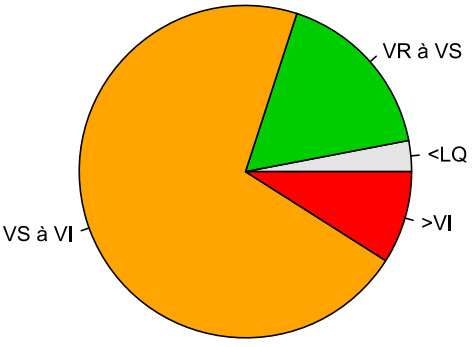
AE n= 53



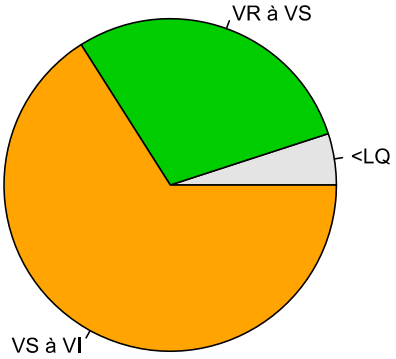
SE n= 55



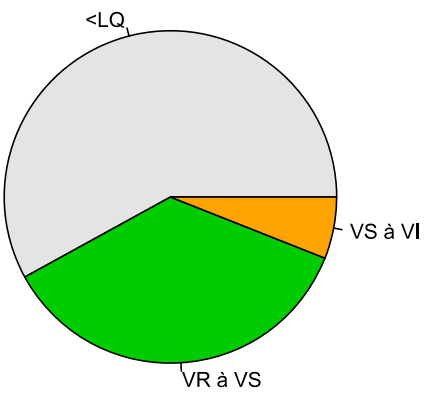
TR n= 35



VE n= 38

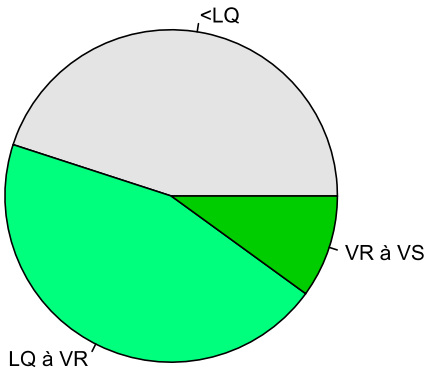


AU n= 36

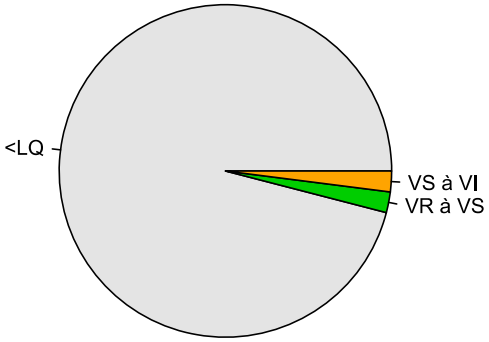


Cd : concentration en profondeur [mg/kg MS]

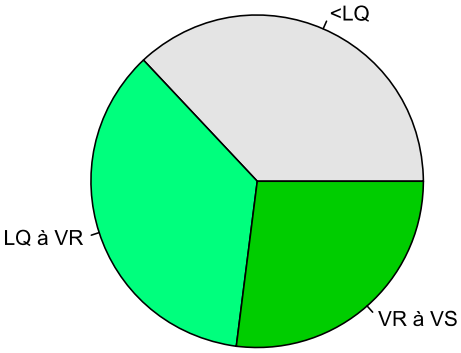
CO n= 31



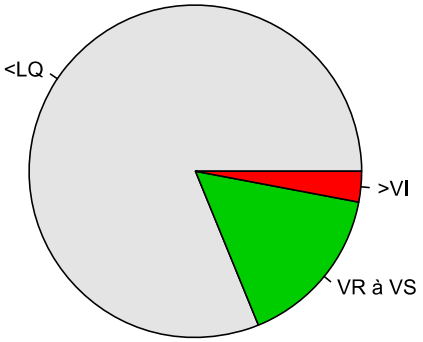
LL n= 40



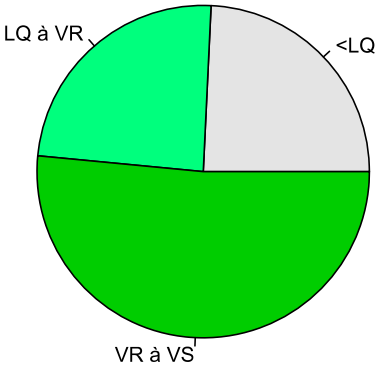
CH n= 73



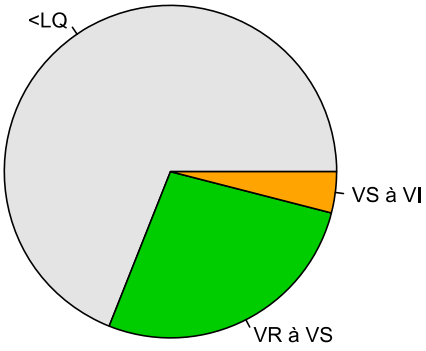
AE n= 38



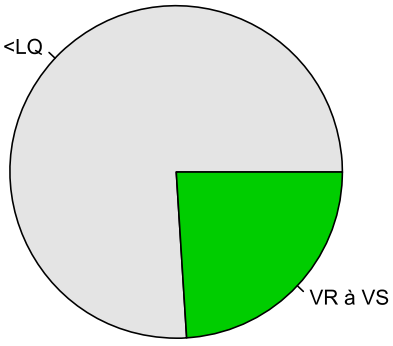
SE n= 45



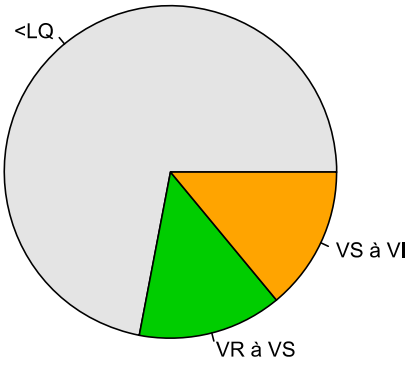
TR n= 26



VE n= 21

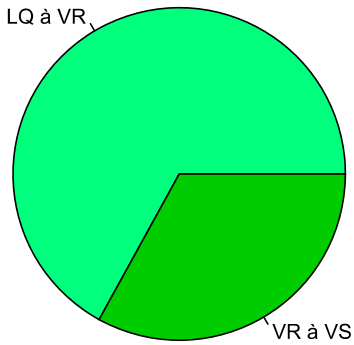


AU n= 29

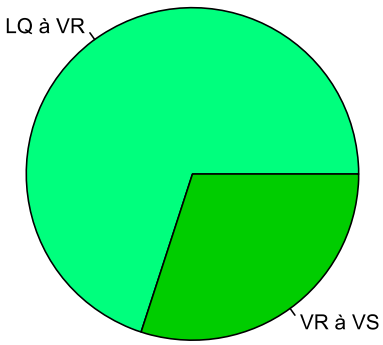


Cr : concentration en surface [mg/kg MS]

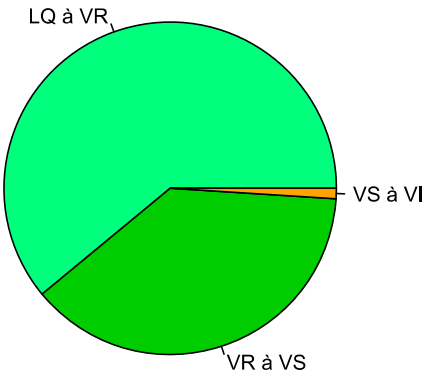
CO n= 33



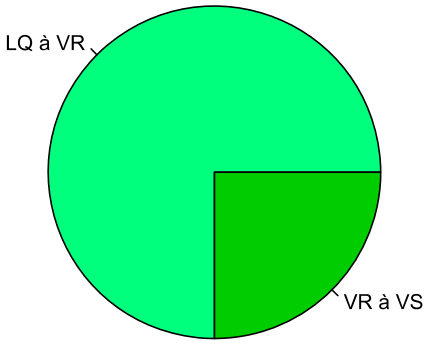
LL n= 46



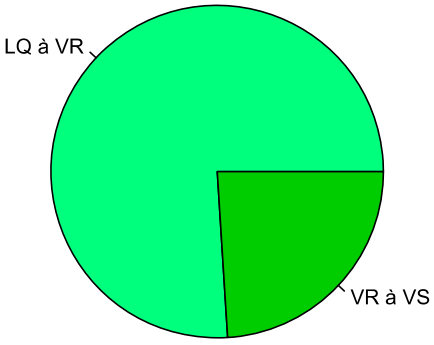
CH n= 82



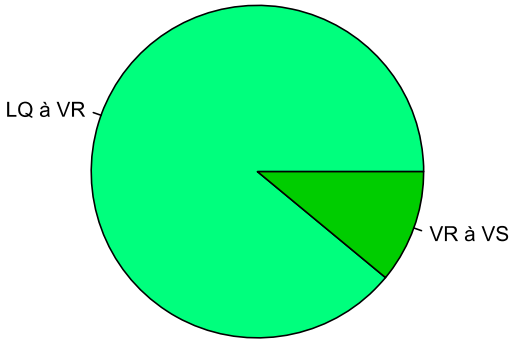
AE n= 53



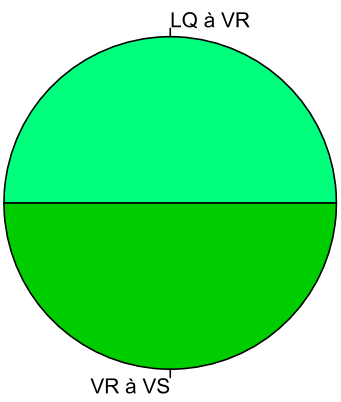
SE n= 55



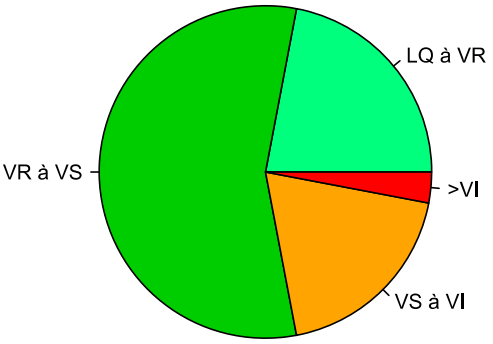
TR n= 35



VE n= 38

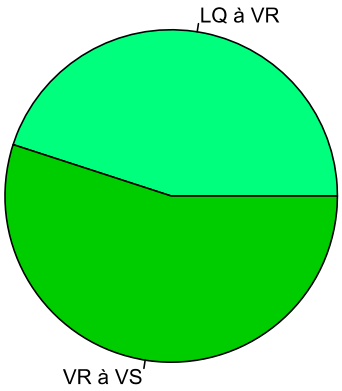


AU n= 36

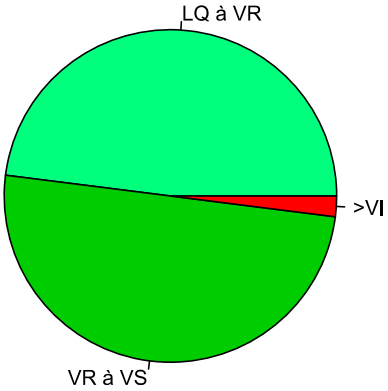


Cr : concentration en profondeur [mg/kg MS]

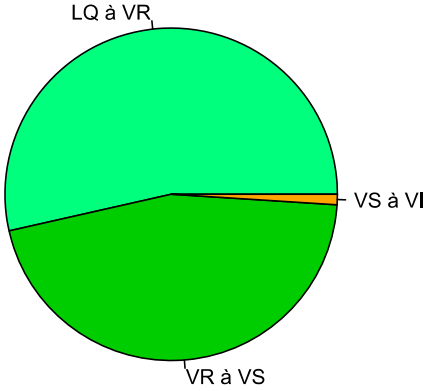
CO n= 31



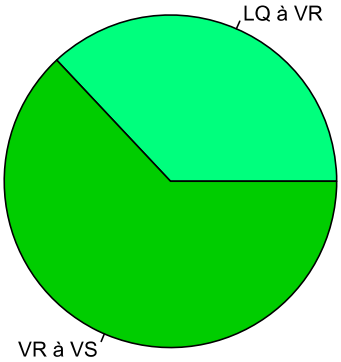
LL n= 40



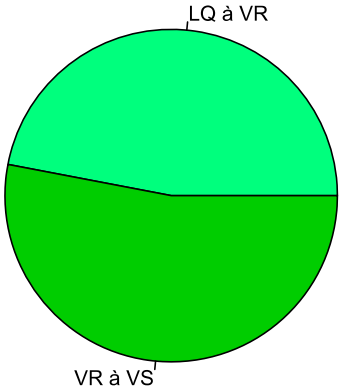
CH n= 73



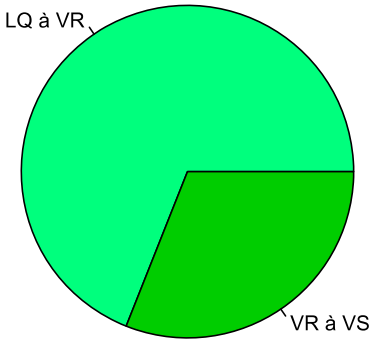
AE n= 38



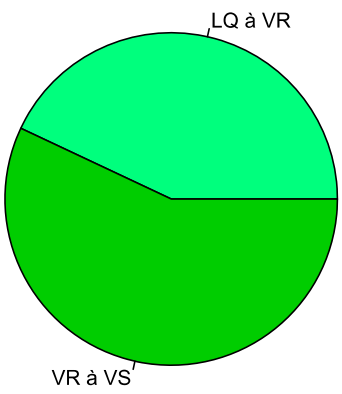
SE n= 45



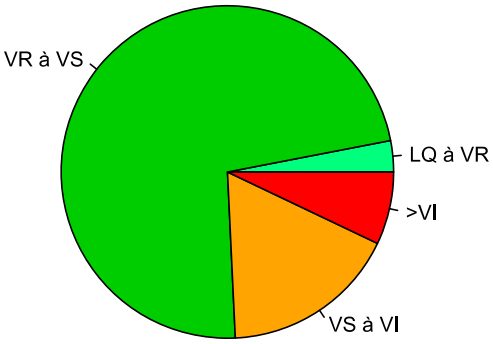
TR n= 26



VE n= 21

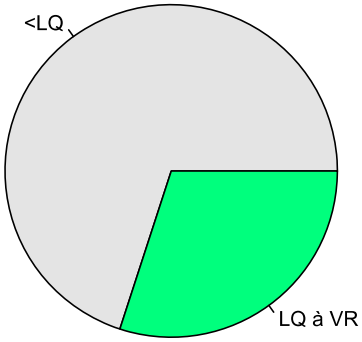


AU n= 29

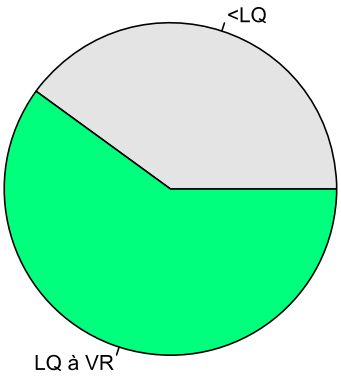


CrVI : concentration en surface [mg/kg MS]

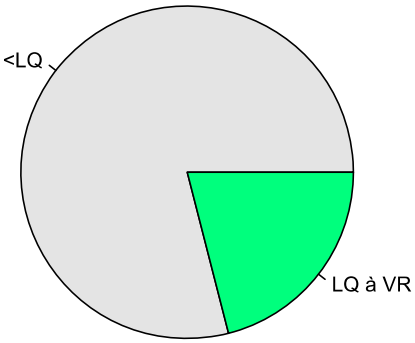
CO n= 33



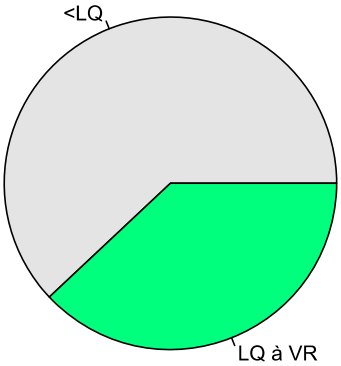
LL n= 10



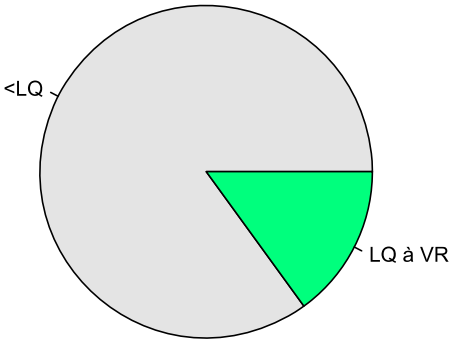
CH n= 82



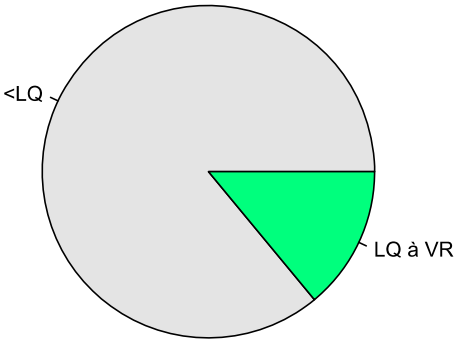
AE n= 40



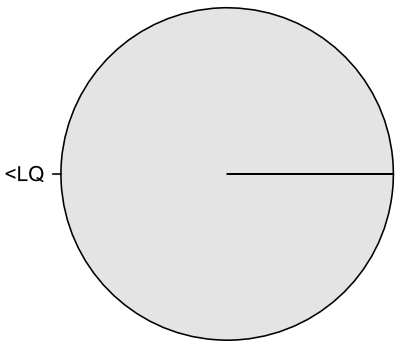
SE n= 55



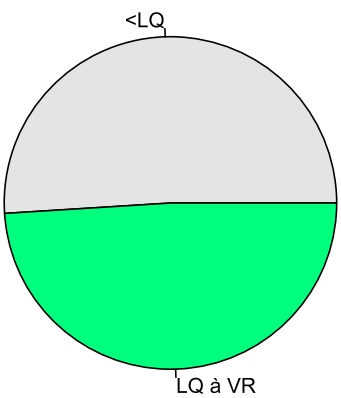
TR n= 35



VE n= 7

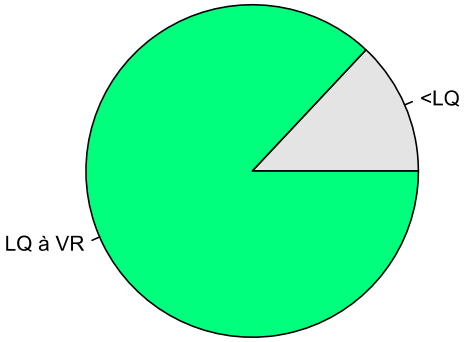


AU n= 35

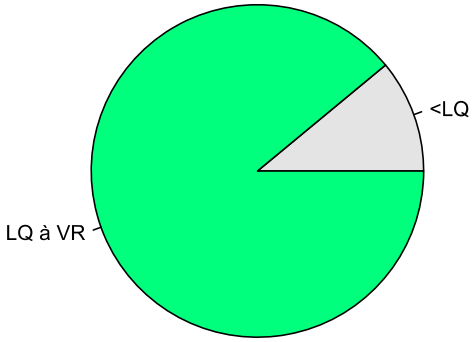


CrVI : concentration en profondeur [mg/kg MS]

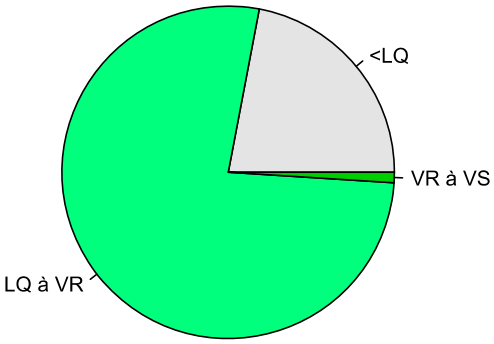
CO n= 31



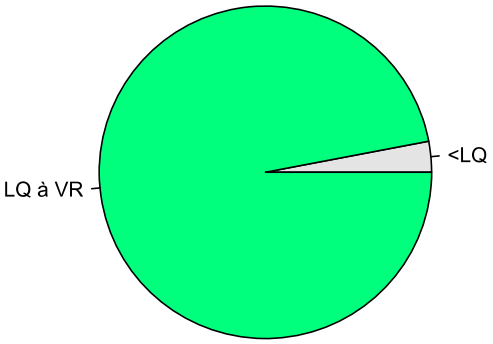
LL n= 19



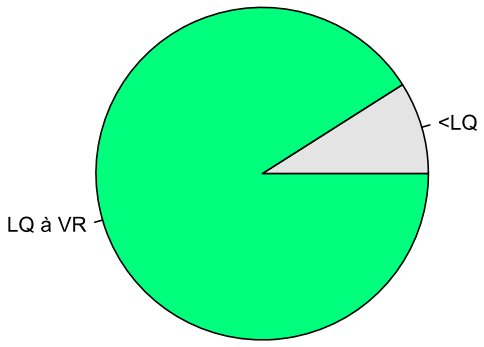
CH n= 73



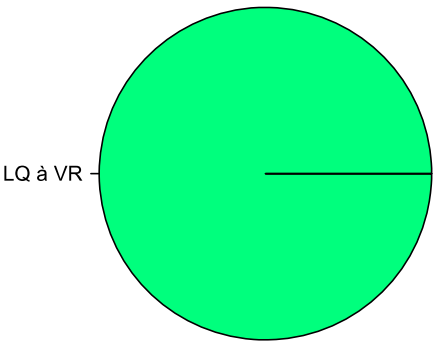
AE n= 31



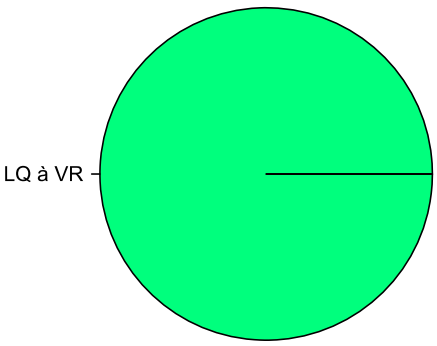
SE n= 45



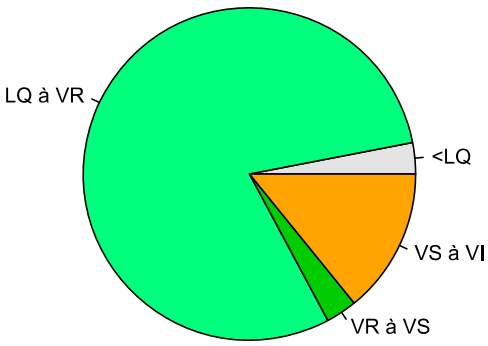
TR n= 26



VE n= 5

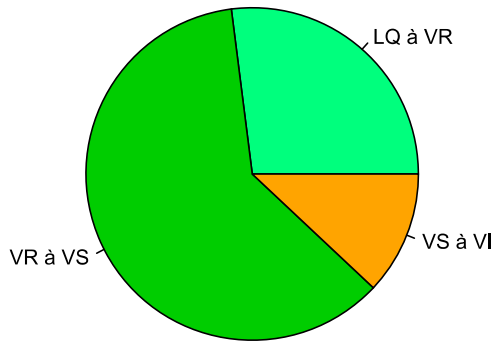


AU n= 29

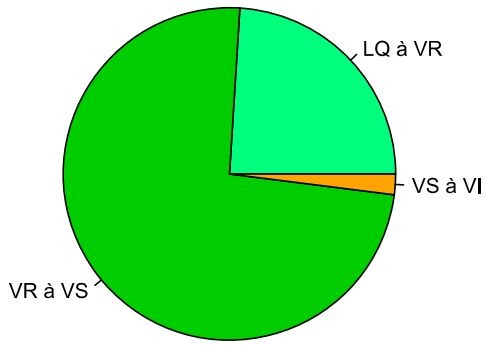


Cu : concentration en surface [mg/kg MS]

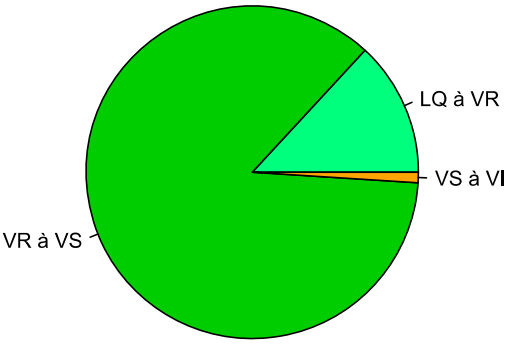
CO n= 33



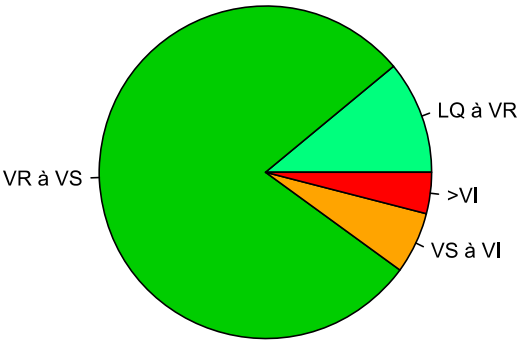
LL n= 46



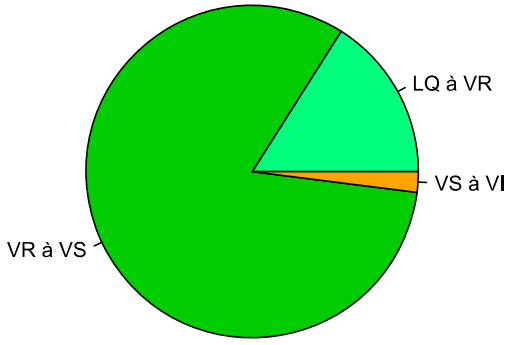
CH n= 82



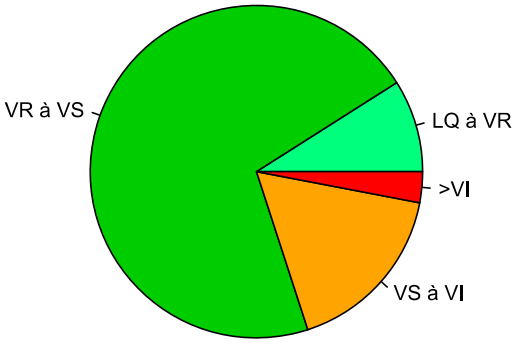
AE n= 53



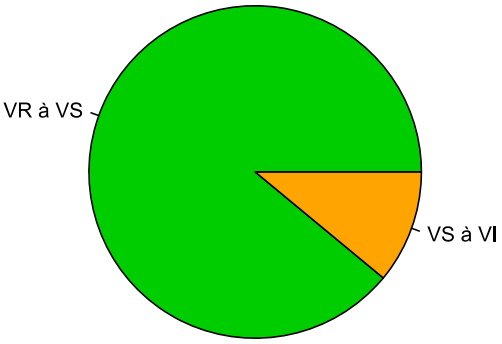
SE n= 55



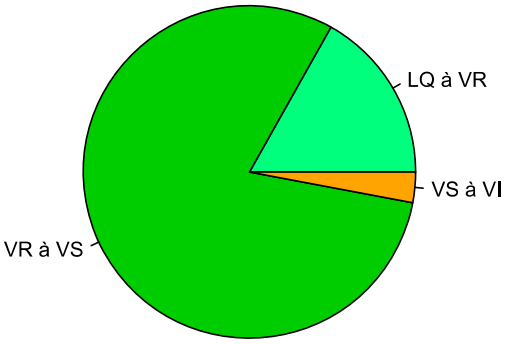
TR n= 35



VE n= 38

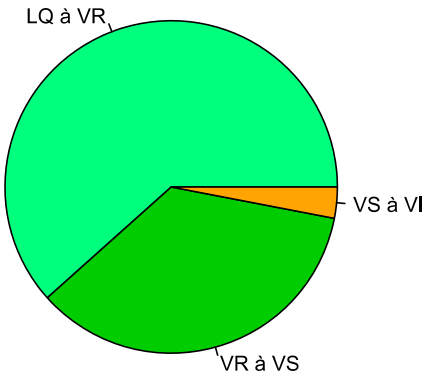


AU n= 36

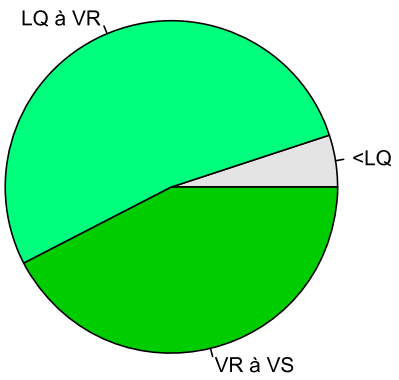


Cu : concentration en profondeur [mg/kg MS]

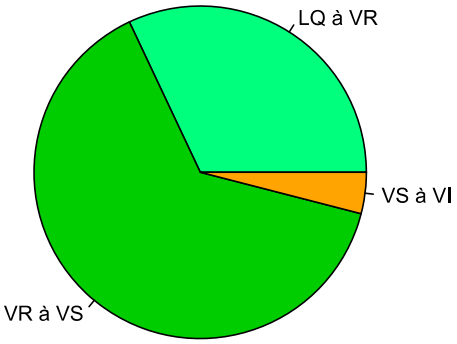
CO n= 31



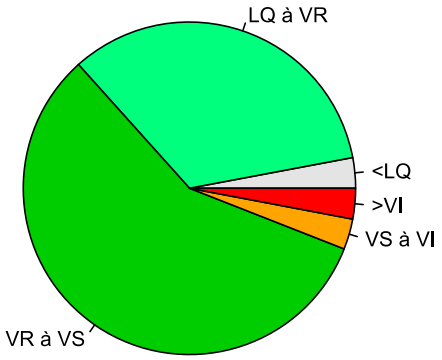
LL n= 40



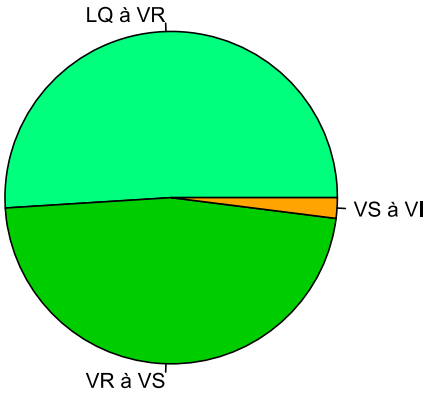
CH n= 73



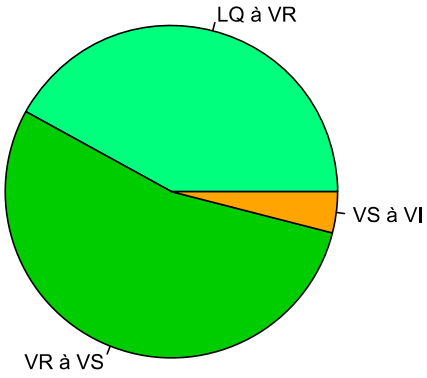
AE n= 38



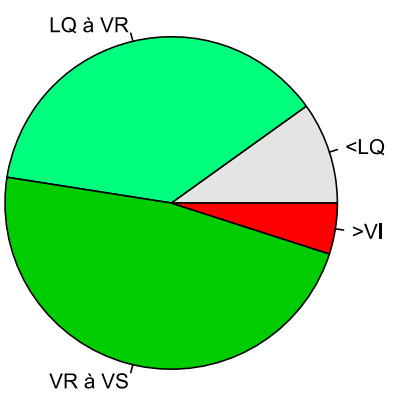
SE n= 45



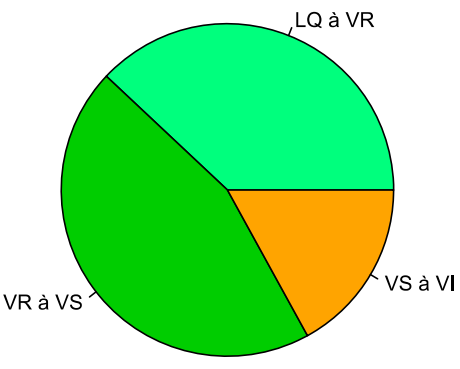
TR n= 26



VE n= 21

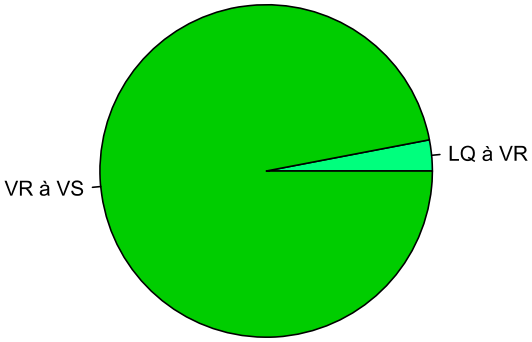


AU n= 29

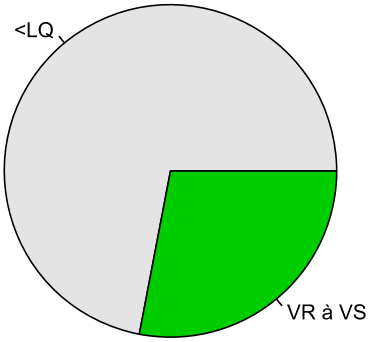


Hg : concentration en surface [mg/kg MS]

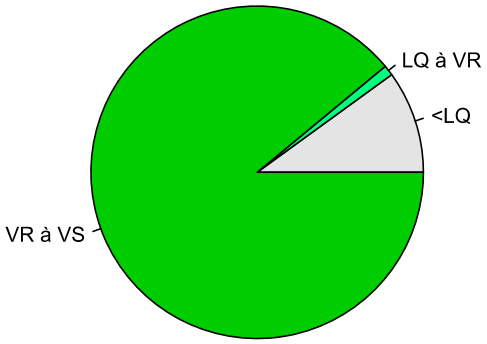
CO n= 33



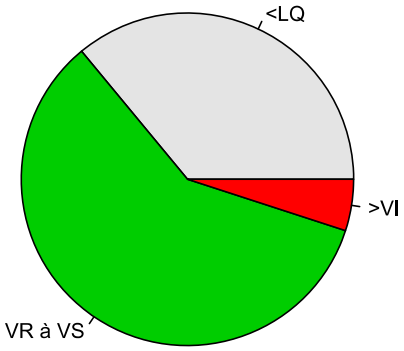
LL n= 46



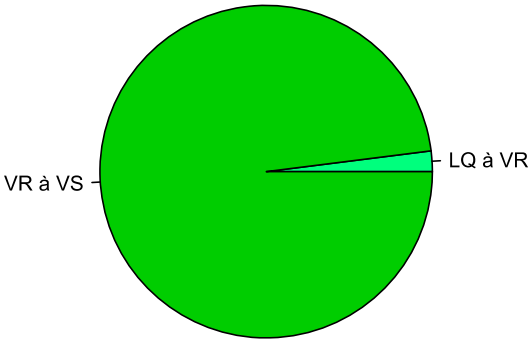
CH n= 82



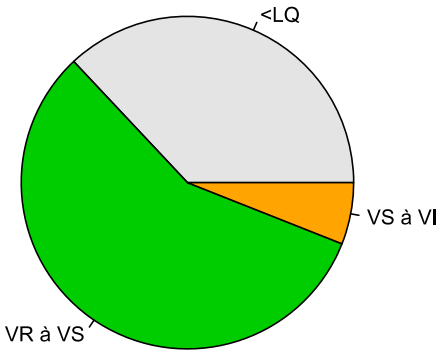
AE n= 44



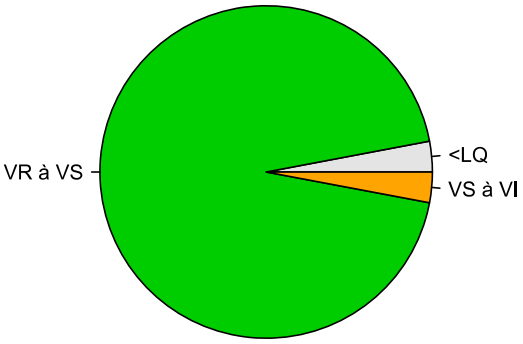
SE n= 55



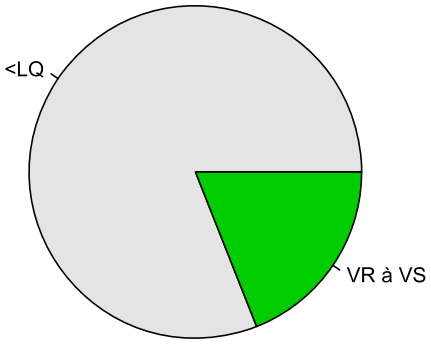
TR n= 35



VE n= 37

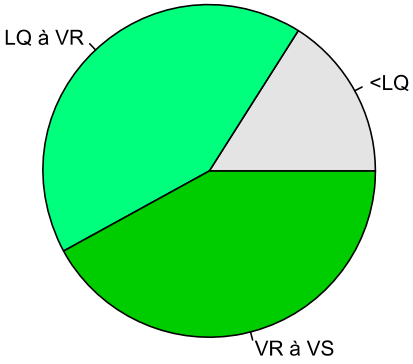


AU n= 36

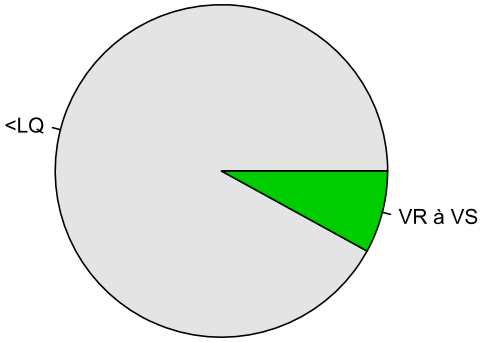


Hg : concentration en profondeur [mg/kg MS]

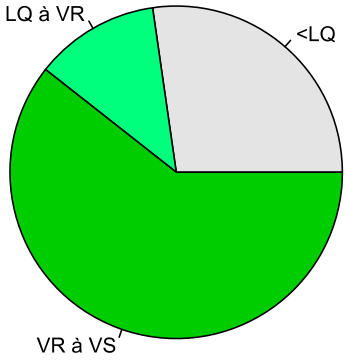
CO n= 31



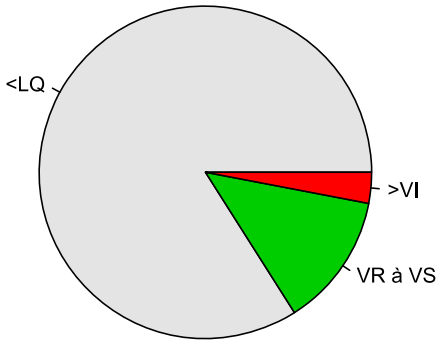
LL n= 40



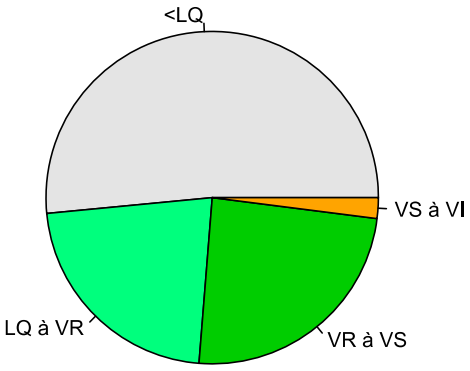
CH n= 73



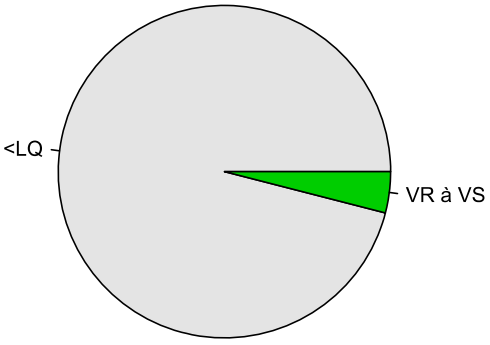
AE n= 31



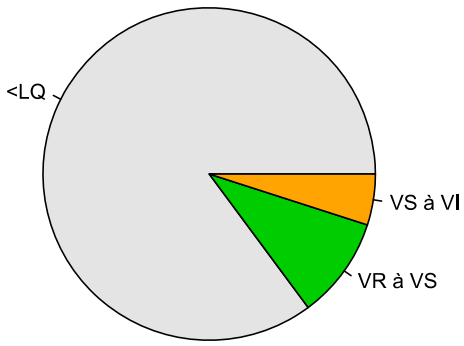
SE n= 45



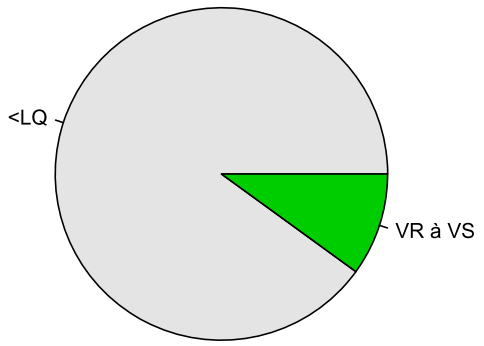
TR n= 26



VE n= 21

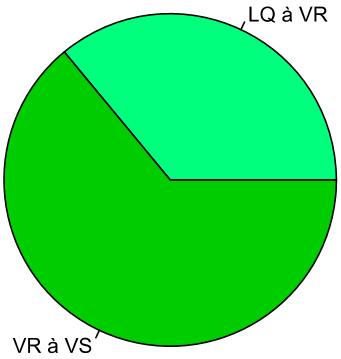


AU n= 29

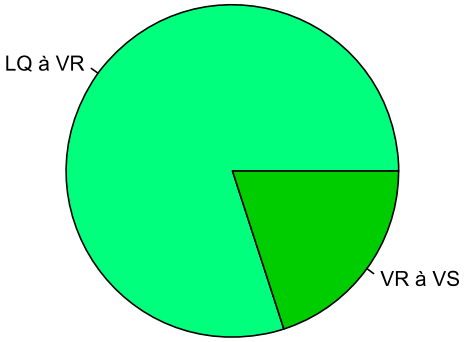


Ni : concentration en surface [mg/kg MS]

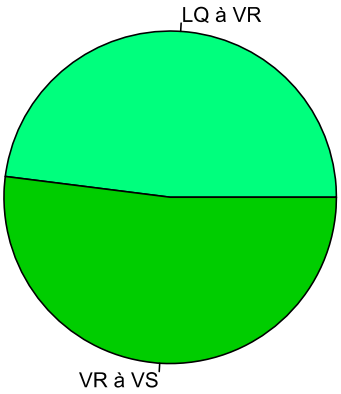
CO n= 33



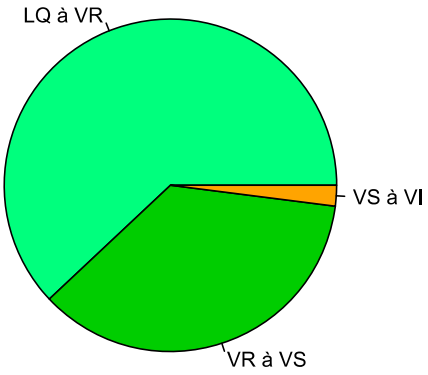
LL n= 46



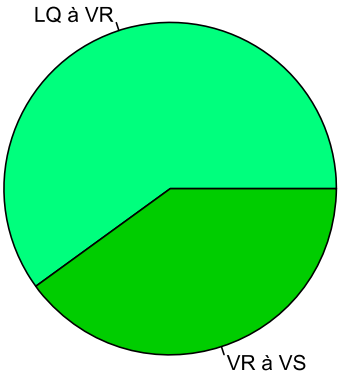
CH n= 82



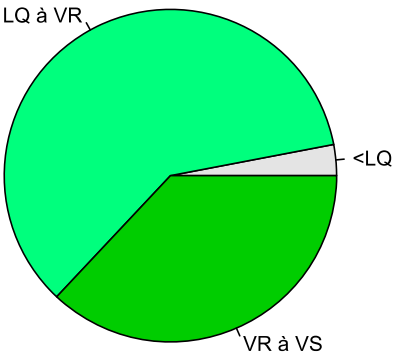
AE n= 53



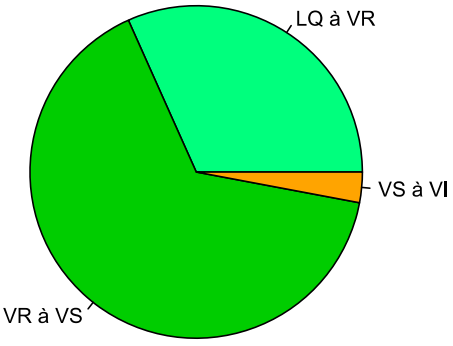
SE n= 55



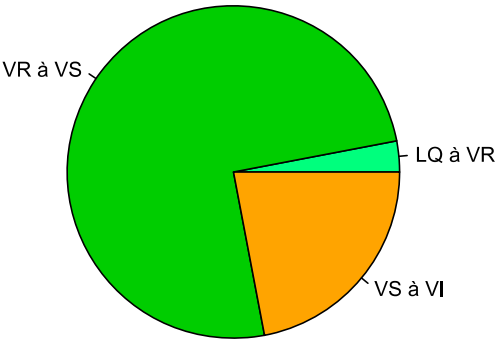
TR n= 35



VE n= 38

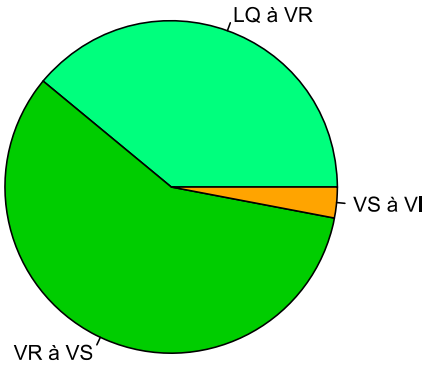


AU n= 36

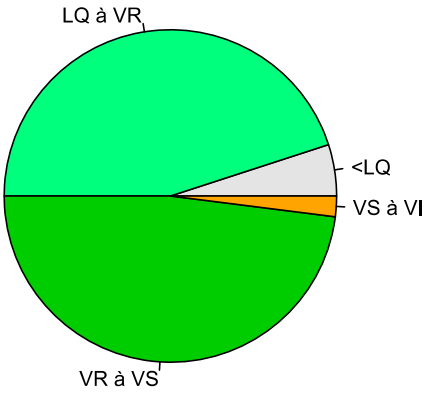


Ni : concentration en profondeur [mg/kg MS]

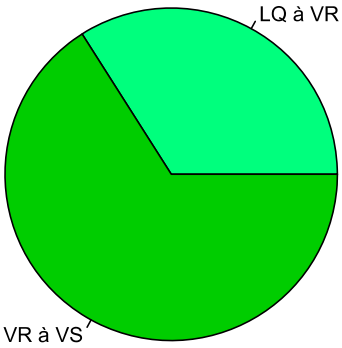
CO n= 31



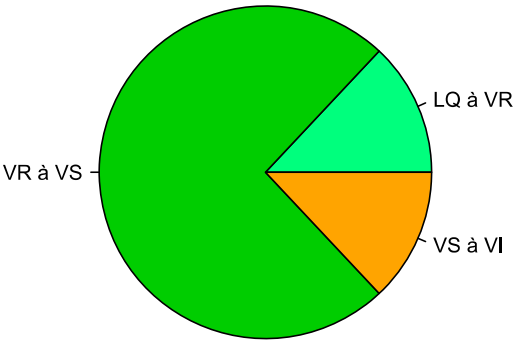
LL n= 40



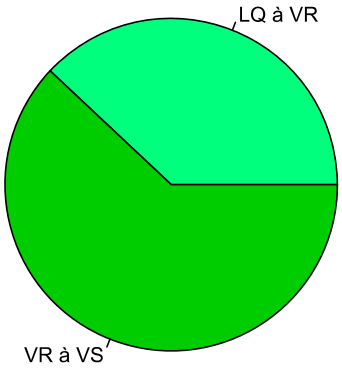
CH n= 73



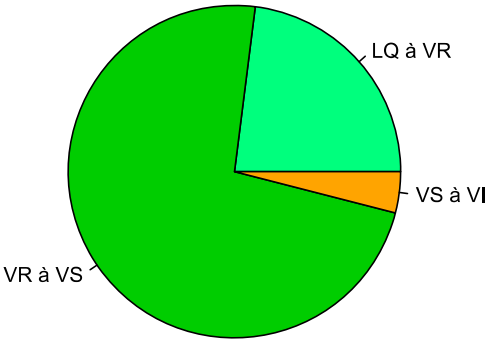
AE n= 38



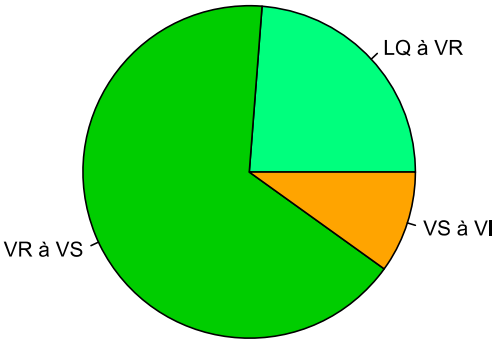
SE n= 45



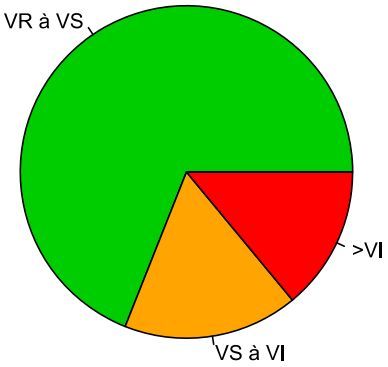
TR n= 26



VE n= 21

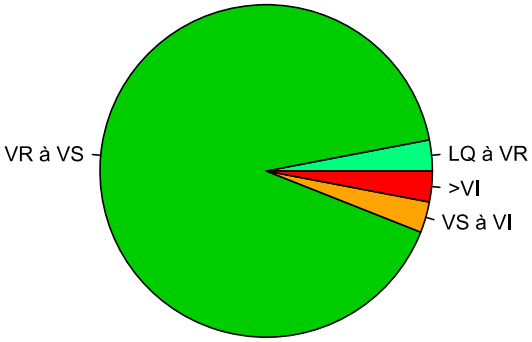


AU n= 29

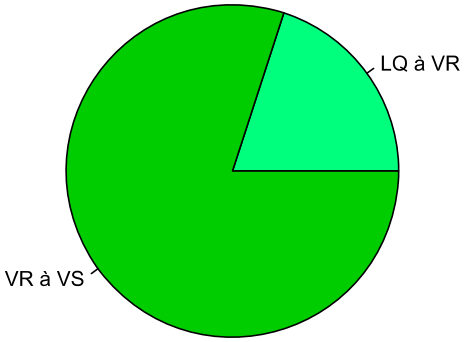


Pb : concentration en surface [mg/kg MS]

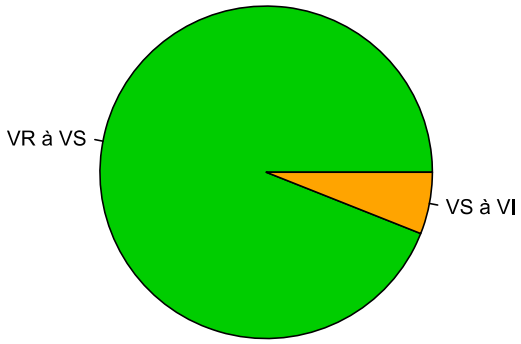
CO n= 33



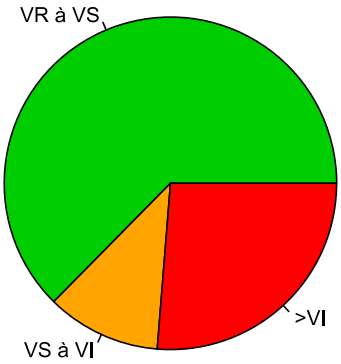
LL n= 46



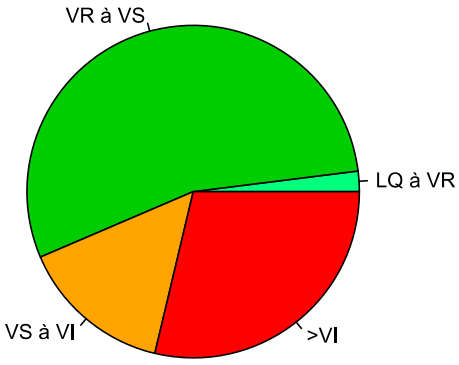
CH n= 82



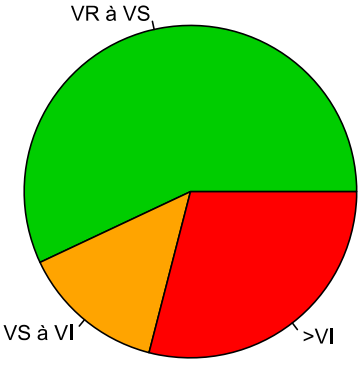
AE n= 53



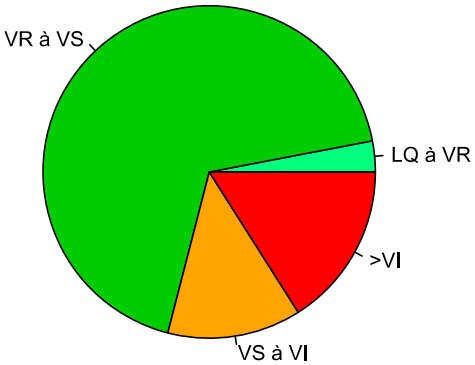
SE n= 55



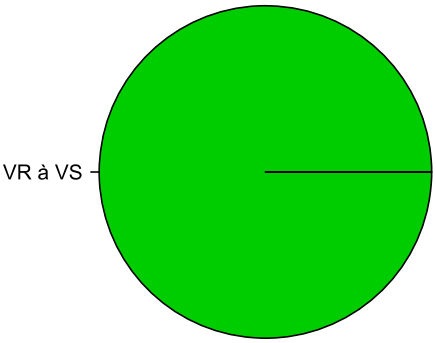
TR n= 35



VE n= 38

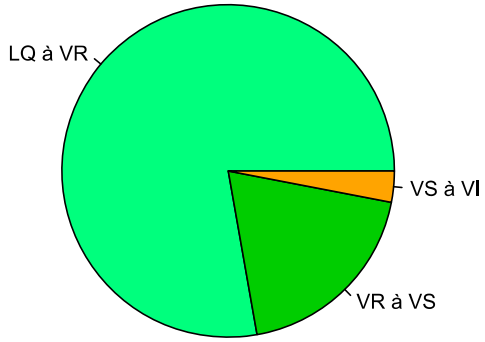


AU n= 36

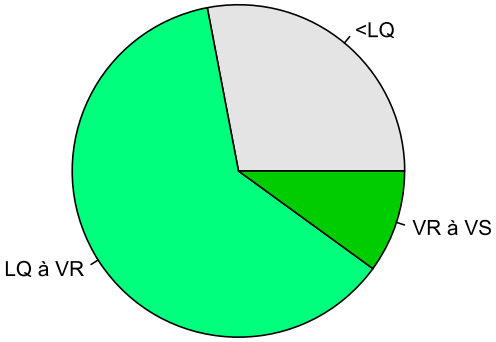


Pb : concentration en profondeur [mg/kg MS]

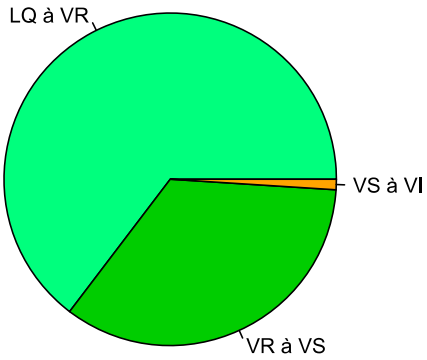
CO n= 31



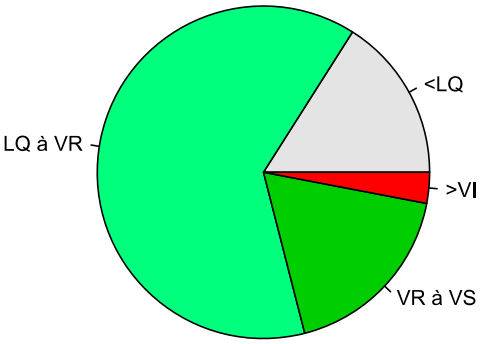
LL n= 40



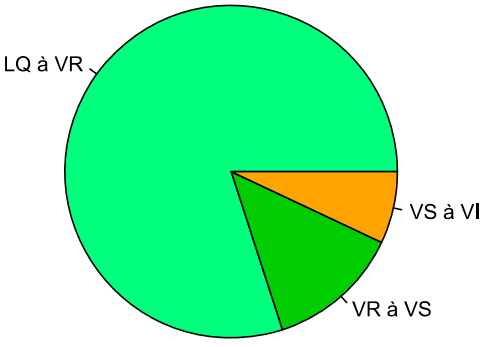
CH n= 73



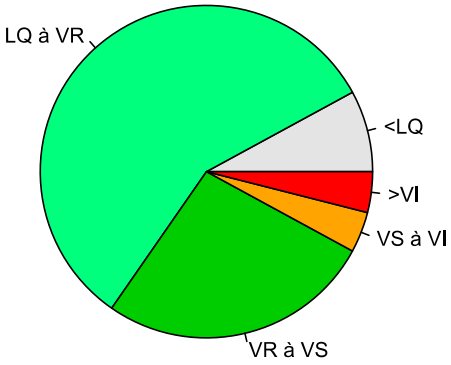
AE n= 38



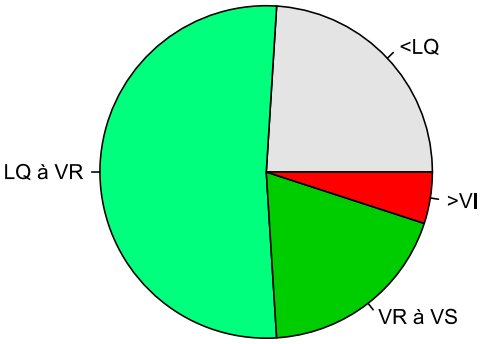
SE n= 45



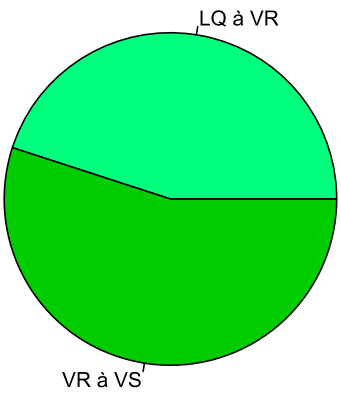
TR n= 26



VE n= 21

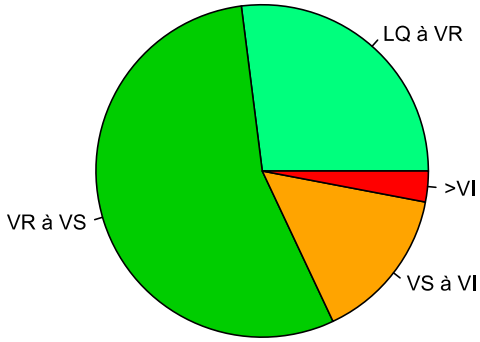


AU n= 29

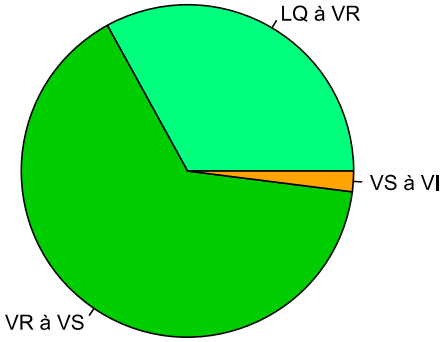


Zn : concentration en surface [mg/kg MS]

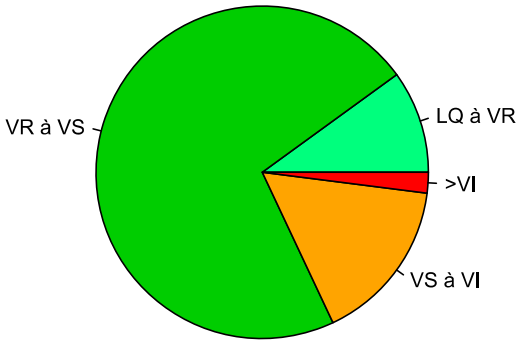
CO n= 33



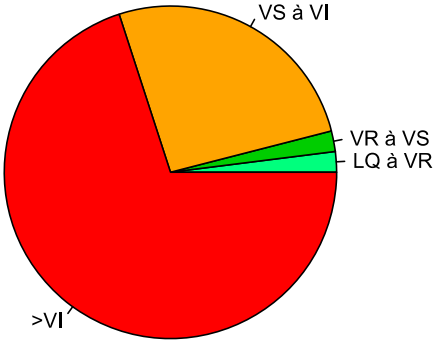
LL n= 46



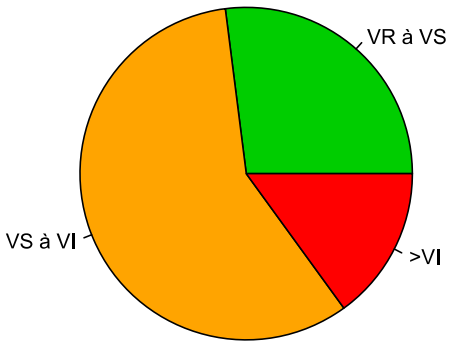
CH n= 82



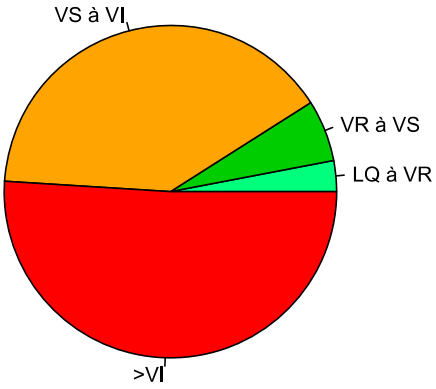
AE n= 53



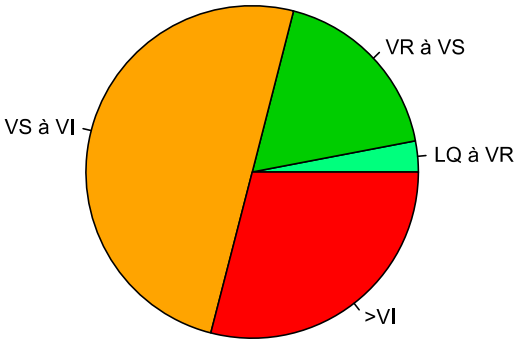
SE n= 55



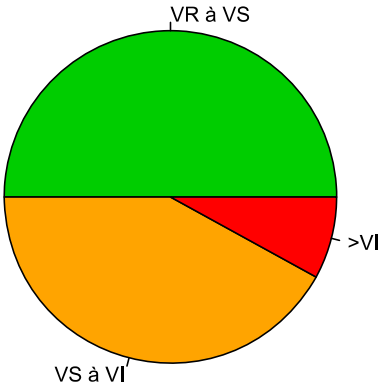
TR n= 35



VE n= 38

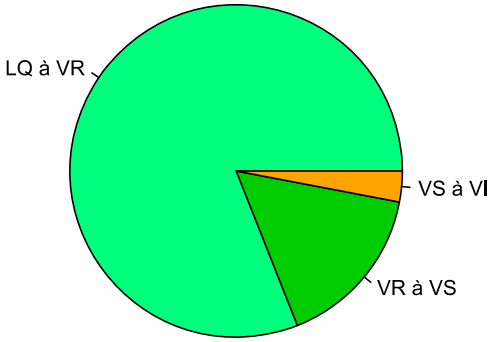


AU n= 36

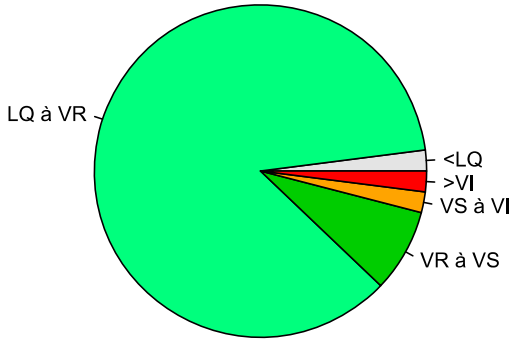


Zn : concentration en profondeur [mg/kg MS]

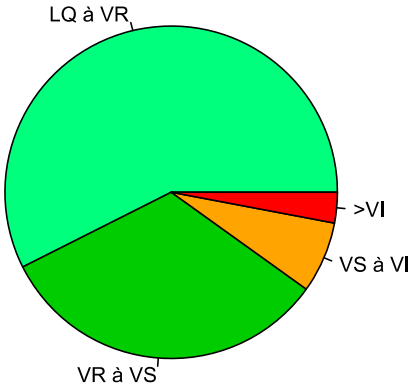
CO n= 31



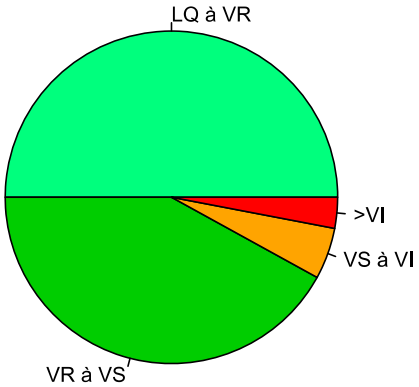
LL n= 40



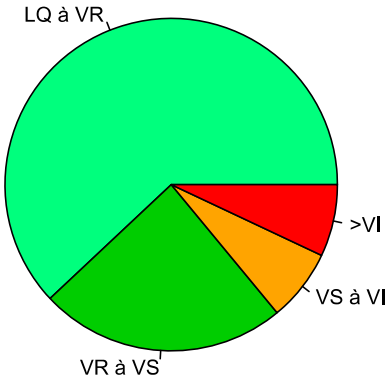
CH n= 73



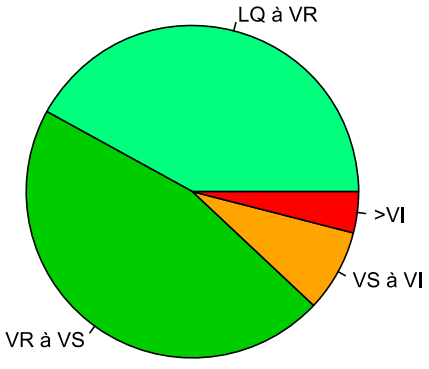
AE n= 38



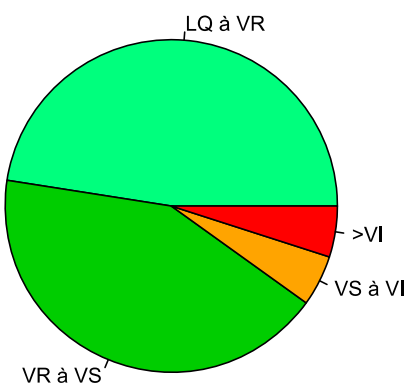
SE n= 45



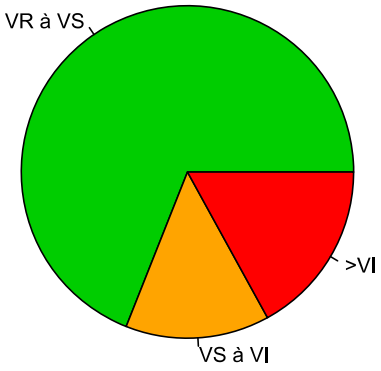
TR n= 26



VE n= 21

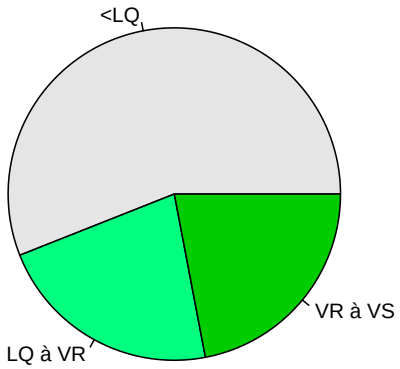


AU n= 29

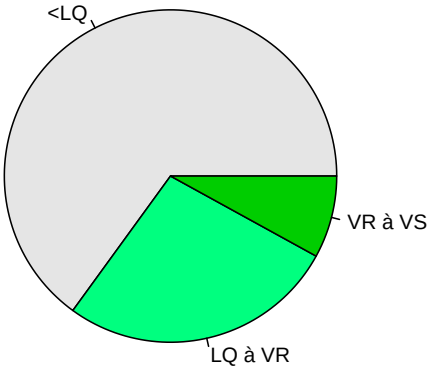


Ace : concentration en surface [mg/kg MS]

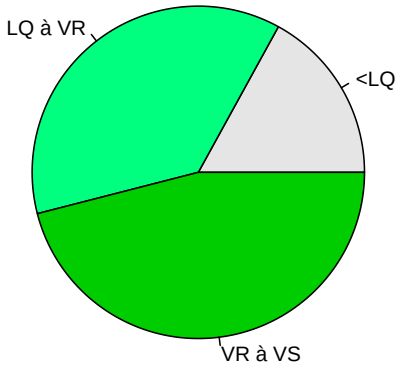
CO n= 32



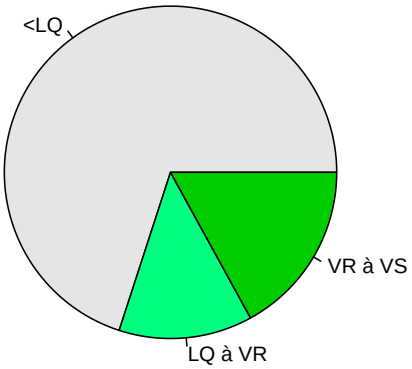
LL n= 48



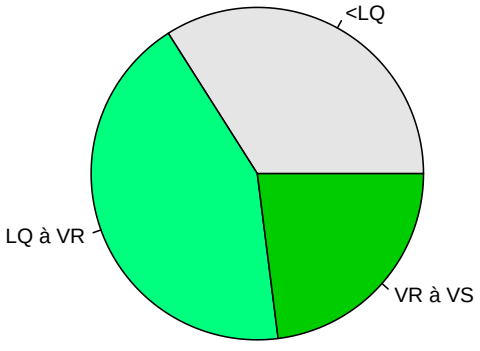
CH n= 82



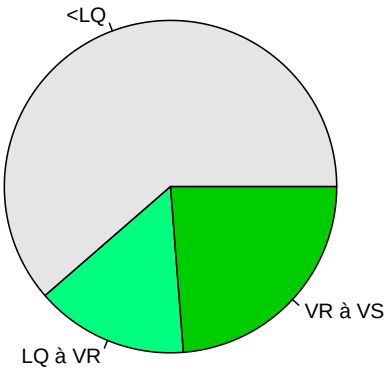
AE n= 53



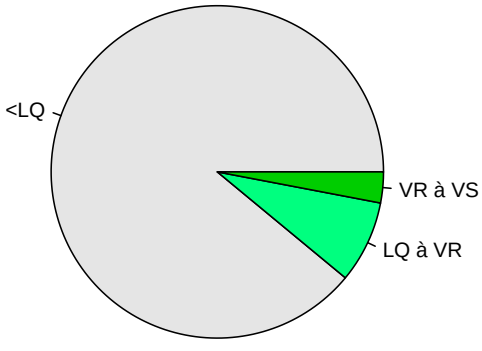
SE n= 53



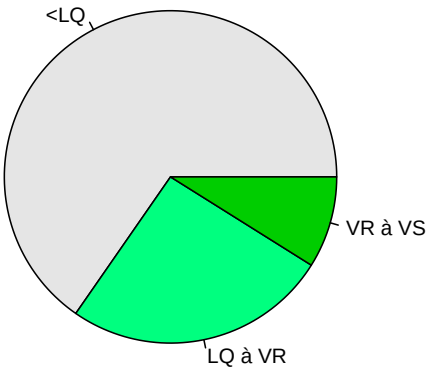
TR n= 34



VE n= 38

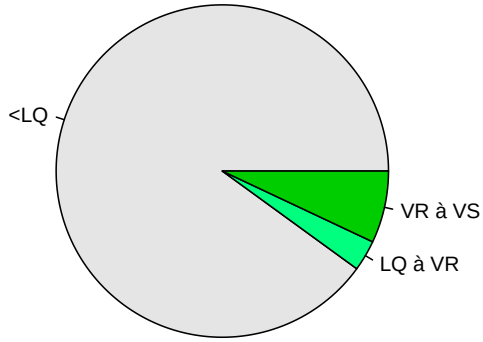


AU n= 35

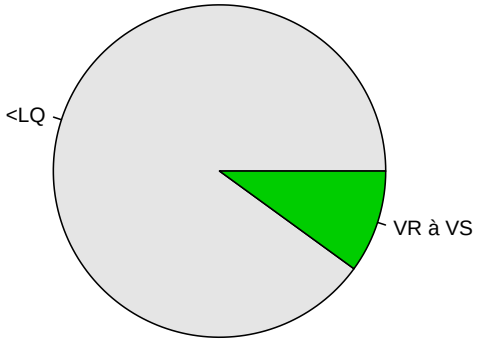


Ace : concentration en profondeur [mg/kg MS]

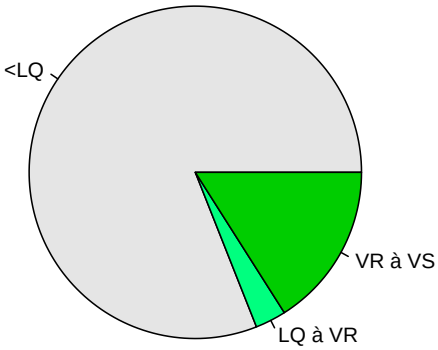
CO n= 30



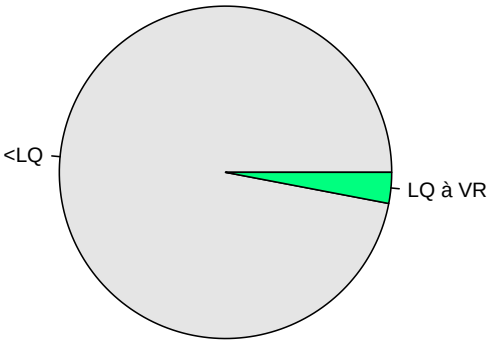
LL n= 42



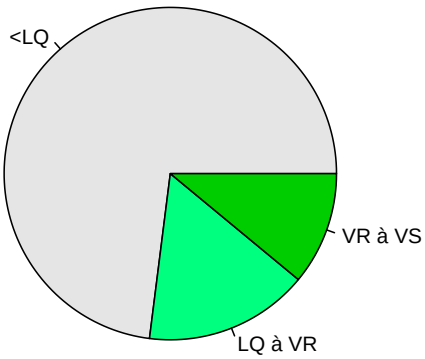
CH n= 69



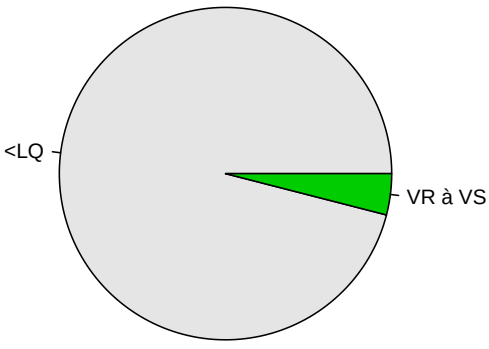
AE n= 38



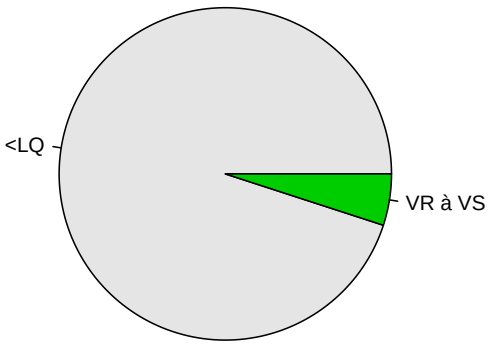
SE n= 45



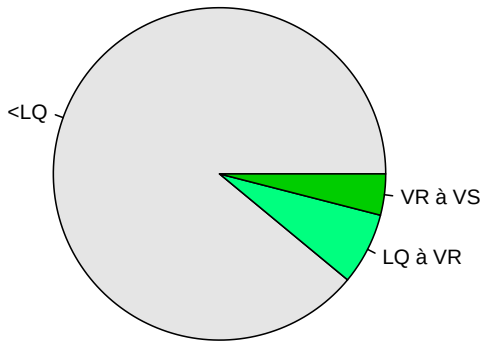
TR n= 25



VE n= 19

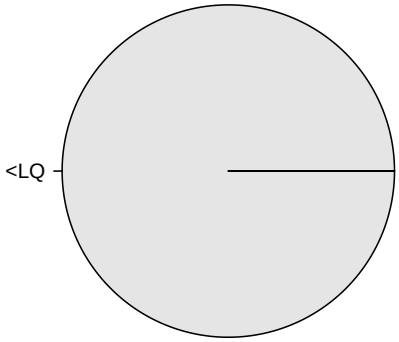


AU n= 28

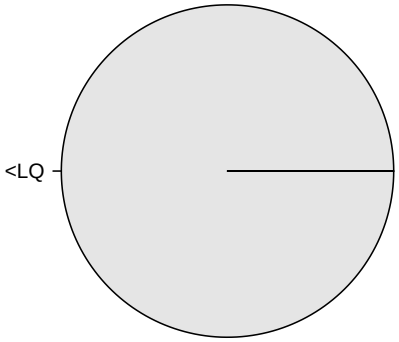


Acyl : concentration en surface [mg/kg MS]

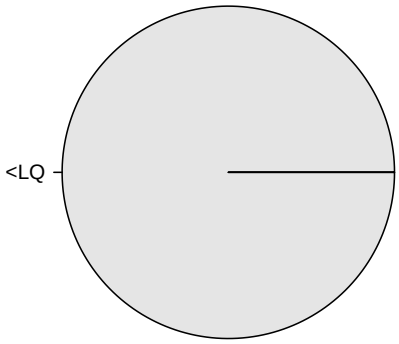
CO n= 32



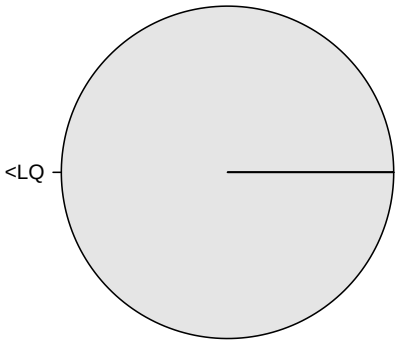
LL n= 48



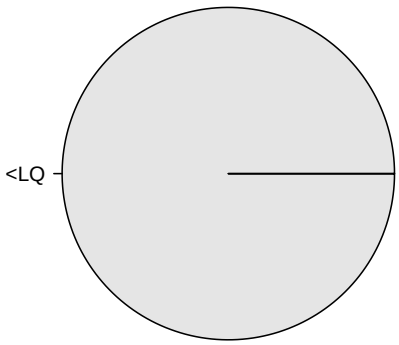
CH n= 82



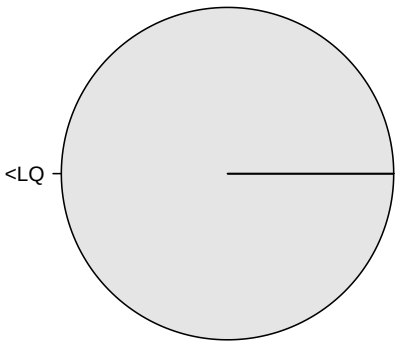
AE n= 53



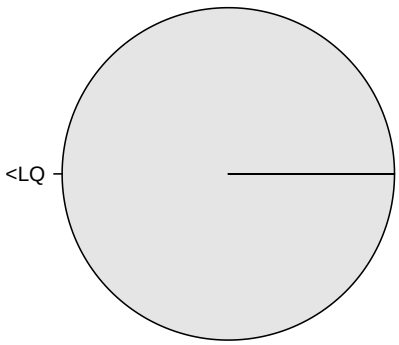
SE n= 53



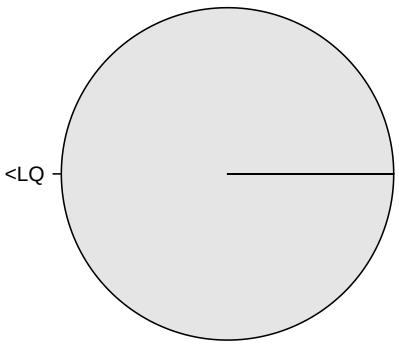
TR n= 34



VE n= 38

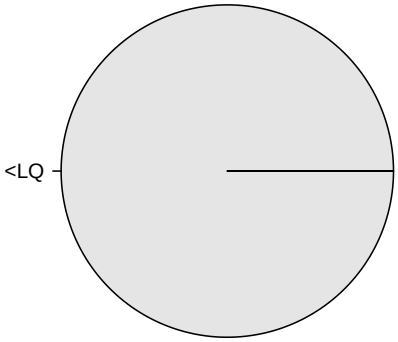


AU n= 35

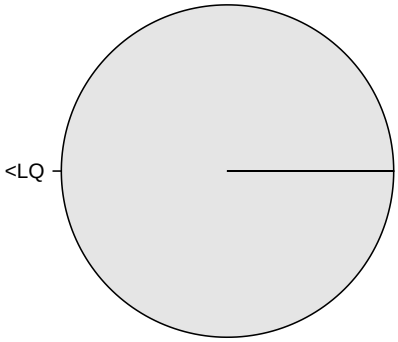


Acyl : concentration en profondeur [mg/kg MS]

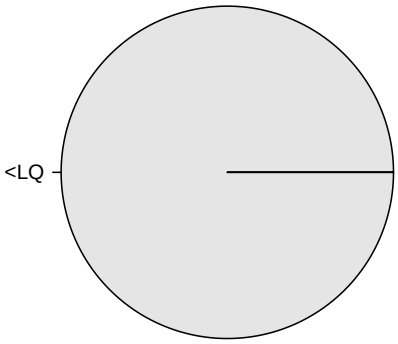
CO n= 30



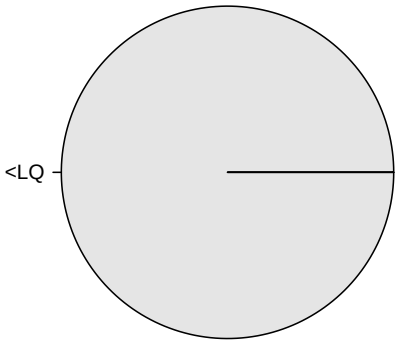
LL n= 42



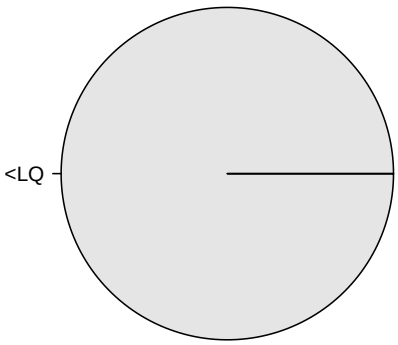
CH n= 69



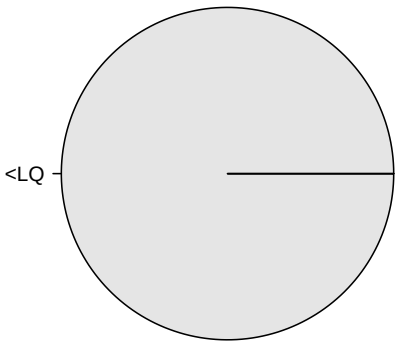
AE n= 38



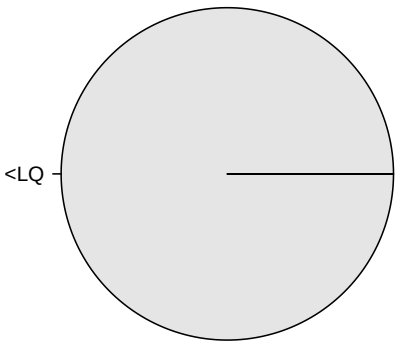
SE n= 45



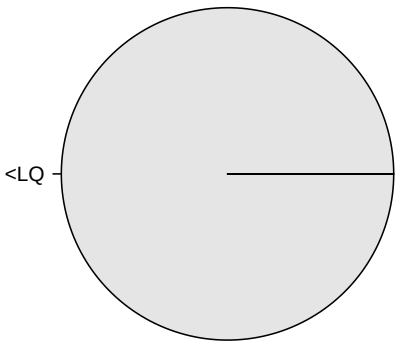
TR n= 25



VE n= 19

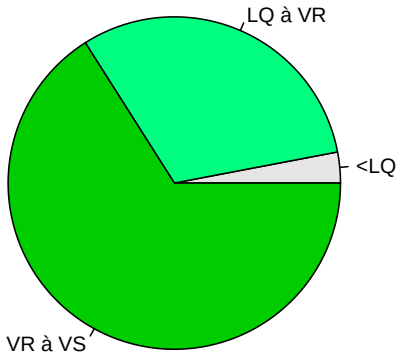


AU n= 28

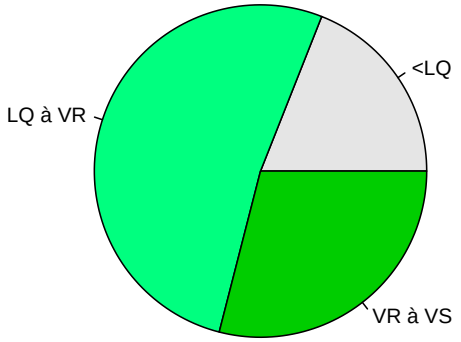


Ant : concentration en surface [mg/kg MS]

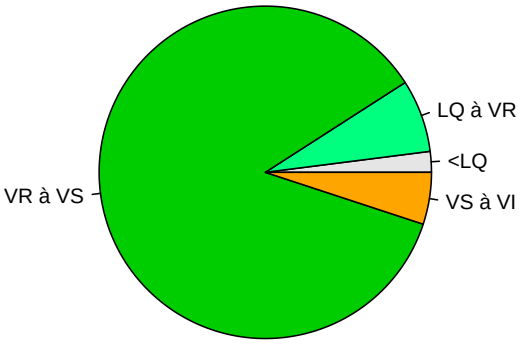
CO n= 32



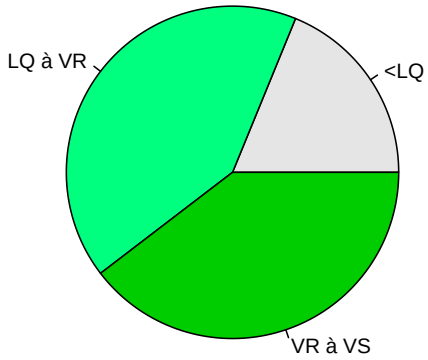
LL n= 48



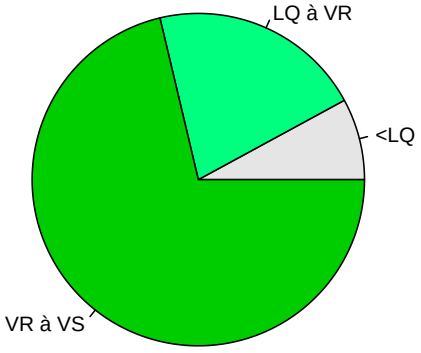
CH n= 82



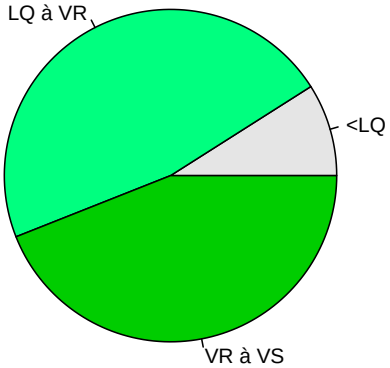
AE n= 53



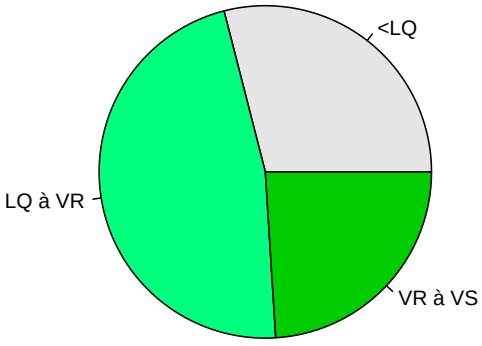
SE n= 53



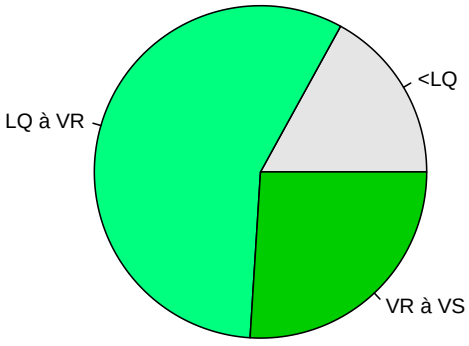
TR n= 34



VE n= 38

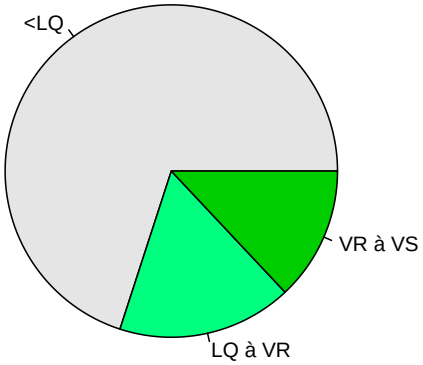


AU n= 35

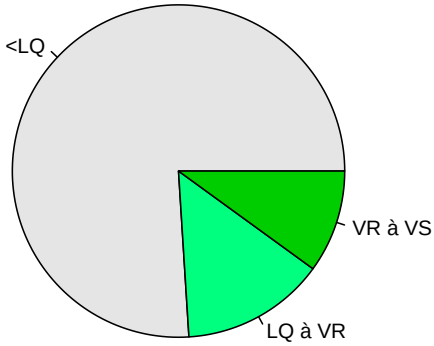


Ant : concentration en profondeur [mg/kg MS]

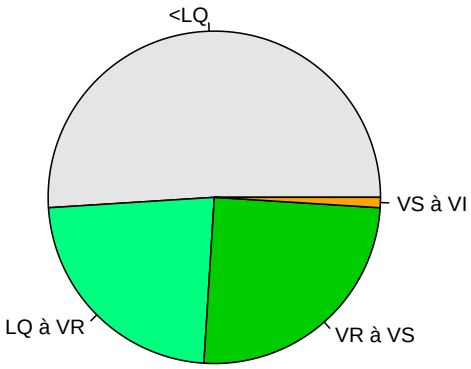
CO n= 30



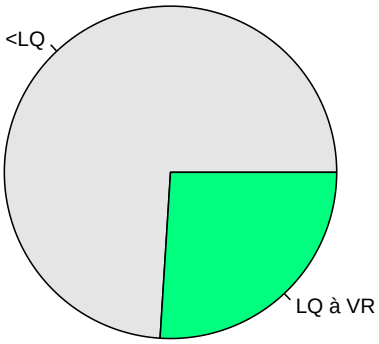
LL n= 42



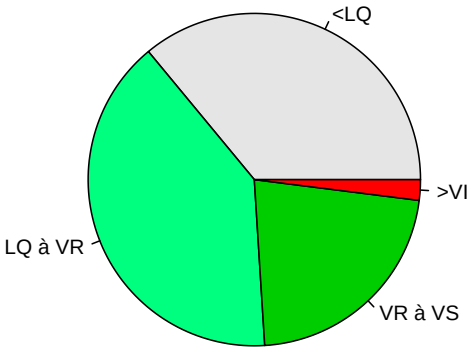
CH n= 69



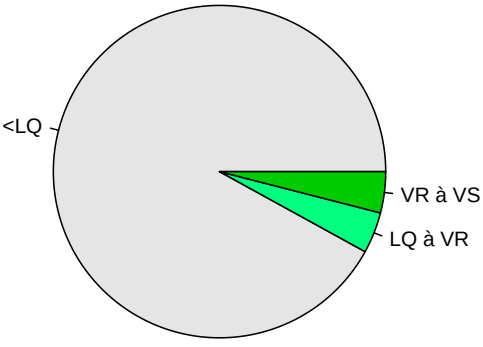
AE n= 38



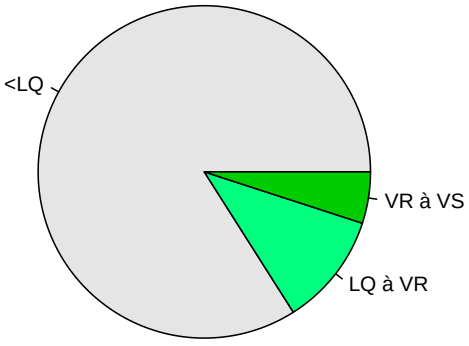
SE n= 45



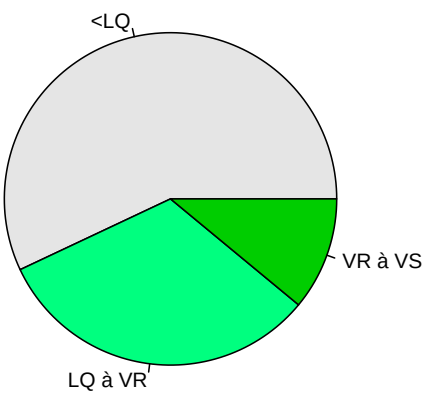
TR n= 25



VE n= 19

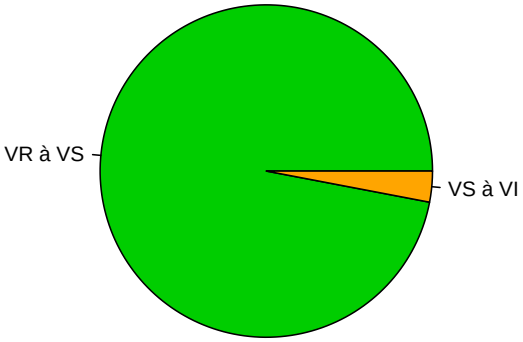


AU n= 28

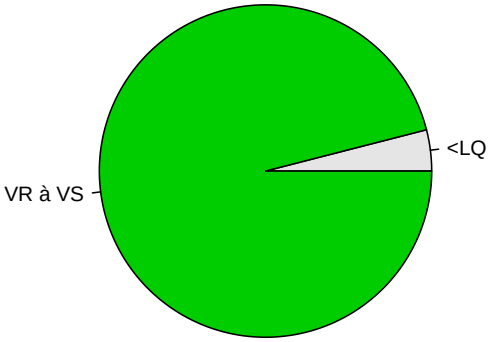


BaA : concentration en surface [mg/kg MS]

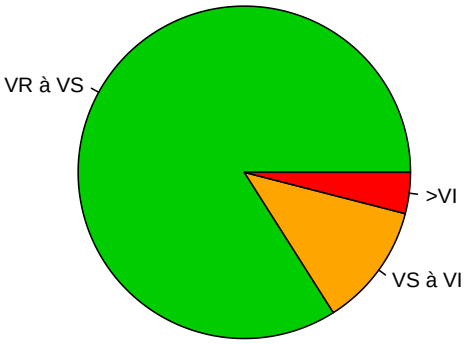
CO n= 32



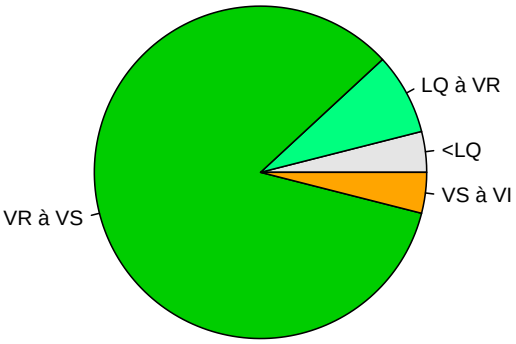
LL n= 48



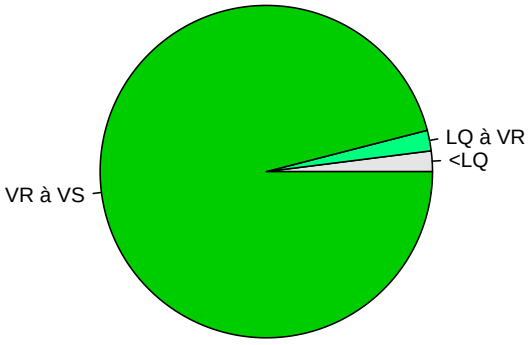
CH n= 82



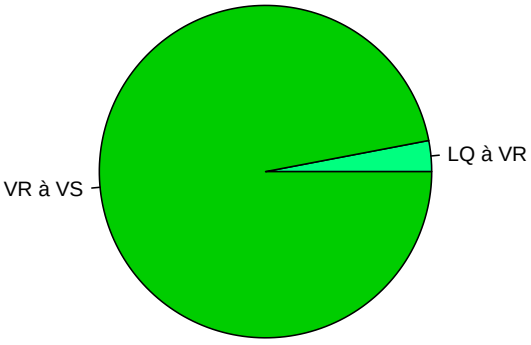
AE n= 53



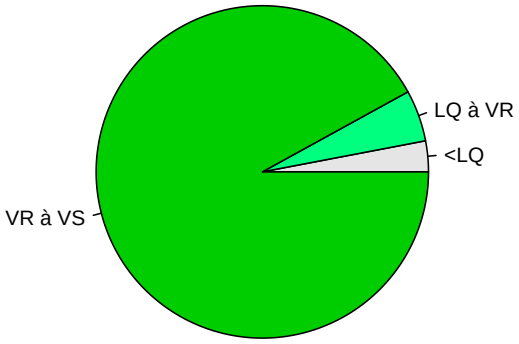
SE n= 53



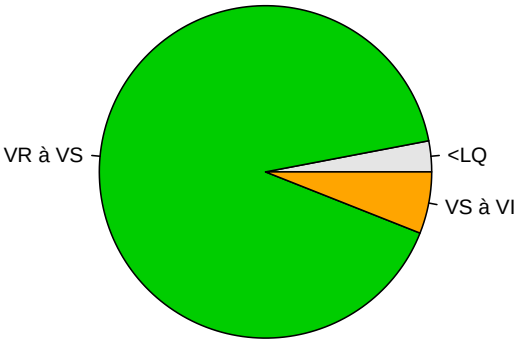
TR n= 34



VE n= 38

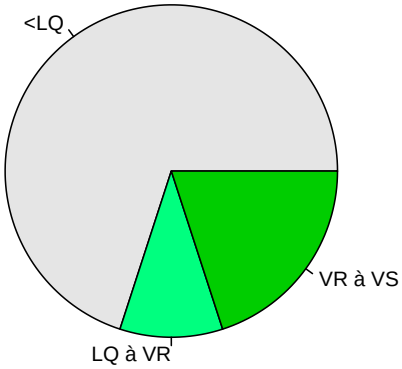


AU n= 35

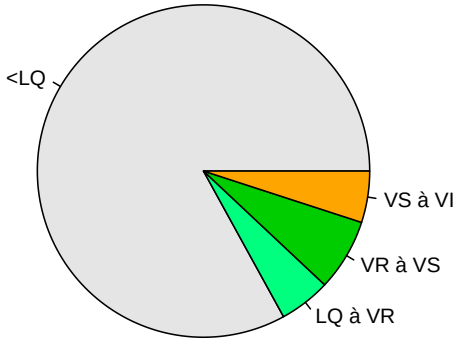


BaA : concentration en profondeur [mg/kg MS]

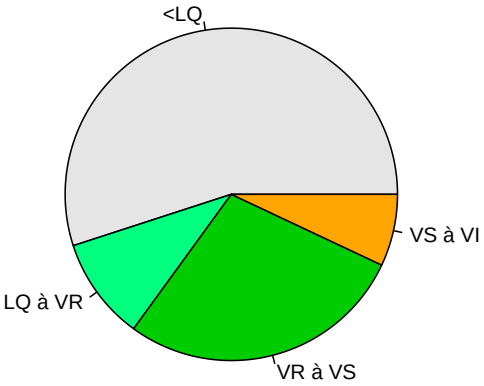
CO n= 30



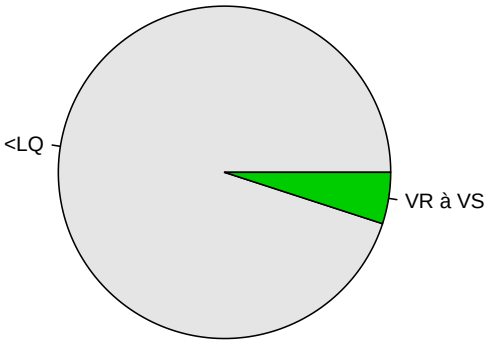
LL n= 42



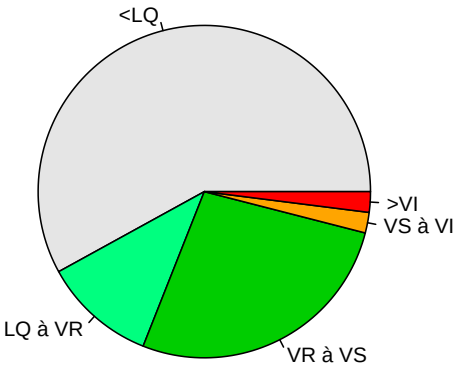
CH n= 69



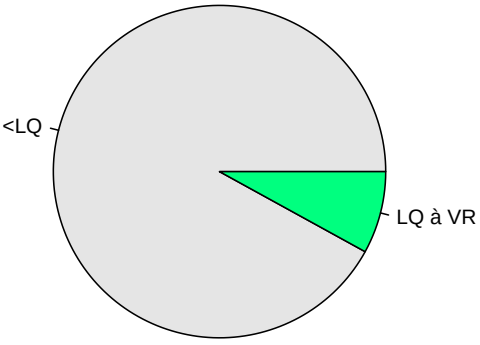
AE n= 38



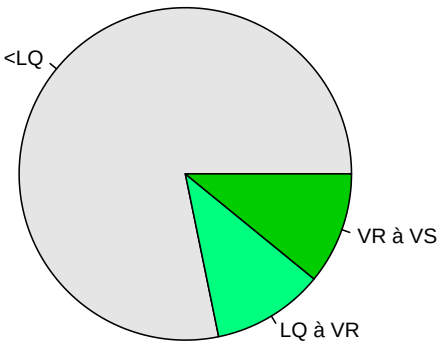
SE n= 45



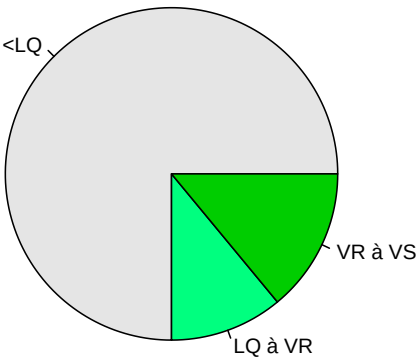
TR n= 25



VE n= 19

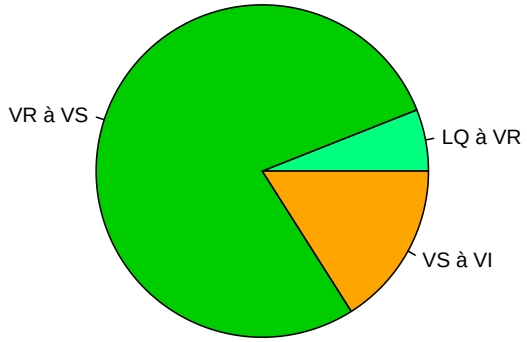


AU n= 28

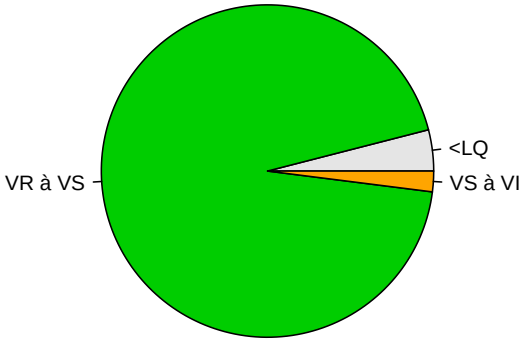


BaP : concentration en surface [mg/kg MS]

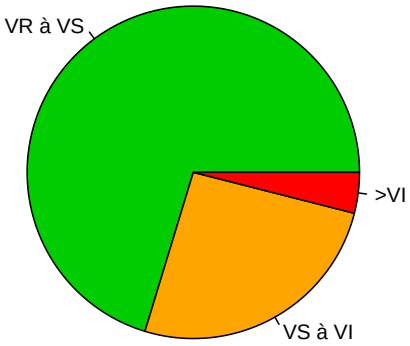
CO n= 32



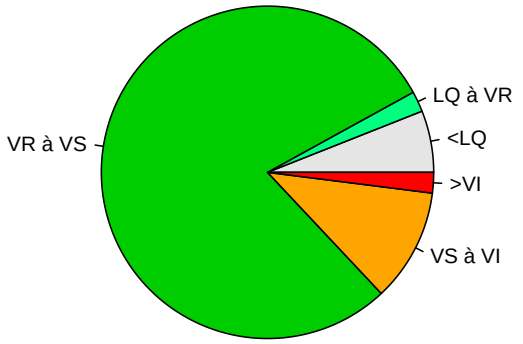
LL n= 48



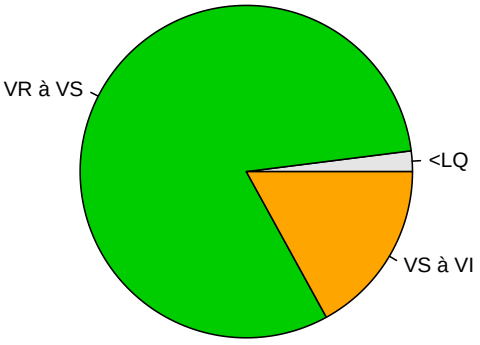
CH n= 82



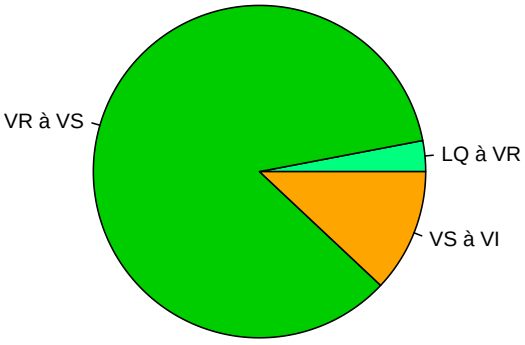
AE n= 53



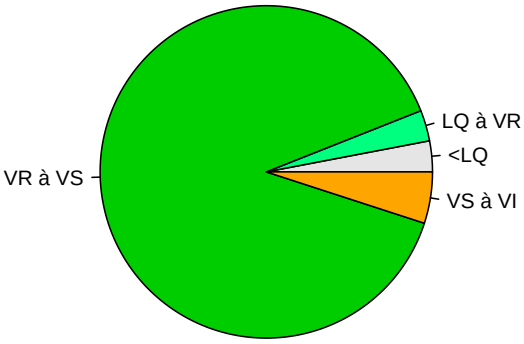
SE n= 53



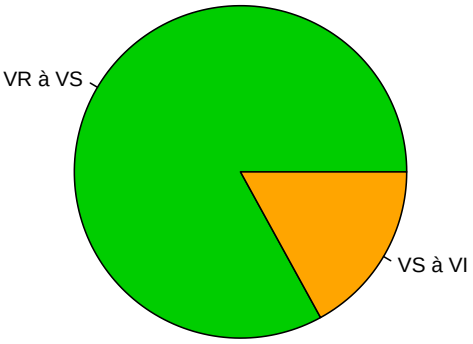
TR n= 34



VE n= 38

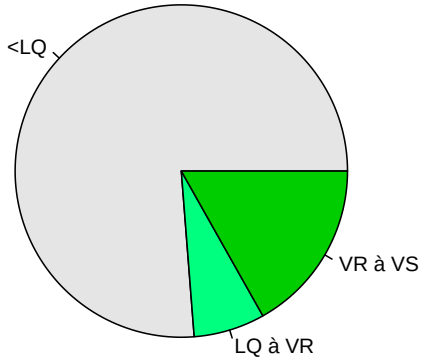


AU n= 35

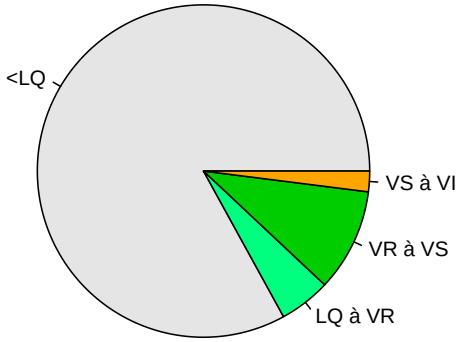


BaP : concentration en profondeur [mg/kg MS]

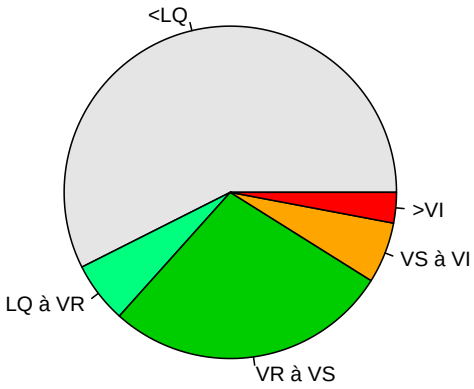
CO n= 30



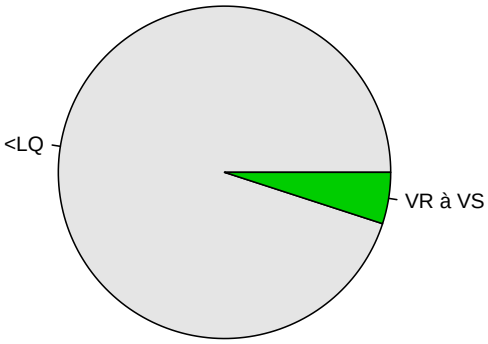
LL n= 42



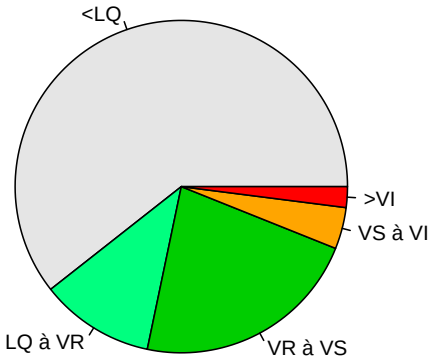
CH n= 69



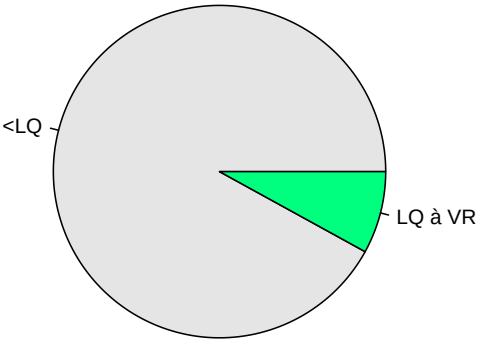
AE n= 38



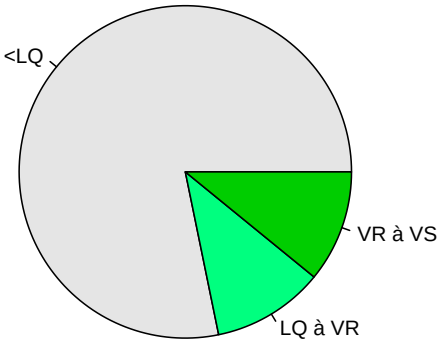
SE n= 45



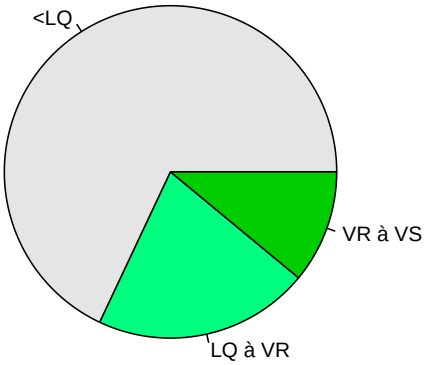
TR n= 25



VE n= 19

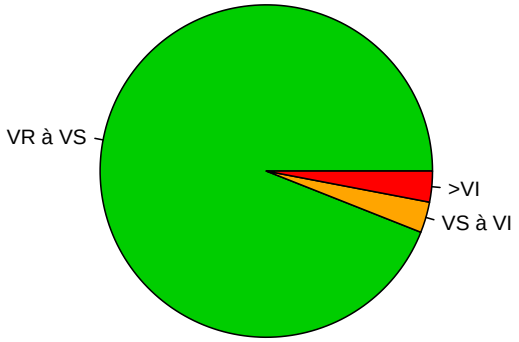


AU n= 28

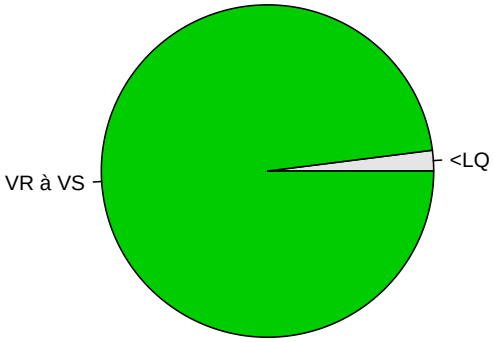


BbF : concentration en surface [mg/kg MS]

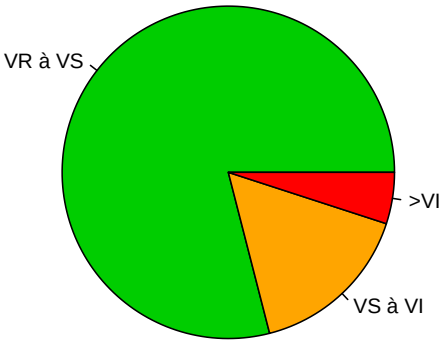
CO n= 32



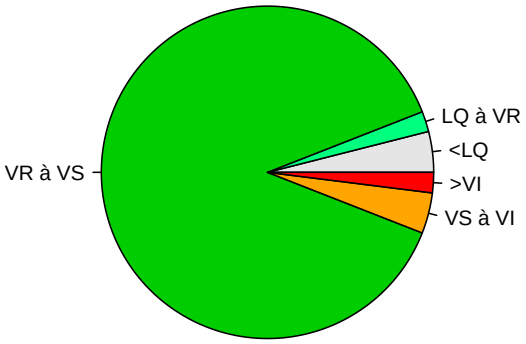
LL n= 48



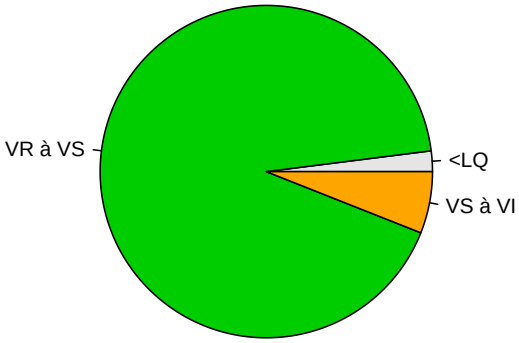
CH n= 82



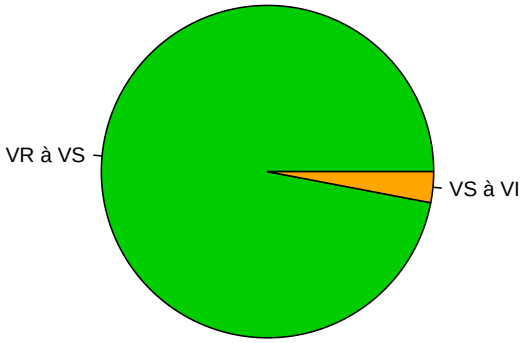
AE n= 53



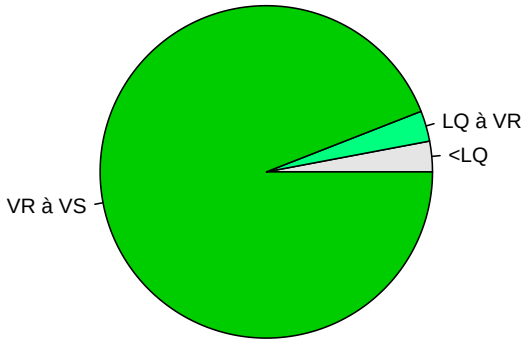
SE n= 53



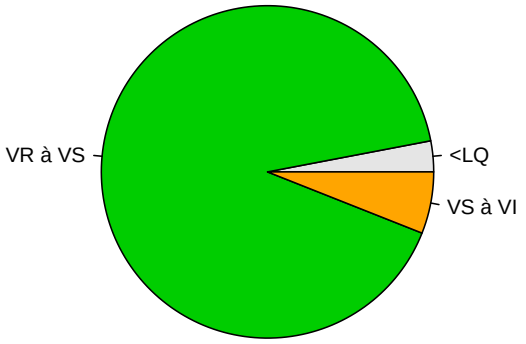
TR n= 34



VE n= 38

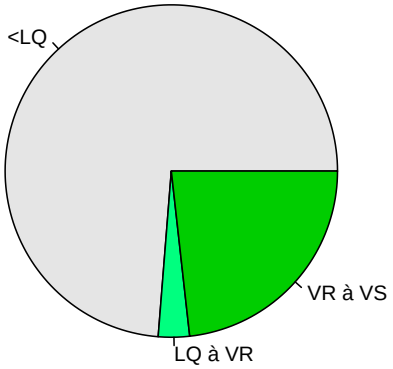


AU n= 35

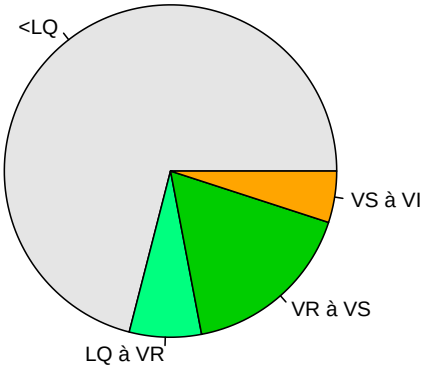


BbF : concentration en profondeur [mg/kg MS]

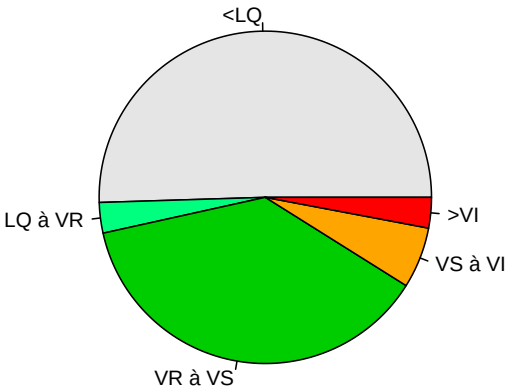
CO n= 30



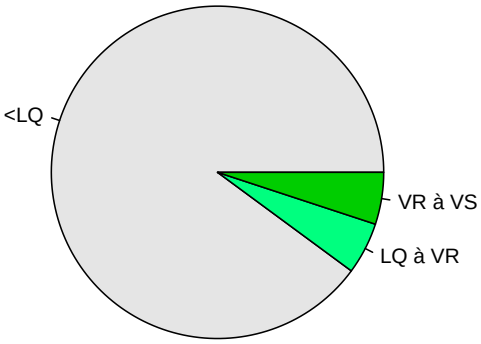
LL n= 42



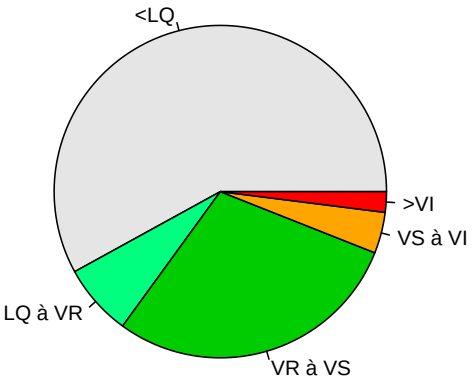
CH n= 69



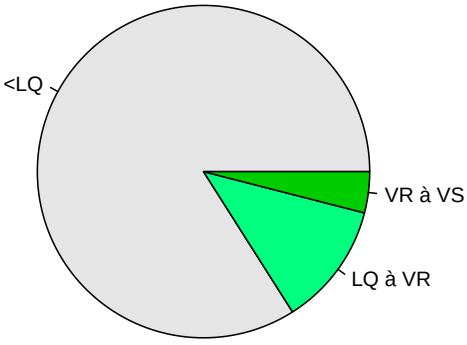
AE n= 38



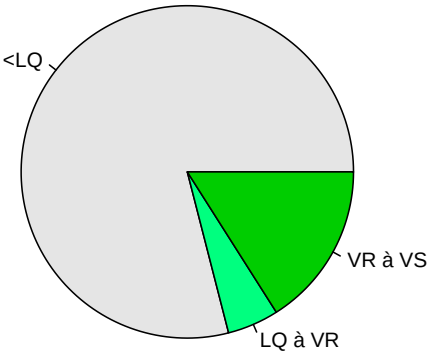
SE n= 45



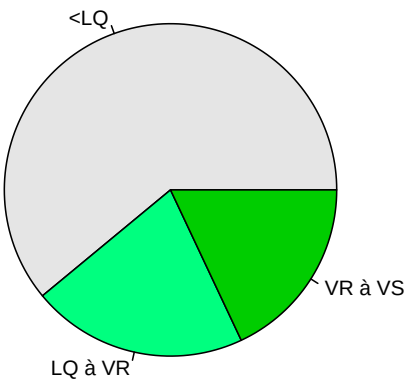
TR n= 25



VE n= 19

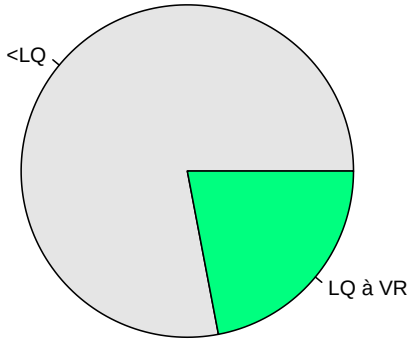


AU n= 28

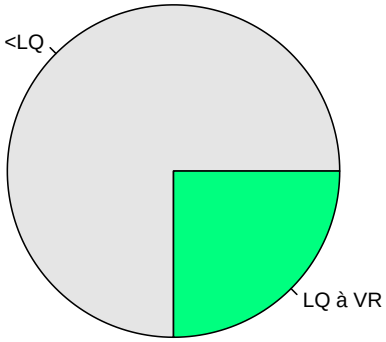


Ben : concentration en surface [mg/kg MS]

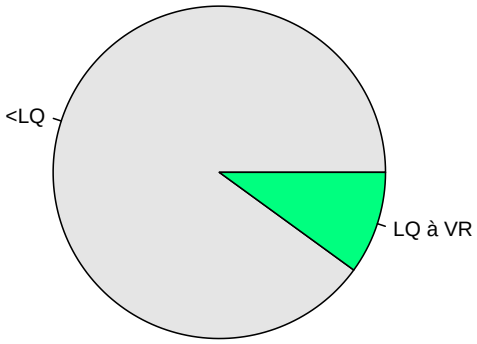
CO n= 32



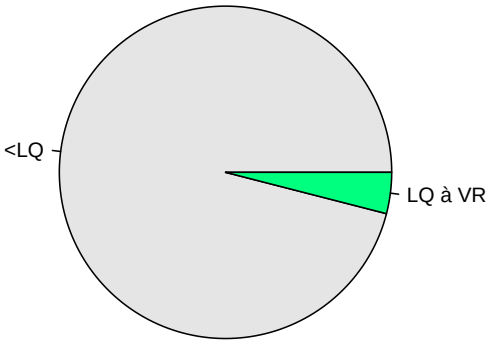
LL n= 48



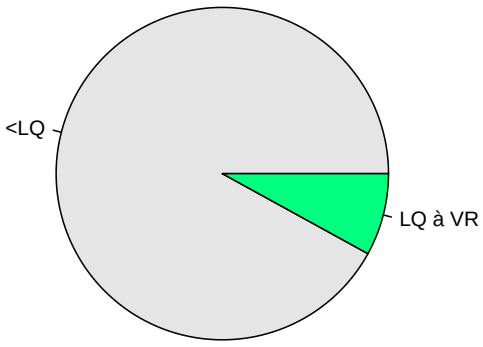
CH n= 82



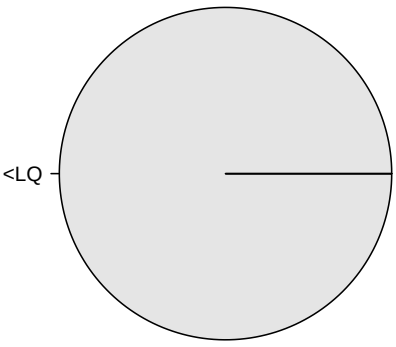
AE n= 53



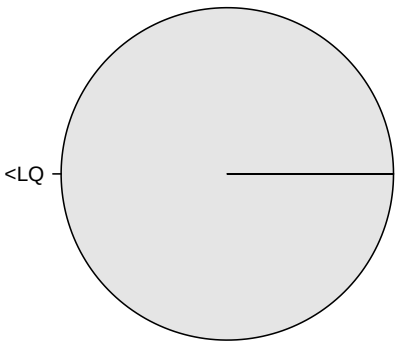
SE n= 53



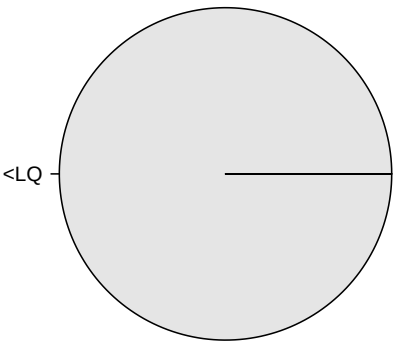
TR n= 34



VE n= 38

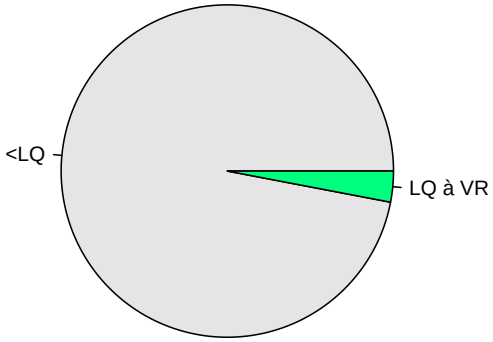


AU n= 36

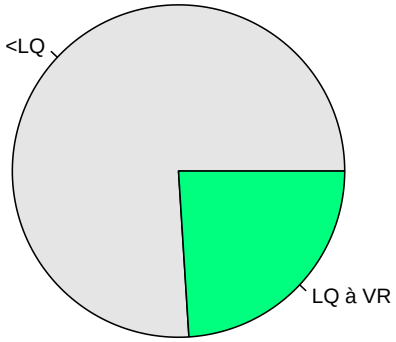


Ben : concentration en profondeur [mg/kg MS]

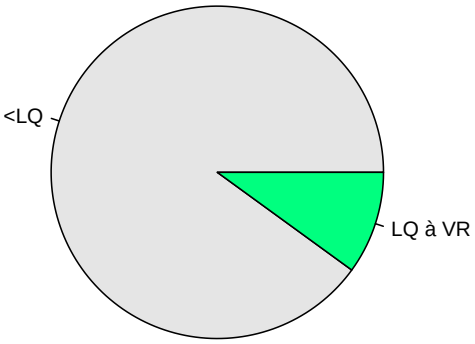
CO n= 30



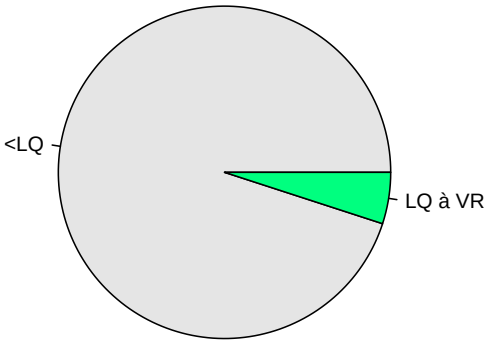
LL n= 42



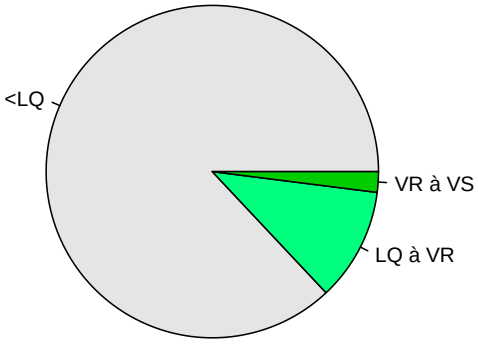
CH n= 69



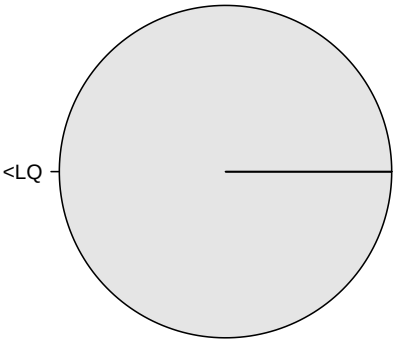
AE n= 38



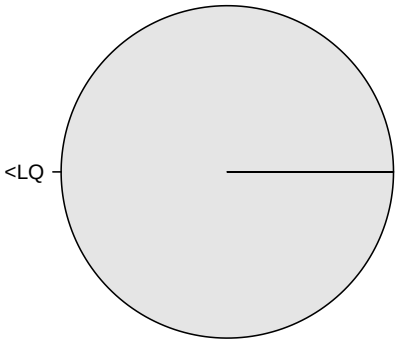
SE n= 45



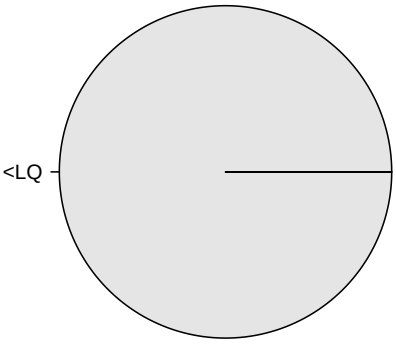
TR n= 25



VE n= 19

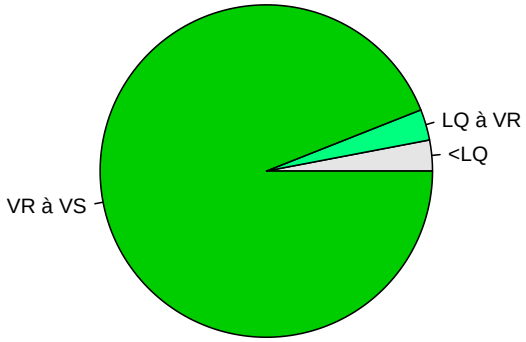


AU n= 28

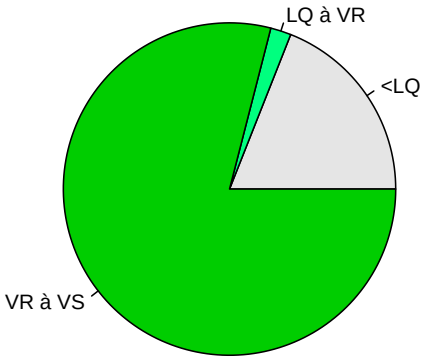


BghiP : concentration en surface [mg/kg MS]

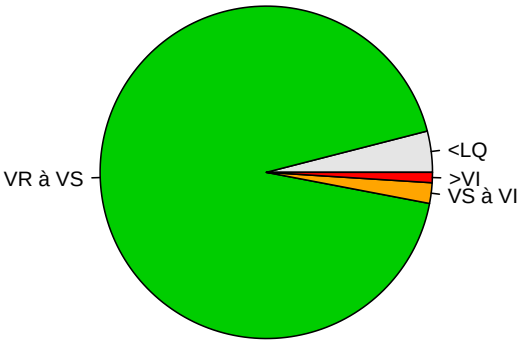
CO n= 32



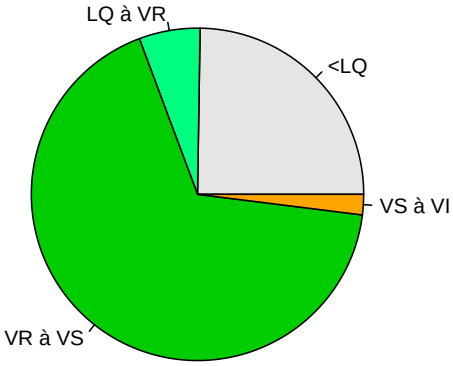
LL n= 48



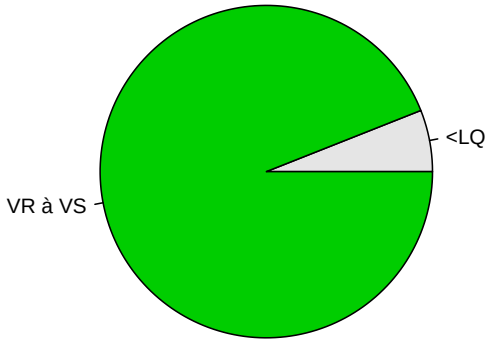
CH n= 82



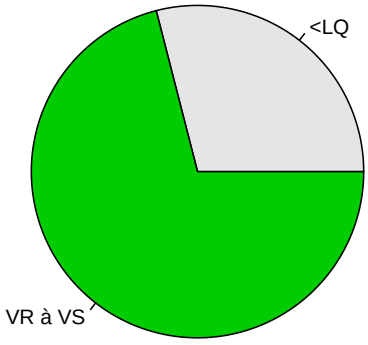
AE n= 53



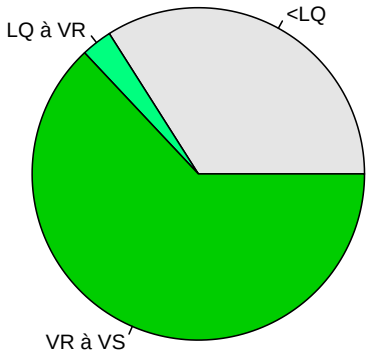
SE n= 53



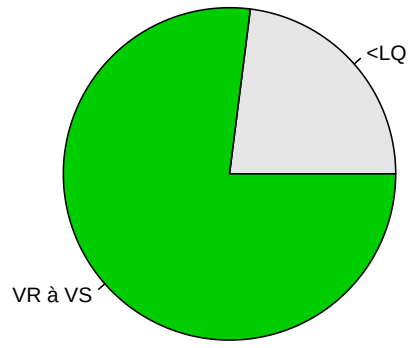
TR n= 34



VE n= 38

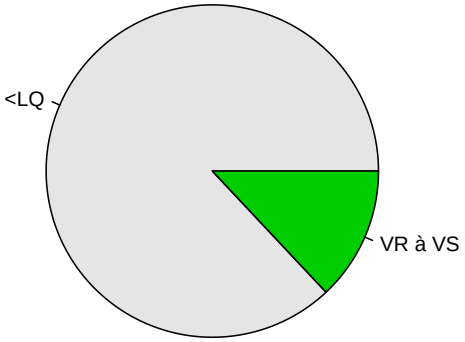


AU n= 35

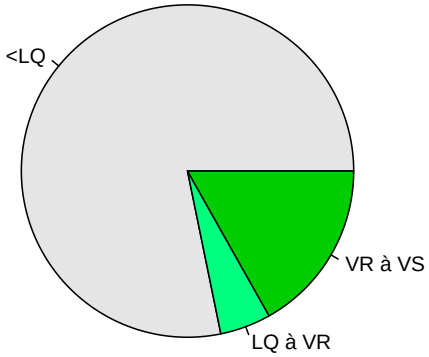


BghiP : concentration en profondeur [mg/kg MS]

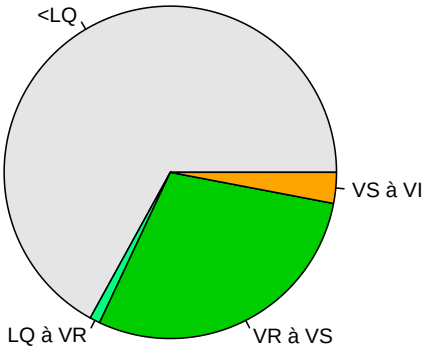
CO n= 30



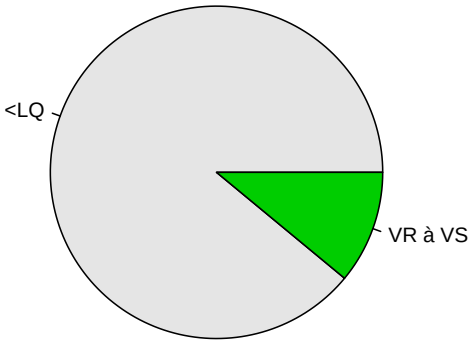
LL n= 42



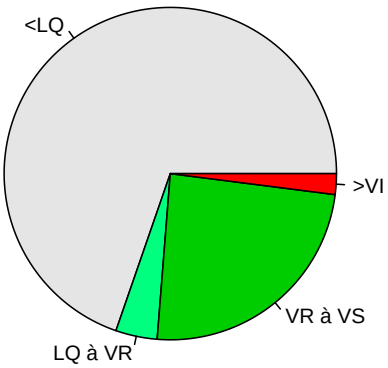
CH n= 69



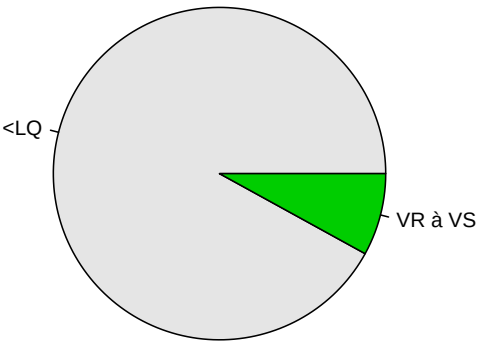
AE n= 38



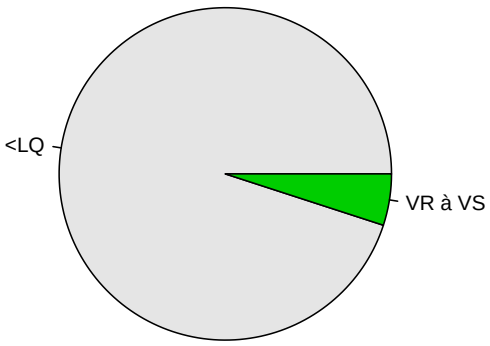
SE n= 45



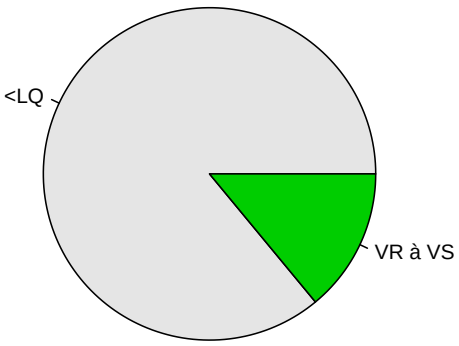
TR n= 25



VE n= 19

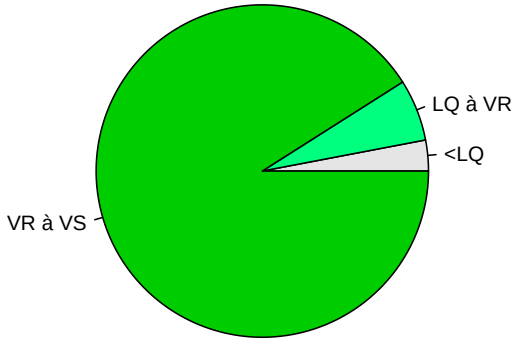


AU n= 28

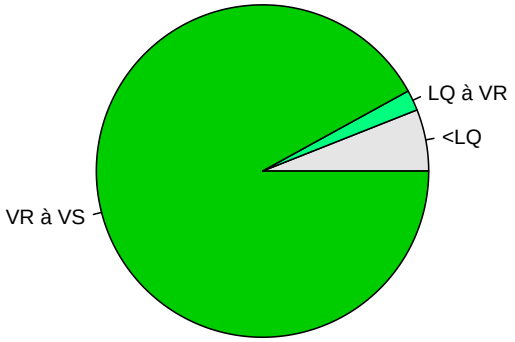


BkF : concentration en surface [mg/kg MS]

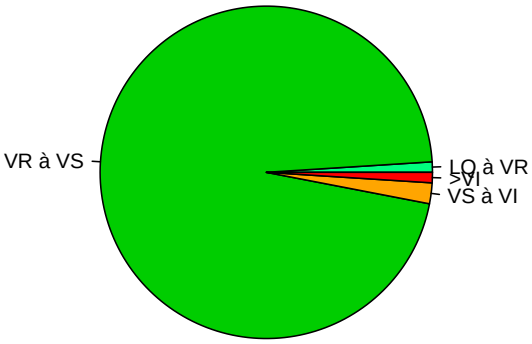
CO n= 32



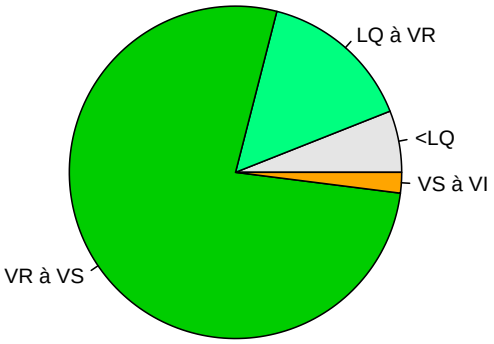
LL n= 48



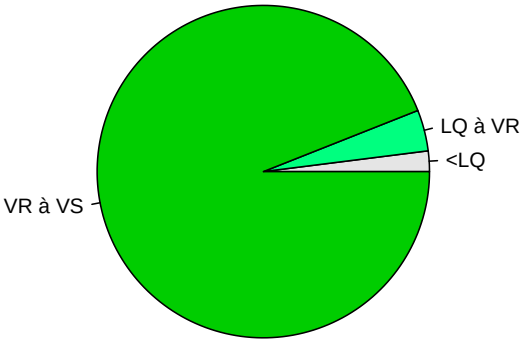
CH n= 82



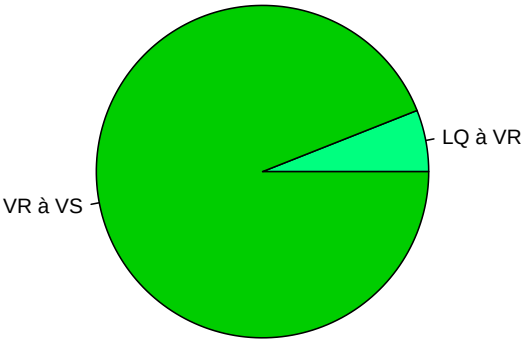
AE n= 53



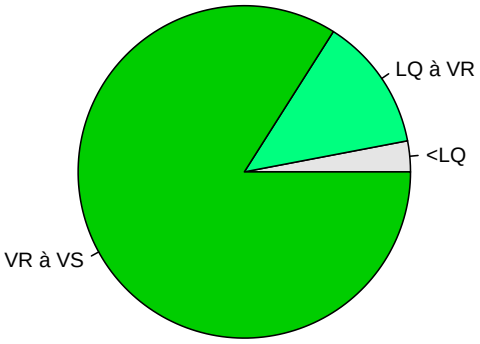
SE n= 53



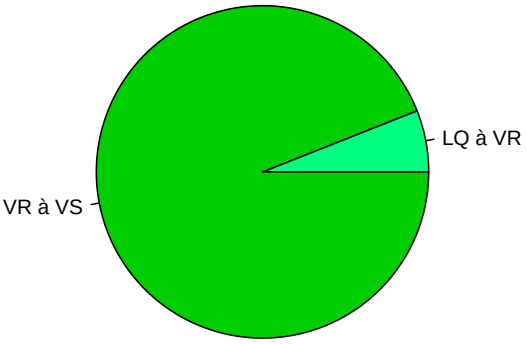
TR n= 34



VE n= 38

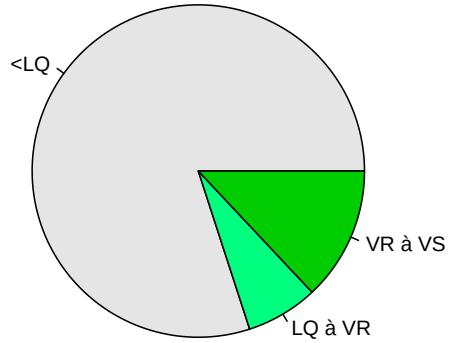


AU n= 35

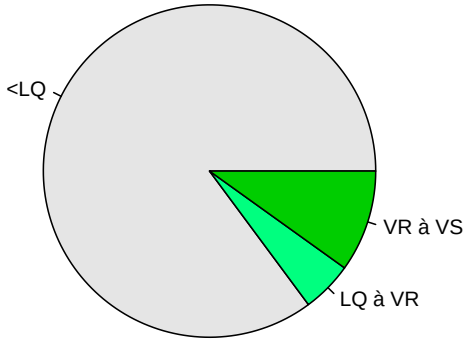


BkF : concentration en profondeur [mg/kg MS]

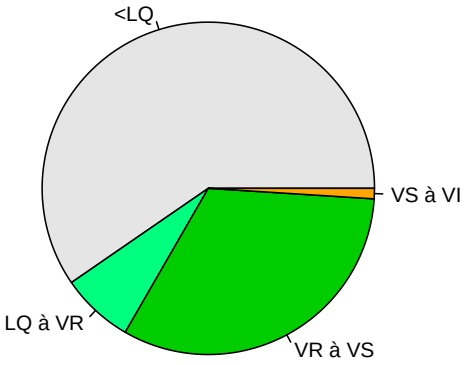
CO n= 30



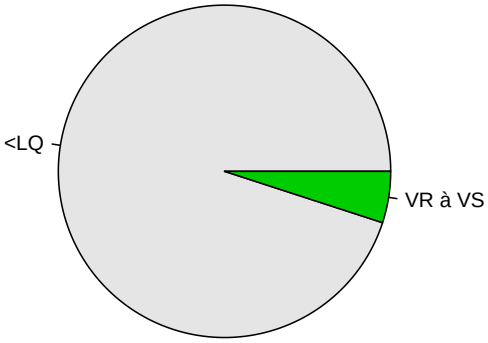
LL n= 42



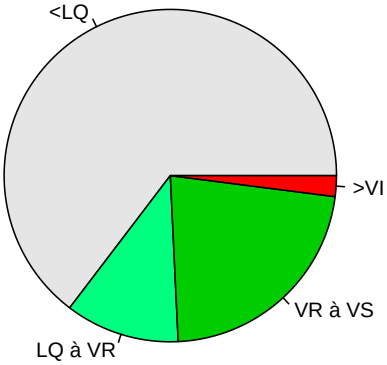
CH n= 69



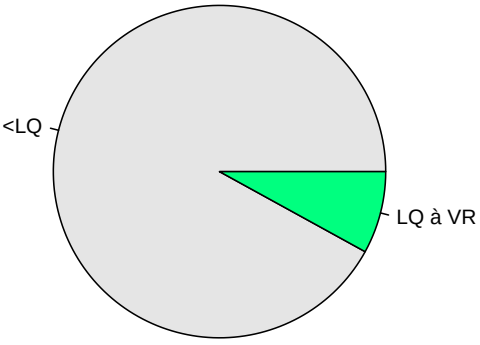
AE n= 38



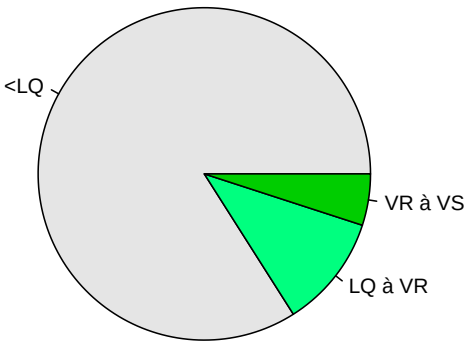
SE n= 45



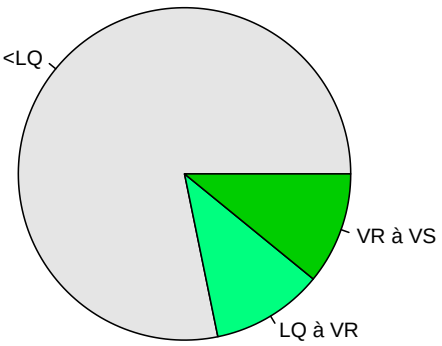
TR n= 25



VE n= 19

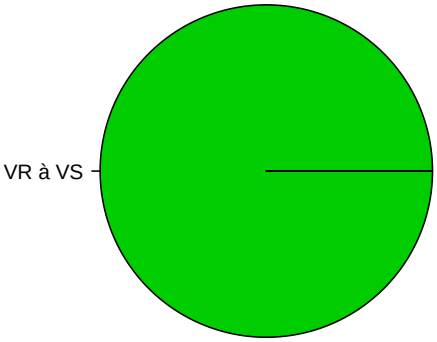


AU n= 28

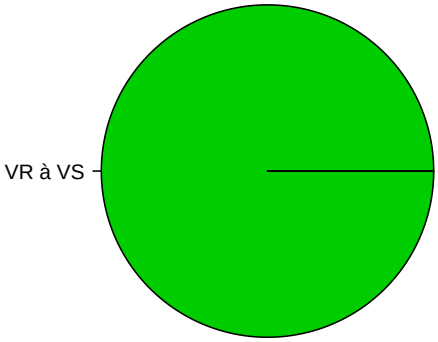


Chrys : concentration en surface [mg/kg MS]

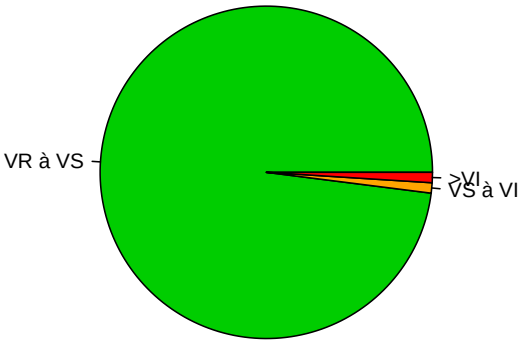
CO n= 32



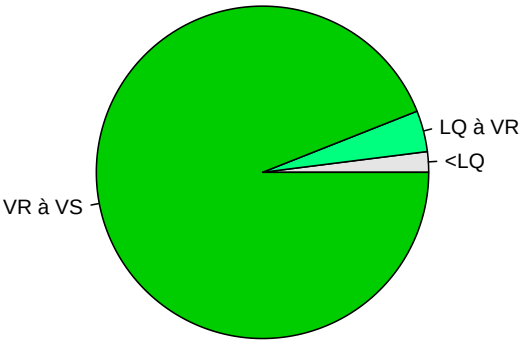
LL n= 48



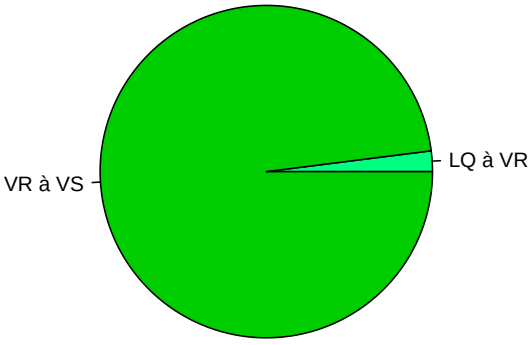
CH n= 82



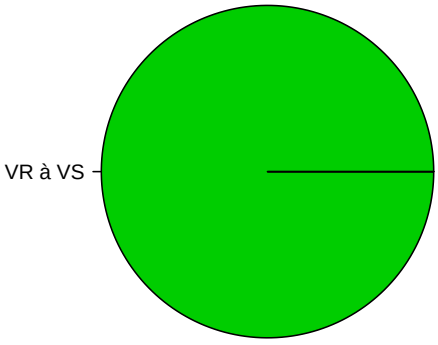
AE n= 53



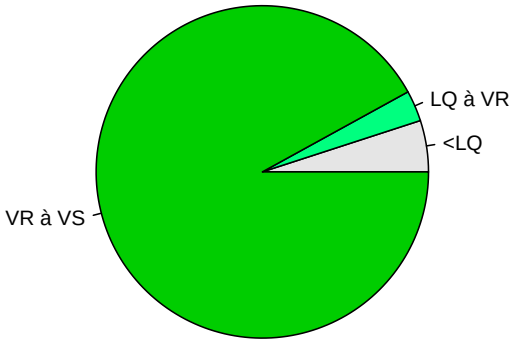
SE n= 53



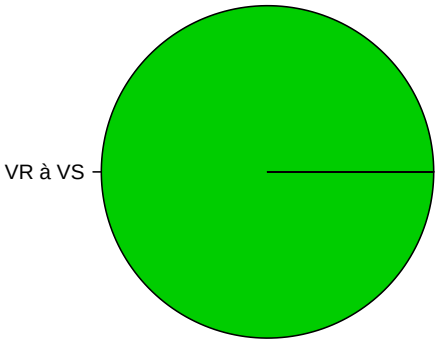
TR n= 34



VE n= 38

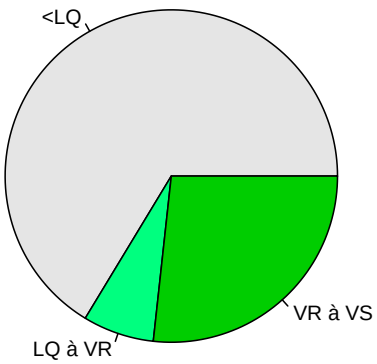


AU n= 35

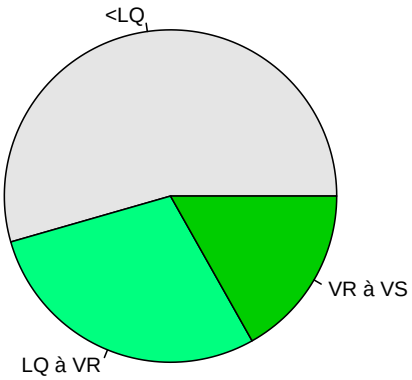


Chrys : concentration en profondeur [mg/kg MS]

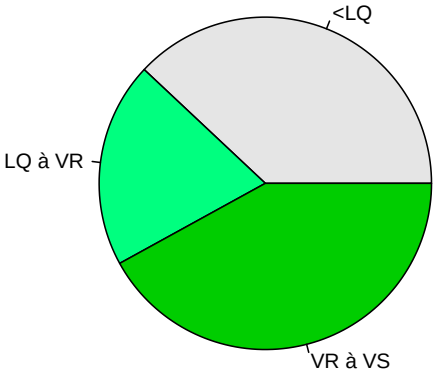
CO n= 30



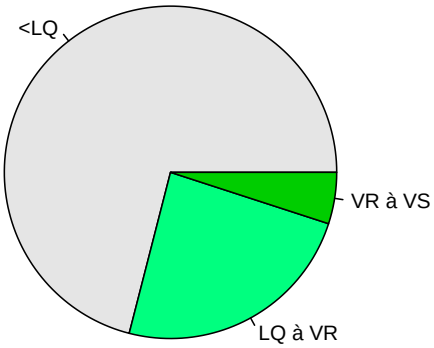
LL n= 42



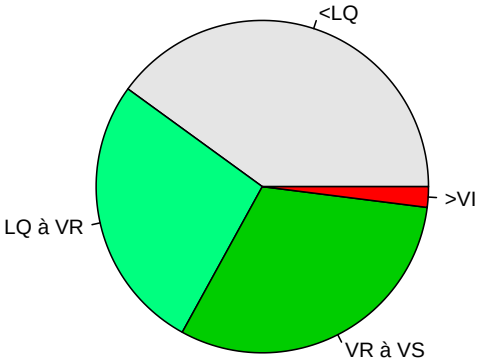
CH n= 69



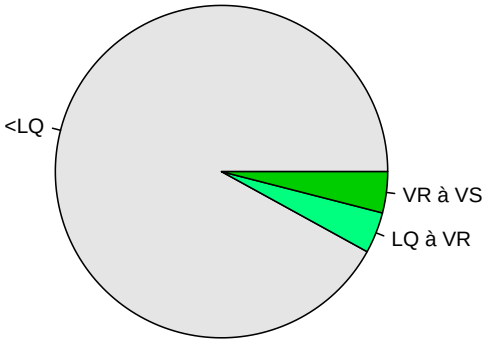
AE n= 38



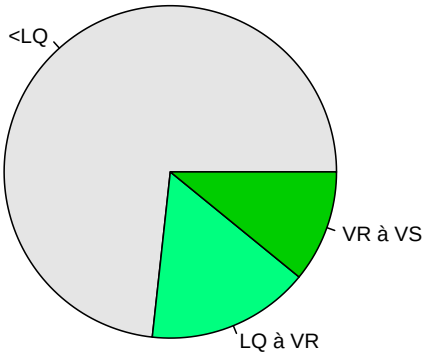
SE n= 45



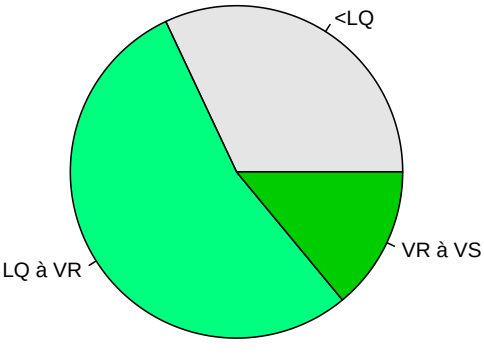
TR n= 25



VE n= 19

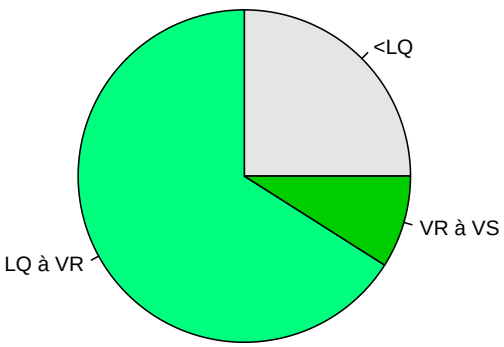


AU n= 28

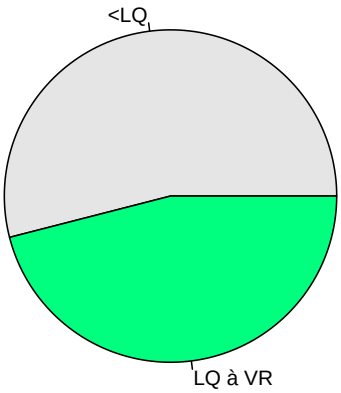


CN_lib : concentration en surface [mg/kg MS]

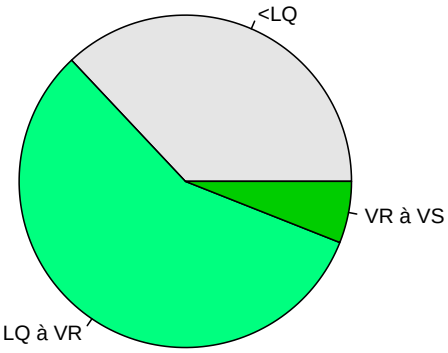
CO n= 32



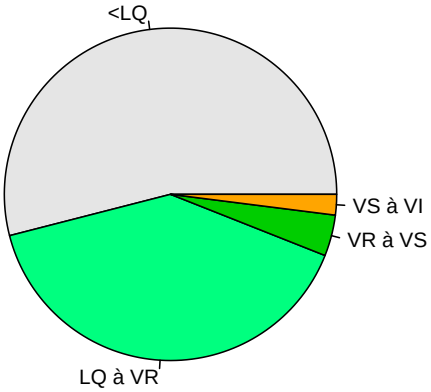
LL n= 48



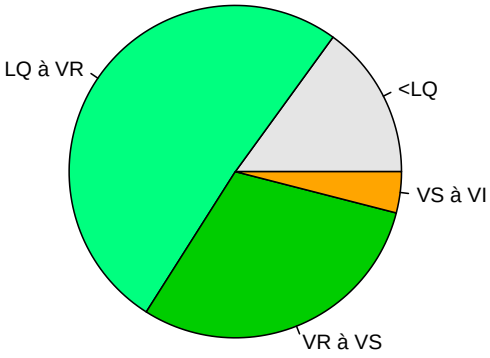
CH n= 81



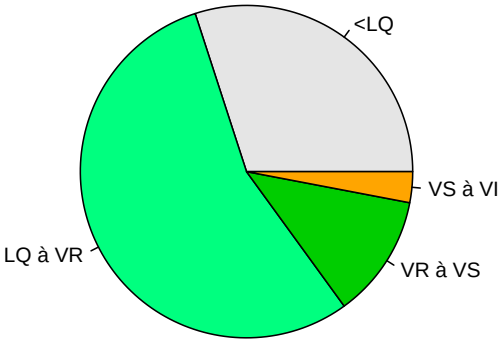
AE n= 50



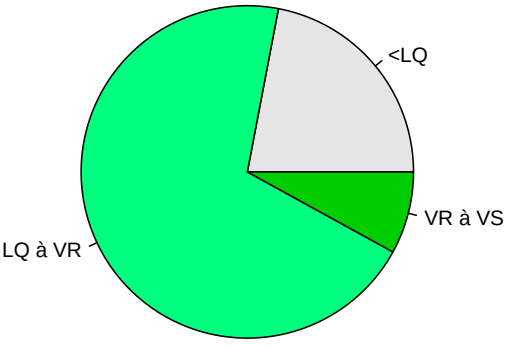
SE n= 53



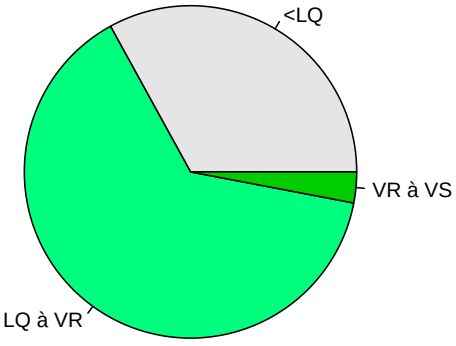
TR n= 33



VE n= 37

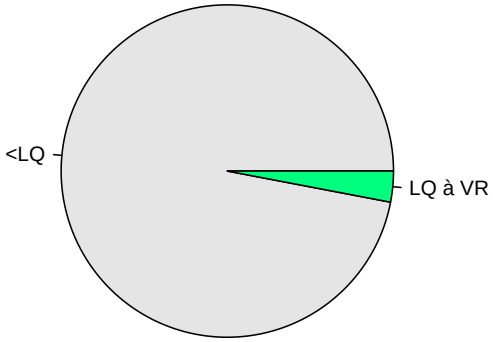


AU n= 36

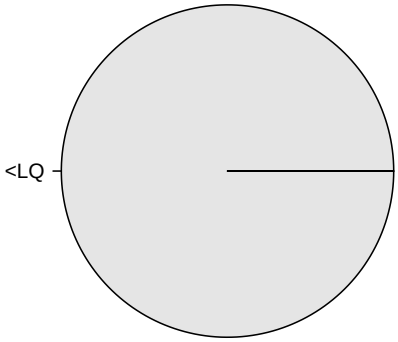


CN_lib : concentration en profondeur [mg/kg MS]

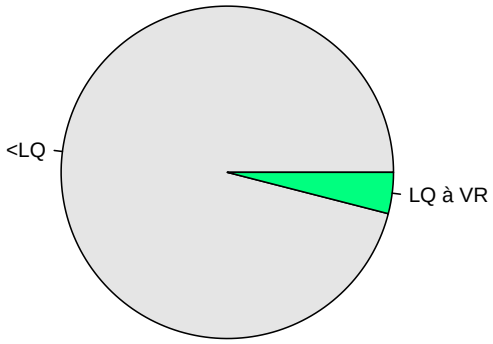
CO n= 30



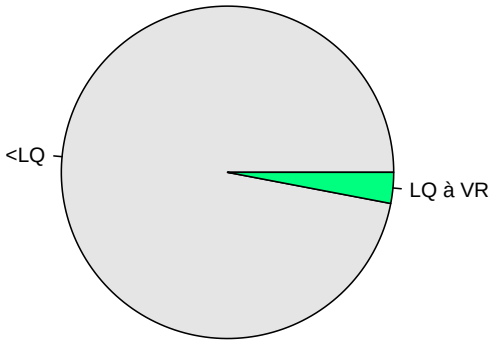
LL n= 42



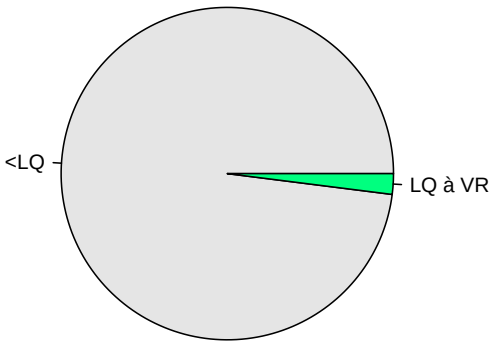
CH n= 69



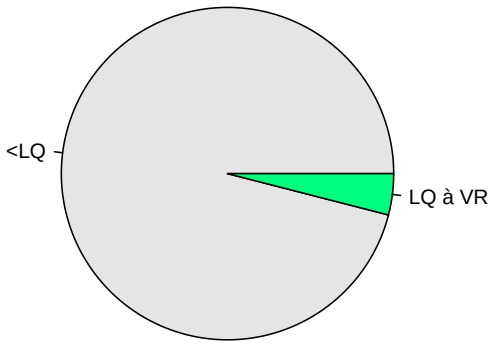
AE n= 38



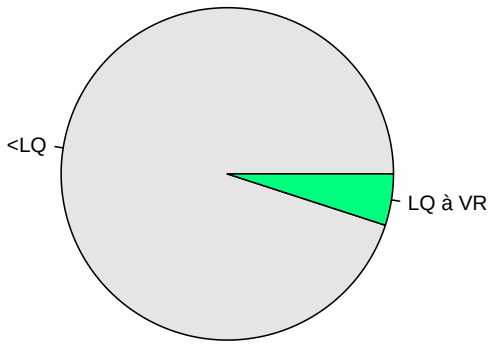
SE n= 45



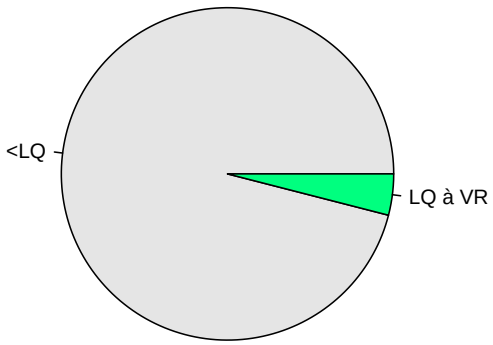
TR n= 25



VE n= 19

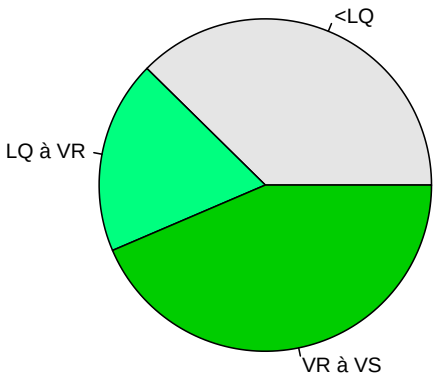


AU n= 28

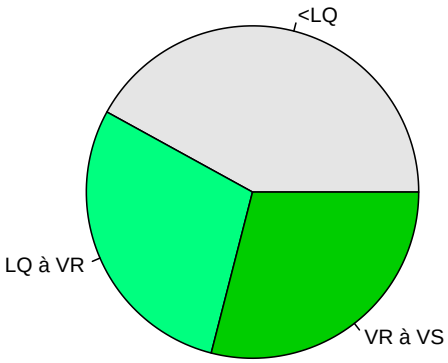


dBahA : concentration en surface [mg/kg MS]

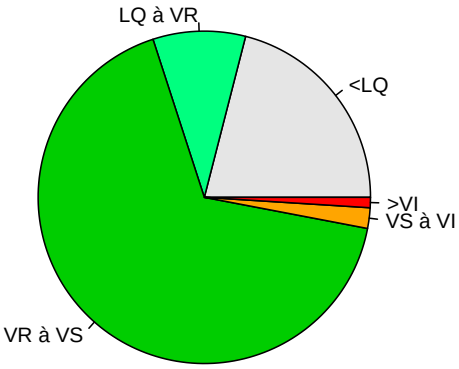
CO n= 32



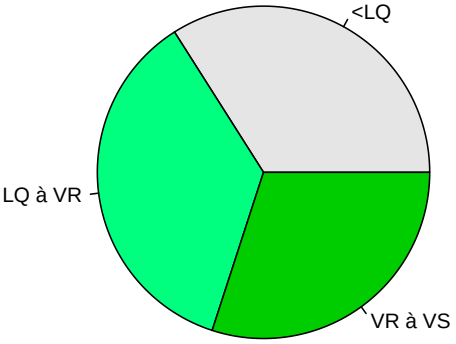
LL n= 48



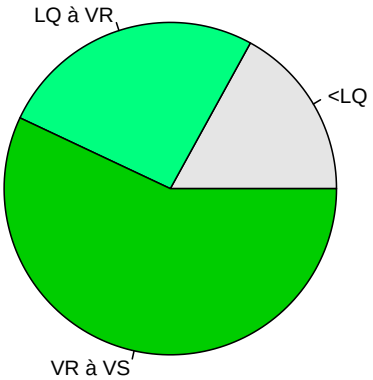
CH n= 82



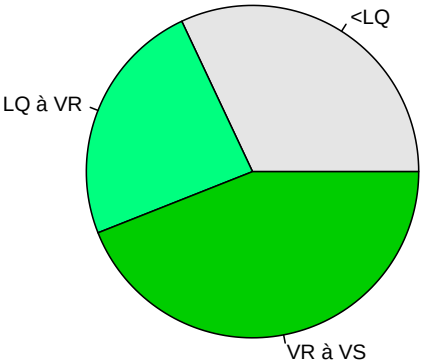
AE n= 53



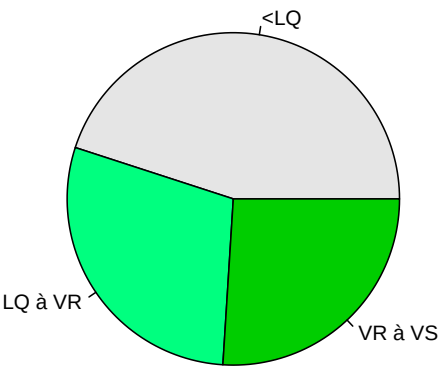
SE n= 53



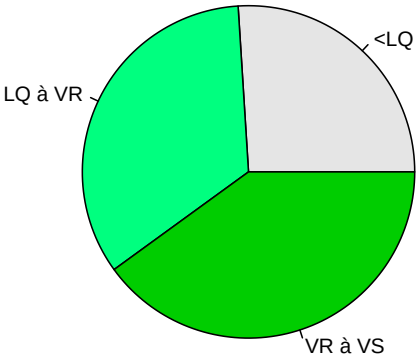
TR n= 34



VE n= 38

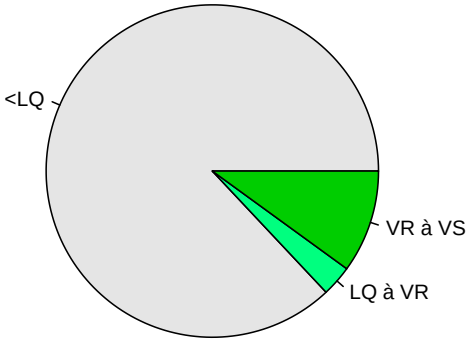


AU n= 35

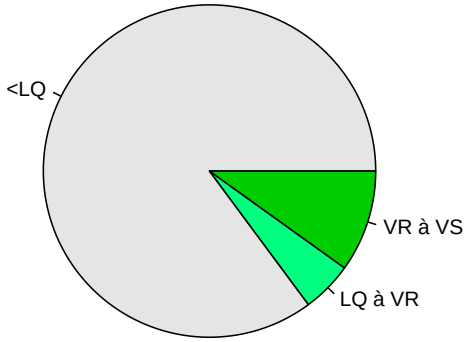


dBahA : concentration en profondeur [mg/kg MS]

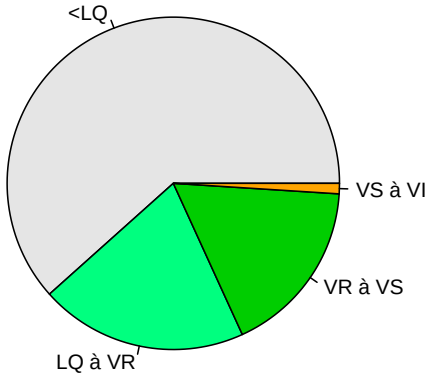
CO n= 30



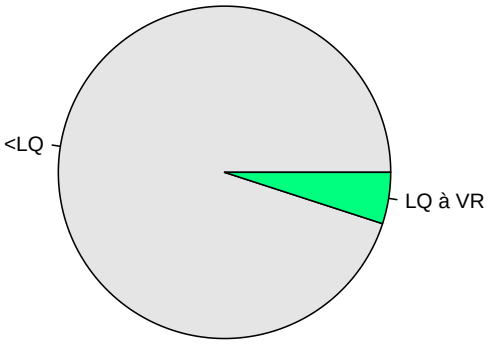
LL n= 42



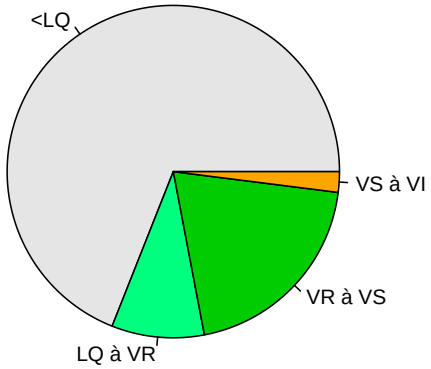
CH n= 69



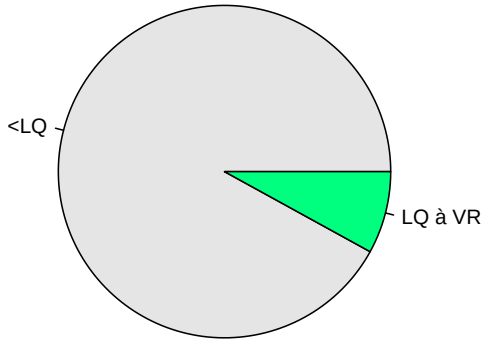
AE n= 38



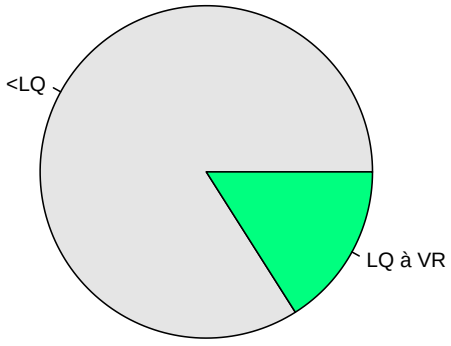
SE n= 45



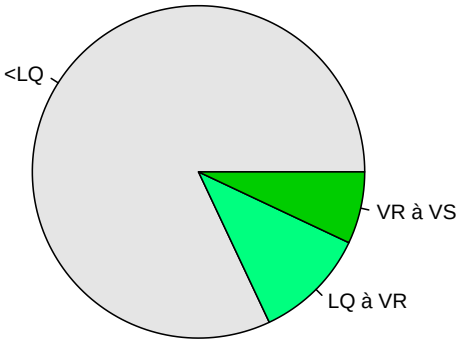
TR n= 25



VE n= 19

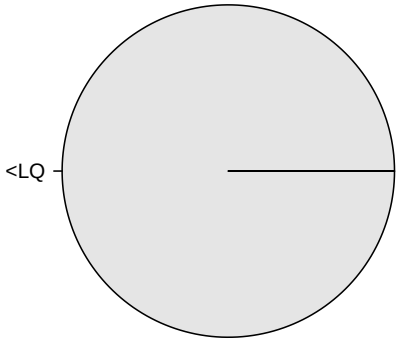


AU n= 28

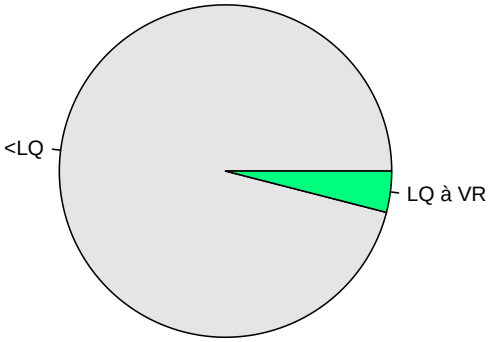


EBen : concentration en surface [mg/kg MS]

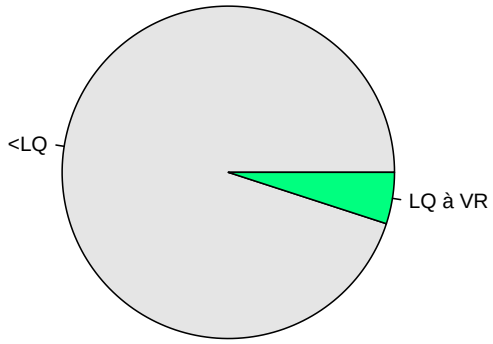
CO n= 32



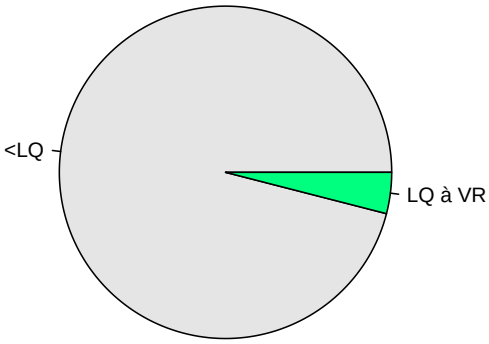
LL n= 48



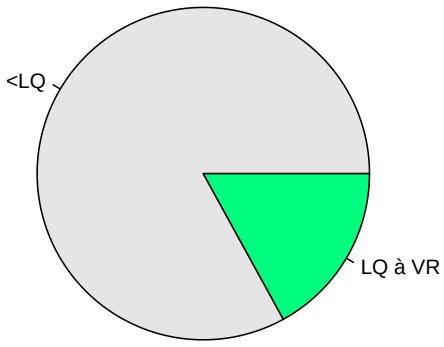
CH n= 82



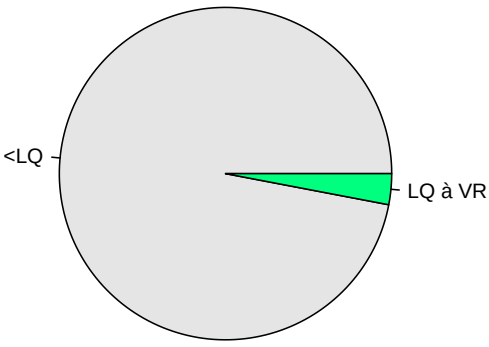
AE n= 53



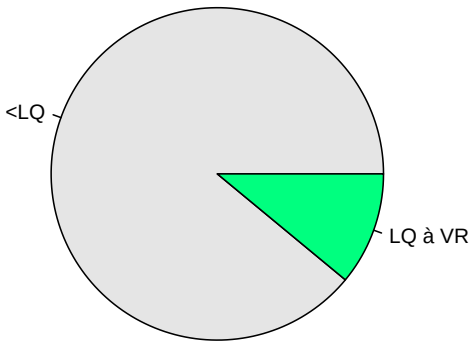
SE n= 53



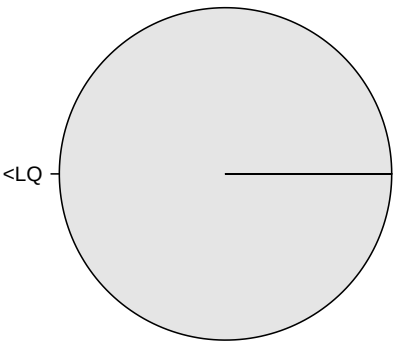
TR n= 34



VE n= 38

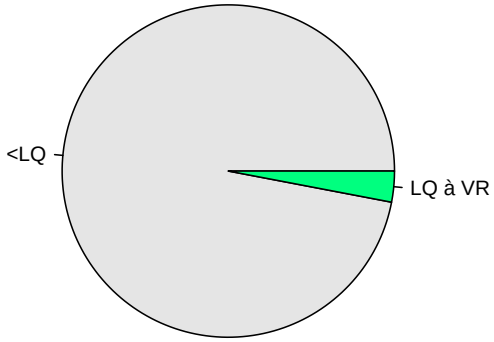


AU n= 36

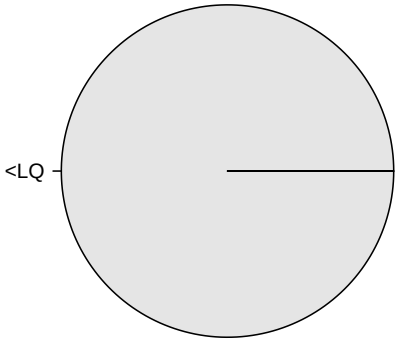


EBen : concentration en profondeur [mg/kg MS]

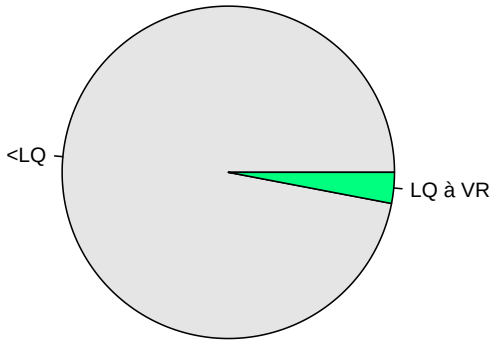
CO n= 30



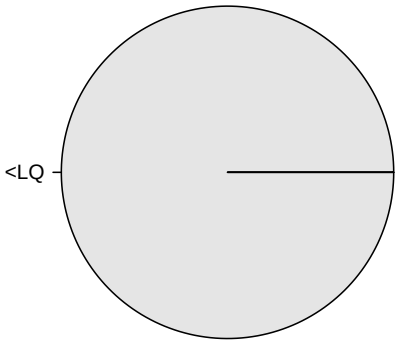
LL n= 42



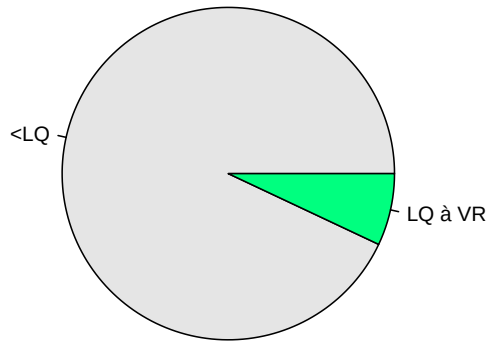
CH n= 69



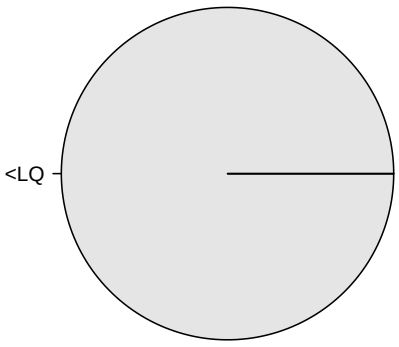
AE n= 38



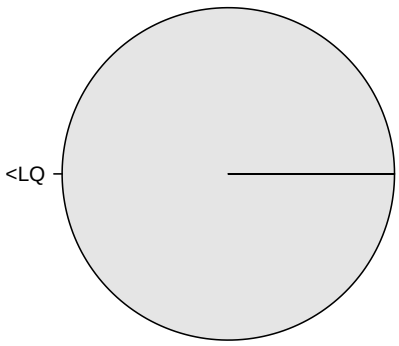
SE n= 45



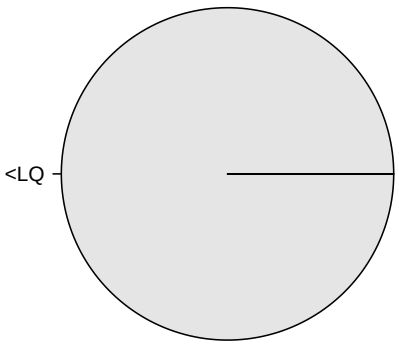
TR n= 25



VE n= 19

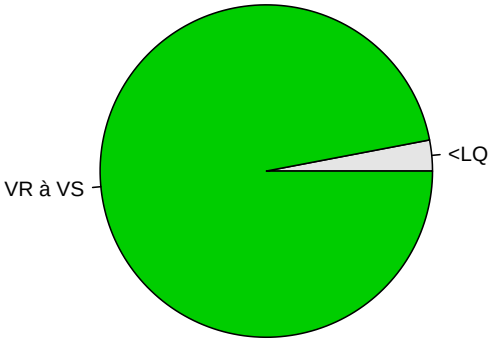


AU n= 28

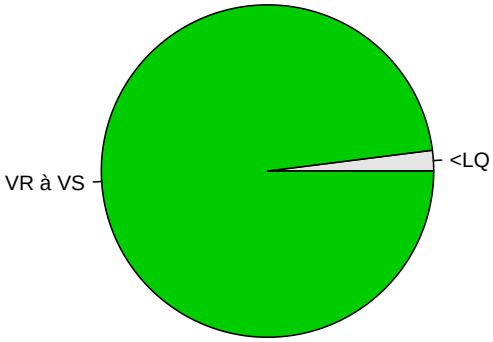


Fla : concentration en surface [mg/kg MS]

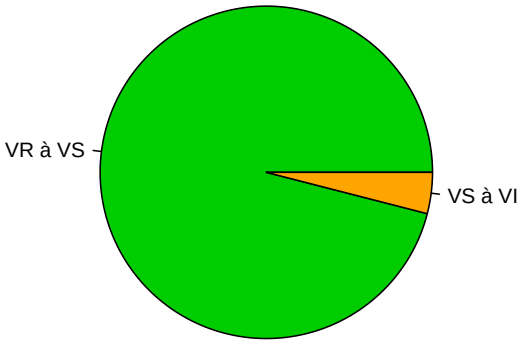
CO n= 32



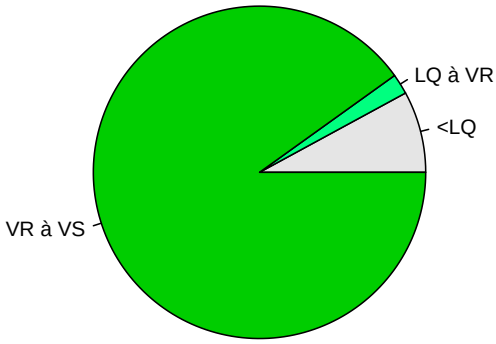
LL n= 48



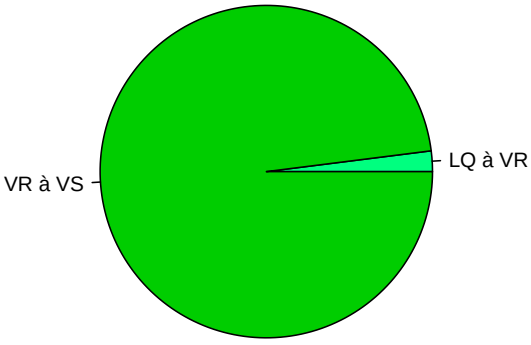
CH n= 82



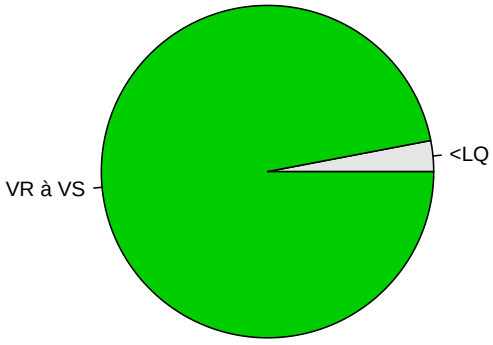
AE n= 53



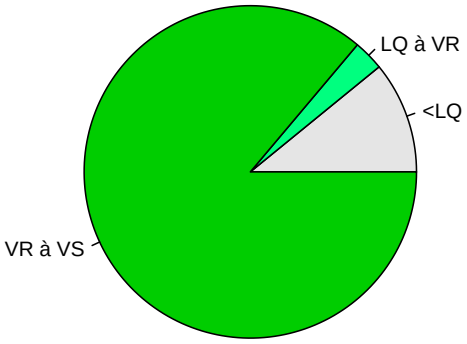
SE n= 53



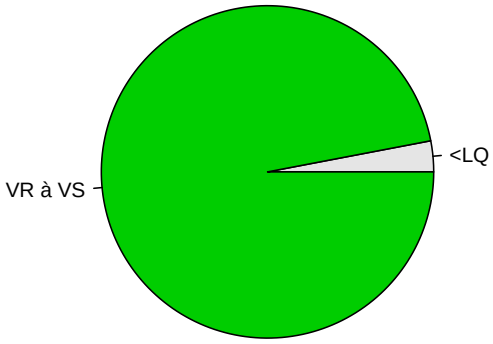
TR n= 34



VE n= 38

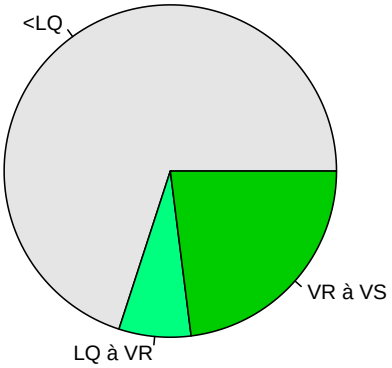


AU n= 35

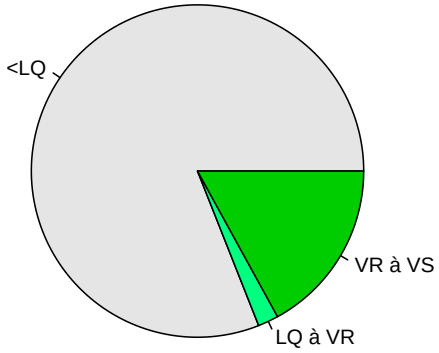


Fla : concentration en profondeur [mg/kg MS]

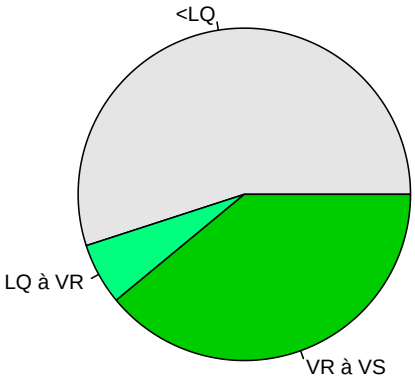
CO n= 30



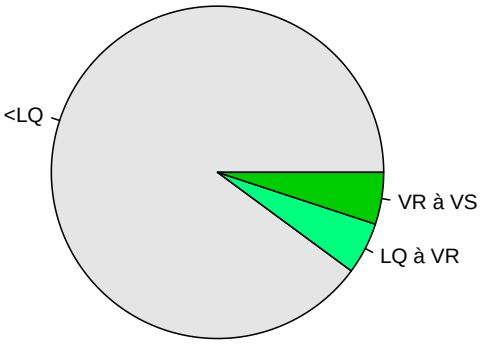
LL n= 42



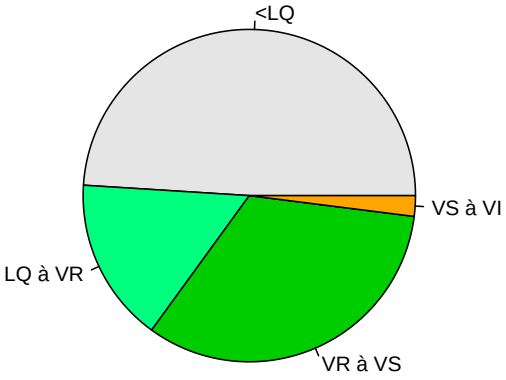
CH n= 69



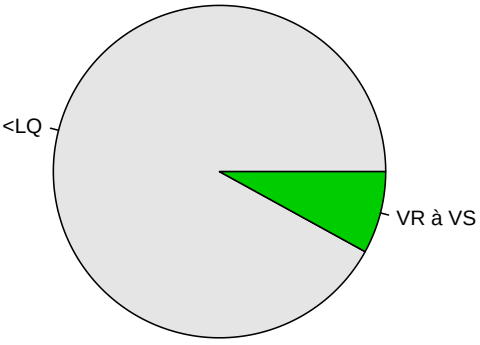
AE n= 38



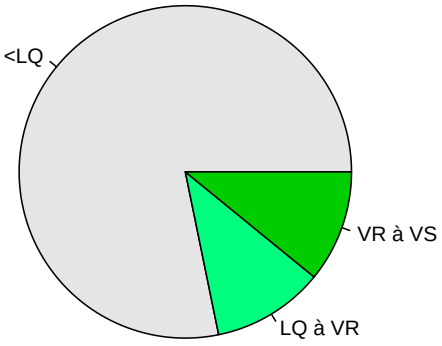
SE n= 45



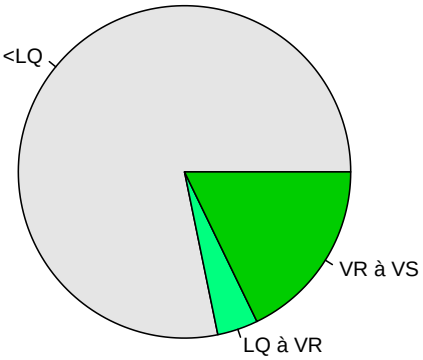
TR n= 25



VE n= 19

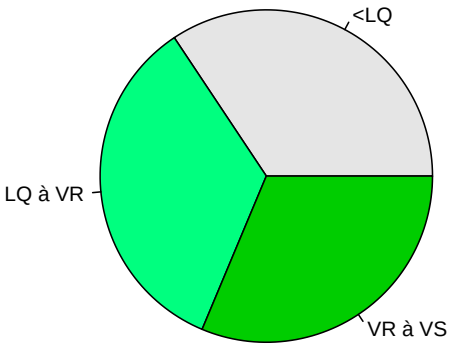


AU n= 28

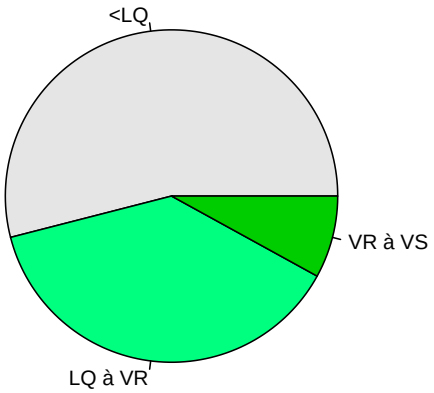


Fle : concentration en surface [mg/kg MS]

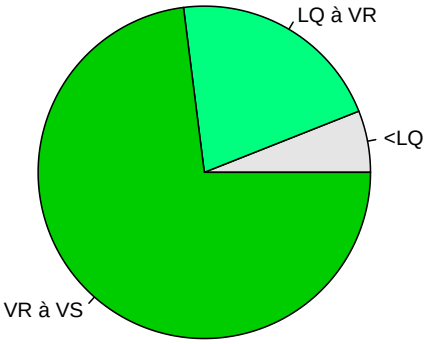
CO n= 32



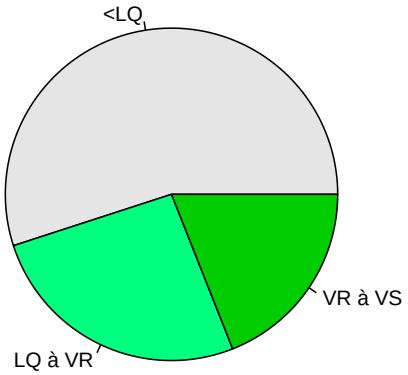
LL n= 48



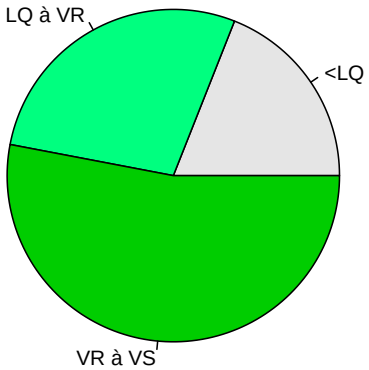
CH n= 82



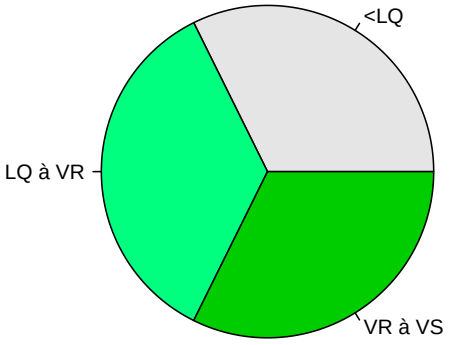
AE n= 53



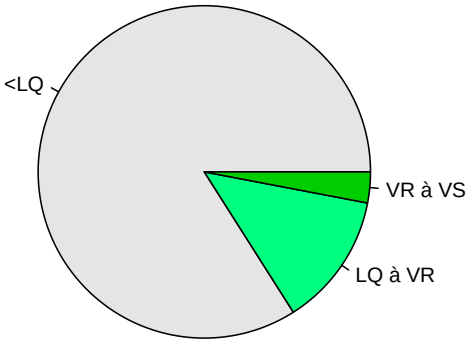
SE n= 53



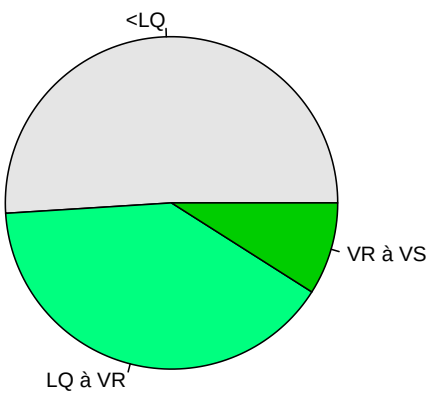
TR n= 34



VE n= 38

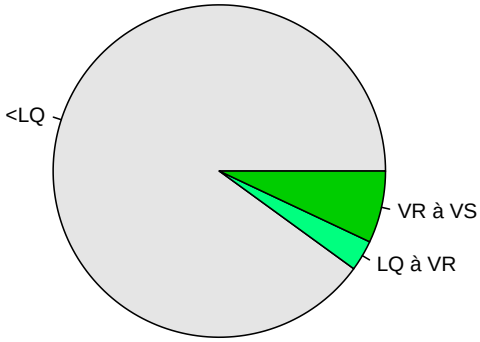


AU n= 35

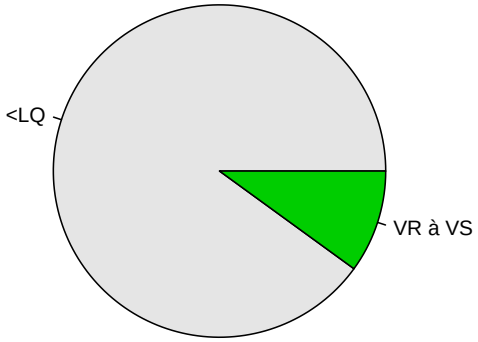


Fle : concentration en profondeur [mg/kg MS]

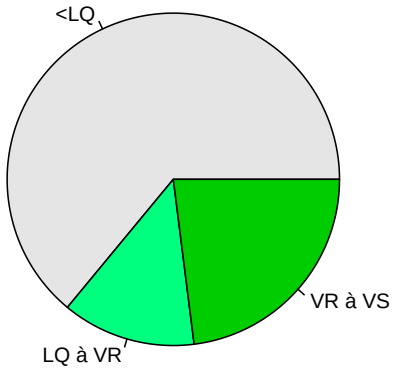
CO n= 30



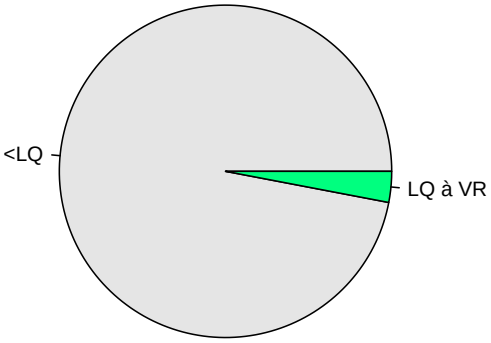
LL n= 42



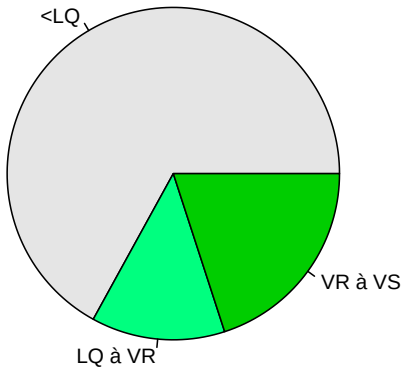
CH n= 69



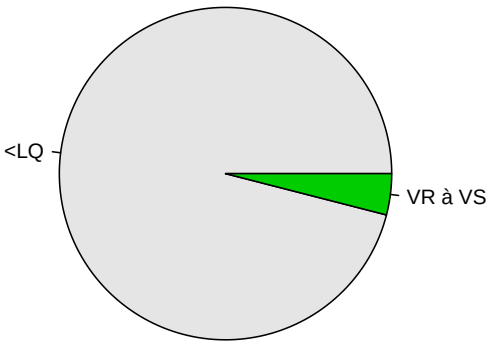
AE n= 38



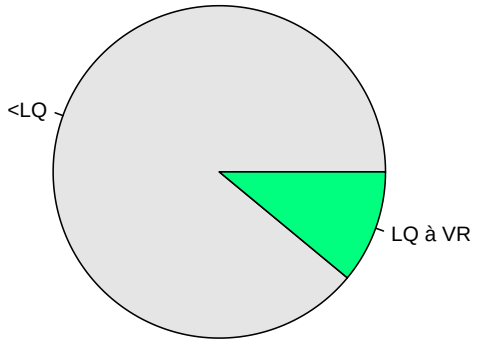
SE n= 45



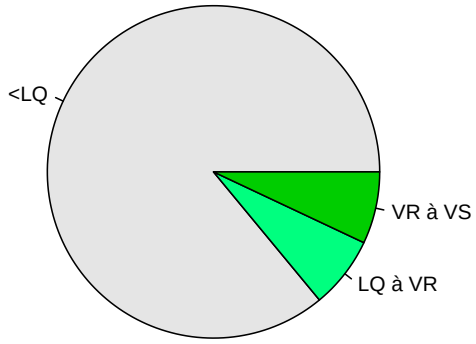
TR n= 25



VE n= 19

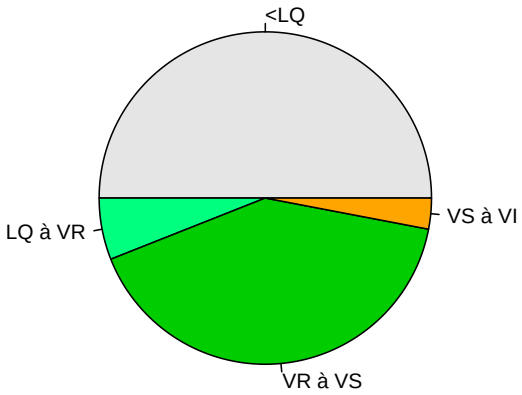


AU n= 28

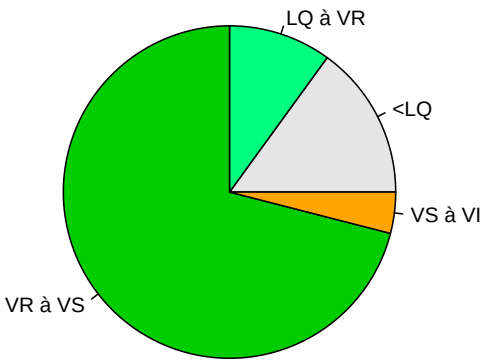


HTP10a12 : concentration en surface [mg/kg MS]

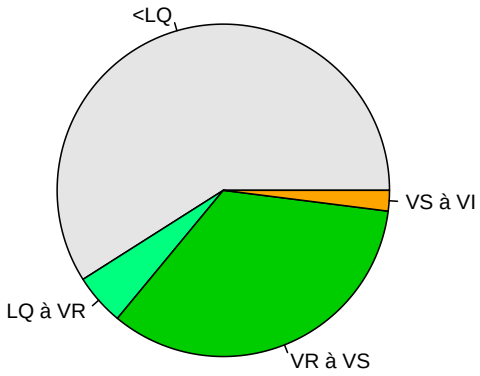
CO n= 32



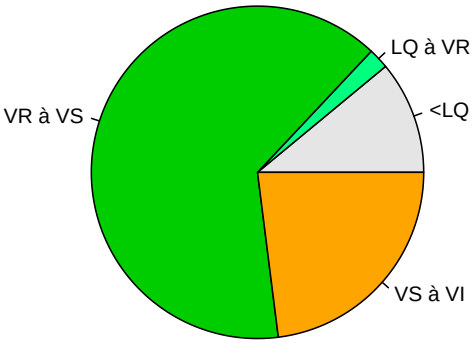
LL n= 48



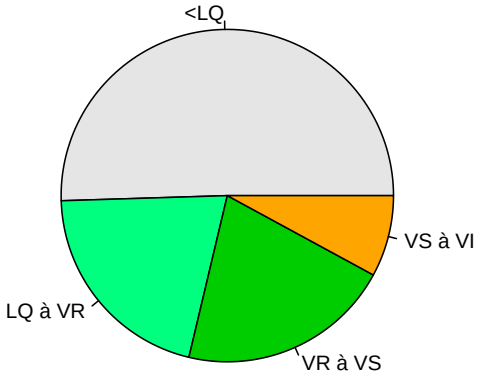
CH n= 82



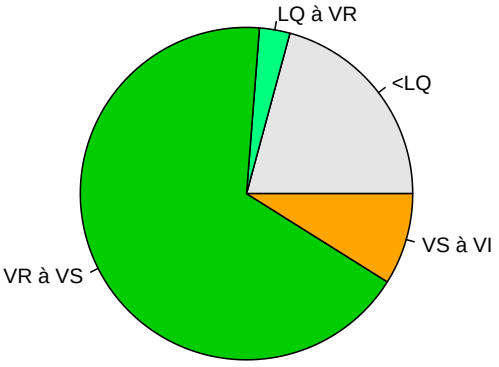
AE n= 53



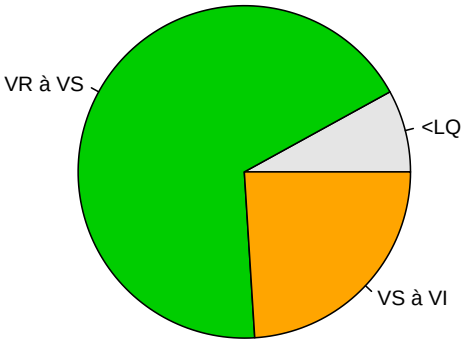
SE n= 53



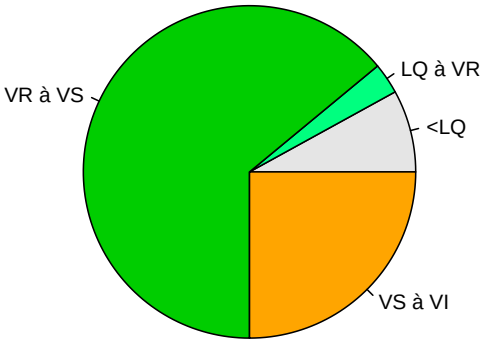
TR n= 34



VE n= 38

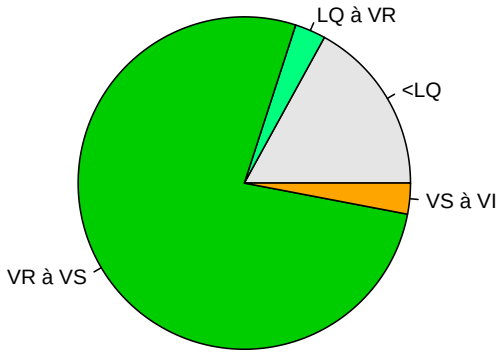


AU n= 36

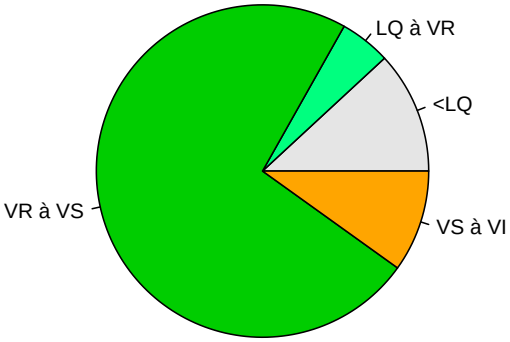


HTP10a12 : concentration en profondeur [mg/kg MS]

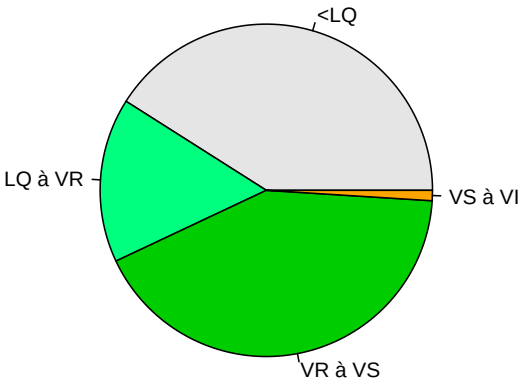
CO n= 30



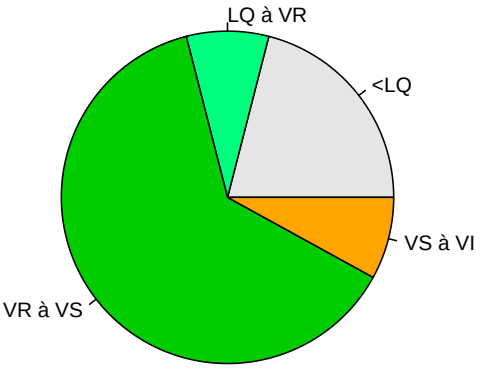
LL n= 42



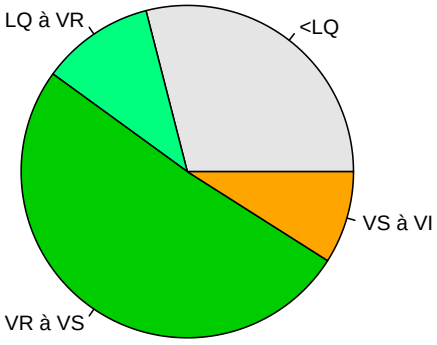
CH n= 69



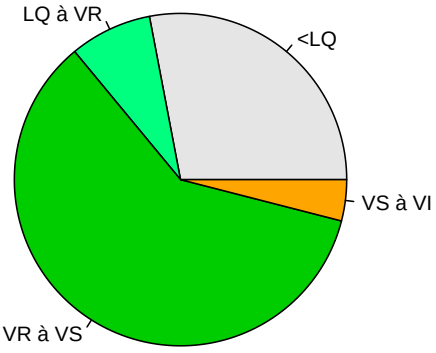
AE n= 38



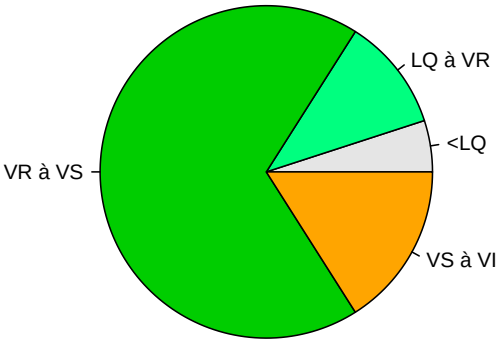
SE n= 45



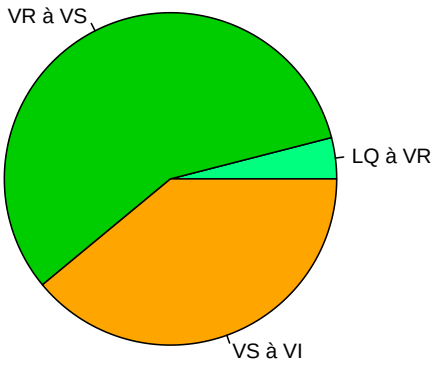
TR n= 25



VE n= 19

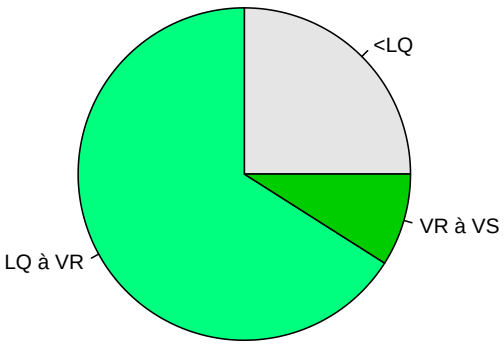


AU n= 28

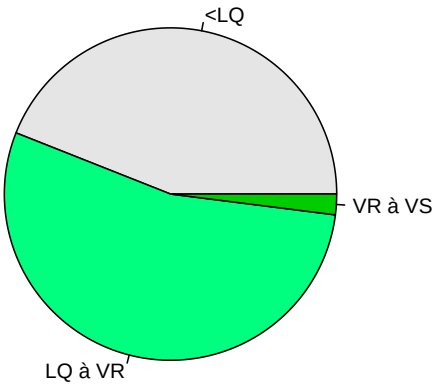


HTP12a16 : concentration en surface [mg/kg MS]

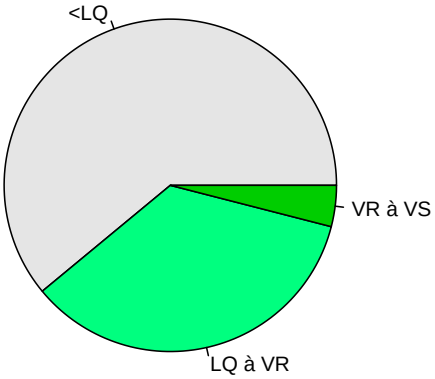
CO n= 32



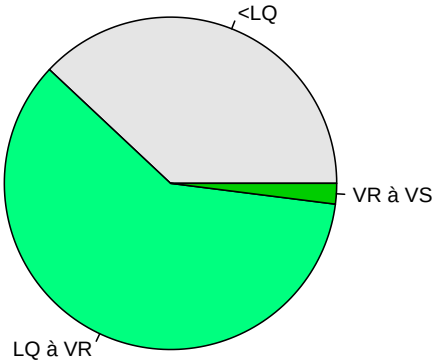
LL n= 48



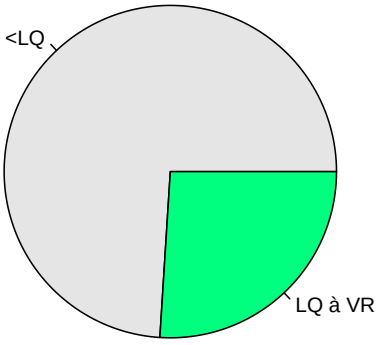
CH n= 82



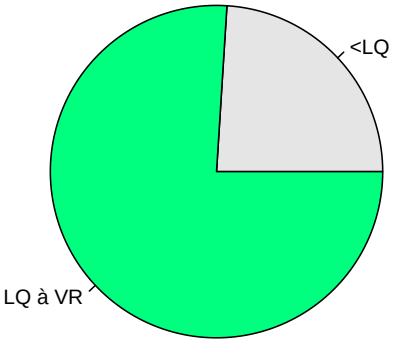
AE n= 53



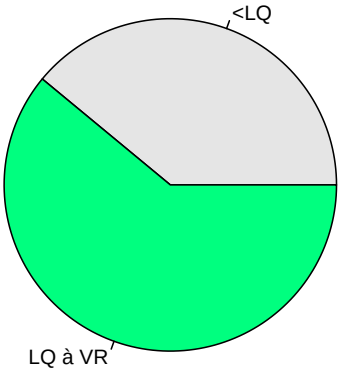
SE n= 53



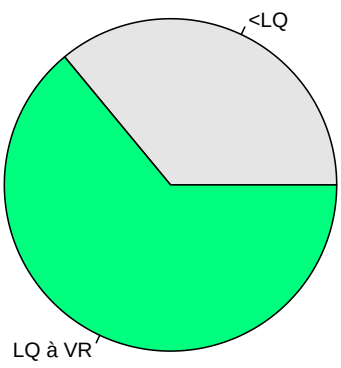
TR n= 34



VE n= 38

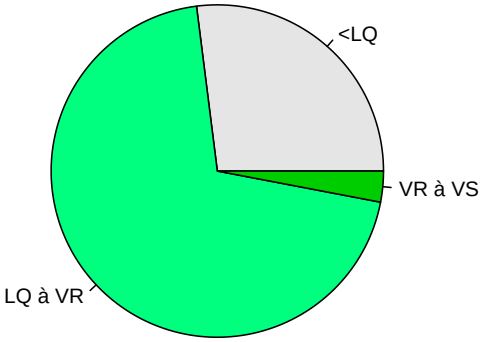


AU n= 36

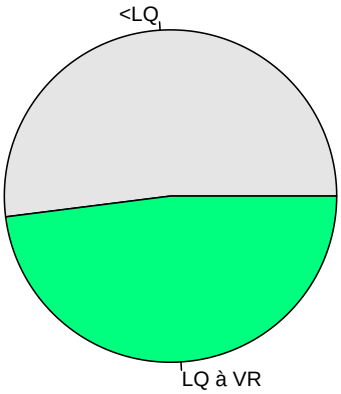


HTP12a16 : concentration en profondeur [mg/kg MS]

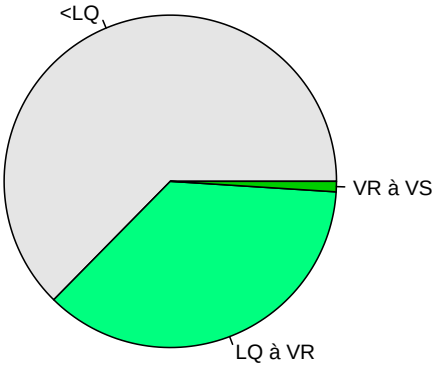
CO n= 30



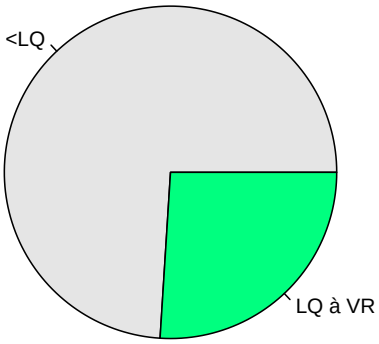
LL n= 42



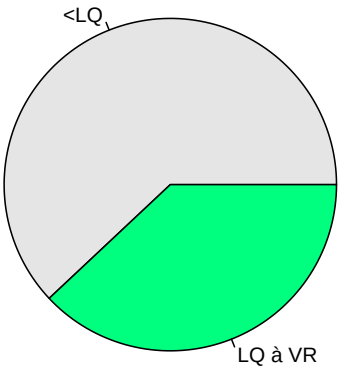
CH n= 69



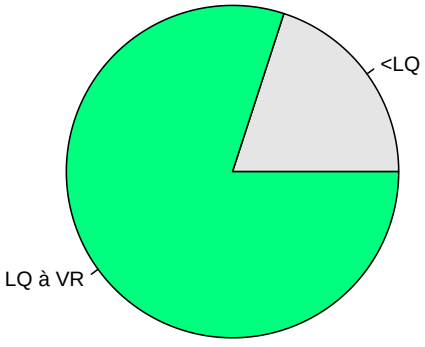
AE n= 38



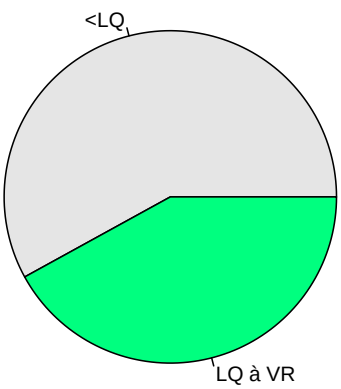
SE n= 45



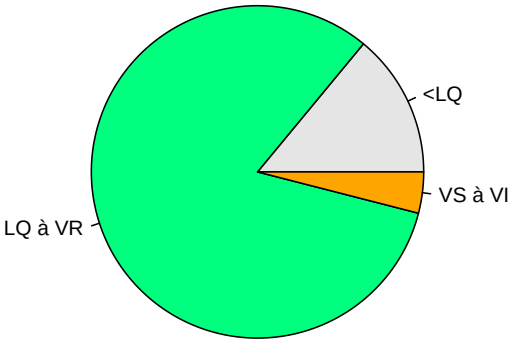
TR n= 25



VE n= 19

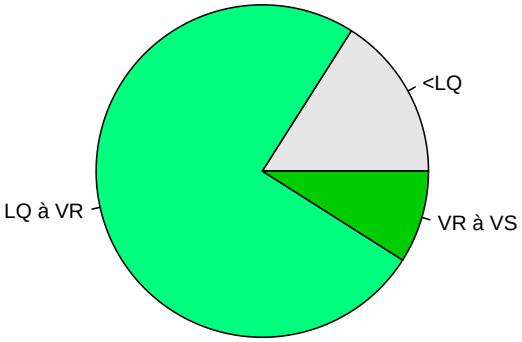


AU n= 28

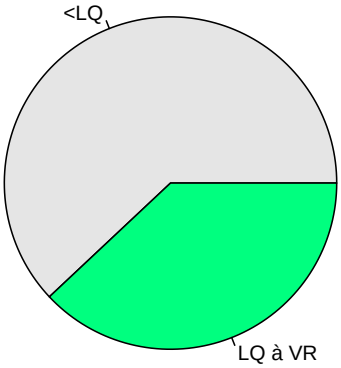


HTP16a21 : concentration en surface [mg/kg MS]

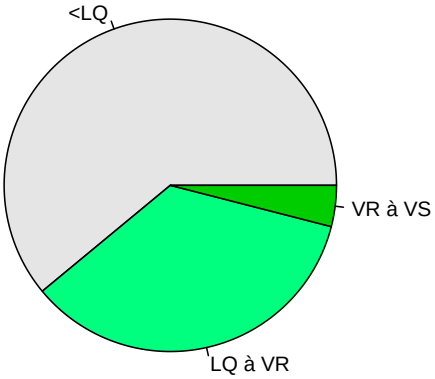
CO n= 32



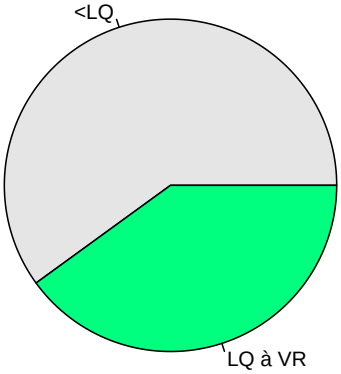
LL n= 48



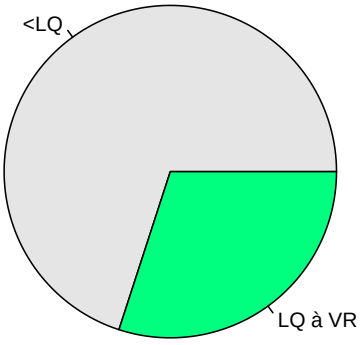
CH n= 82



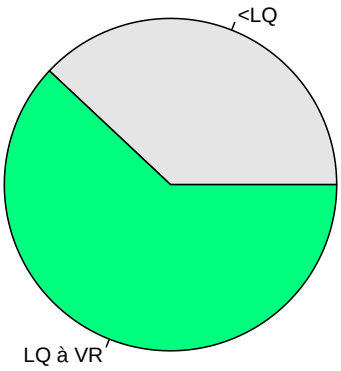
AE n= 53



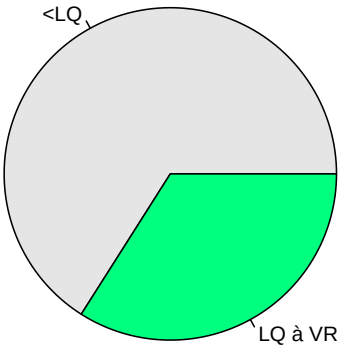
SE n= 53



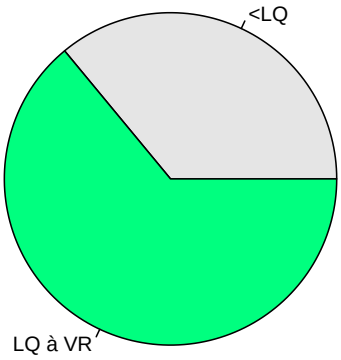
TR n= 34



VE n= 38

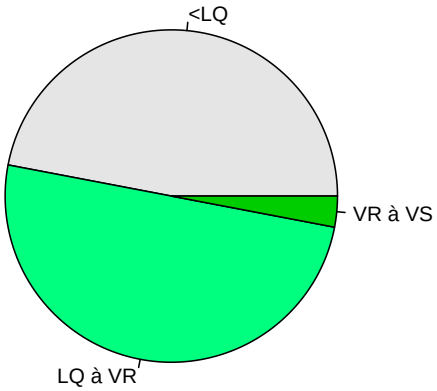


AU n= 36

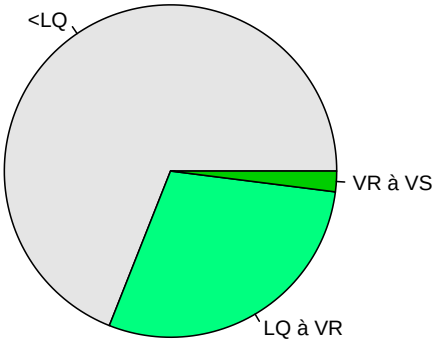


HTP16a21 : concentration en profondeur [mg/kg MS]

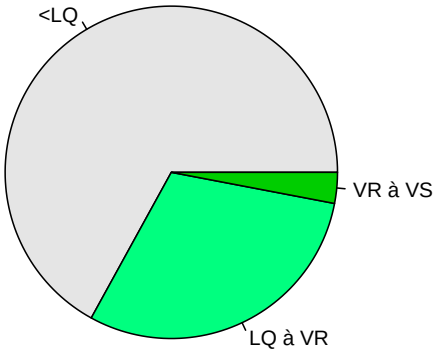
CO n= 30



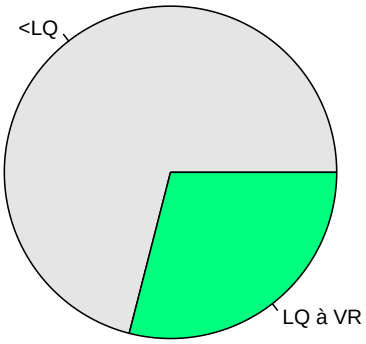
LL n= 42



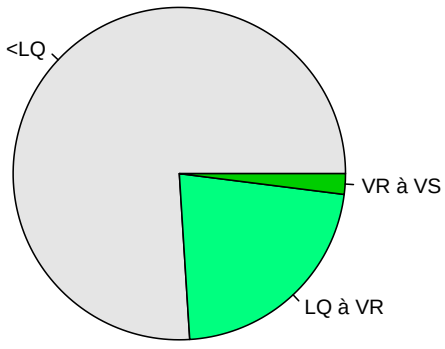
CH n= 69



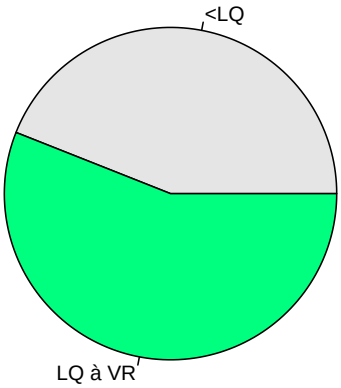
AE n= 38



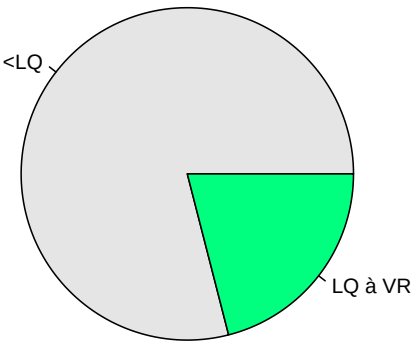
SE n= 45



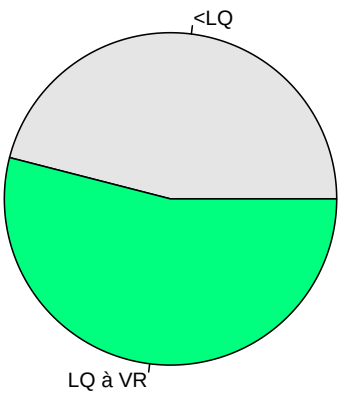
TR n= 25



VE n= 19

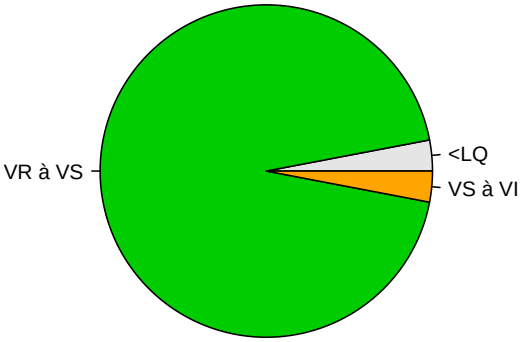


AU n= 28

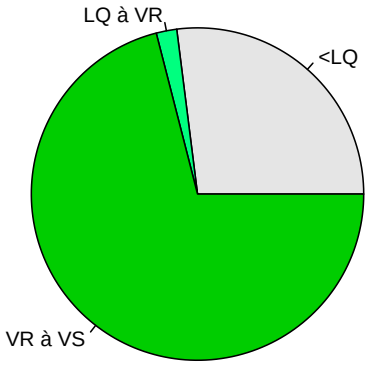


I123cdP : concentration en surface [mg/kg MS]

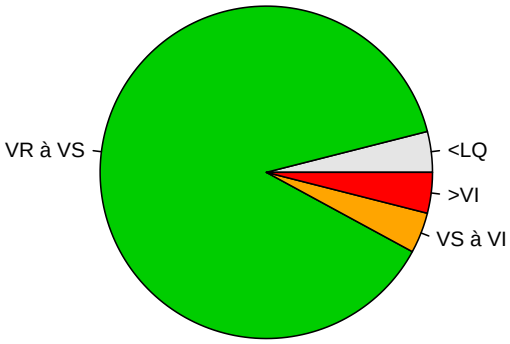
CO n= 32



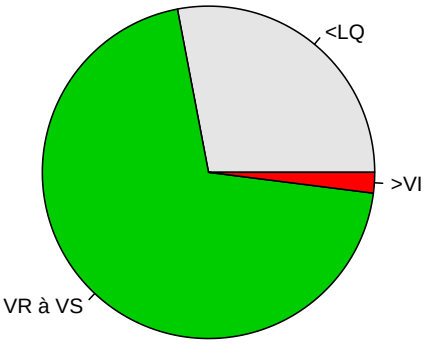
LL n= 48



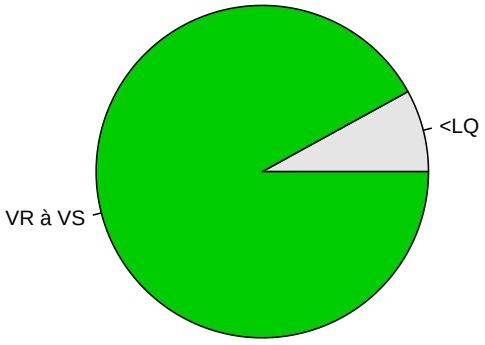
CH n= 82



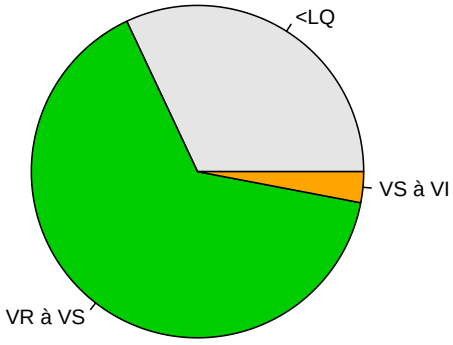
AE n= 53



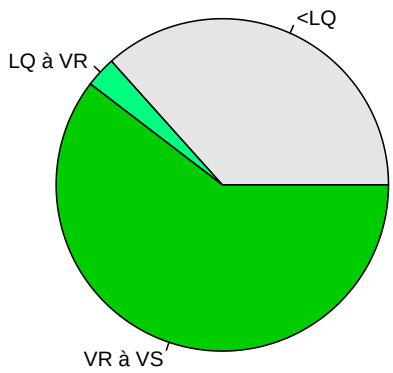
SE n= 53



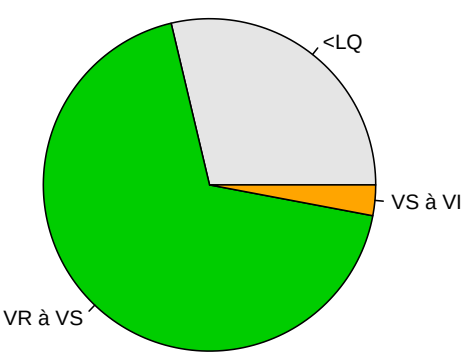
TR n= 34



VE n= 38

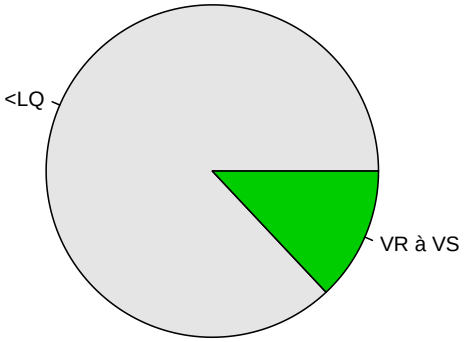


AU n= 35

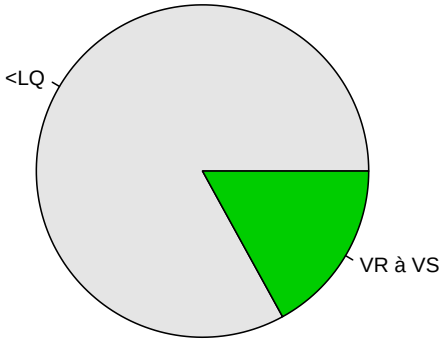


I123cdP : concentration en profondeur [mg/kg MS]

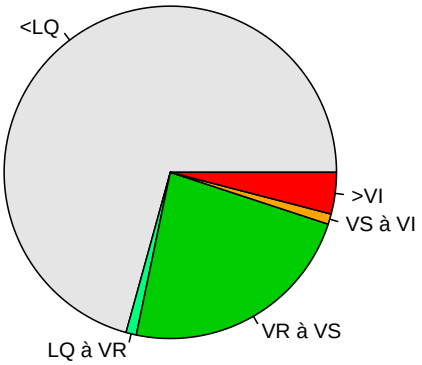
CO n= 30



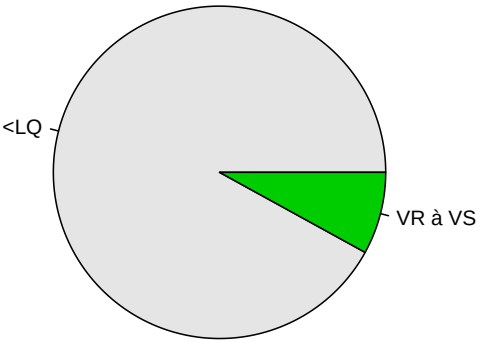
LL n= 42



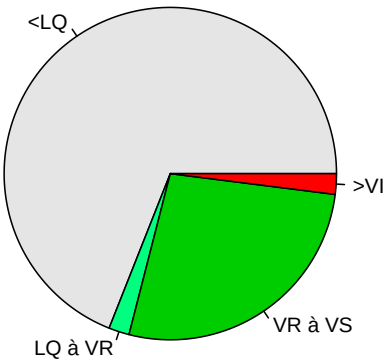
CH n= 69



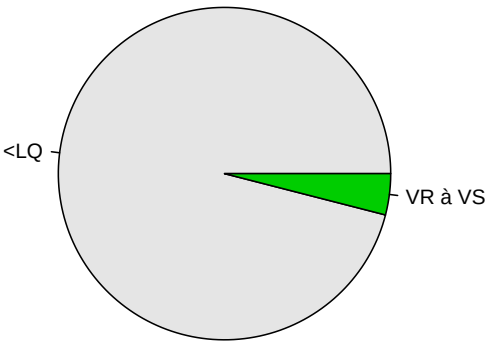
AE n= 38



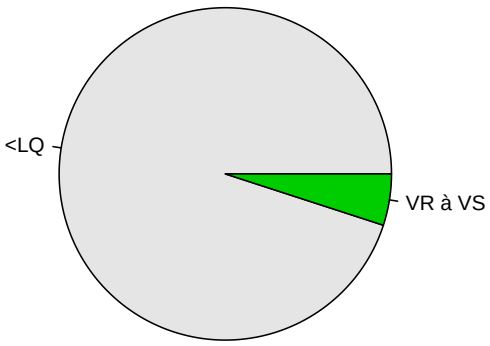
SE n= 45



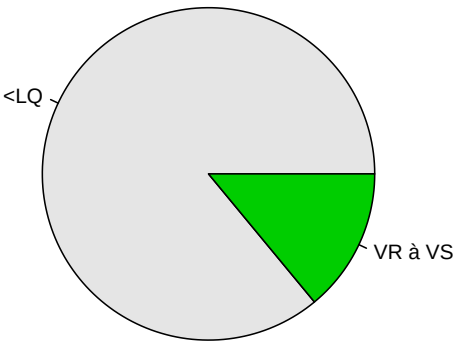
TR n= 25



VE n= 19

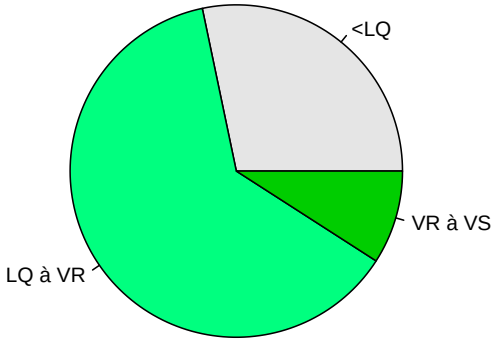


AU n= 28

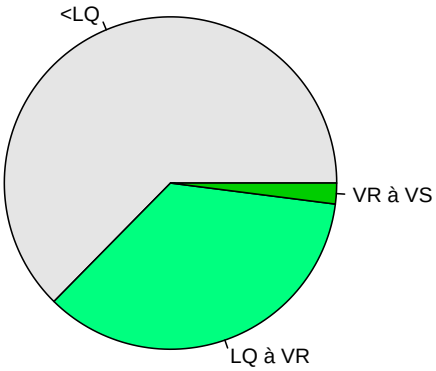


Naph : concentration en surface [mg/kg MS]

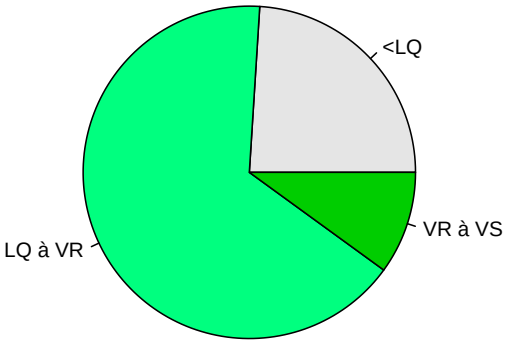
CO n= 32



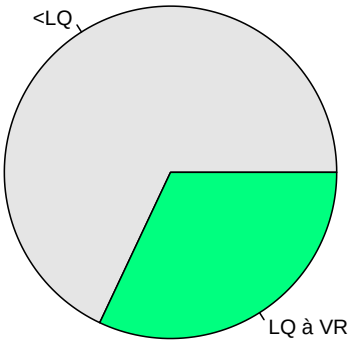
LL n= 48



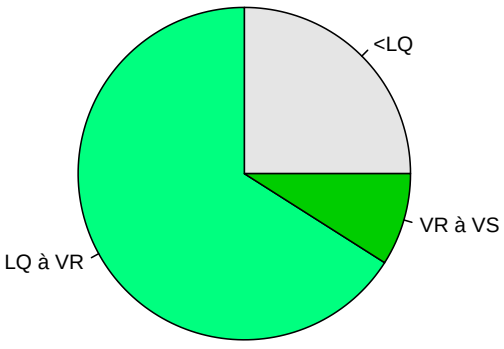
CH n= 82



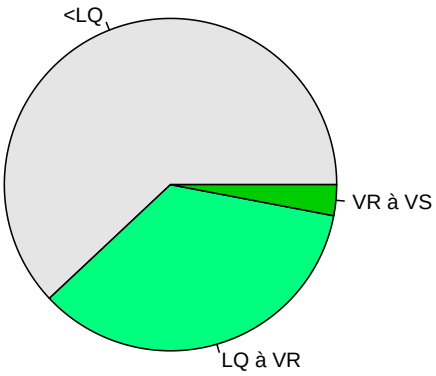
AE n= 53



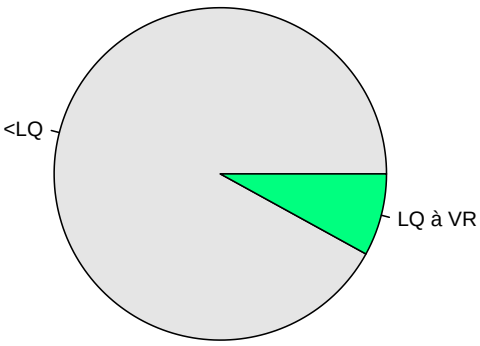
SE n= 53



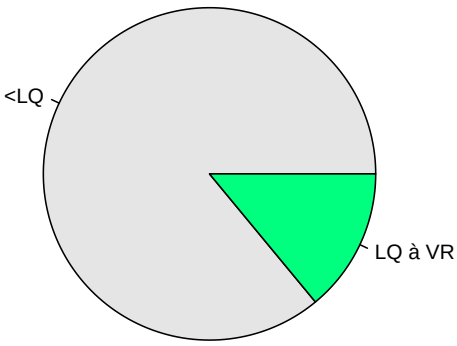
TR n= 34



VE n= 38

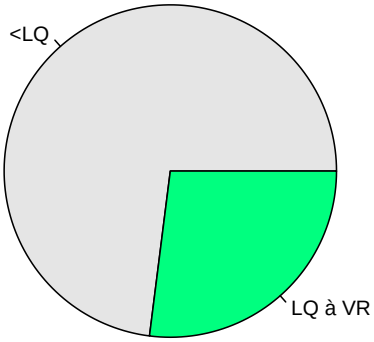


AU n= 35

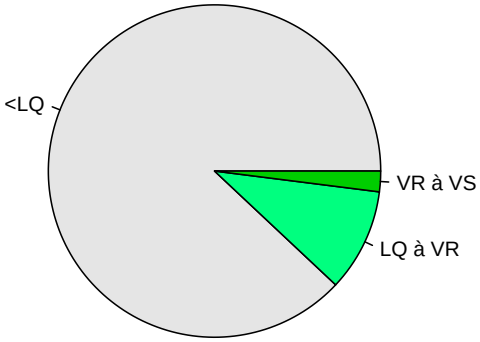


Naph : concentration en profondeur [mg/kg MS]

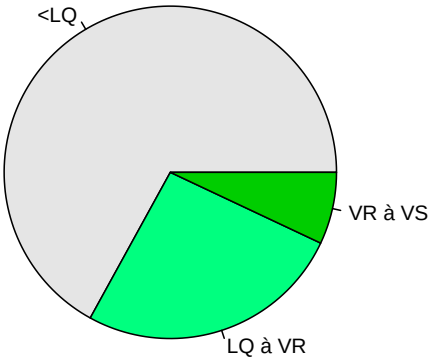
CO n= 30



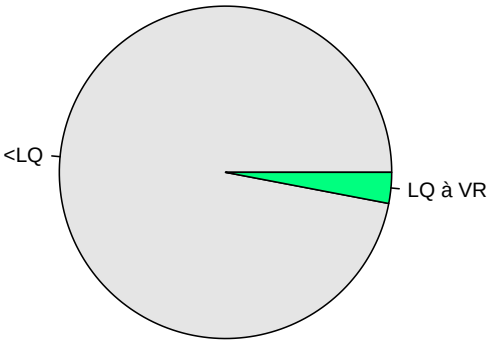
LL n= 42



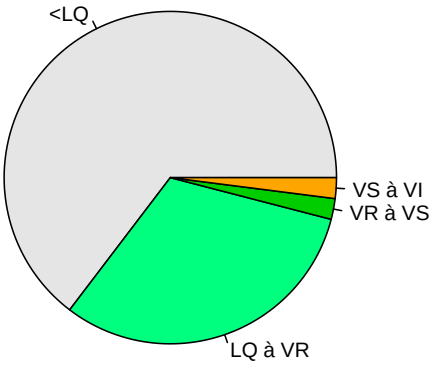
CH n= 69



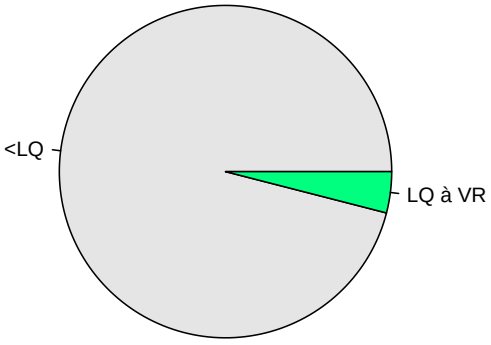
AE n= 38



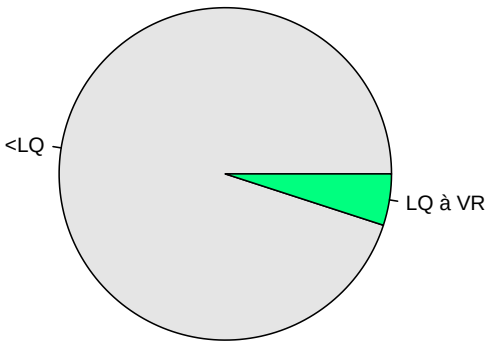
SE n= 45



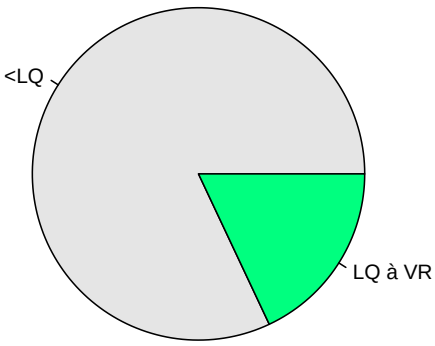
TR n= 25



VE n= 19

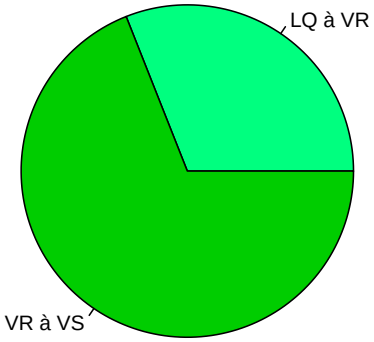


AU n= 28

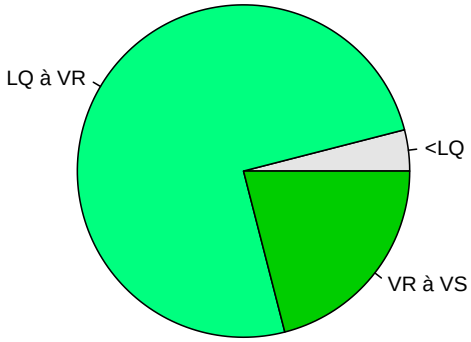


Phen : concentration en surface [mg/kg MS]

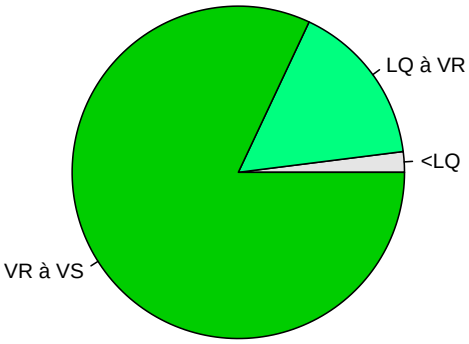
CO n= 32



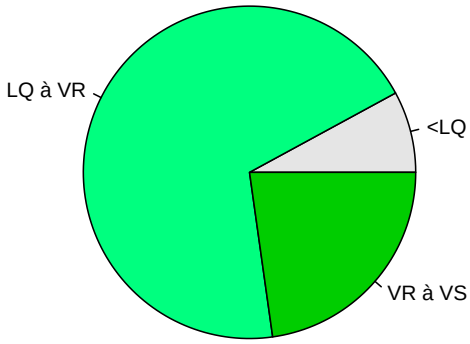
LL n= 48



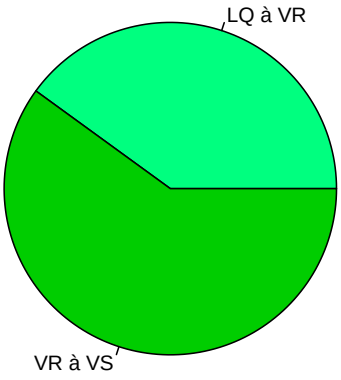
CH n= 82



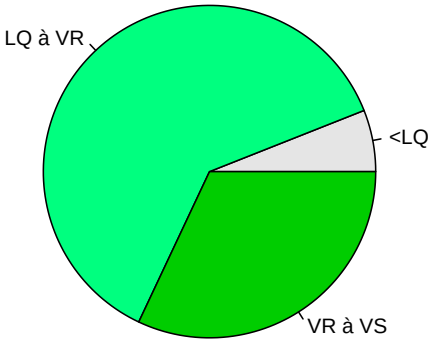
AE n= 53



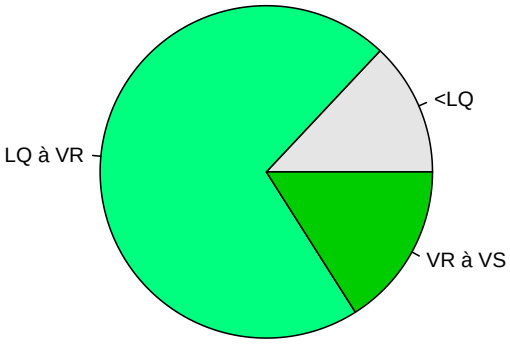
SE n= 53



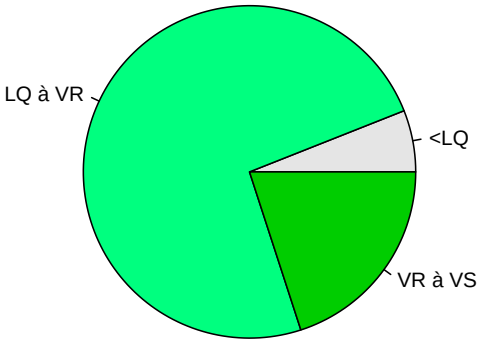
TR n= 34



VE n= 38

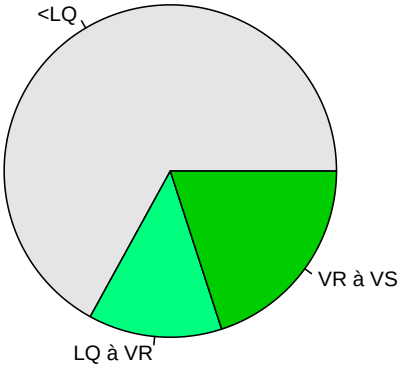


AU n= 35

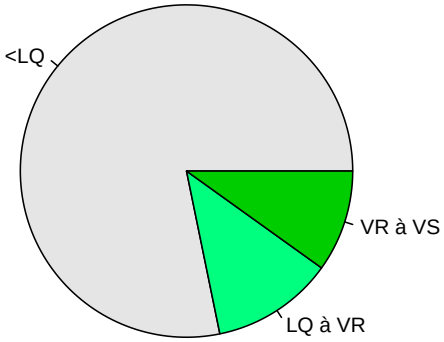


Phen : concentration en profondeur [mg/kg MS]

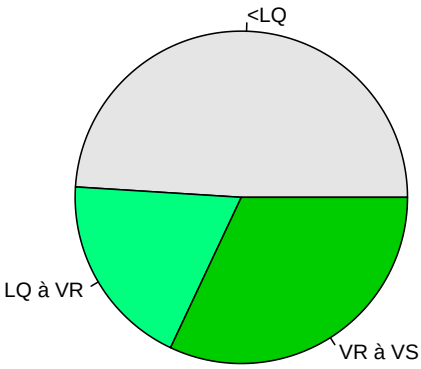
CO n= 30



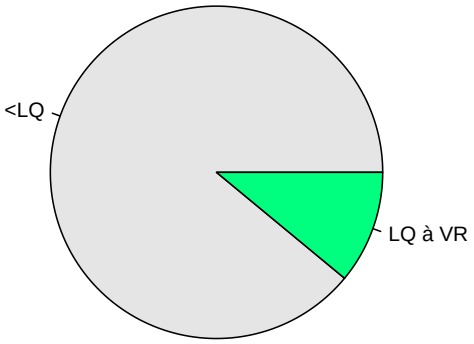
LL n= 42



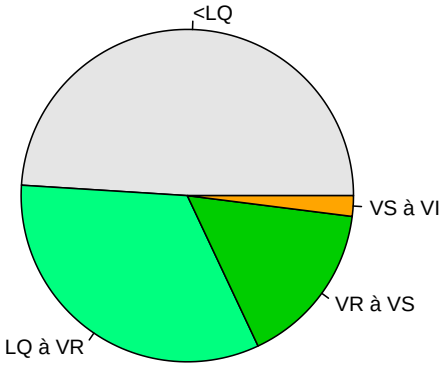
CH n= 69



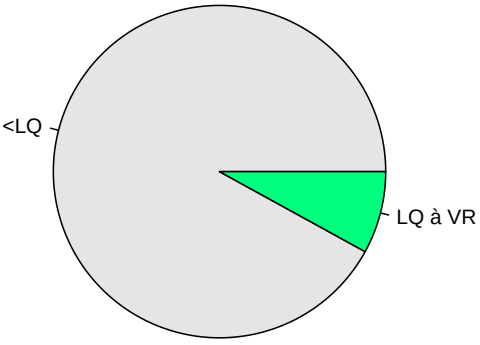
AE n= 38



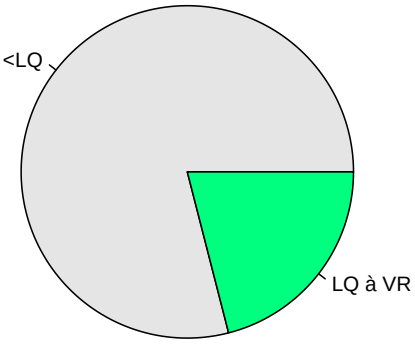
SE n= 45



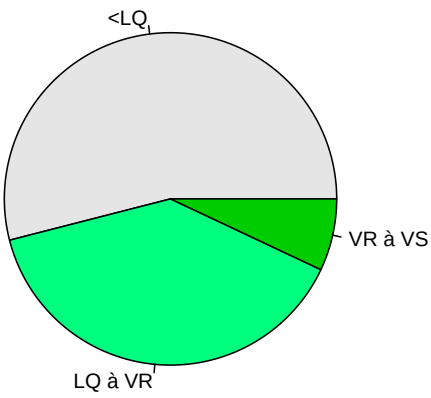
TR n= 25



VE n= 19

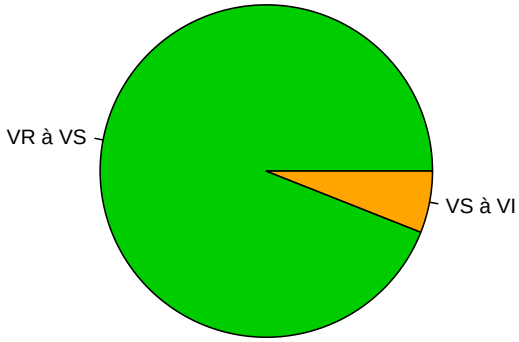


AU n= 28

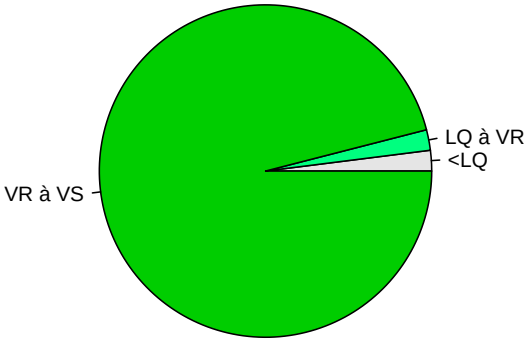


Pyr : concentration en surface [mg/kg MS]

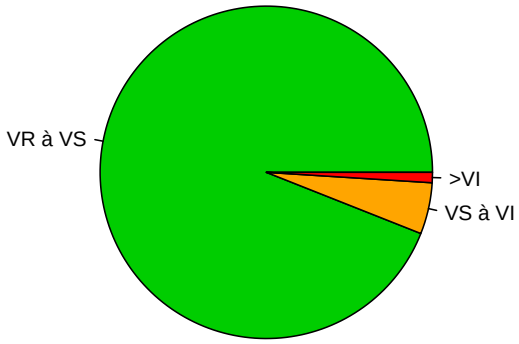
CO n= 32



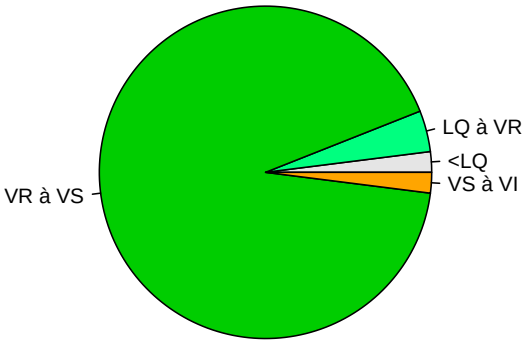
LL n= 48



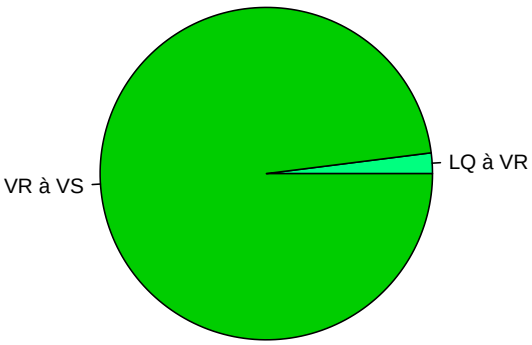
CH n= 82



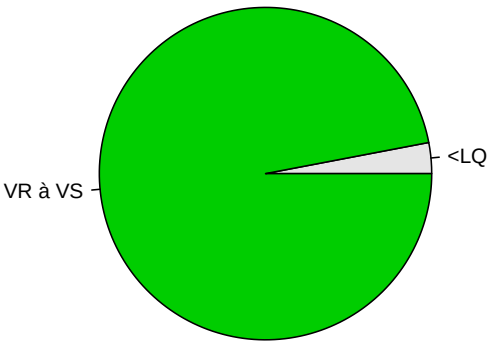
AE n= 53



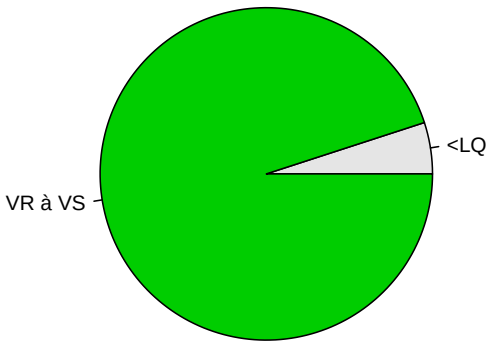
SE n= 53



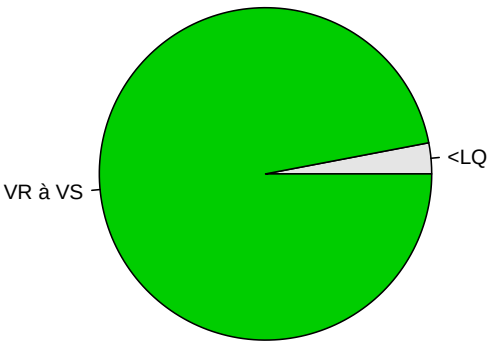
TR n= 34



VE n= 38

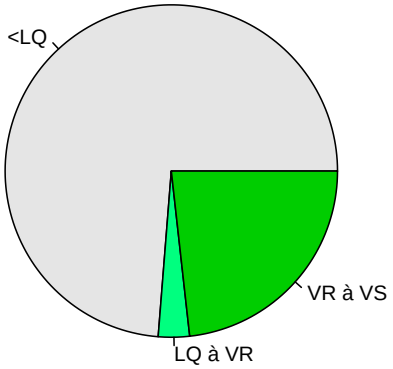


AU n= 35

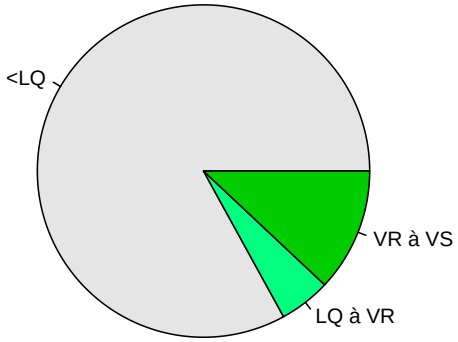


Pyr : concentration en profondeur [mg/kg MS]

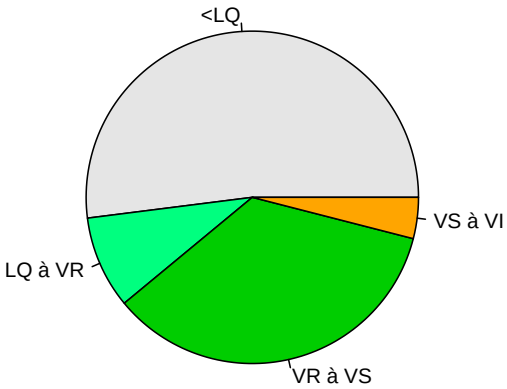
CO n= 30



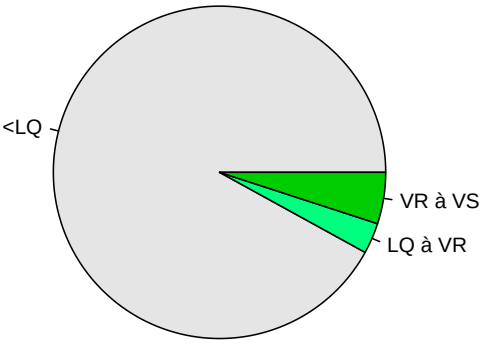
LL n= 42



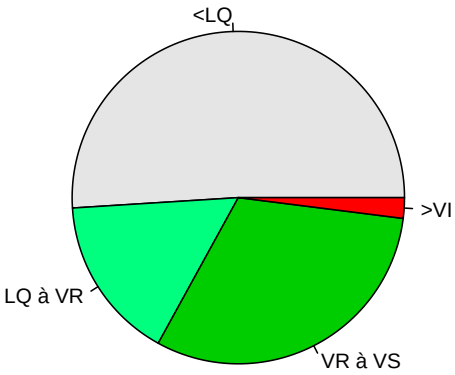
CH n= 69



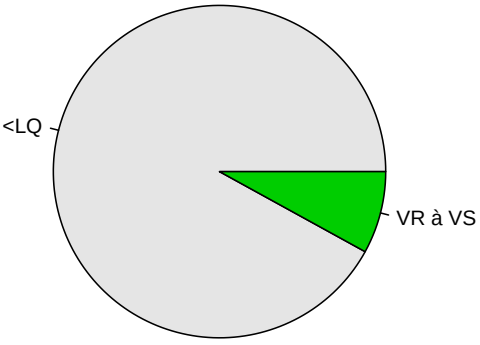
AE n= 38



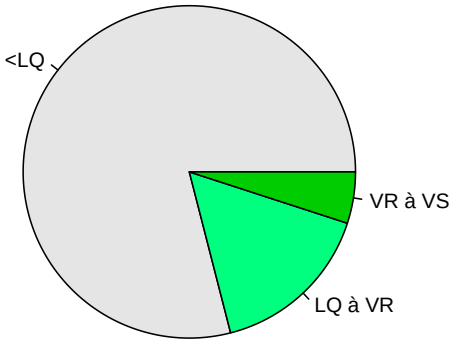
SE n= 45



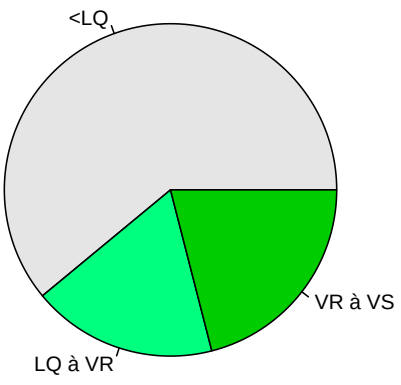
TR n= 25



VE n= 19

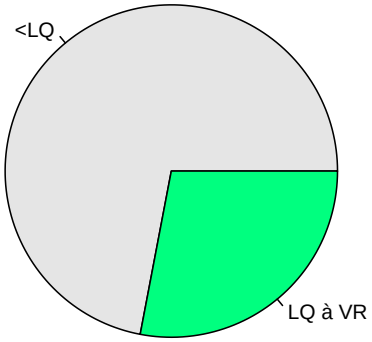


AU n= 28

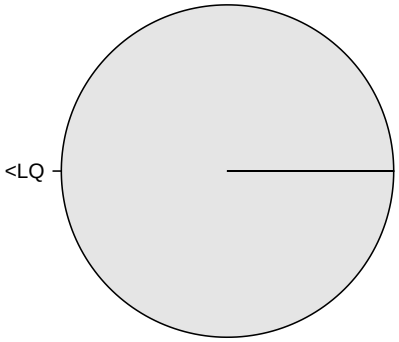


Styr : concentration en surface [mg/kg MS]

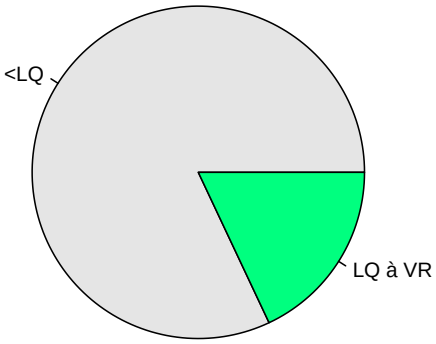
CO n= 32



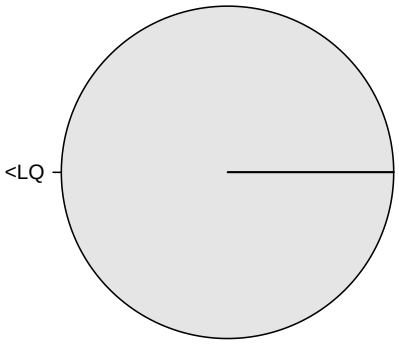
LL n= 48



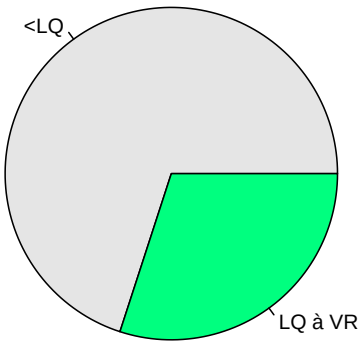
CH n= 82



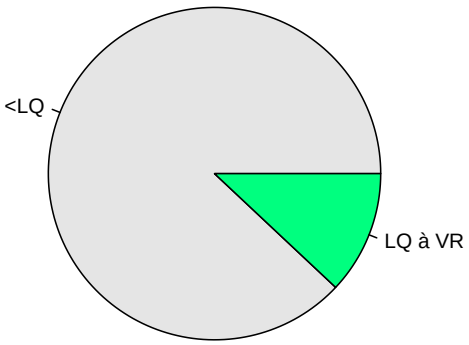
AE n= 53



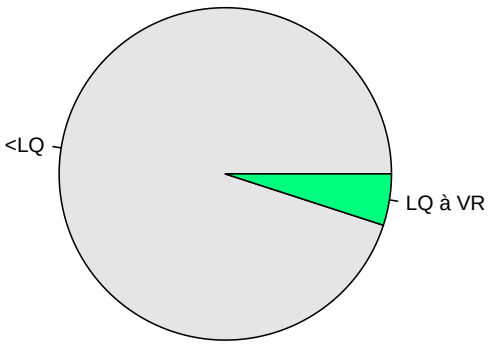
SE n= 53



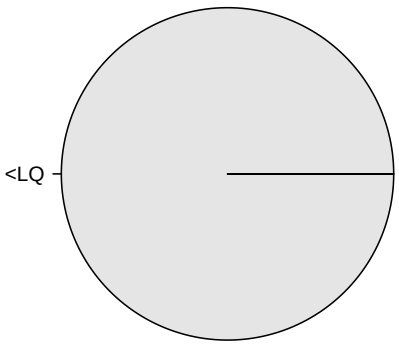
TR n= 34



VE n= 38

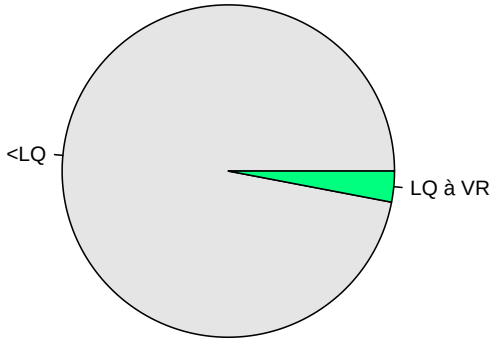


AU n= 36

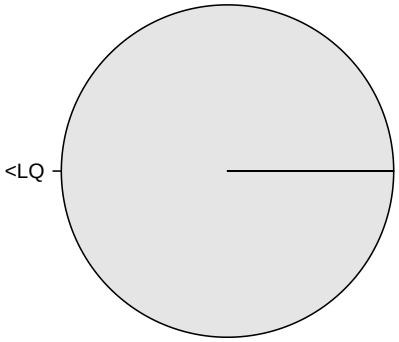


Styr : concentration en profondeur [mg/kg MS]

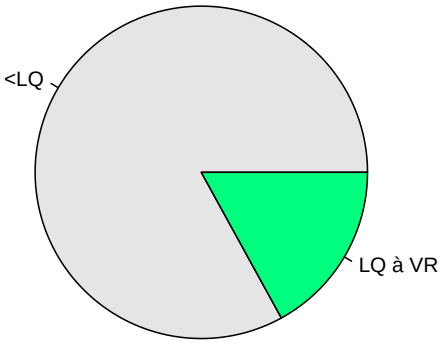
CO n= 30



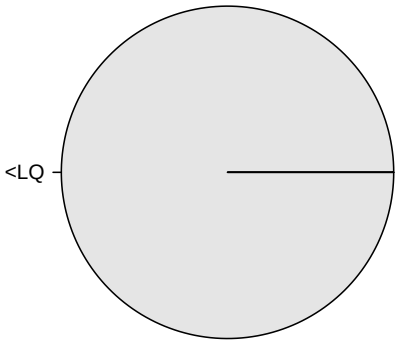
LL n= 42



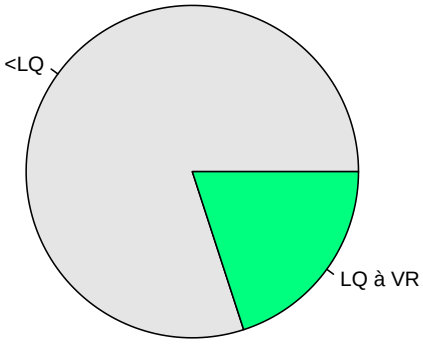
CH n= 69



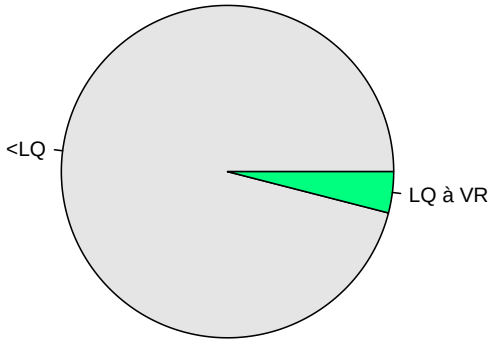
AE n= 38



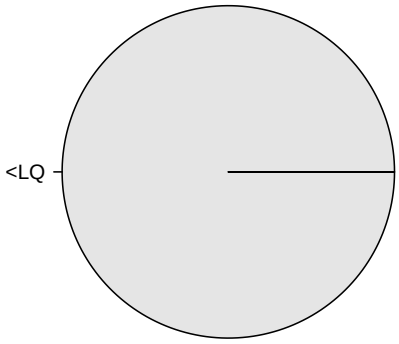
SE n= 45



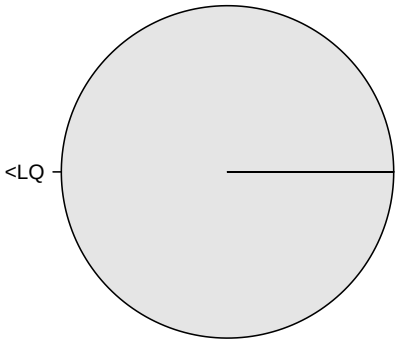
TR n= 25



VE n= 19

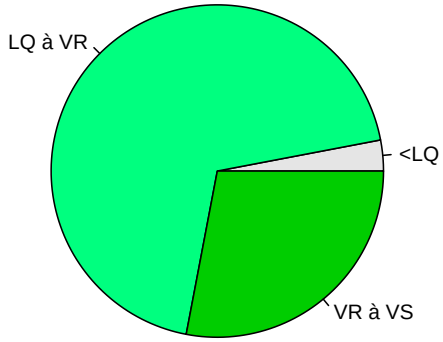


AU n= 28

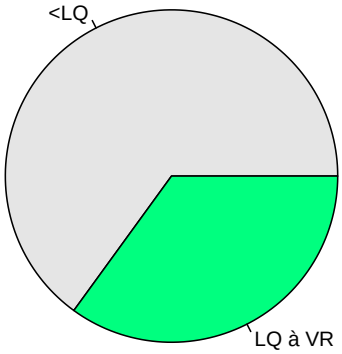


Tolu : concentration en surface [mg/kg MS]

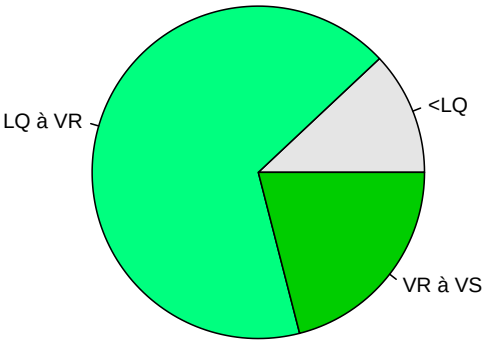
CO n= 32



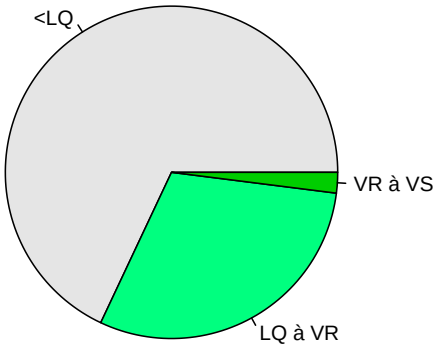
LL n= 48



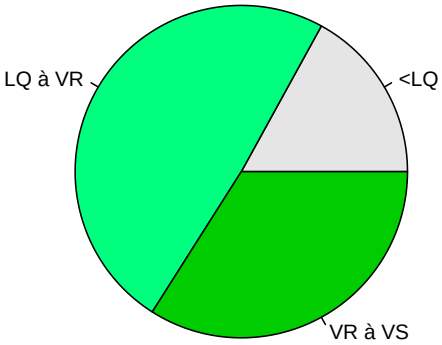
CH n= 82



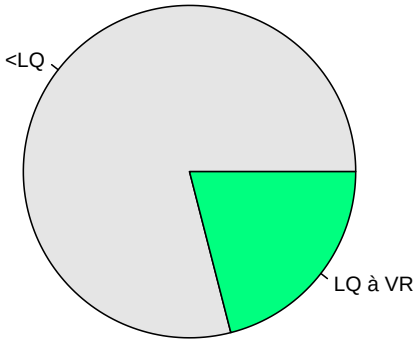
AE n= 53



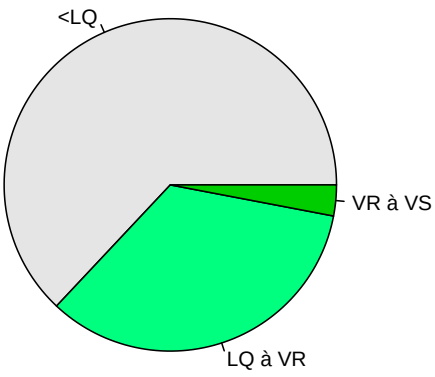
SE n= 53



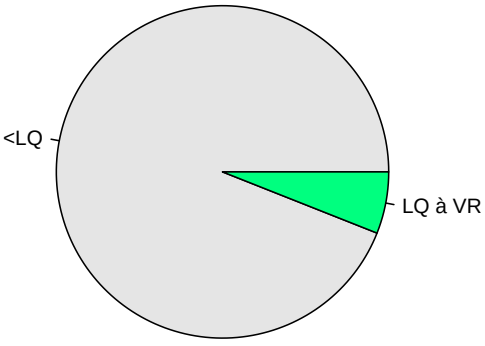
TR n= 34



VE n= 38

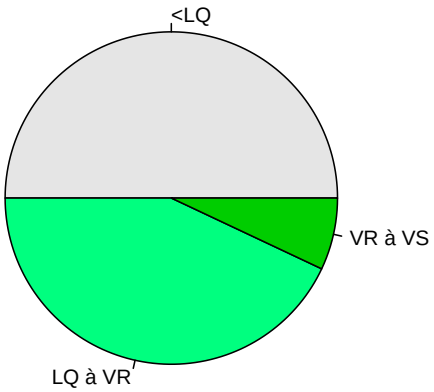


AU n= 36

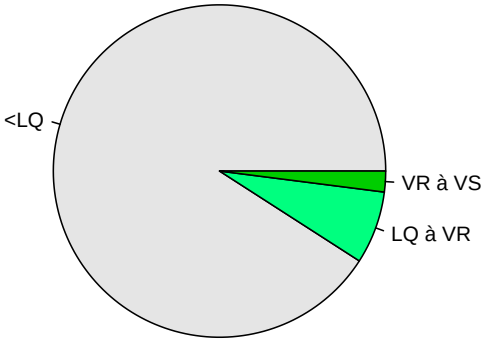


Tolu : concentration en profondeur [mg/kg MS]

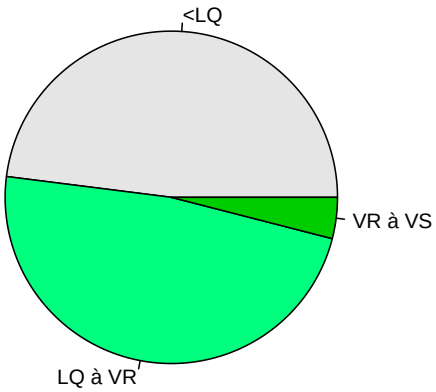
CO n= 30



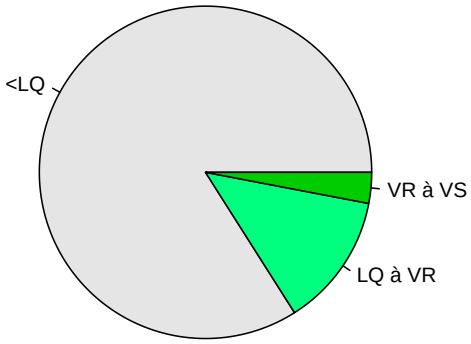
LL n= 42



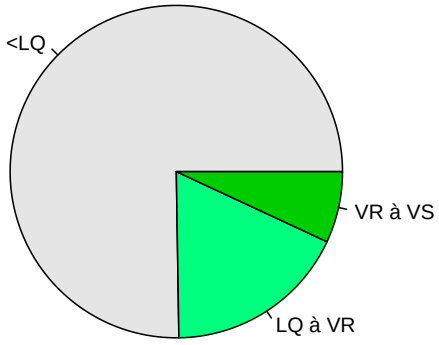
CH n= 69



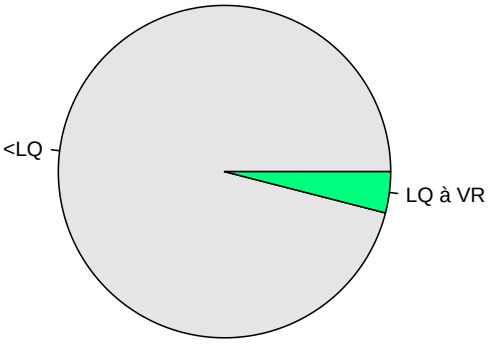
AE n= 38



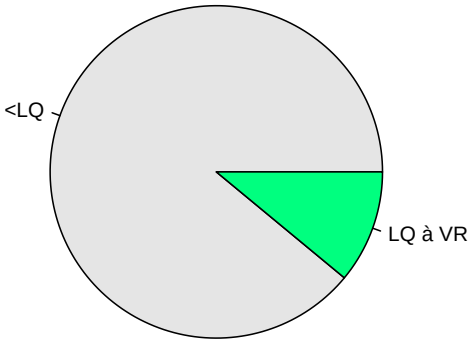
SE n= 45



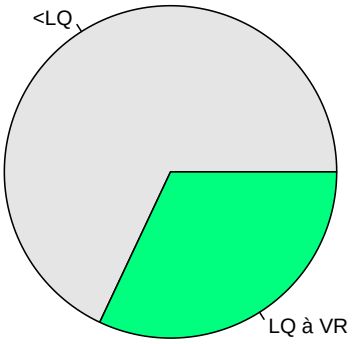
TR n= 25



VE n= 19

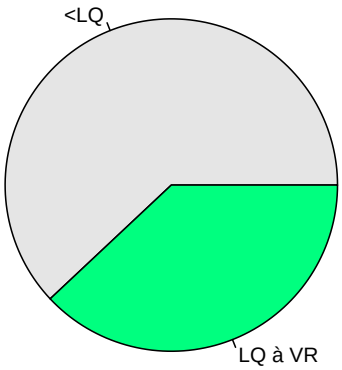


AU n= 28

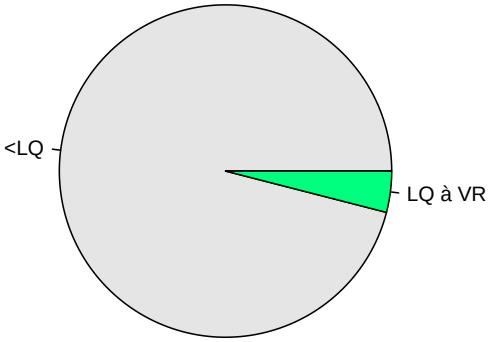


Xyl_tot : concentration en surface [mg/kg MS]

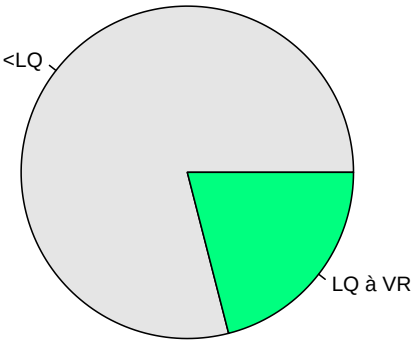
CO n= 32



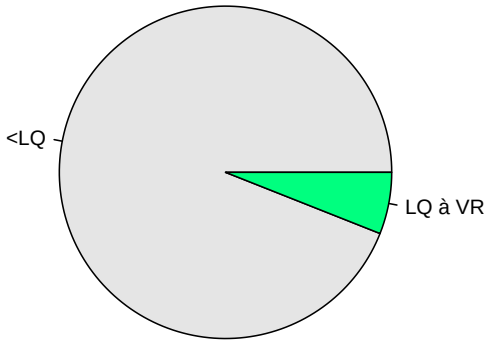
LL n= 48



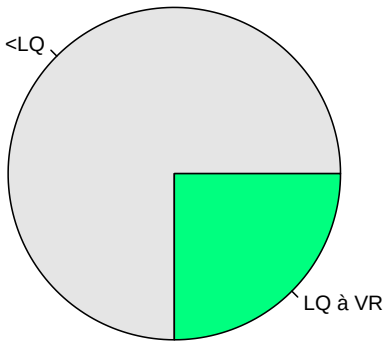
CH n= 82



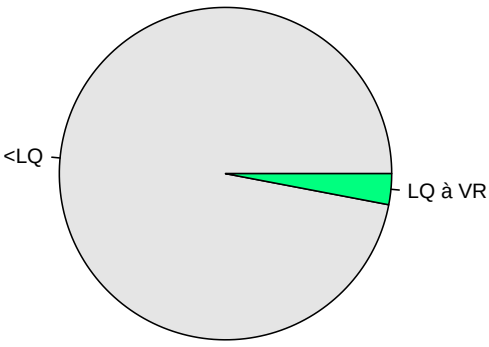
AE n= 53



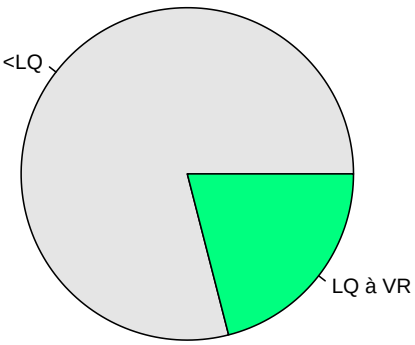
SE n= 53



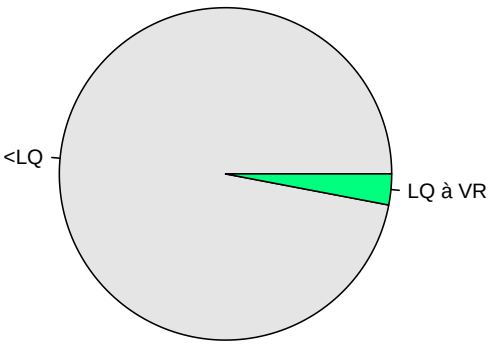
TR n= 34



VE n= 38

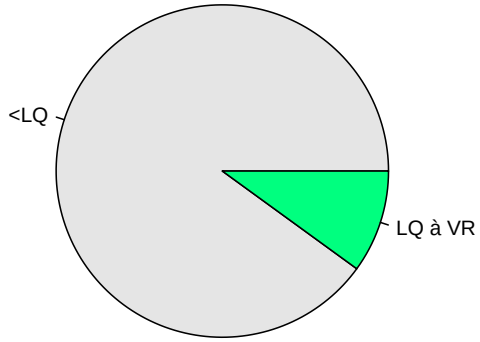


AU n= 36

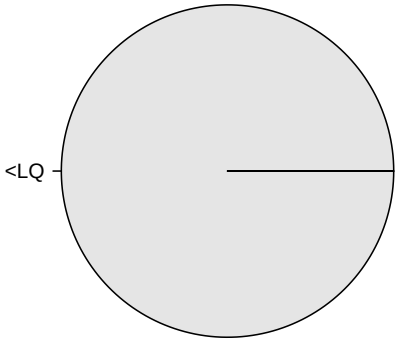


Xyl_tot : concentration en profondeur [mg/kg MS]

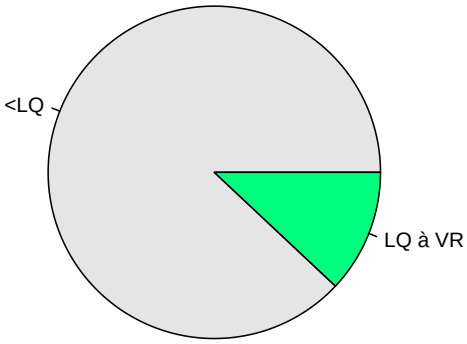
CO n= 30



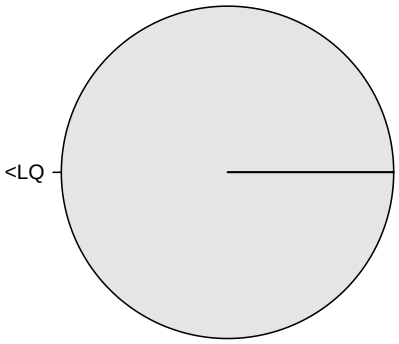
LL n= 42



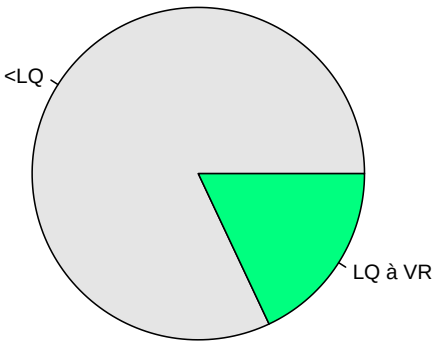
CH n= 69



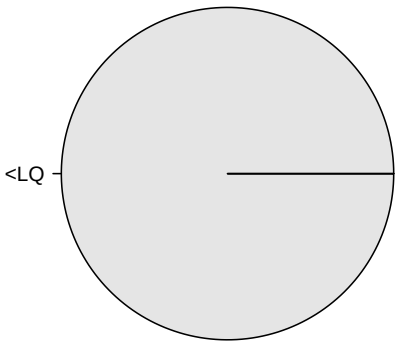
AE n= 38



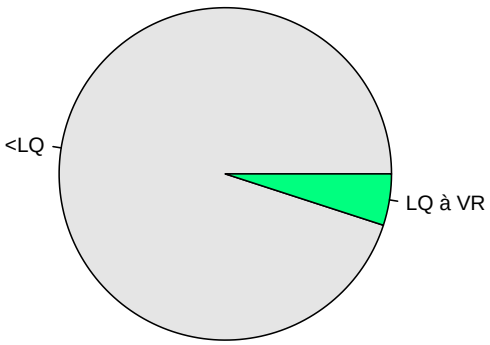
SE n= 45



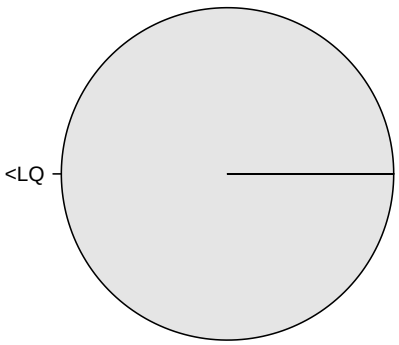
TR n= 25



VE n= 19



AU n= 28



Annexe 3 : Résultats d'analyses statistiques

3a : Effet de la profondeur et de la présence de remblais en sols "non potagers"

3b : Effet de la présence de remblais en potager

3c : Effet de l'occupation dans les horizons de surface des sols naturels

3d : Effet de l'occupation dans les horizons profonds des sols naturels

3e : Effet de la zone d'étude dans les horizons de surface des sols naturels

3f : Effet de la zone d'étude dans les horizons de surface agricoles et forestier des sols naturels, par rapport à POLLUSOL 1.

3g : Effet de la zone d'étude dans les horizons profonds des sols naturels

3h : Effet du groupe de sol dans les horizons de surface agricoles des sols naturels (POLLUSOL 1 et 2)

3i : Effet du groupe de sol dans les horizons de surface forestiers des sols naturels (POLLUSOL 1 et 2)

3j : Effet du groupe de sol dans les horizons profonds agricoles et forestiers des sols naturels (POLLUSOL 1 et 2)

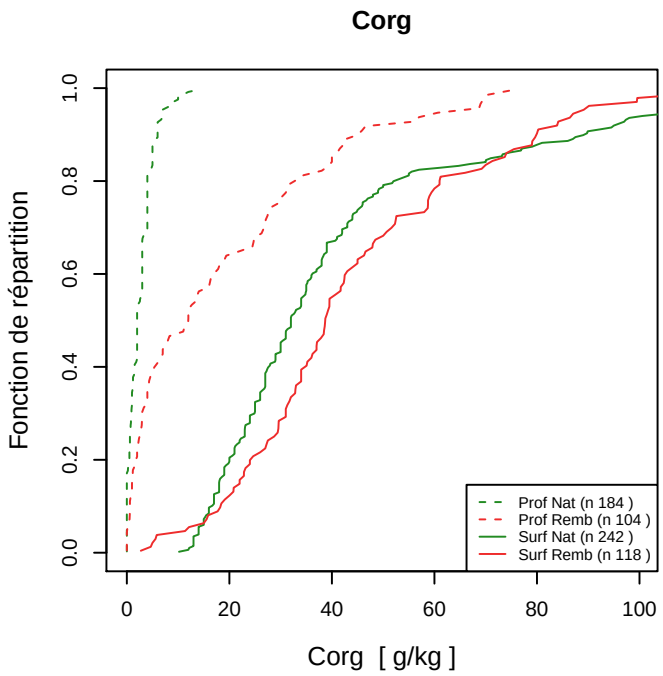
3k : Corrélations entre polluants inorganiques et polluants organiques

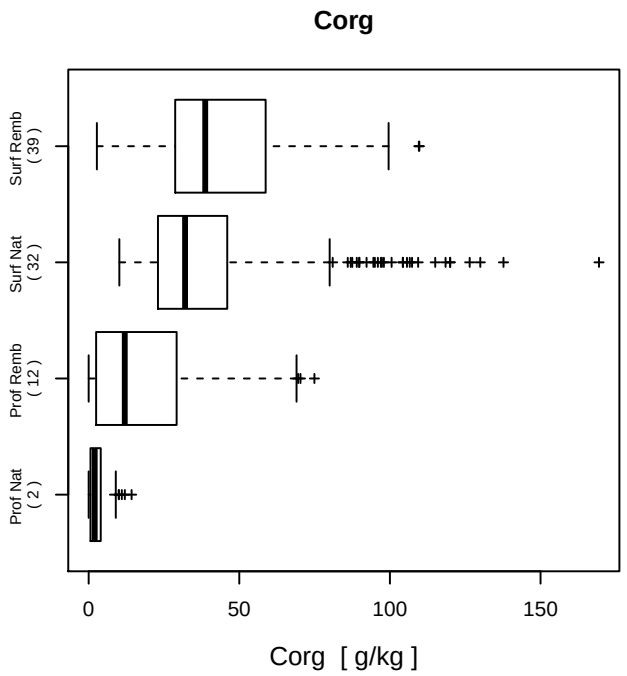
3a : Effet de la profondeur et de la présence de remblais en sols "non potagers"

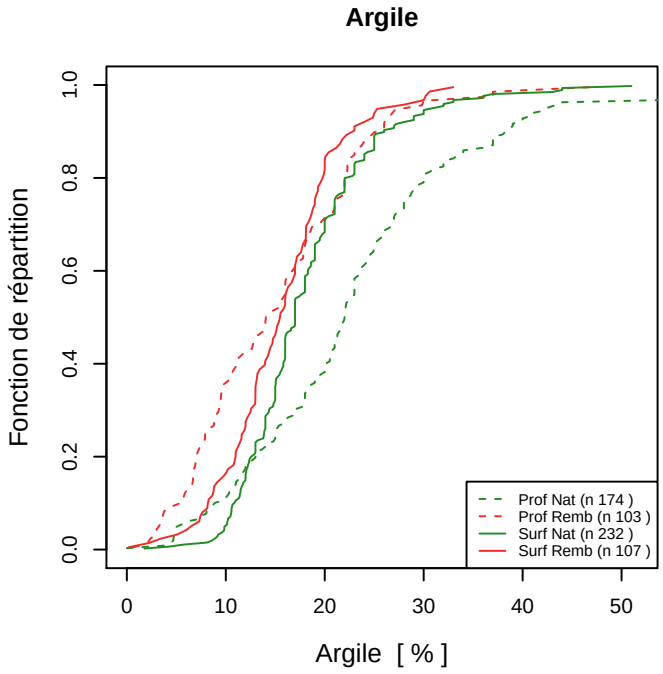
Légende :

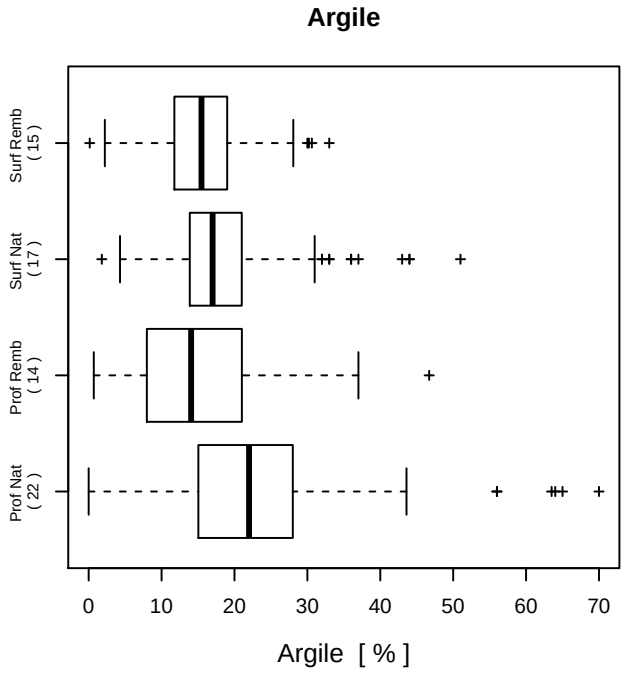
- Prof Nat : horizons profonds « non remblais » ;
- Prof Remb : horizons profond « remblais » ;
- Surf Nat : horizons des surface « non remblais » ;
- Surf Remb : horizons des surface « remblais » ;
- LR : limite de quantification de rapportage.

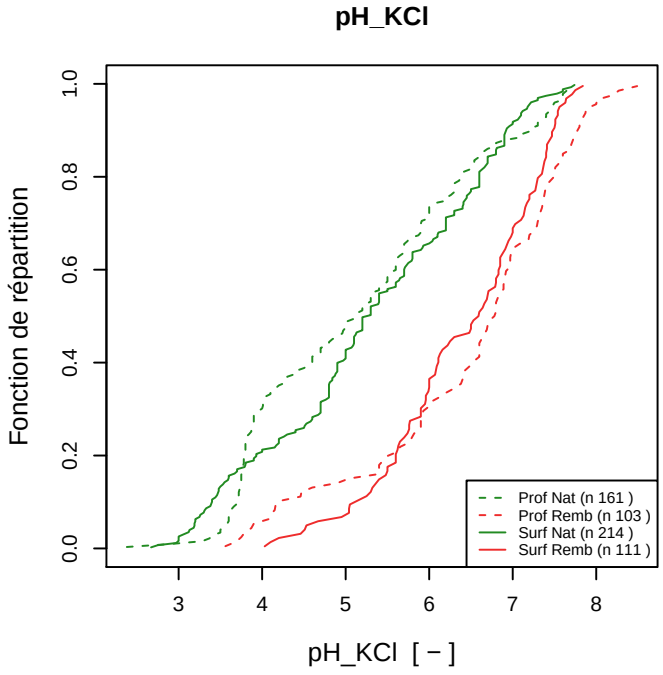
Les valeurs des médianes par modalité sont indiquées entre parenthèses le long de l'axe vertical du graphe « box-plot » ;

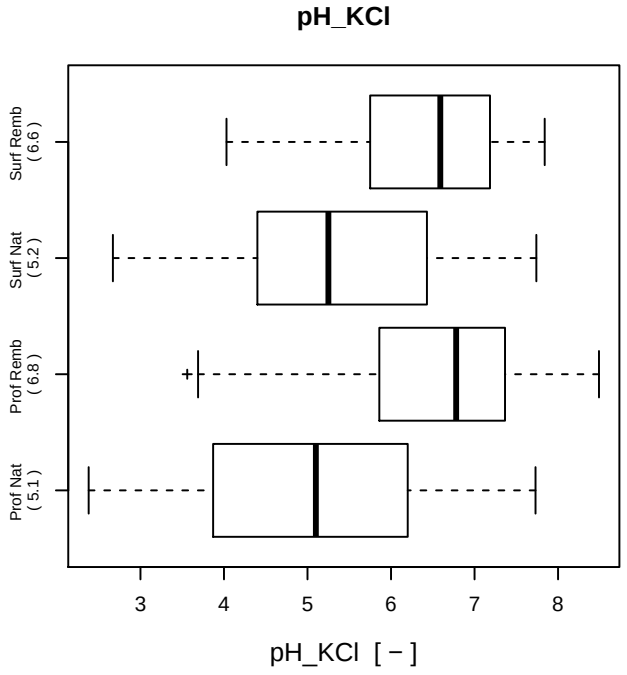

Corg
Fonction de répartition
Corg [g/kg]
Prof Nat (n 184)
Prof Remb (n 104)
Surf Nat (n 242)
Surf Remb (n 118)

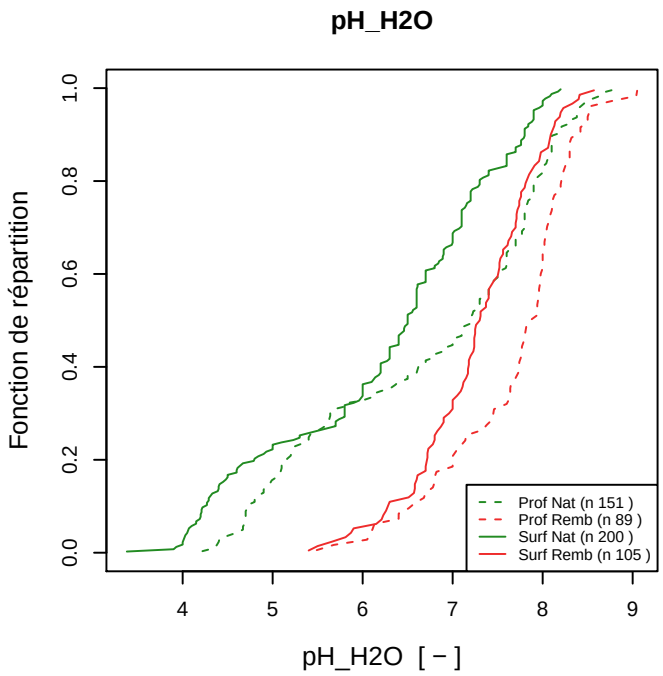

Corg
Surf Remb (39)
Surf Nat (32)
Prof Remb (12)
Prof Nat (2)
Corg [g/kg]

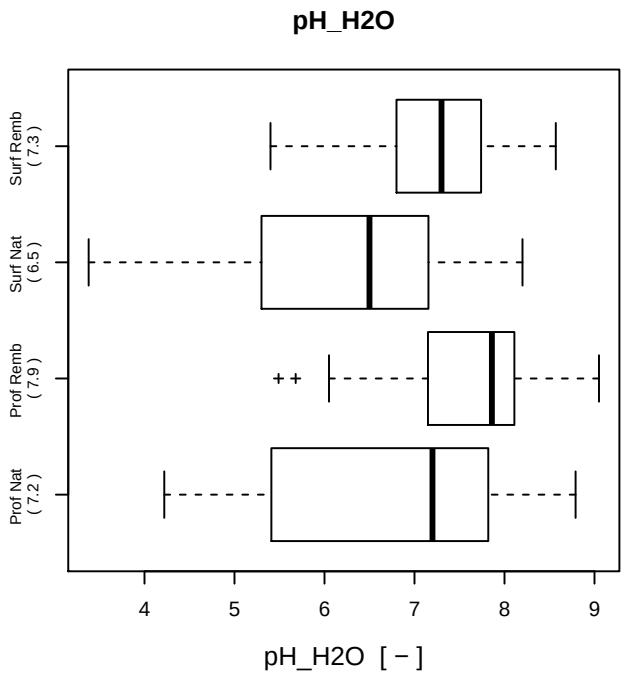

Argile
Fonction de répartition
Argile [%]
Prof Nat (n 174)
Prof Remb (n 103)
Surf Nat (n 232)
Surf Remb (n 107)

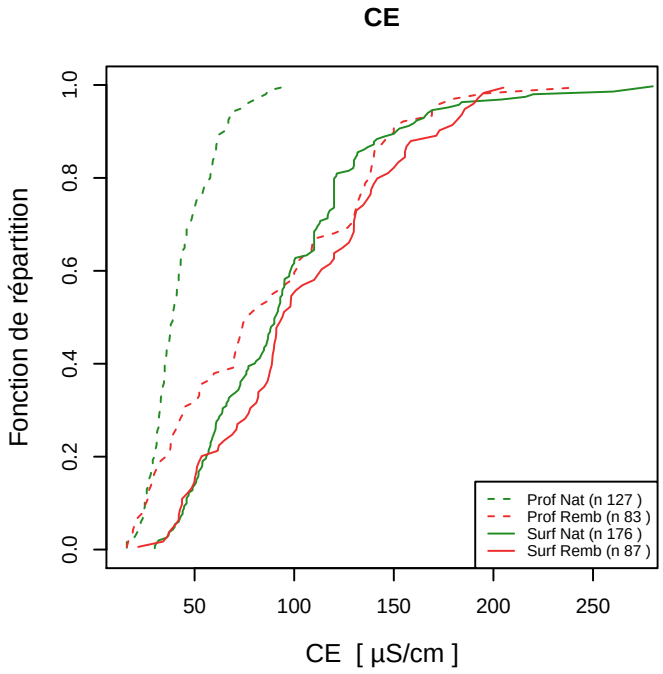

Argile
Surf Remb (15)
Surf Nat (17)
Prof Remb (14)
Prof Nat (22)
Argile [%]

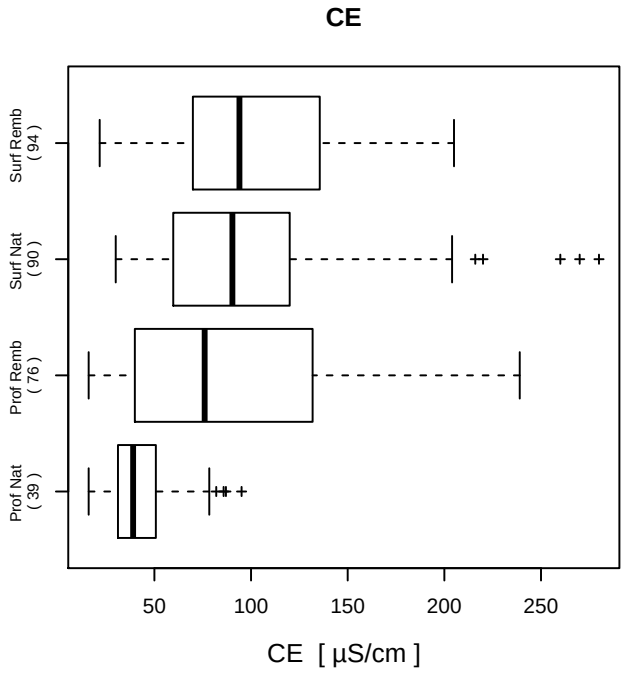

pH_KCl
Fonction de répartition
pH_KCl [−]
Prof Nat (n 161)
Prof Remb (n 103)
Surf Nat (n 214)
Surf Remb (n 111)

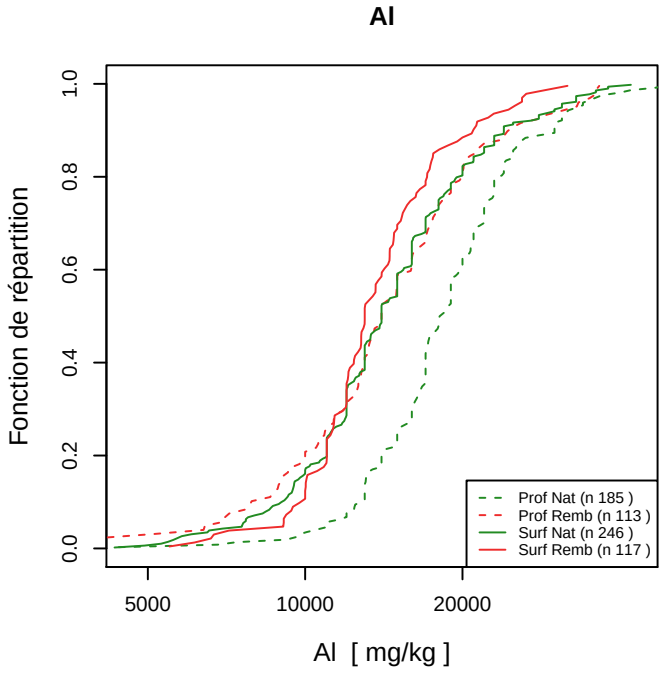

pH_KCl
Surf Remb (6.6)
Surf Nat (5.2)
Prof Remb (6.8)
Prof Nat (5.1)
pH_KCl [−]

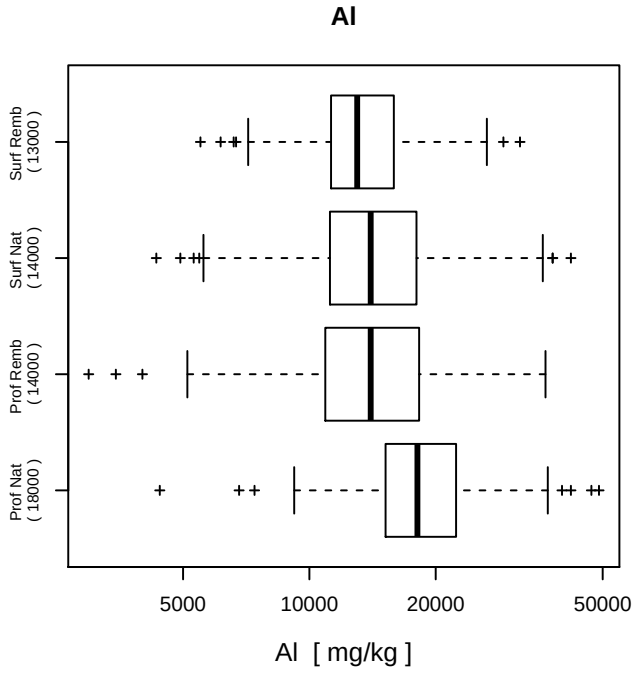

pH_H2O
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
4
5
6
7
8
9
pH_H2O [−]
Prof Nat (n 151)
Prof Remb (n 89)
Surf Nat (n 200)
Surf Remb (n 105)

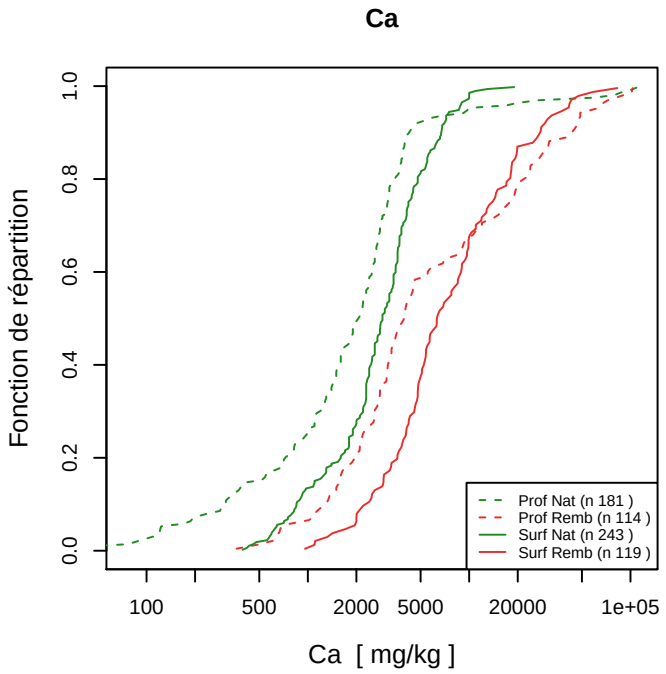

pH_H2O
Surf Remb (7.3)
Surf Nat (6.5)
Prof Remb (7.9)
Prof Nat (7.2)
4
5
6
7
8
9
pH_H2O [−]

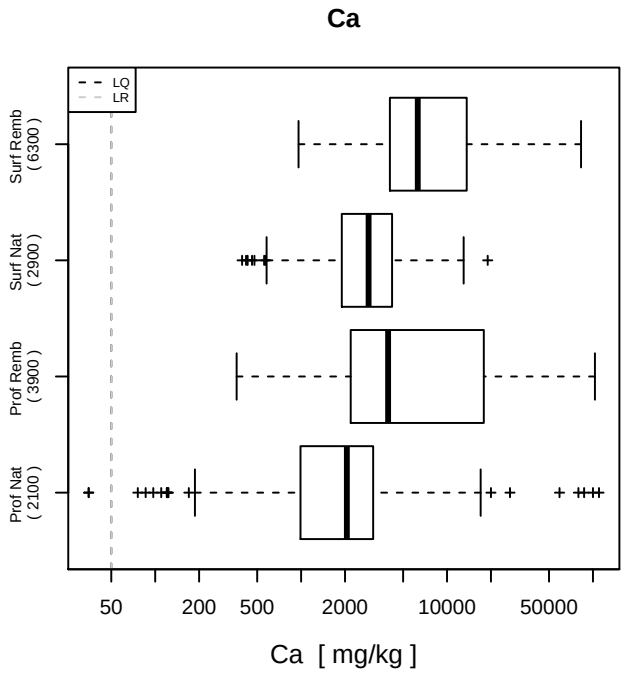

CE
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
50
100
150
200
250
CE [µS/cm]
Prof Nat (n 127)
Prof Remb (n 83)
Surf Nat (n 176)
Surf Remb (n 87)

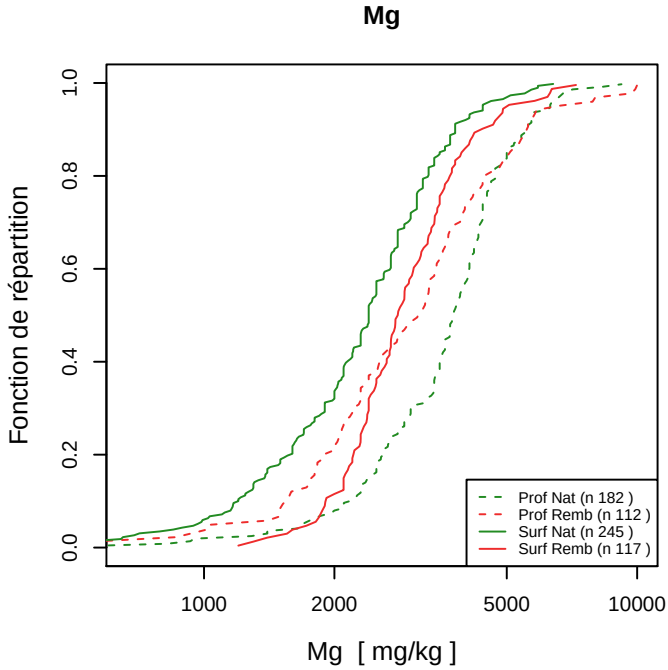

CE
Surf Remb (94)
Surf Nat (90)
Prof Remb (76)
Prof Nat (39)
50
100
150
200
250
CE [µS/cm]

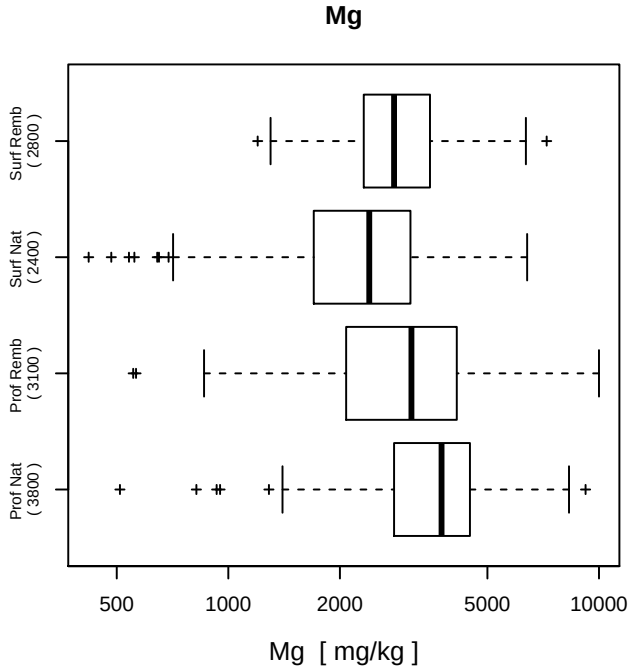

Al
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
5000
10000
20000
Al [mg/kg]
Prof Nat (n 185)
Prof Remb (n 113)
Surf Nat (n 246)
Surf Remb (n 117)

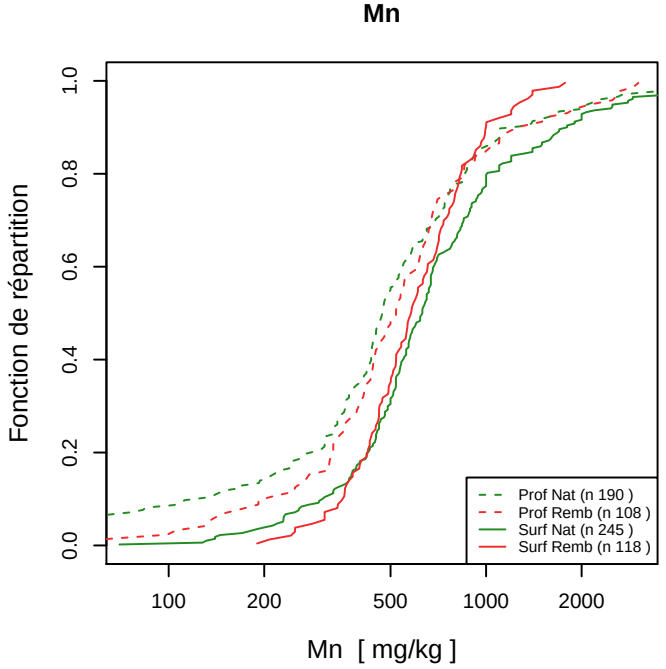

Al
Surf Remb (13000)
Surf Nat (14000)
Prof Remb (14000)
Prof Nat (18000)
5000
10000
20000
50000
Al [mg/kg]

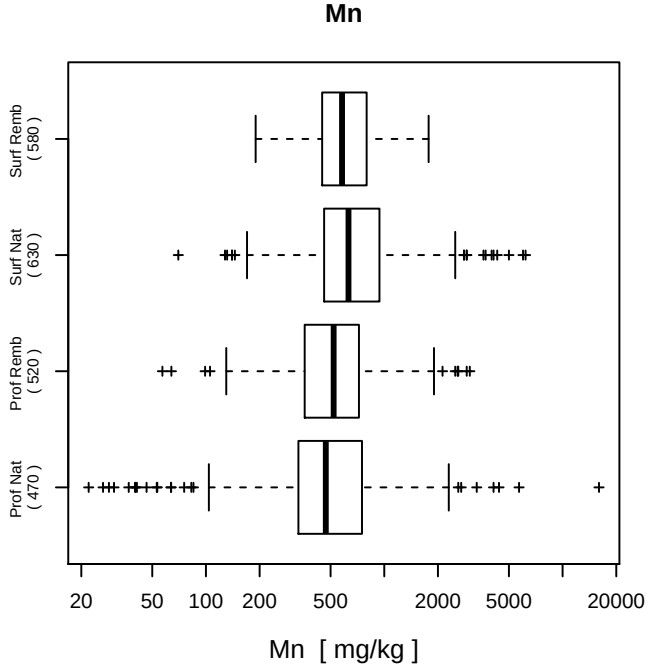

Ca
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
100
500
2000
5000
20000
1e+05
Ca [mg/kg]
Prof Nat (n 181)
Prof Remb (n 114)
Surf Nat (n 243)
Surf Remb (n 119)

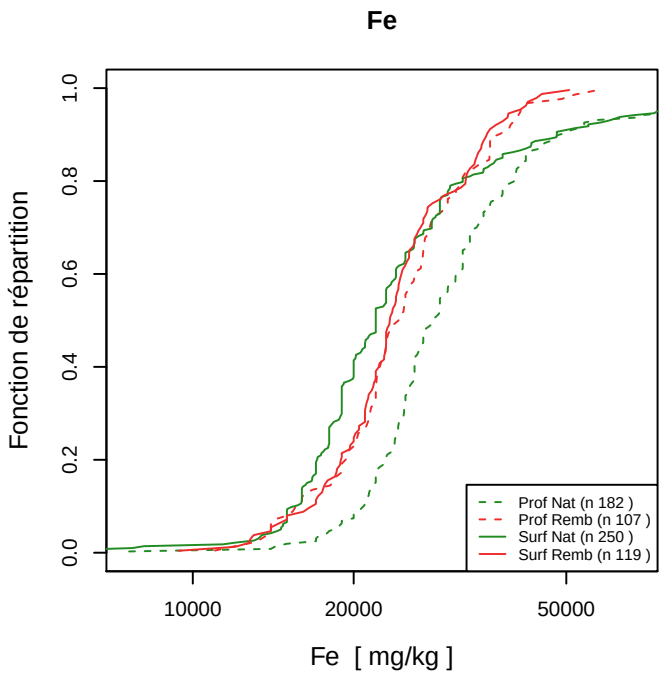

Ca
LQ
LR
Surf Remb (6300)
Surf Nat (2900)
Prof Remb (3900)
Prof Nat (2100)
50
200
500
2000
10000
50000
Ca [mg/kg]

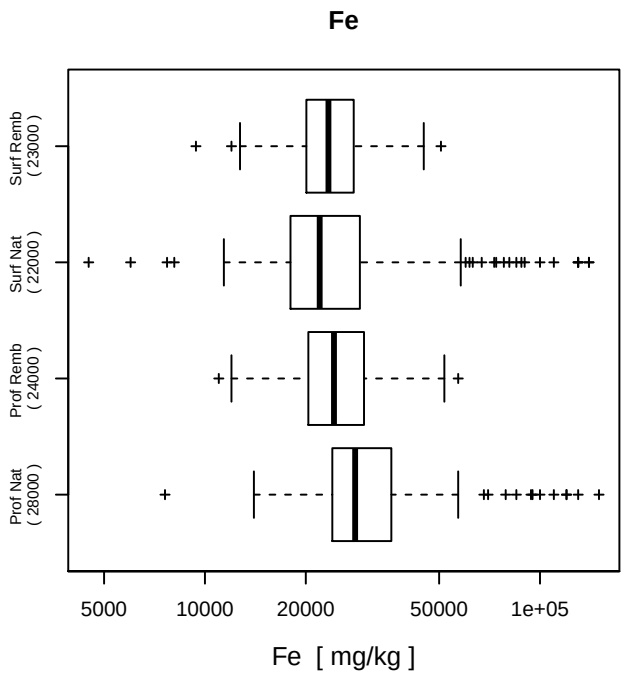

Mg
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
1000
2000
5000
10000
Mg [mg/kg]
Prof Nat (n 182)
Prof Remb (n 112)
Surf Nat (n 245)
Surf Remb (n 117)

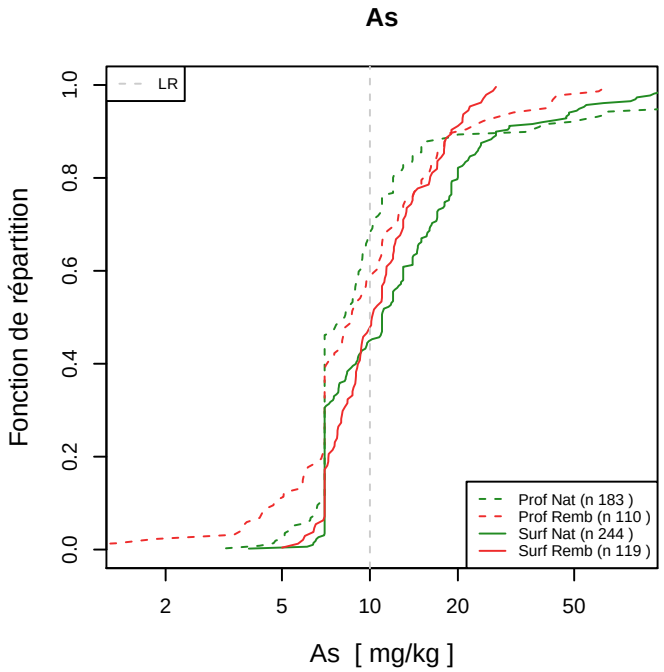

Mg
Surf Remb (2800)
Surf Nat (2400)
Prof Remb (3100)
Prof Nat (3800)
500
1000
2000
5000
10000
Mg [mg/kg]

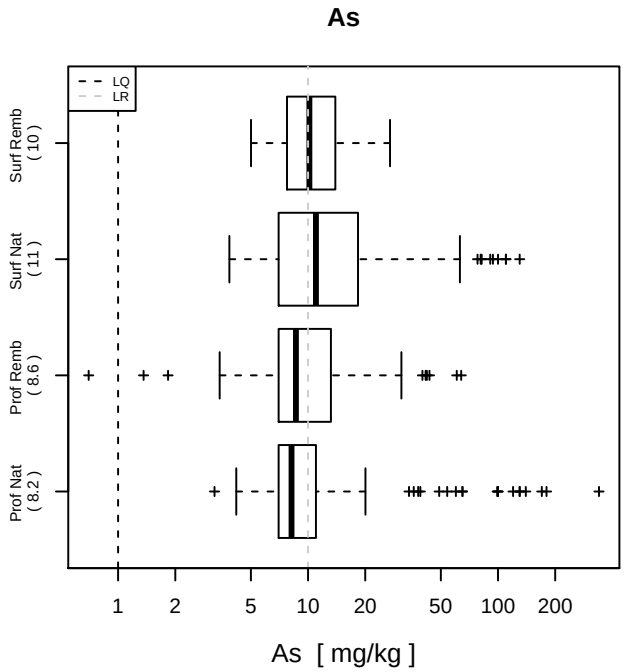

Mn
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
100
200
500
1000
2000
Mn [mg/kg]
Prof Nat (n 190)
Prof Remb (n 108)
Surf Nat (n 245)
Surf Remb (n 118)

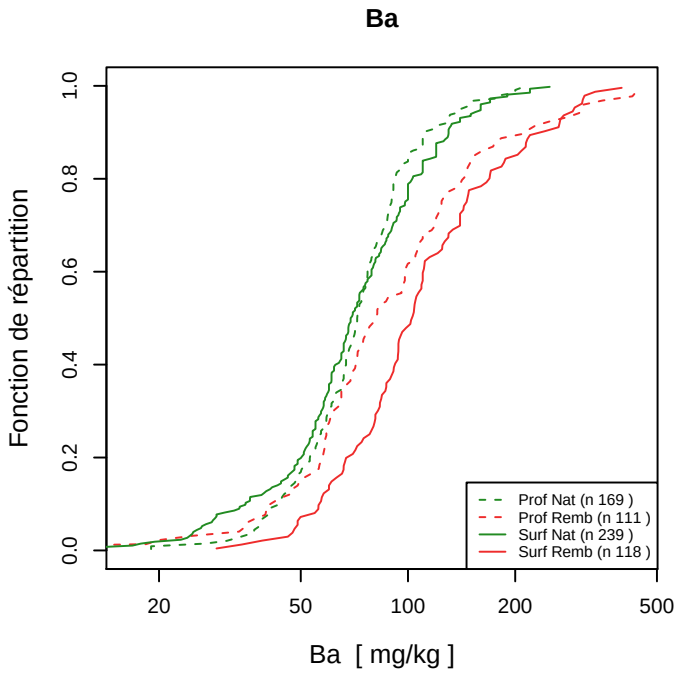

Mn
Surf Remb (580)
Surf Nat (630)
Prof Remb (520)
Prof Nat (470)
20
50
100
200
500
2000
5000
20000
Mn [mg/kg]

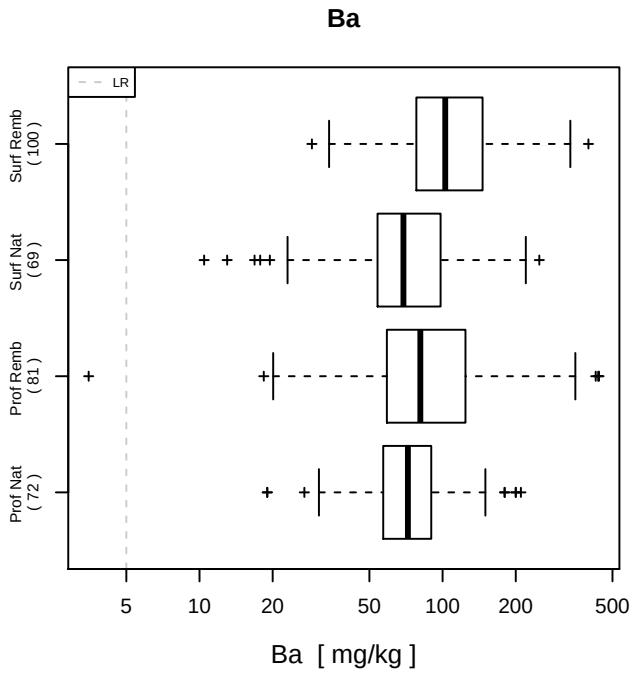

Fe
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
10000
20000
50000
Fe [mg/kg]
Prof Nat (n 182)
Prof Remb (n 107)
Surf Nat (n 250)
Surf Remb (n 119)

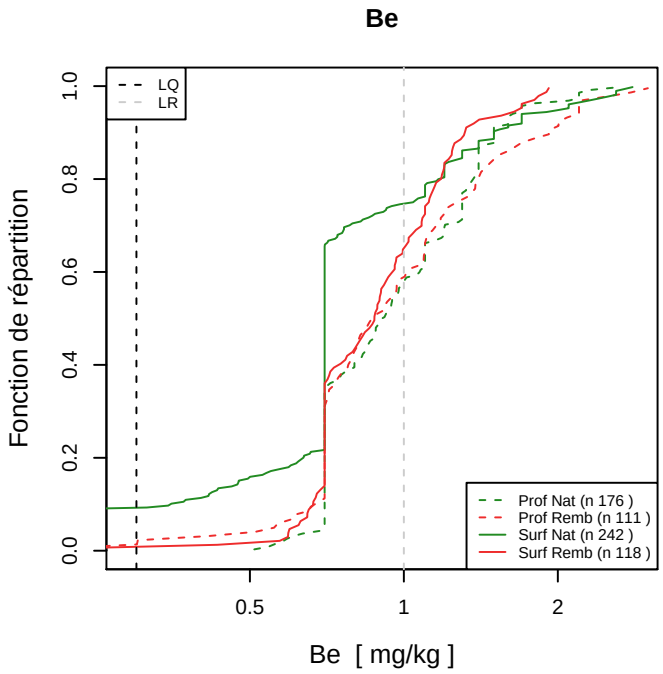

Fe
Surf Remb (23000)
Surf Nat (22000)
Prof Remb (24000)
Prof Nat (28000)
5000
10000
20000
50000
1e+05
Fe [mg/kg]

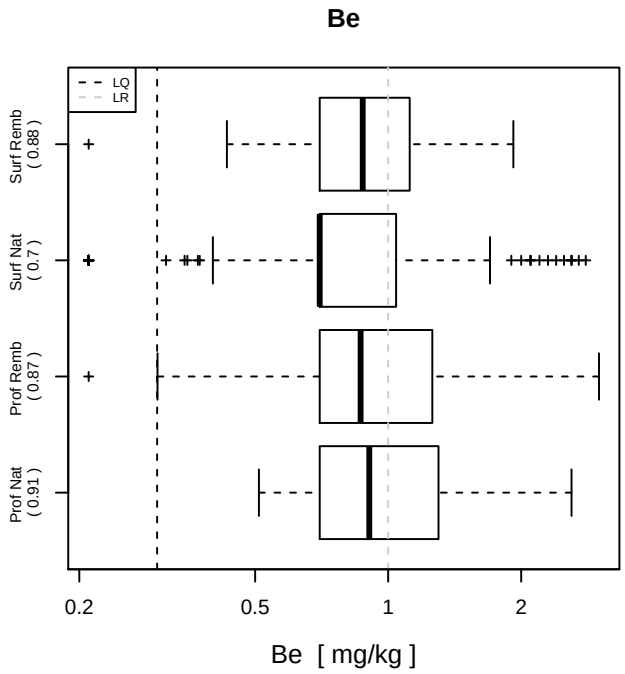

As
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
LR
2
5
10
20
50
As [mg/kg]
Prof Nat (n 183)
Prof Remb (n 110)
Surf Nat (n 244)
Surf Remb (n 119)

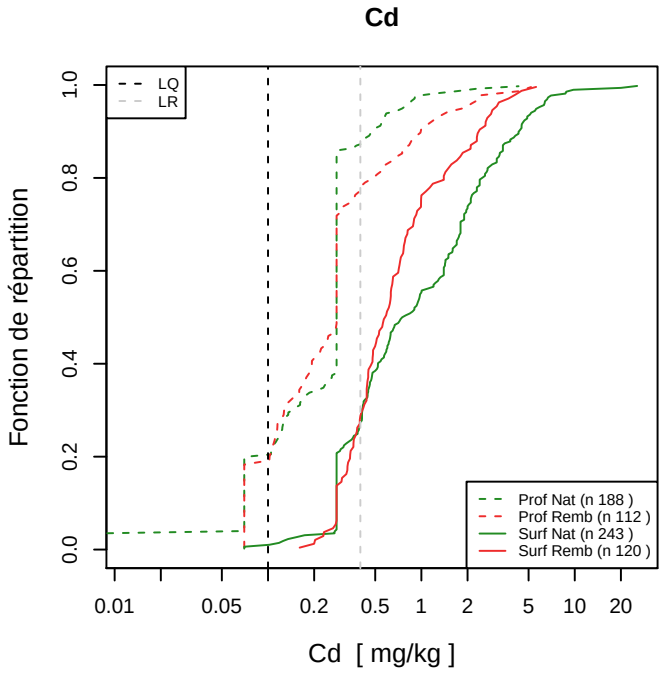

As
LQ
LR
Surf Remb (10)
Surf Nat (11)
Prof Remb (8.6)
Prof Nat (8.2)
1
2
5
10
20
50
100
200
As [mg/kg]

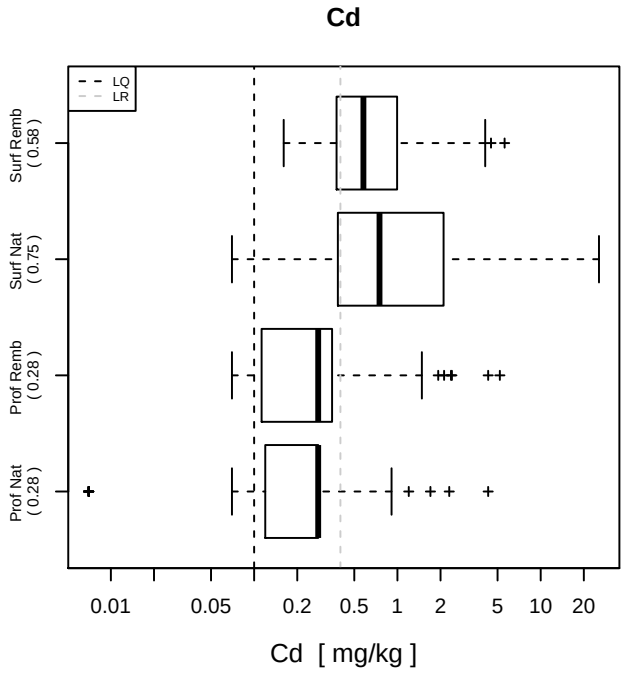

Ba
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
20
50
100
200
500
Ba [mg/kg]
Prof Nat (n 169)
Prof Remb (n 111)
Surf Nat (n 239)
Surf Remb (n 118)

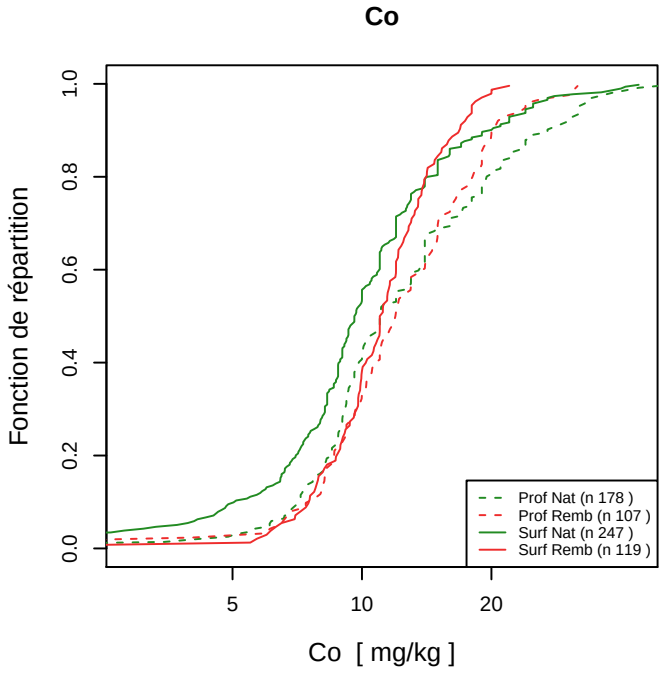

Ba
LR
Surf Remb (100)
Surf Nat (69)
Prof Remb (81)
Prof Nat (72)
5
10
20
50
100
200
500
Ba [mg/kg]

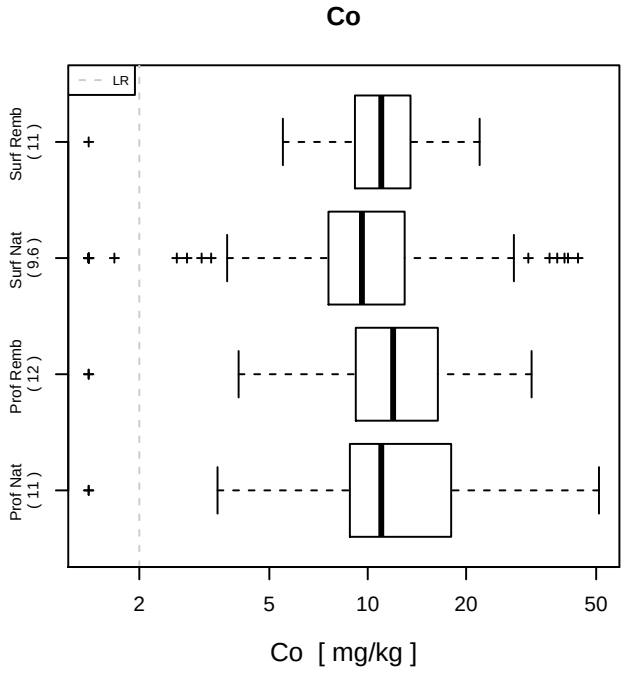

Be
LQ
LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.5
1
2
Be [mg/kg]
Prof Nat (n 176)
Prof Remb (n 111)
Surf Nat (n 242)
Surf Remb (n 118)

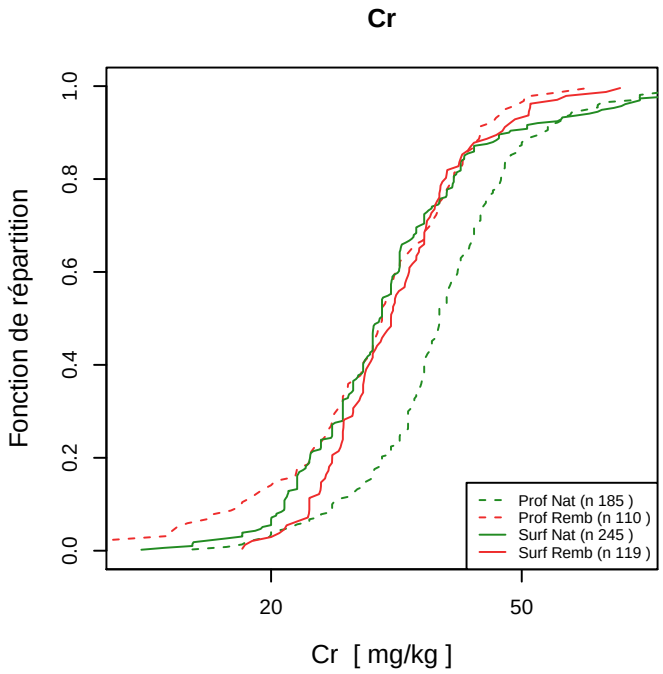

Be
LQ
LR
Surf Remb (0.88)
Surf Nat (0.7)
Prof Remb (0.87)
Prof Nat (0.91)
0.2
0.5
1
2
Be [mg/kg]

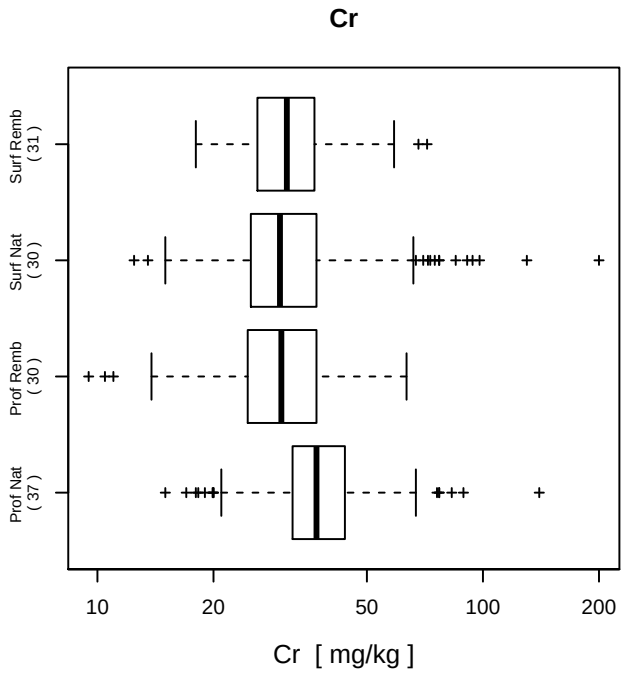

Cd
LQ
LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.01
0.05
0.2
0.5
1
2
5
10
20
Cd [mg/kg]
Prof Nat (n 188)
Prof Remb (n 112)
Surf Nat (n 243)
Surf Remb (n 120)

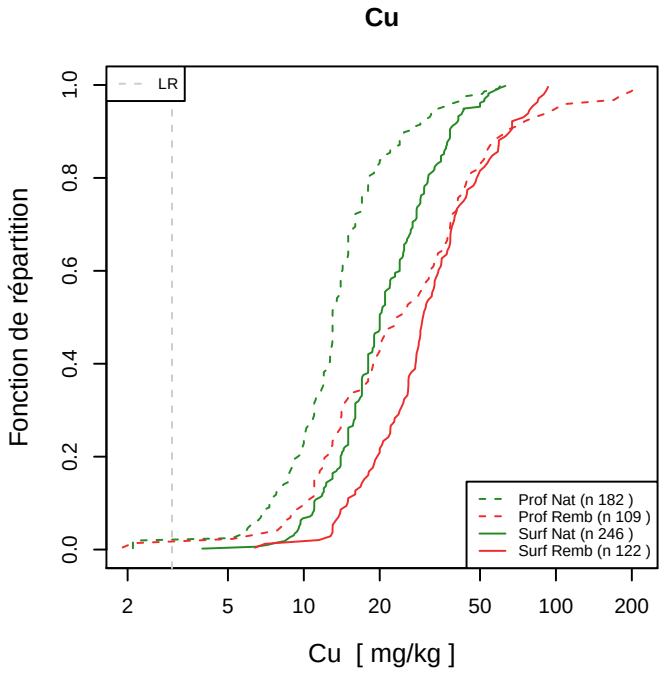

Cd
LQ
LR
Surf Remb (0.58)
Surf Nat (0.75)
Prof Remb (0.28)
Prof Nat (0.28)
0.01
0.05
0.2
0.5
1
2
5
10
20
Cd [mg/kg]

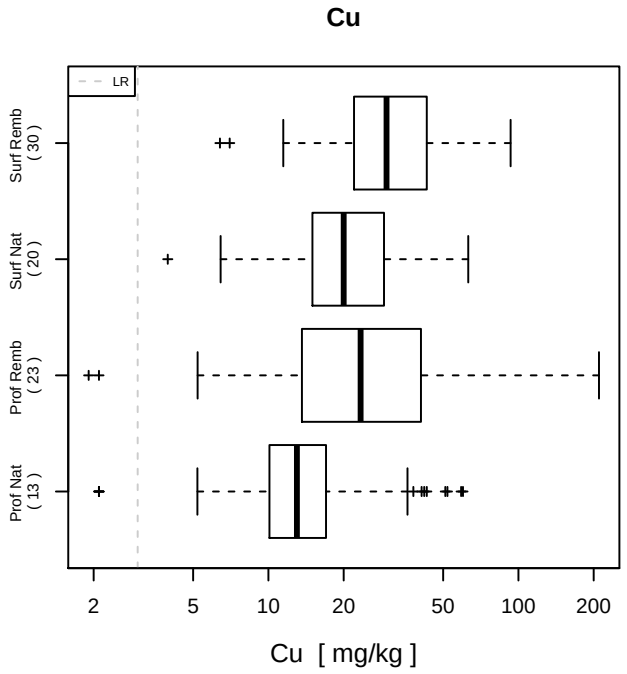

Co
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
5
10
20
Co [mg/kg]
Prof Nat (n 178)
Prof Remb (n 107)
Surf Nat (n 247)
Surf Remb (n 119)

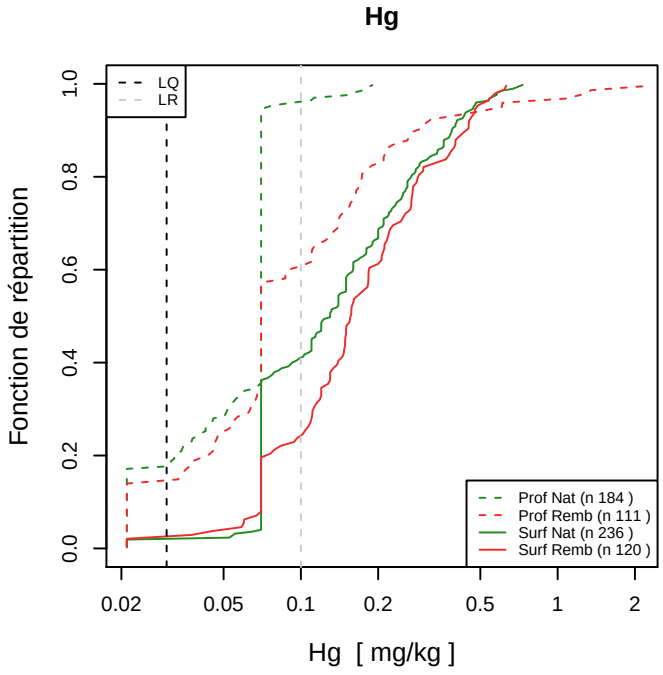

Co
LR
Surf Remb (11)
Surf Nat (9.6)
Prof Remb (12)
Prof Nat (11)
2
5
10
20
50
Co [mg/kg]

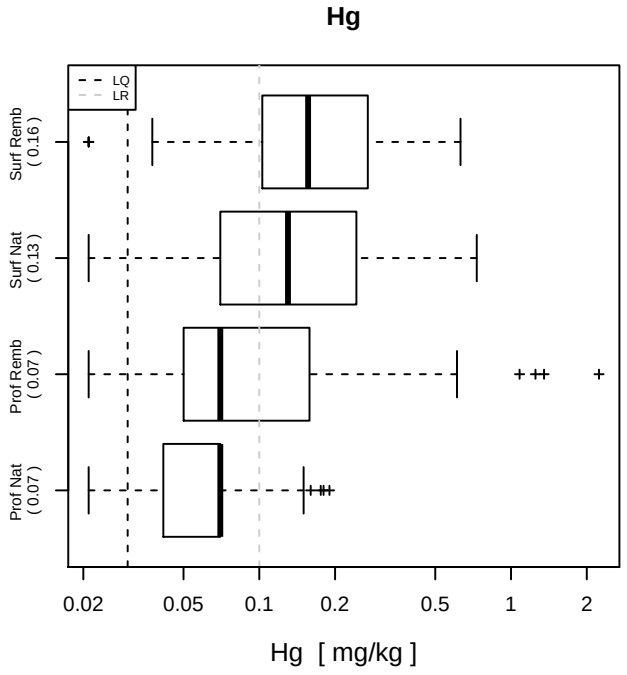

Cr
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
20
50
Cr [mg/kg]
Prof Nat (n 185)
Prof Remb (n 110)
Surf Nat (n 245)
Surf Remb (n 119)

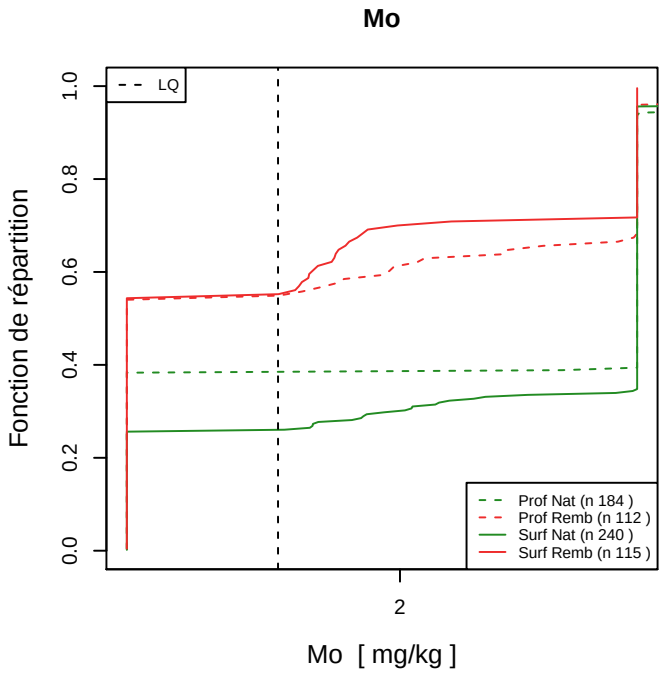

Cr
Surf Remb (31)
Surf Nat (30)
Prof Remb (30)
Prof Nat (37)
10
20
50
100
200
Cr [mg/kg]

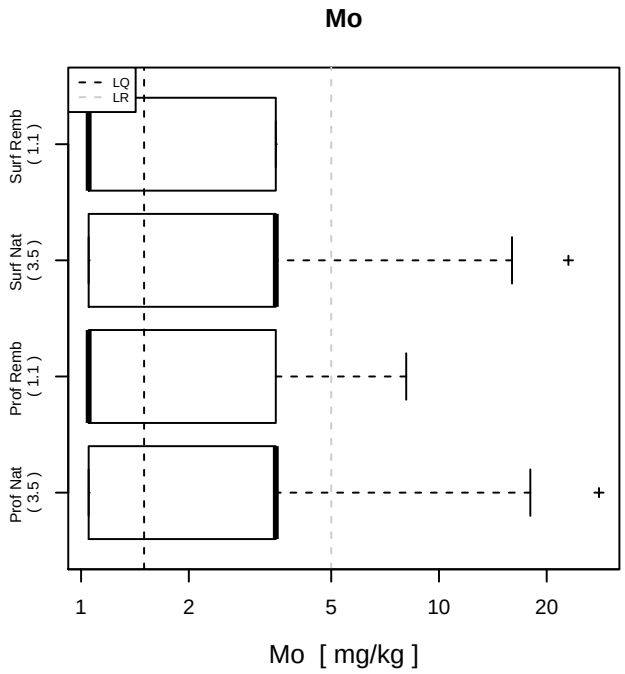

Cu
LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
2
5
10
20
50
100
200
Cu [mg/kg]
Prof Nat (n 182)
Prof Remb (n 109)
Surf Nat (n 246)
Surf Remb (n 122)

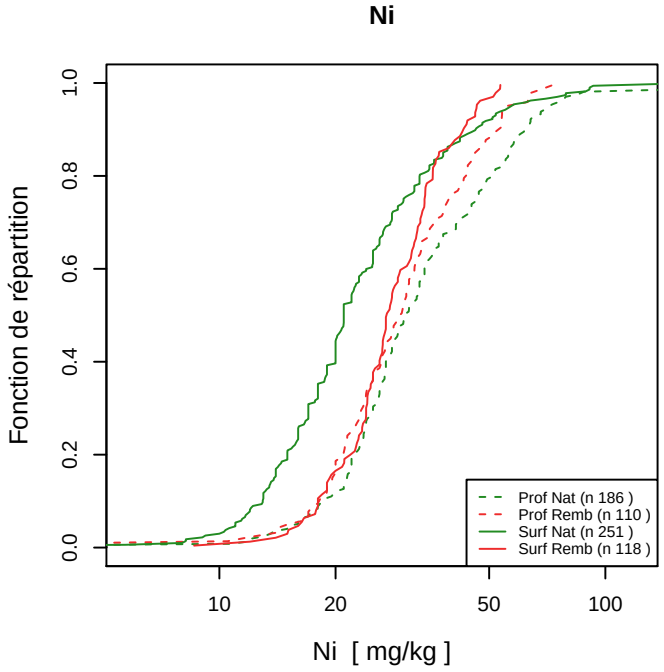

Cu
LR
Surf Remb (30)
Surf Nat (20)
Prof Remb (23)
Prof Nat (13)
2
5
10
20
50
100
200
Cu [mg/kg]

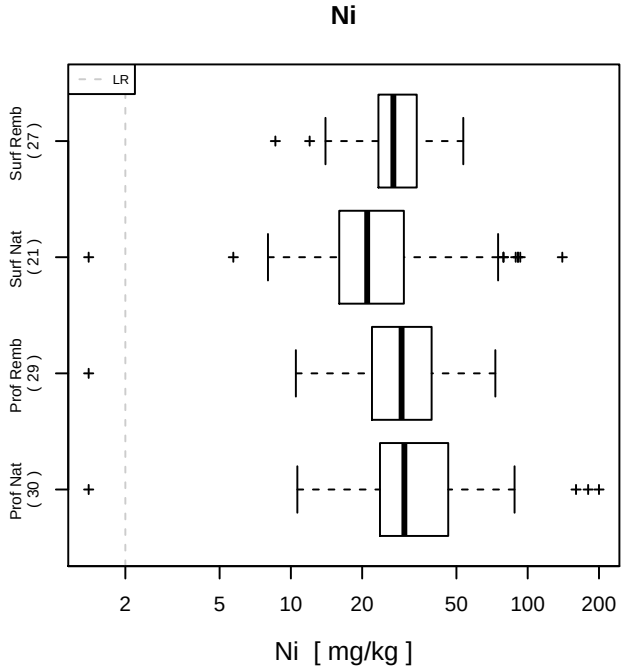

Hg
LQ
LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
2
Hg [mg/kg]
Prof Nat (n 184)
Prof Remb (n 111)
Surf Nat (n 236)
Surf Remb (n 120)

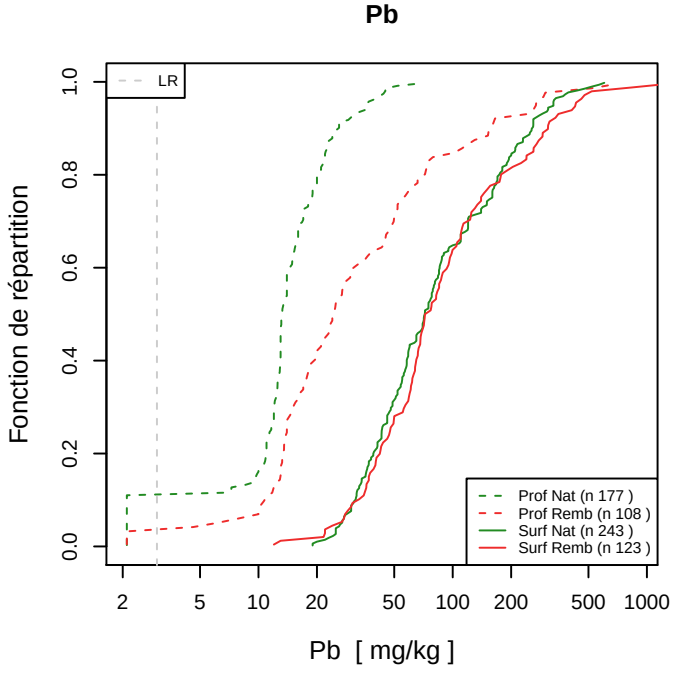

Hg
LQ
LR
Surf Remb (0.16)
Surf Nat (0.13)
Prof Remb (0.07)
Prof Nat (0.07)
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
2
Hg [mg/kg]

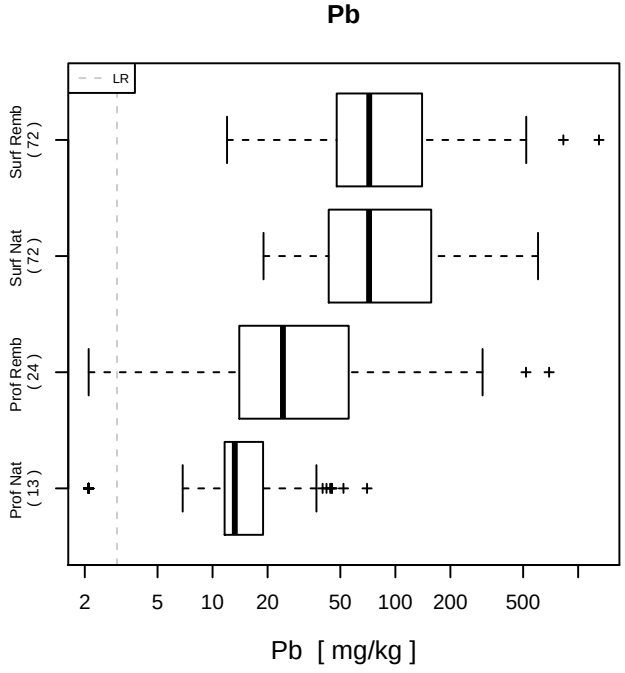

Mo
LQ
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
2
Mo [mg/kg]
Prof Nat (n 184)
Prof Remb (n 112)
Surf Nat (n 240)
Surf Remb (n 115)

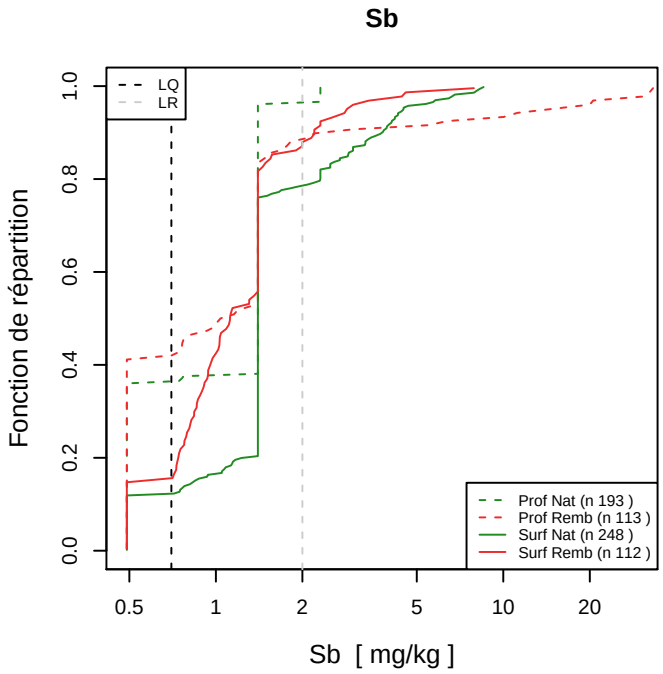

Mo
LQ
LR
Surf Remb (1.1)
Surf Nat (3.5)
Prof Remb (1.1)
Prof Nat (3.5)
1
2
5
10
20
Mo [mg/kg]

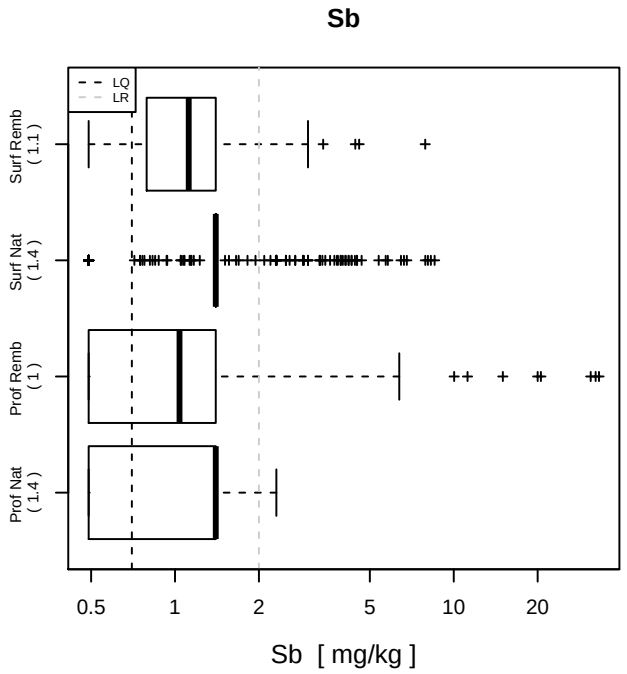

Ni
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
10
20
50
100
Ni [mg/kg]
Prof Nat (n 186)
Prof Remb (n 110)
Surf Nat (n 251)
Surf Remb (n 118)

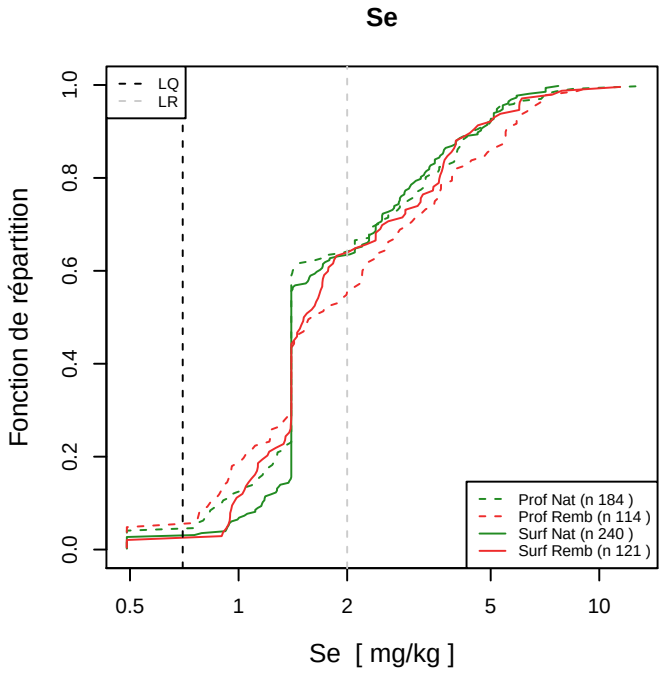

Ni
LR
Surf Remb (27)
Surf Nat (21)
Prof Remb (29)
Prof Nat (30)
2
5
10
20
50
100
200
Ni [mg/kg]

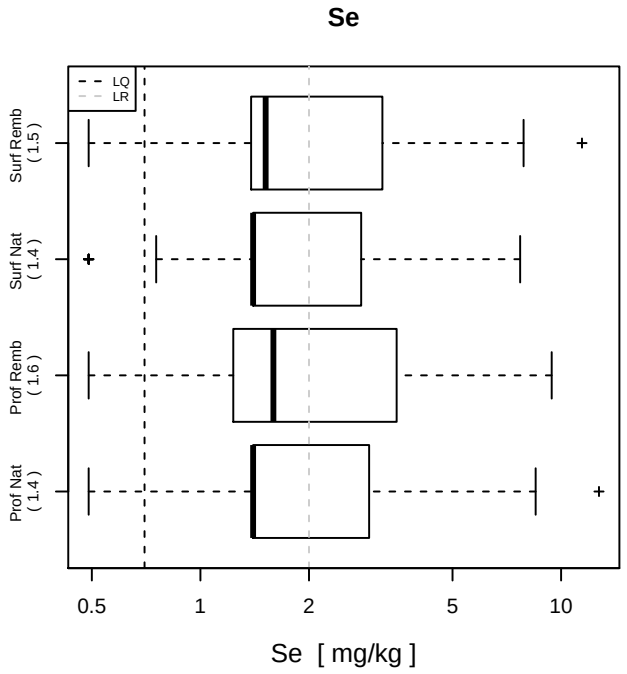

Pb
LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
2
5
10
20
50
100
200
500
1000
Pb [mg/kg]
Prof Nat (n 177)
Prof Remb (n 108)
Surf Nat (n 243)
Surf Remb (n 123)

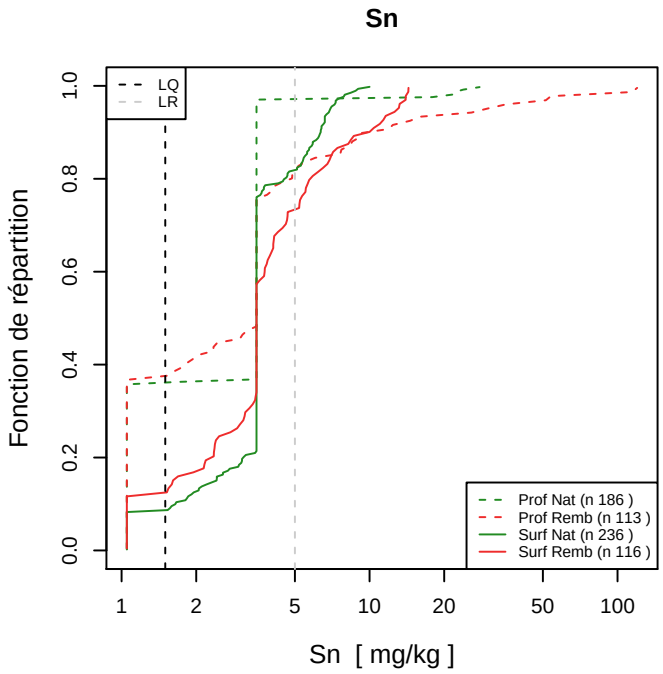

Pb
LR
Surf Remb (72)
Surf Nat (72)
Prof Remb (24)
Prof Nat (13)
2
5
10
20
50
100
200
500
Pb [mg/kg]

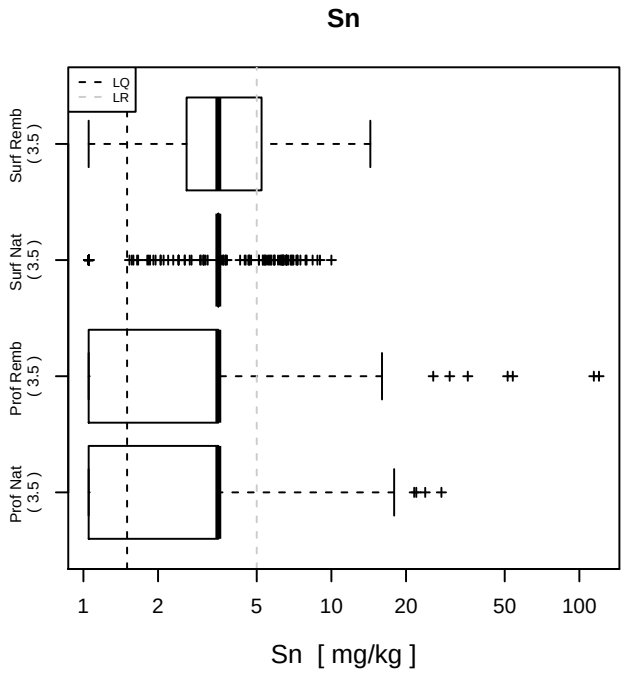

Sb
LQ
LR
Prof Nat (n 193)
Prof Remb (n 113)
Surf Nat (n 248)
Surf Remb (n 112)
Fonction de répartition
Sb [mg/kg]

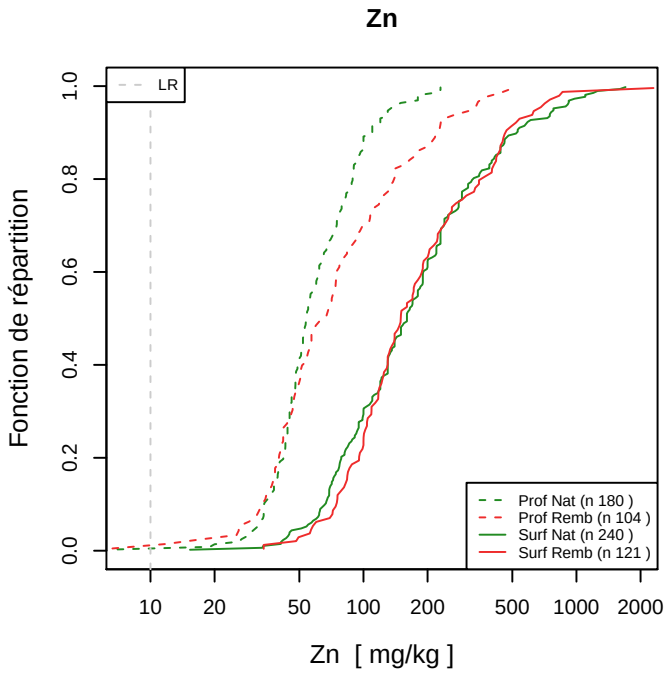

Sb
LQ
LR
Surf Remb (1.1)
Surf Nat (1.4)
Prof Remb (1)
Prof Nat (1.4)
Sb [mg/kg]

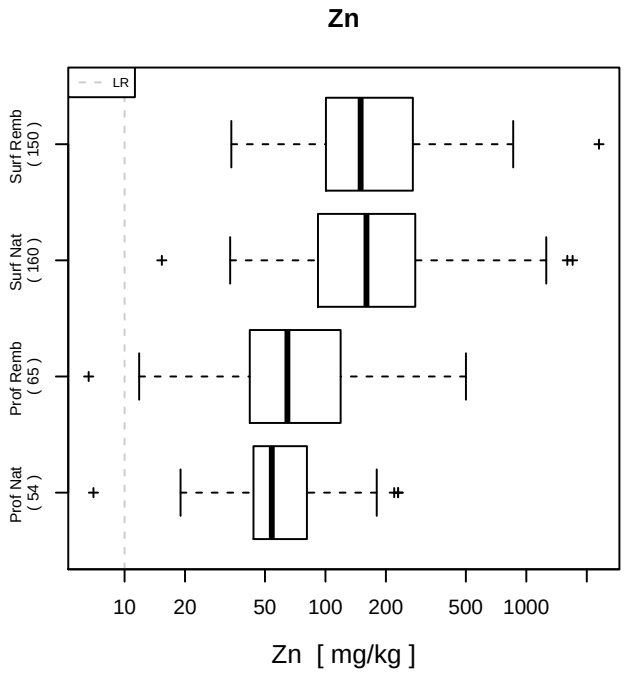

Se
LQ
LR
Prof Nat (n 184)
Prof Remb (n 114)
Surf Nat (n 240)
Surf Remb (n 121)
Fonction de répartition
Se [mg/kg]

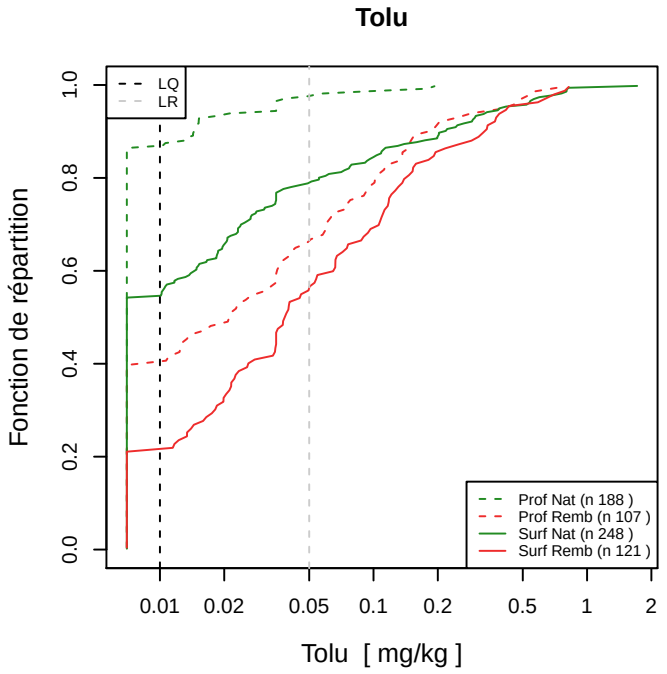

Se
LQ
LR
Surf Remb (1.5)
Surf Nat (1.4)
Prof Remb (1.6)
Prof Nat (1.4)
Se [mg/kg]

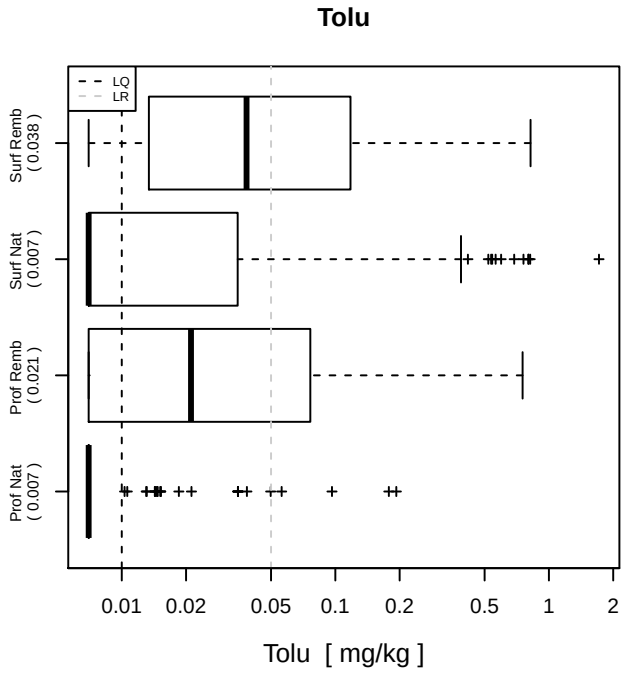

Sn
LQ
LR
Prof Nat (n 186)
Prof Remb (n 113)
Surf Nat (n 236)
Surf Remb (n 116)
Fonction de répartition
Sn [mg/kg]

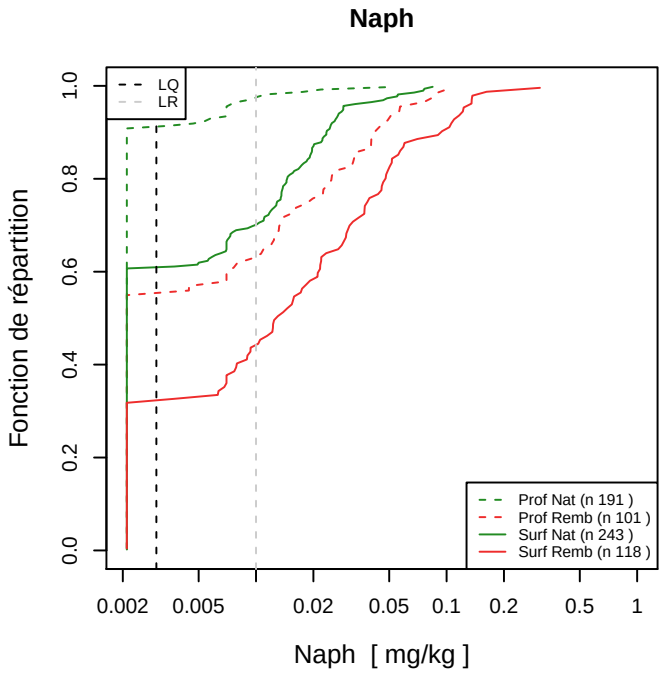

Sn
LQ
LR
Surf Remb (3.5)
Surf Nat (3.5)
Prof Remb (3.5)
Prof Nat (3.5)
Sn [mg/kg]

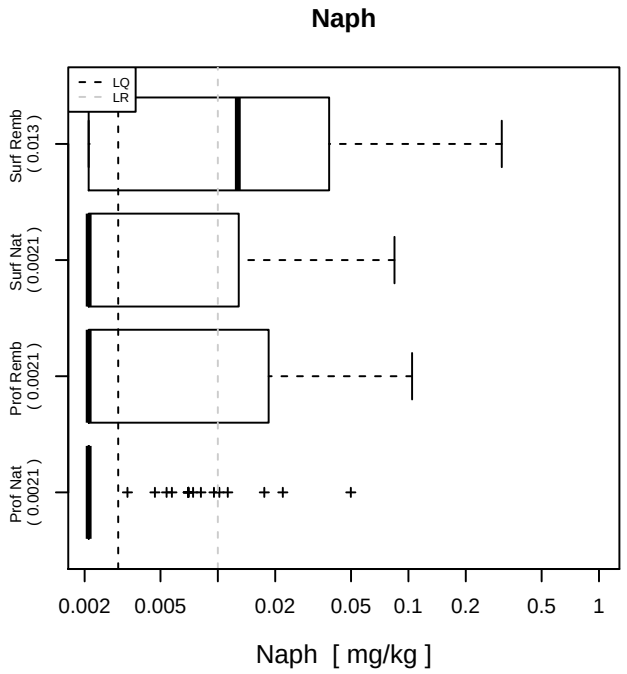

Zn
LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
10
20
50
100
200
500
1000
2000
Zn [mg/kg]
Prof Nat (n 180)
Prof Remb (n 104)
Surf Nat (n 240)
Surf Remb (n 121)


Zn
LR
Surf Remb (150)
Surf Nat (160)
Prof Remb (65)
Prof Nat (54)
10
20
50
100
200
500
1000
Zn [mg/kg]

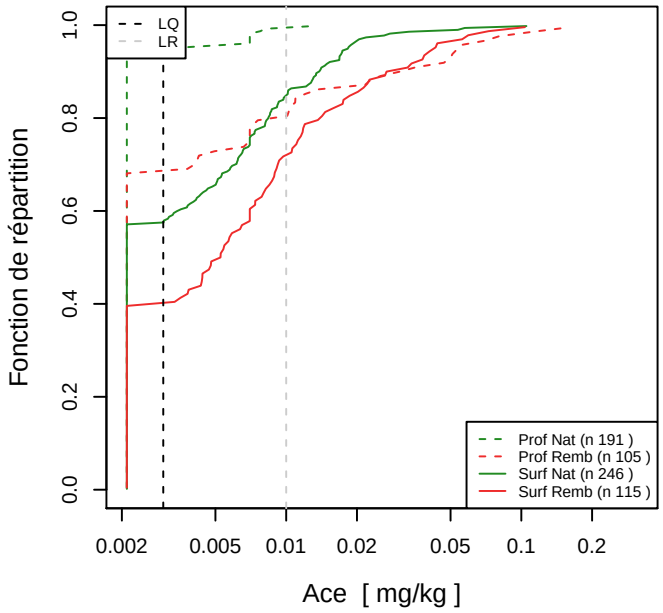

Tolu
LQ
LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.01
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
2
Tolu [mg/kg]
Prof Nat (n 188)
Prof Remb (n 107)
Surf Nat (n 248)
Surf Remb (n 121)


Tolu
LQ
LR
Surf Remb (0.038)
Surf Nat (0.007)
Prof Remb (0.021)
Prof Nat (0.007)
0.01
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
2
Tolu [mg/kg]

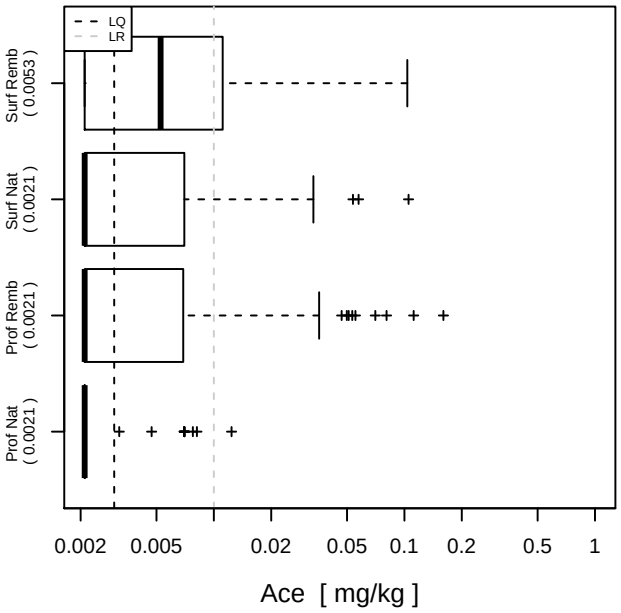

Naph
LQ
LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.002
0.005
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
Naph [mg/kg]
Prof Nat (n 191)
Prof Remb (n 101)
Surf Nat (n 243)
Surf Remb (n 118)


Naph
LQ
LR
Surf Remb (0.013)
Surf Nat (0.0021)
Prof Remb (0.0021)
Prof Nat (0.0021)
0.002
0.005
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
Naph [mg/kg]

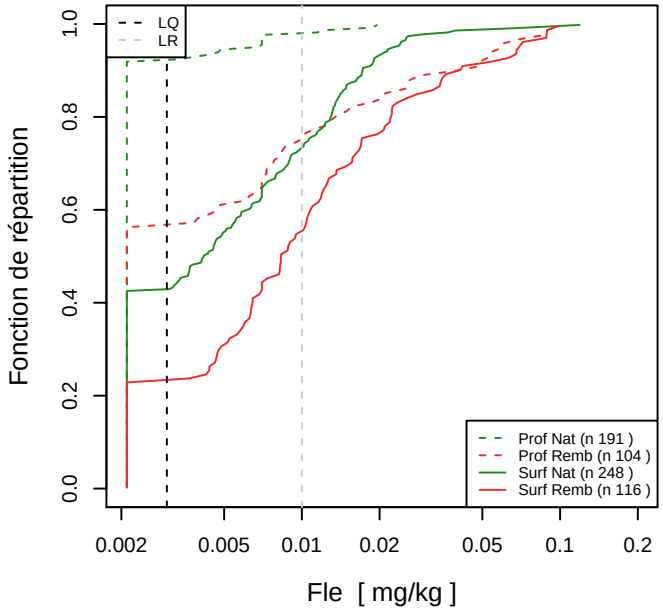
Ace



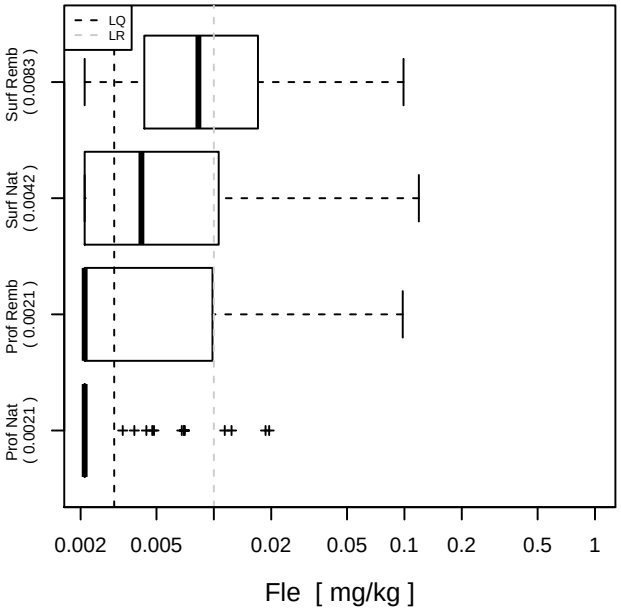
Ace



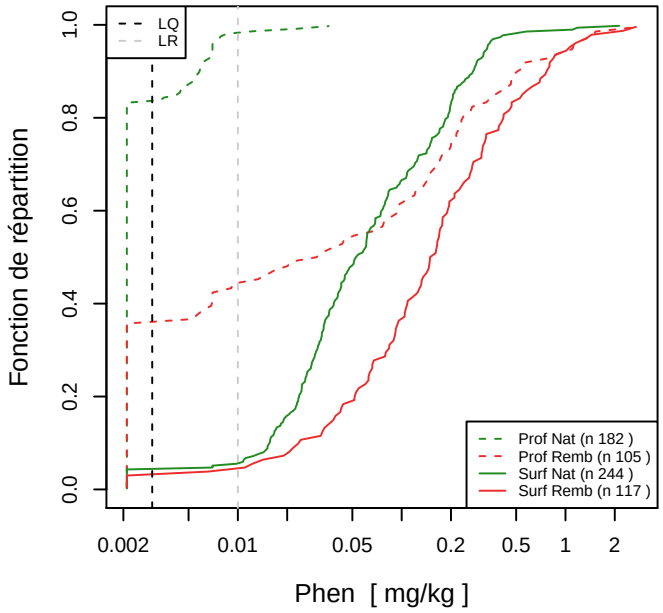
Fle



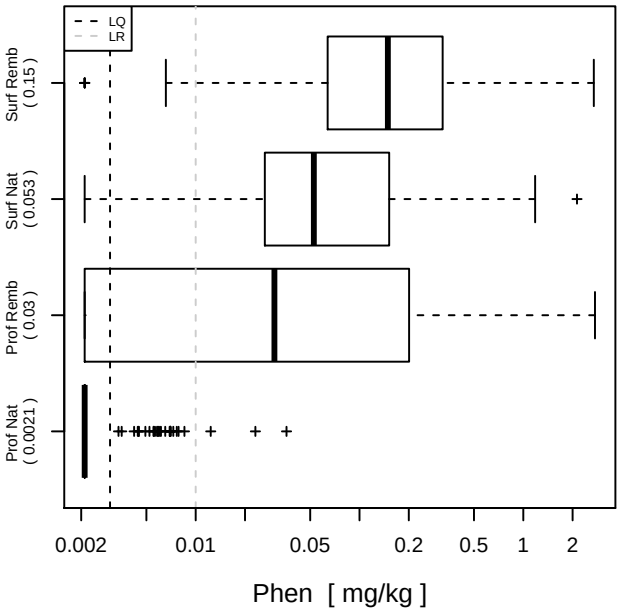
Fle

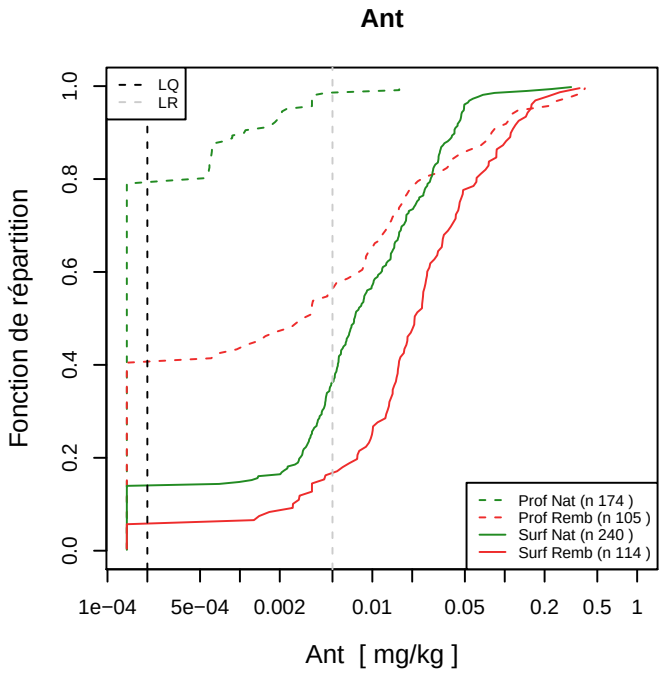


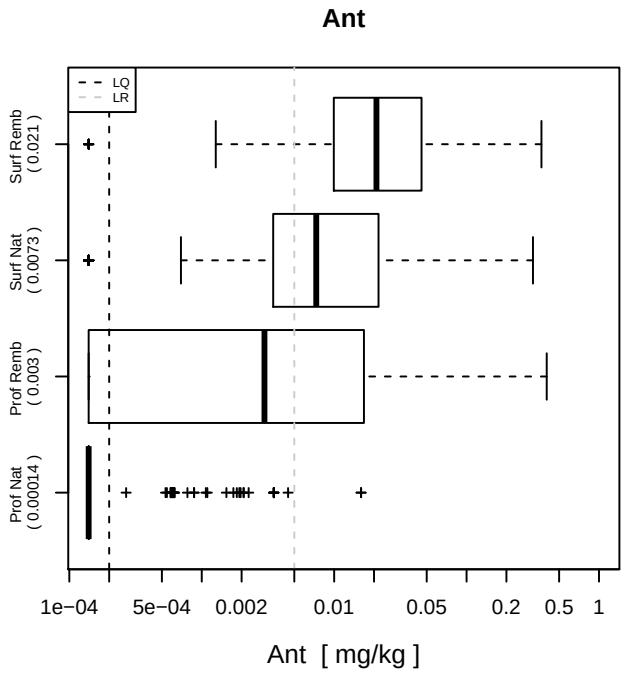
Phen

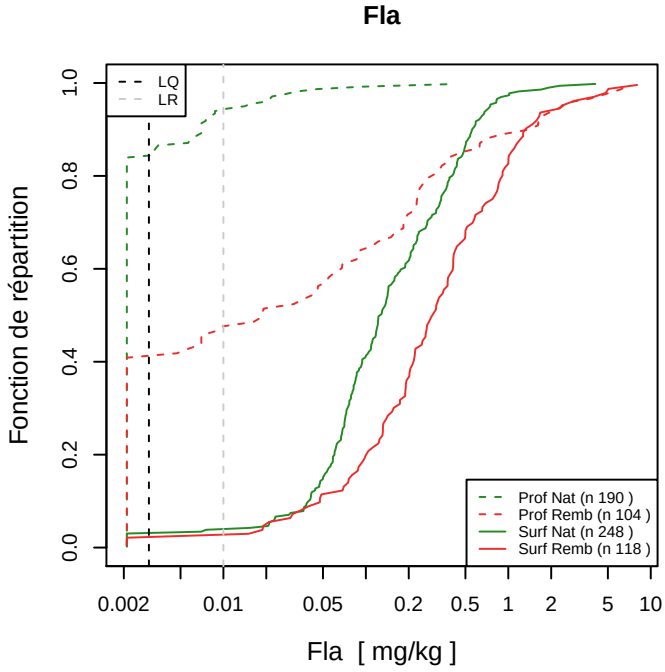


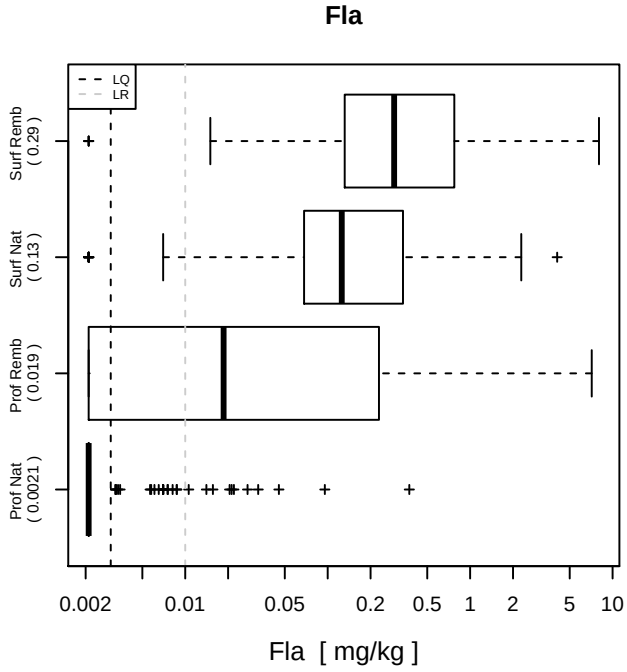
Phen

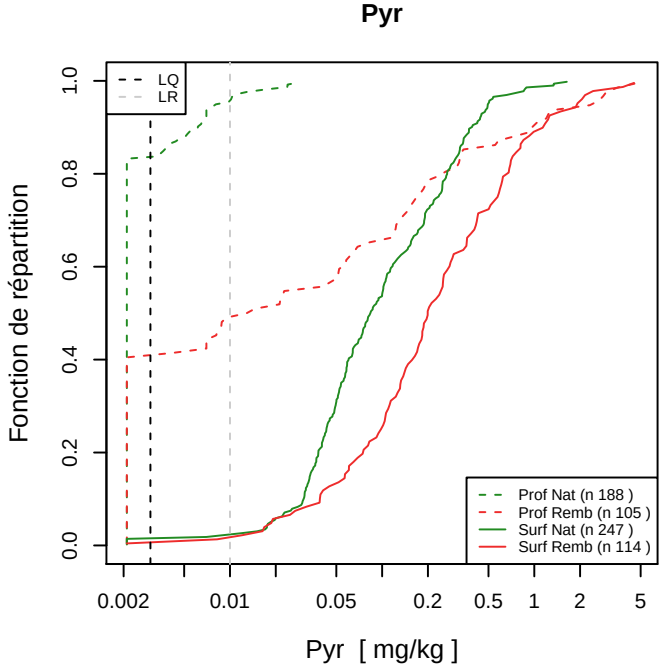


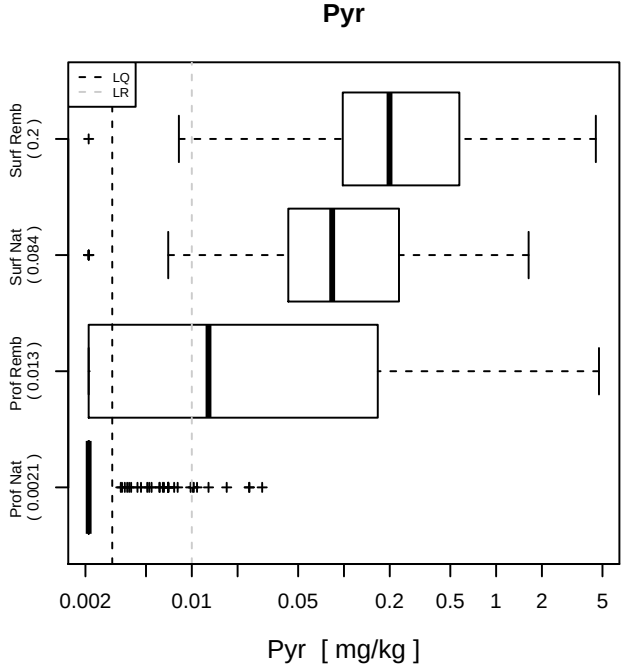

Ant
LQ
LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
1e−04
5e−04
0.002
0.01
0.05
0.2
0.5
1
Ant [mg/kg]
Prof Nat (n 174)
Prof Remb (n 105)
Surf Nat (n 240)
Surf Remb (n 114)

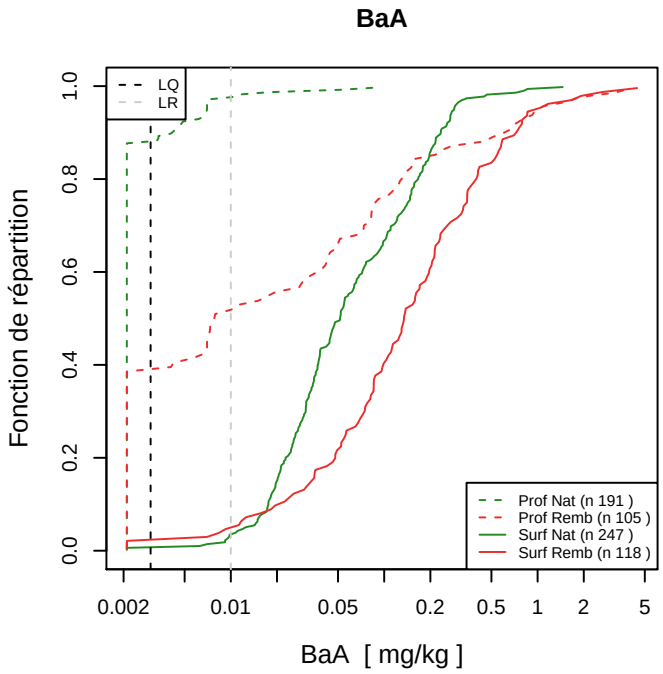

Ant
LQ
LR
Surf Remb (0.021)
Surf Nat (0.0073)
Prof Remb (0.003)
Prof Nat (0.00014)
1e−04
5e−04
0.002
0.01
0.05
0.2
0.5
1
Ant [mg/kg]

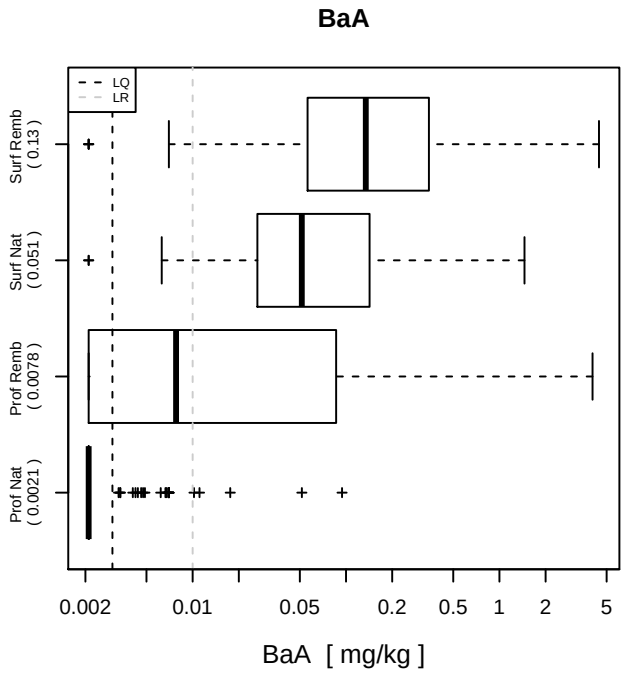

Fla
LQ
LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.002
0.01
0.05
0.2
0.5
1
2
5
10
Fla [mg/kg]
Prof Nat (n 190)
Prof Remb (n 104)
Surf Nat (n 248)
Surf Remb (n 118)

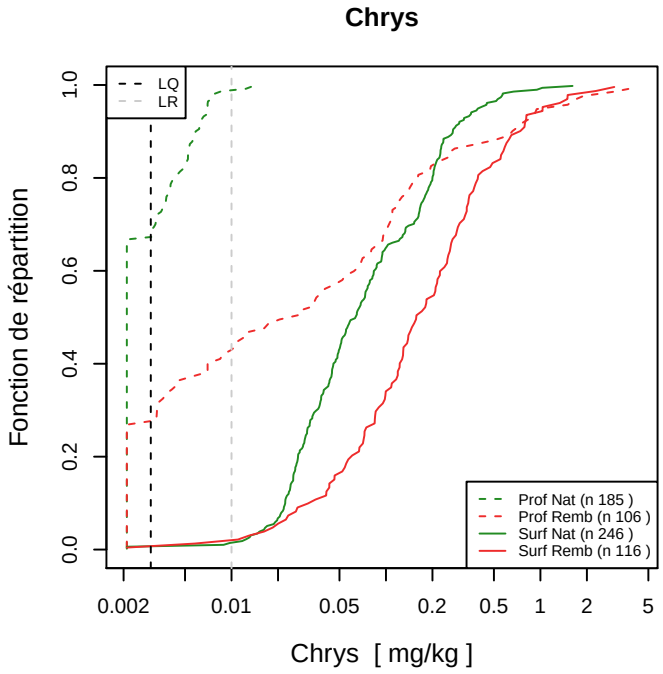

Fla
LQ
LR
Surf Remb (0.29)
Surf Nat (0.13)
Prof Remb (0.019)
Prof Nat (0.0021)
0.002
0.01
0.05
0.2
0.5
1
2
5
10
Fla [mg/kg]

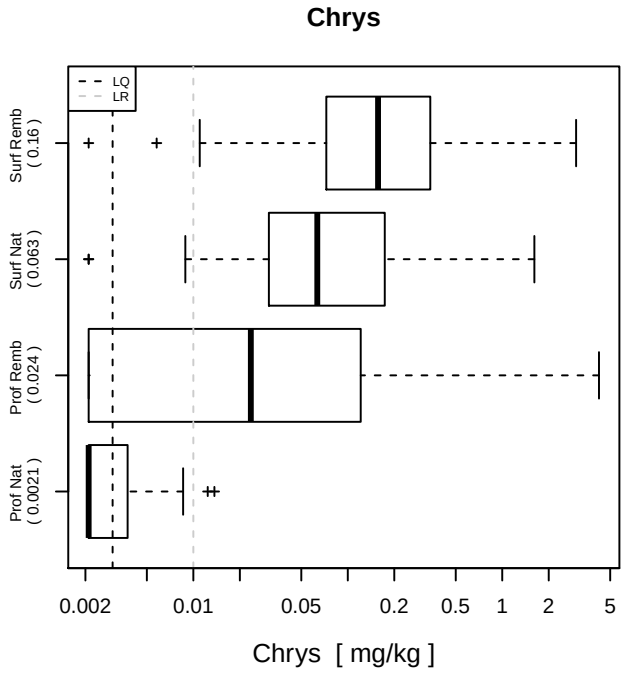

Pyr
LQ
LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.002
0.01
0.05
0.2
0.5
1
2
5
Pyr [mg/kg]
Prof Nat (n 188)
Prof Remb (n 105)
Surf Nat (n 247)
Surf Remb (n 114)

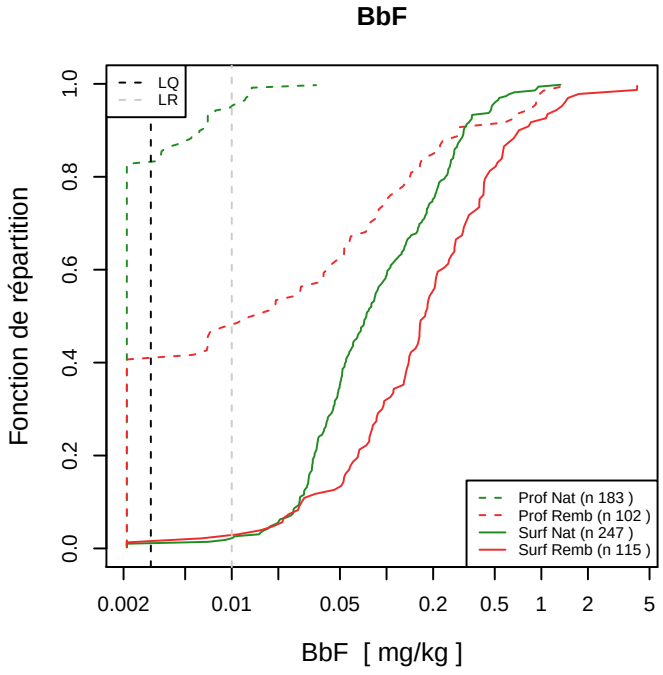

Pyr
LQ
LR
Surf Remb (0.2)
Surf Nat (0.084)
Prof Remb (0.013)
Prof Nat (0.0021)
0.002
0.01
0.05
0.2
0.5
1
2
5
Pyr [mg/kg]

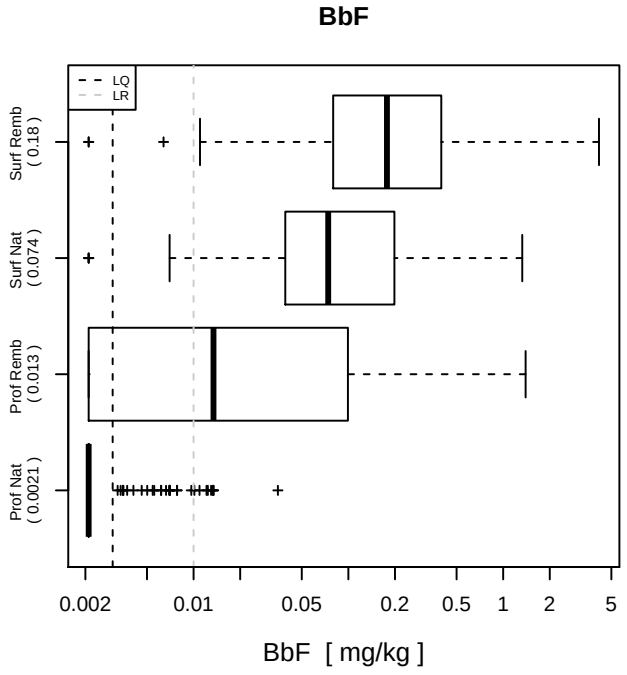

BaA
Fonction de répartition
BaA [mg/kg]
LQ
LR
Prof Nat (n 191)
Prof Remb (n 105)
Surf Nat (n 247)
Surf Remb (n 118)

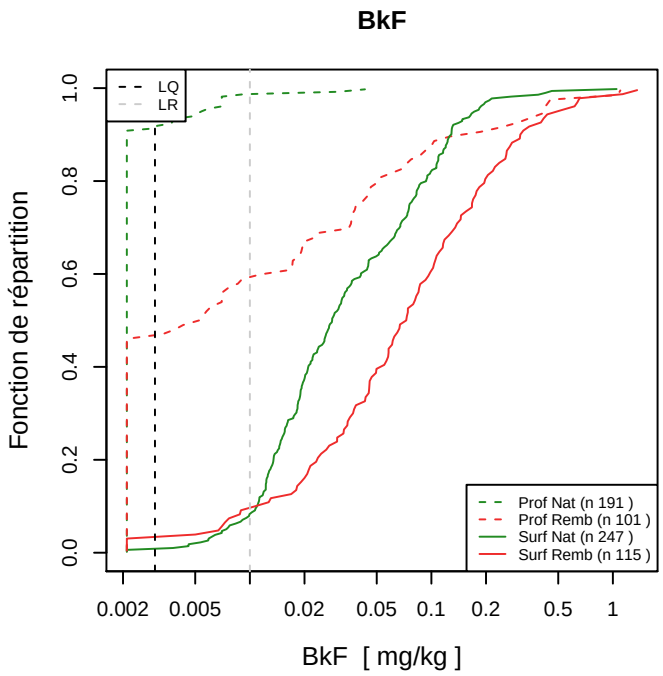

BaA
BaA [mg/kg]
LQ
LR
Surf Remb (0.13)
Surf Nat (0.051)
Prof Remb (0.0078)
Prof Nat (0.0021)

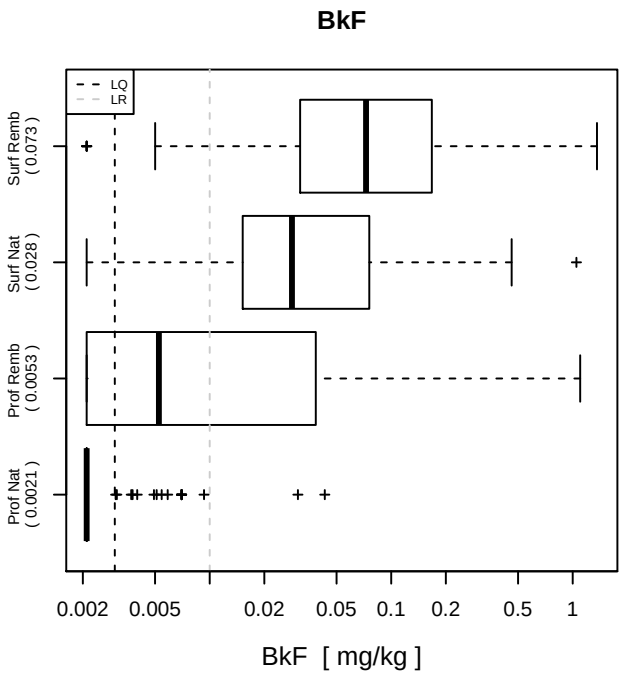

Chrys
Fonction de répartition
Chrys [mg/kg]
LQ
LR
Prof Nat (n 185)
Prof Remb (n 106)
Surf Nat (n 246)
Surf Remb (n 116)

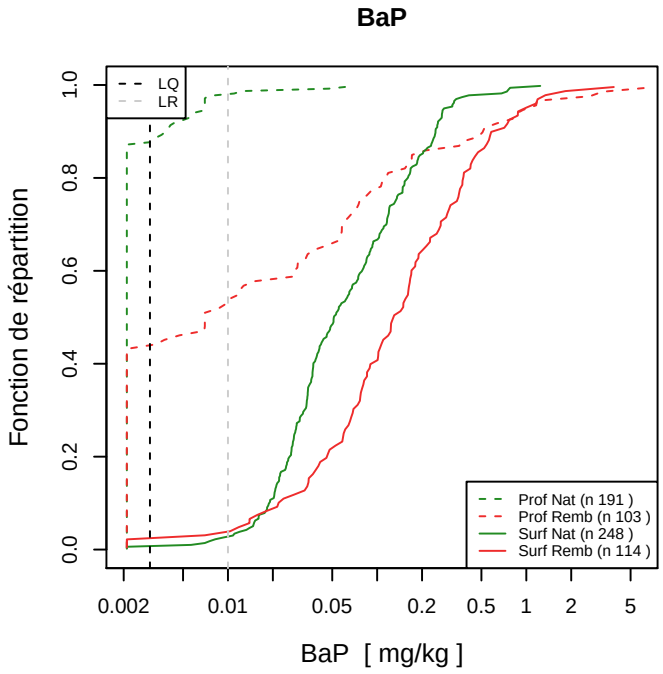

Chrys
Chrys [mg/kg]
LQ
LR
Surf Remb (0.16)
Surf Nat (0.063)
Prof Remb (0.024)
Prof Nat (0.0021)

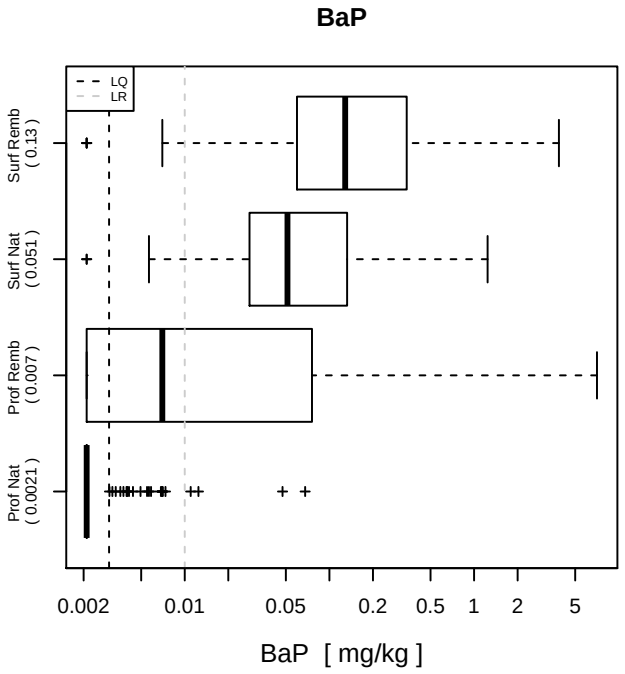

BbF
Fonction de répartition
BbF [mg/kg]
LQ
LR
Prof Nat (n 183)
Prof Remb (n 102)
Surf Nat (n 247)
Surf Remb (n 115)

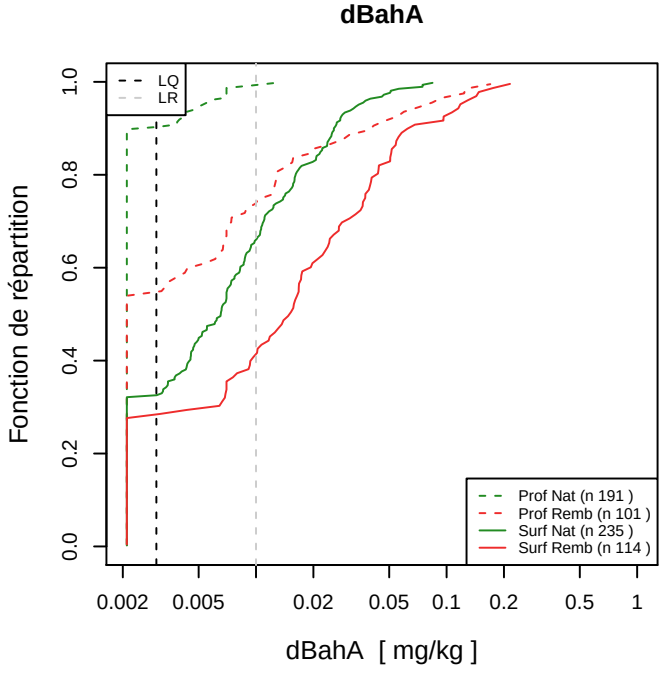

BbF
BbF [mg/kg]
LQ
LR
Surf Remb (0.18)
Surf Nat (0.074)
Prof Remb (0.013)
Prof Nat (0.0021)

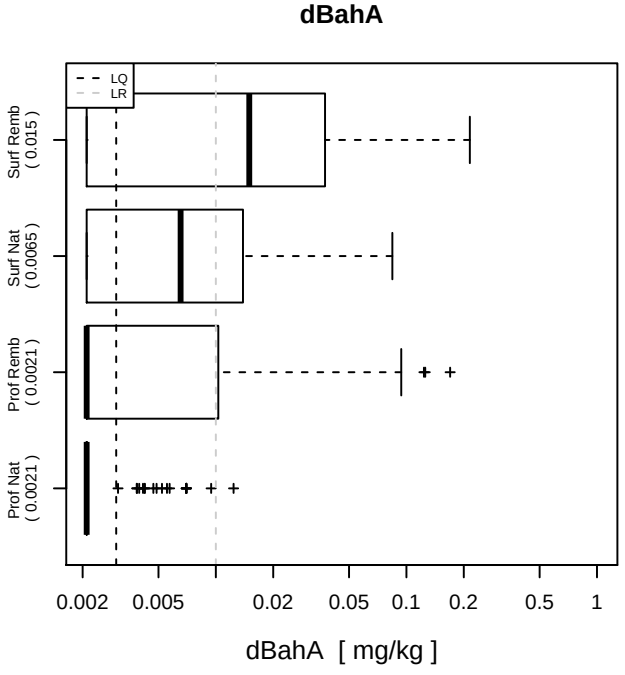

BkF
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
LQ
LR
Prof Nat (n 191)
Prof Remb (n 101)
Surf Nat (n 247)
Surf Remb (n 115)
0.002
0.005
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
BkF [mg/kg]

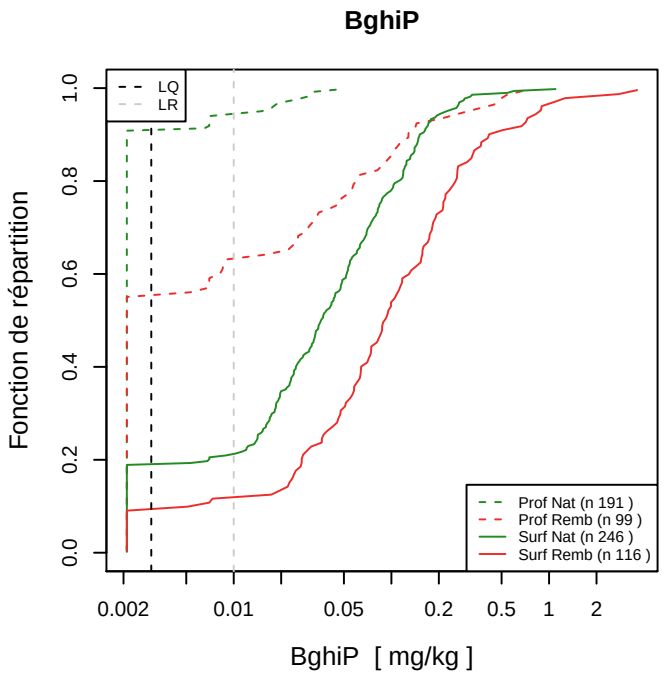

BkF
LQ
LR
Surf Remb (0.073)
Surf Nat (0.028)
Prof Remb (0.0053)
Prof Nat (0.0021)
0.002
0.005
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
BkF [mg/kg]

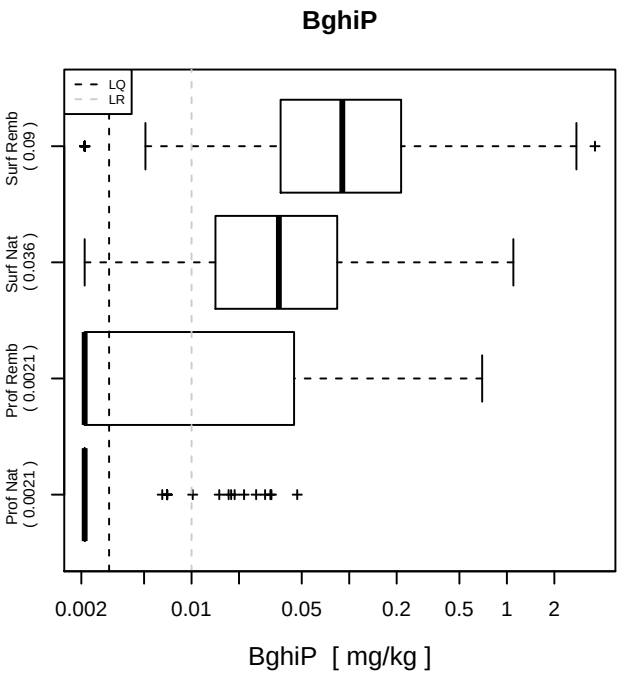

BaP
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
LQ
LR
Prof Nat (n 191)
Prof Remb (n 103)
Surf Nat (n 248)
Surf Remb (n 114)
0.002
0.01
0.05
0.2
0.5
1
2
5
BaP [mg/kg]

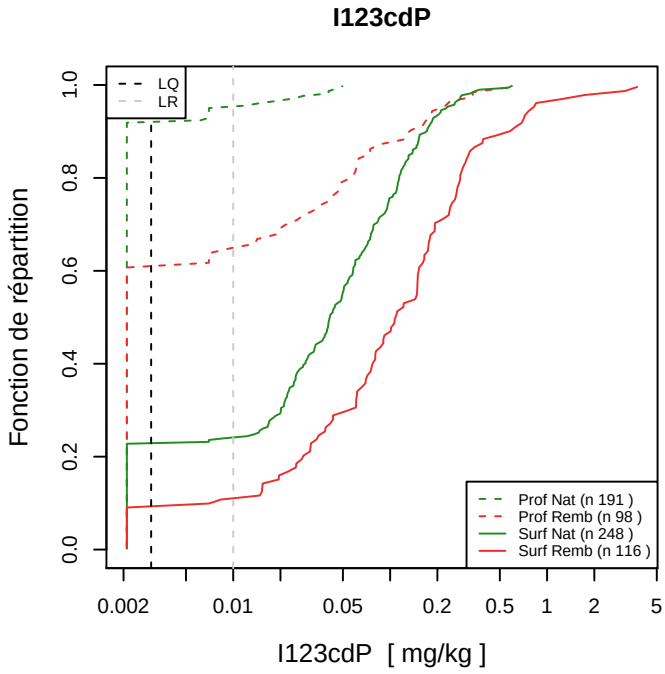

BaP
LQ
LR
Surf Remb (0.13)
Surf Nat (0.051)
Prof Remb (0.007)
Prof Nat (0.0021)
0.002
0.01
0.05
0.2
0.5
1
2
5
BaP [mg/kg]

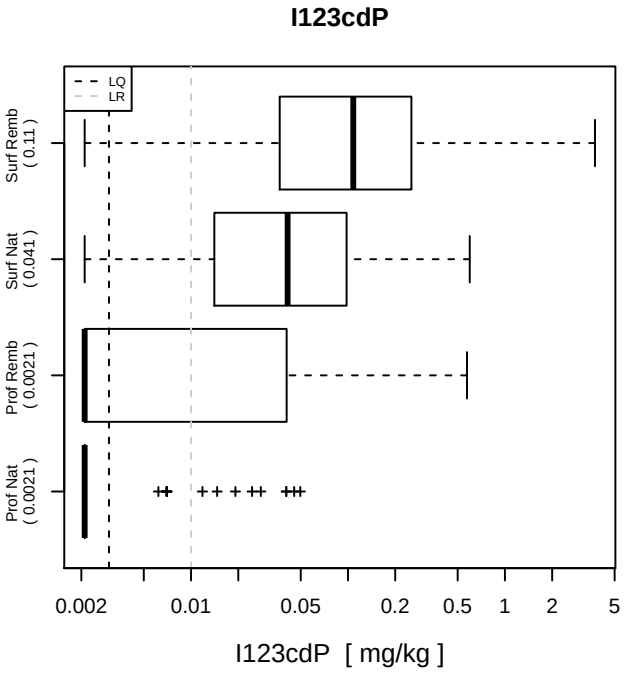

dBahA
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
LQ
LR
Prof Nat (n 191)
Prof Remb (n 101)
Surf Nat (n 235)
Surf Remb (n 114)
0.002
0.005
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
dBahA [mg/kg]

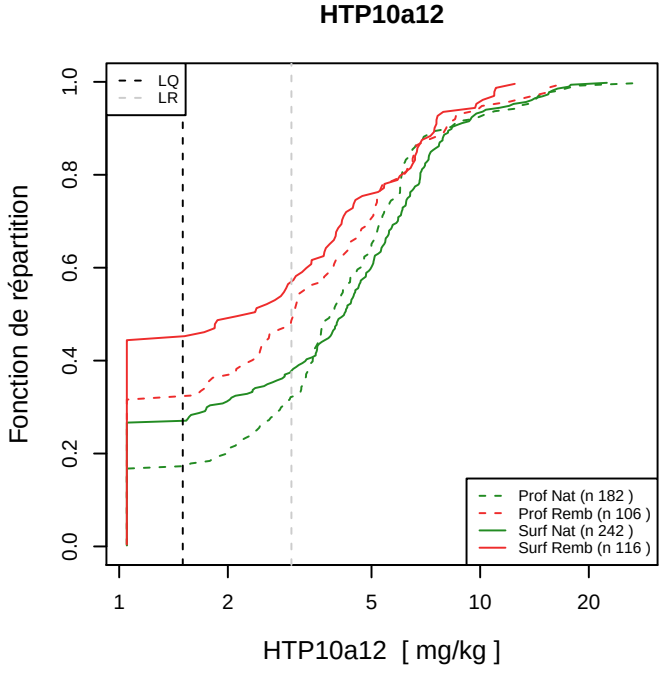

dBahA
LQ
LR
Surf Remb (0.015)
Surf Nat (0.0065)
Prof Remb (0.0021)
Prof Nat (0.0021)
0.002
0.005
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
dBahA [mg/kg]

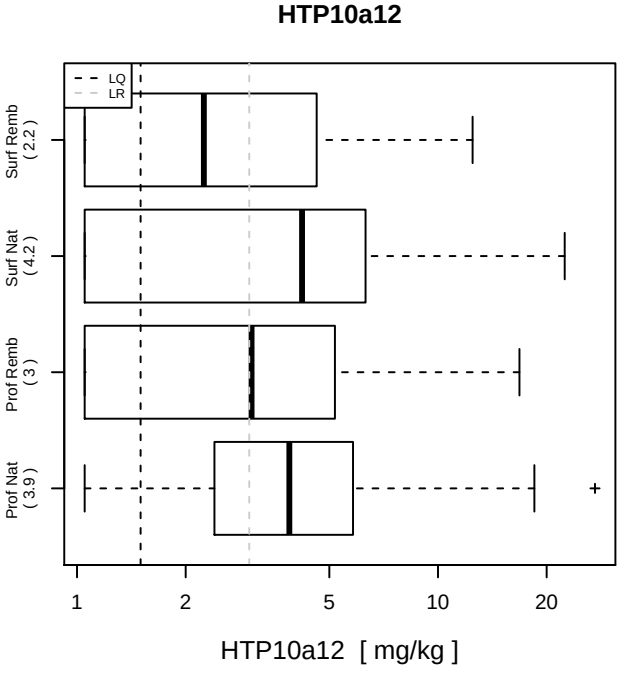

BghiP
LQ
LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
Prof Nat (n 191)
Prof Remb (n 99)
Surf Nat (n 246)
Surf Remb (n 116)
0.002
0.01
0.05
0.2
0.5
1
2
BghiP [mg/kg]


BghiP
LQ
LR
Surf Remb (0.09)
Surf Nat (0.036)
Prof Remb (0.0021)
Prof Nat (0.0021)
0.002
0.01
0.05
0.2
0.5
1
2
BghiP [mg/kg]

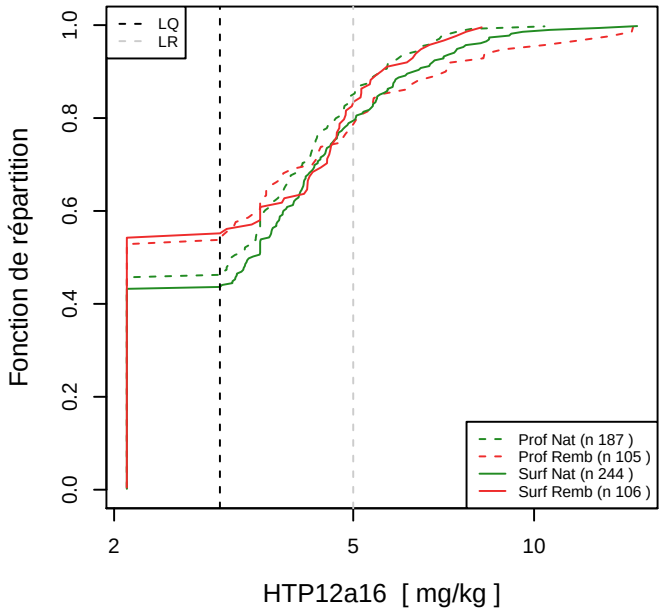

I123cdP
LQ
LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
Prof Nat (n 191)
Prof Remb (n 98)
Surf Nat (n 248)
Surf Remb (n 116)
0.002
0.01
0.05
0.2
0.5
1
2
5
I123cdP [mg/kg]


I123cdP
LQ
LR
Surf Remb (0.11)
Surf Nat (0.041)
Prof Remb (0.0021)
Prof Nat (0.0021)
0.002
0.01
0.05
0.2
0.5
1
2
5
I123cdP [mg/kg]

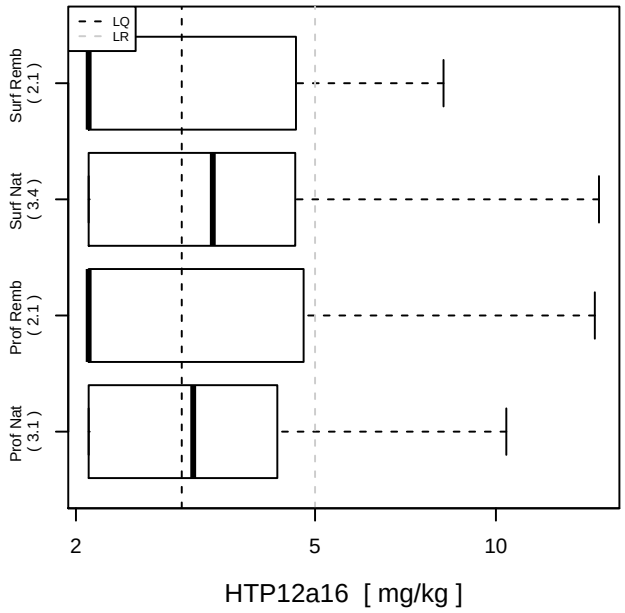

HTP10a12
LQ
LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
Prof Nat (n 182)
Prof Remb (n 106)
Surf Nat (n 242)
Surf Remb (n 116)
1
2
5
10
20
HTP10a12 [mg/kg]


HTP10a12
LQ
LR
Surf Remb (2.2)
Surf Nat (4.2)
Prof Remb (3)
Prof Nat (3.9)
1
2
5
10
20
HTP10a12 [mg/kg]

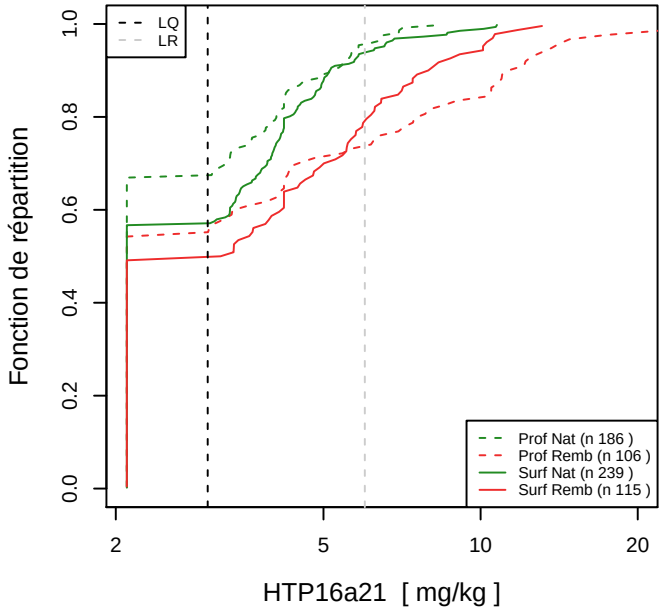
HTP12a16



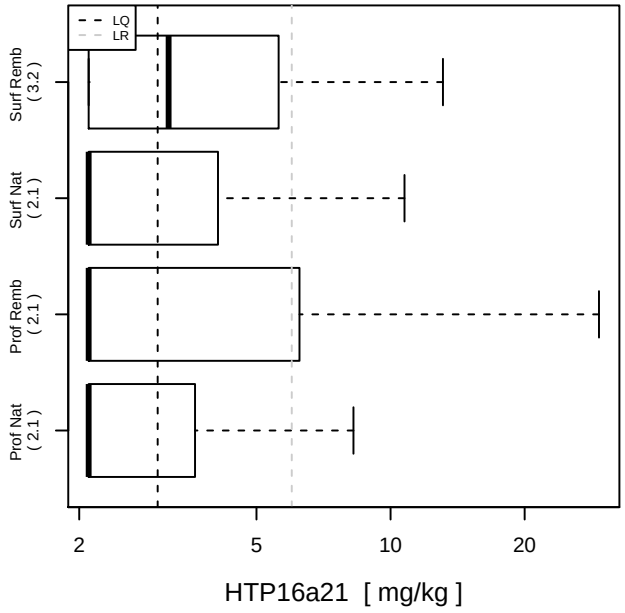
HTP12a16



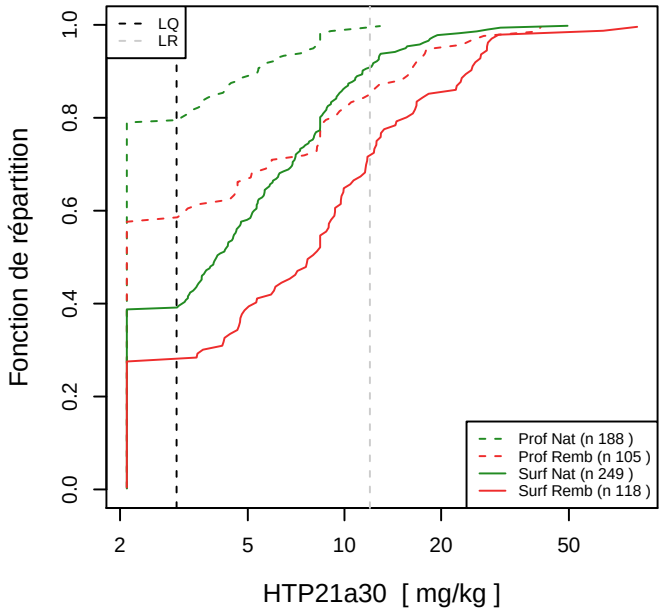
HTP16a21



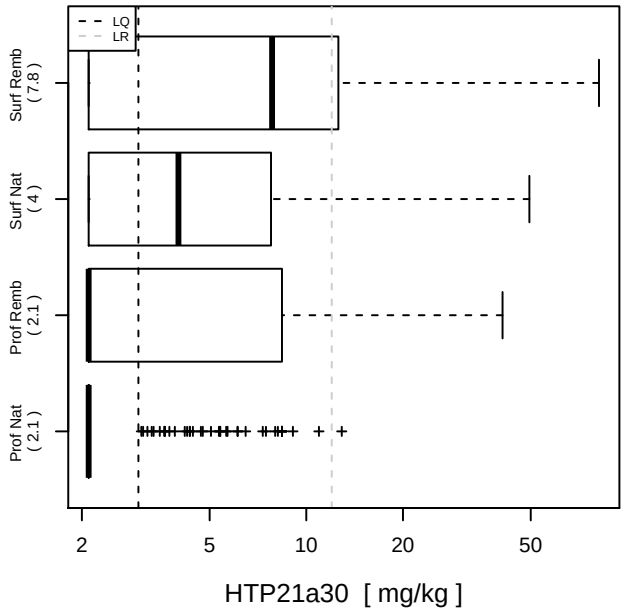
HTP16a21

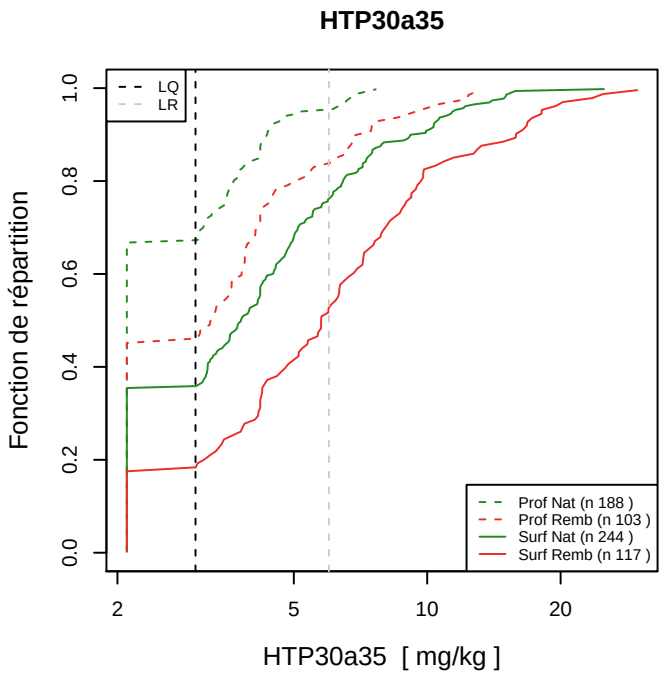


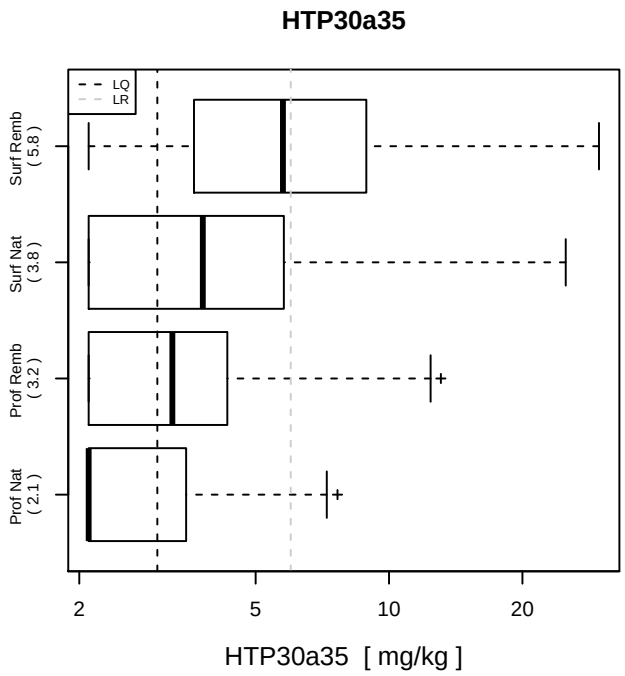
HTP21a30

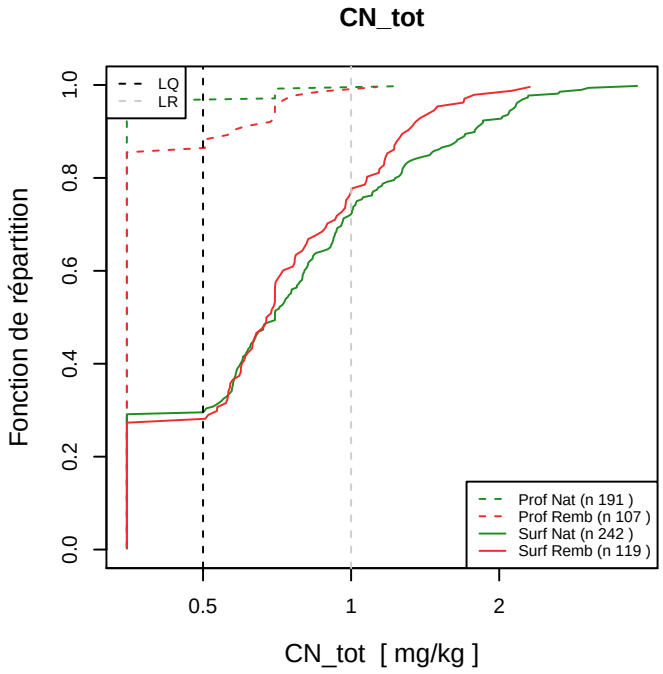


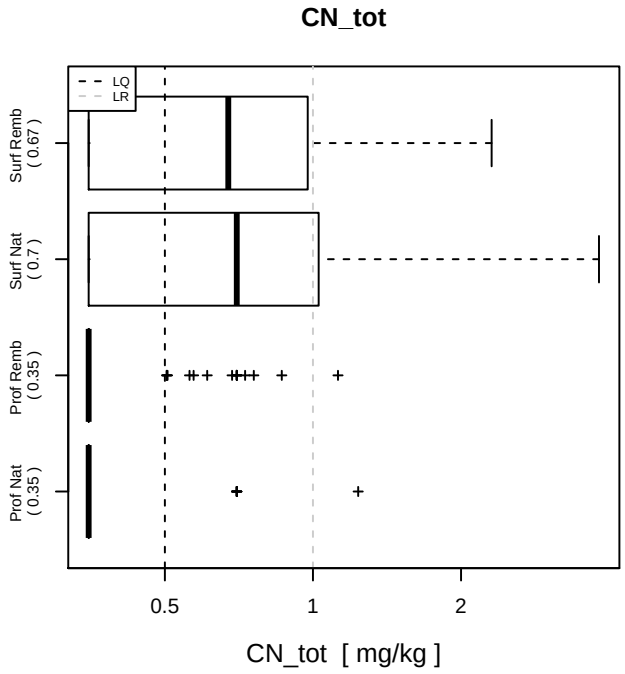
HTP21a30

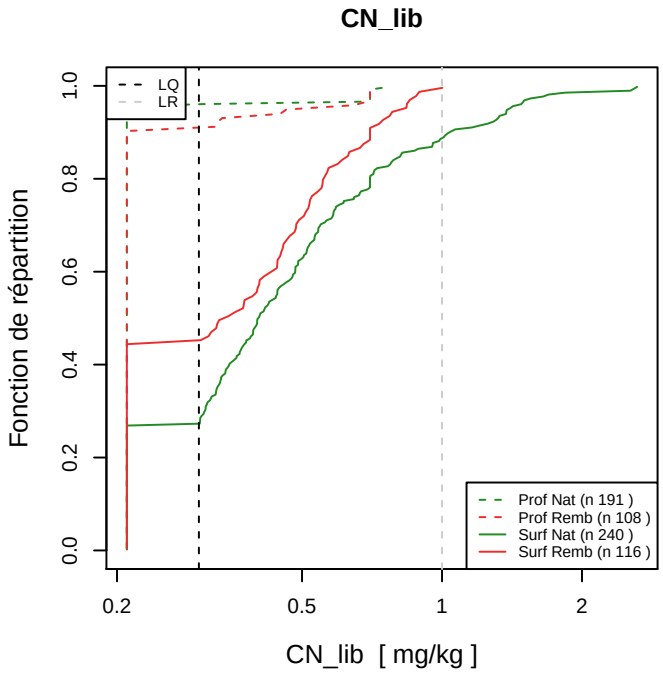


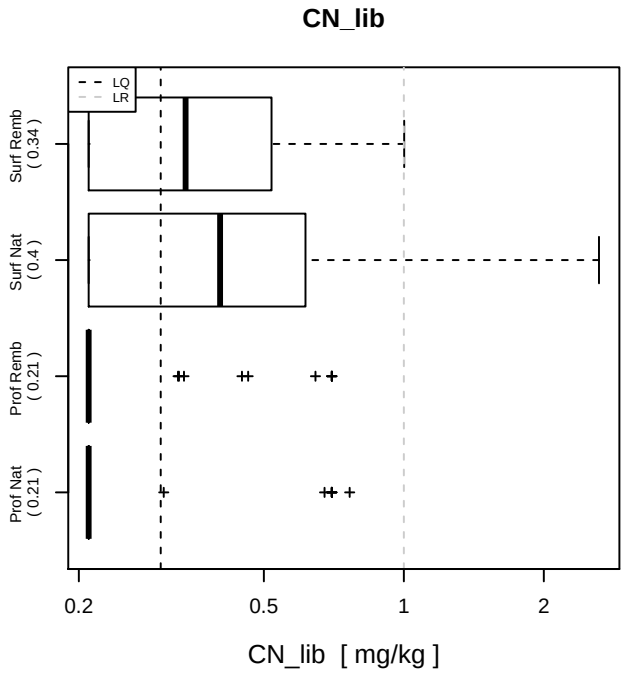

HTP30a35
Fonction de répartition
LQ
LR
Prof Nat (n 188)
Prof Remb (n 103)
Surf Nat (n 244)
Surf Remb (n 117)
HTP30a35 [mg/kg]


HTP30a35
LQ
LR
Surf Remb (5.8)
Surf Nat (3.8)
Prof Remb (3.2)
Prof Nat (2.1)
HTP30a35 [mg/kg]

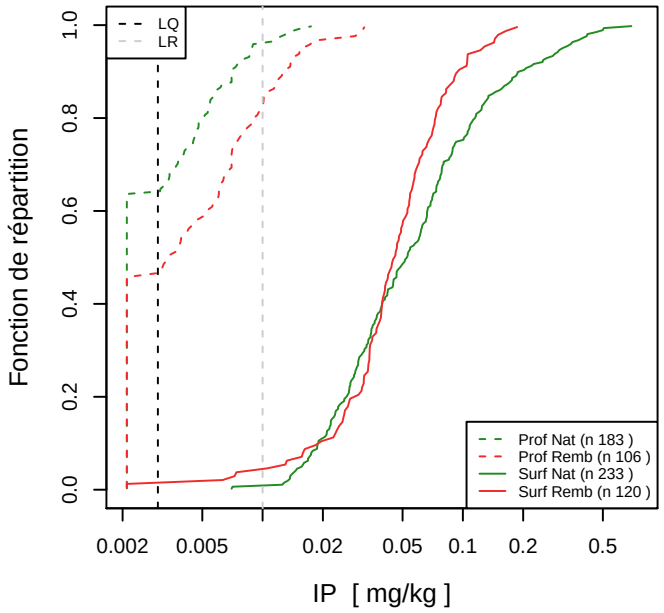

CN_tot
Fonction de répartition
LQ
LR
Prof Nat (n 191)
Prof Remb (n 107)
Surf Nat (n 242)
Surf Remb (n 119)
CN_tot [mg/kg]


CN_tot
LQ
LR
Surf Remb (0.67)
Surf Nat (0.7)
Prof Remb (0.35)
Prof Nat (0.35)
CN_tot [mg/kg]

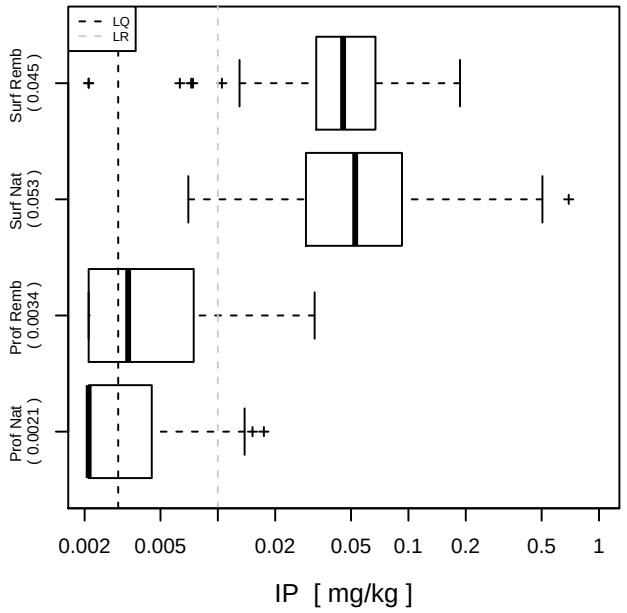

CN_lib
Fonction de répartition
LQ
LR
Prof Nat (n 191)
Prof Remb (n 108)
Surf Nat (n 240)
Surf Remb (n 116)
CN_lib [mg/kg]


CN_lib
LQ
LR
Surf Remb (0.34)
Surf Nat (0.4)
Prof Remb (0.21)
Prof Nat (0.21)
CN_lib [mg/kg]

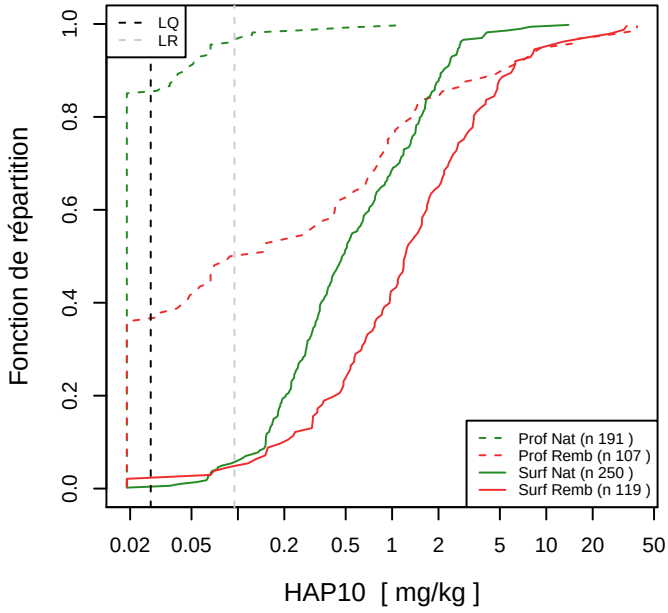
IP



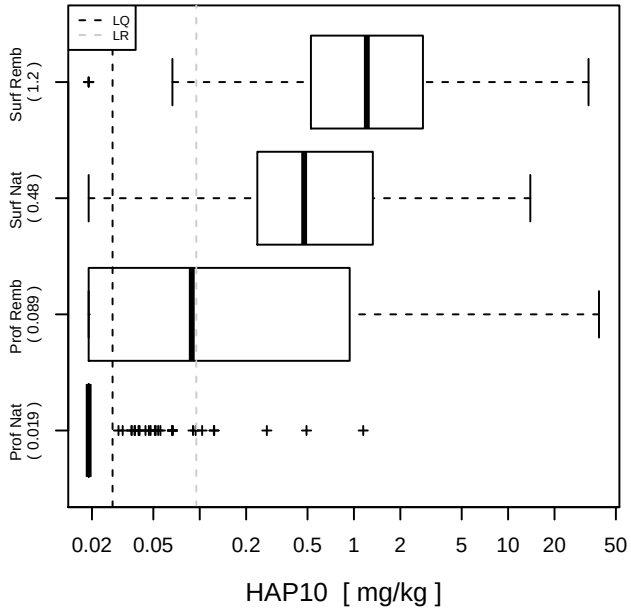
IP



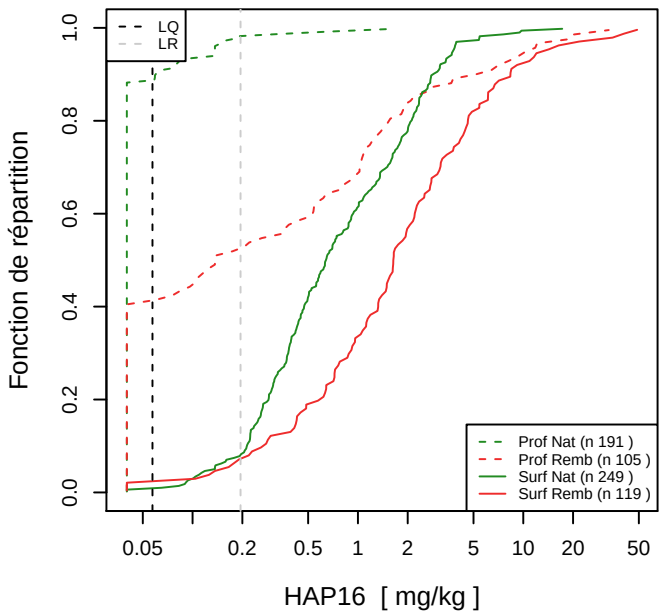
HAP10



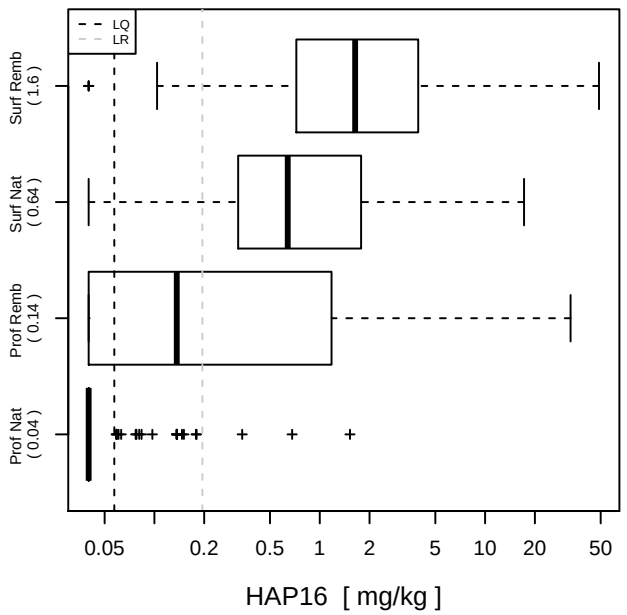
HAP10

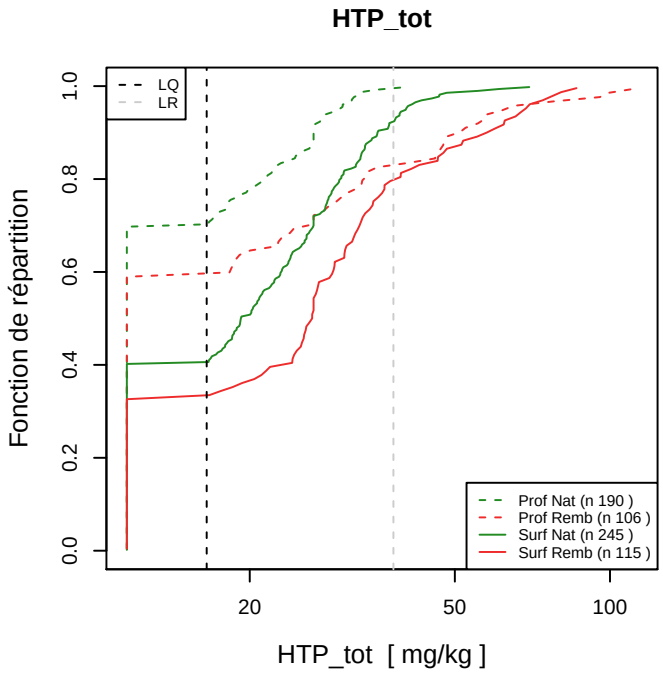


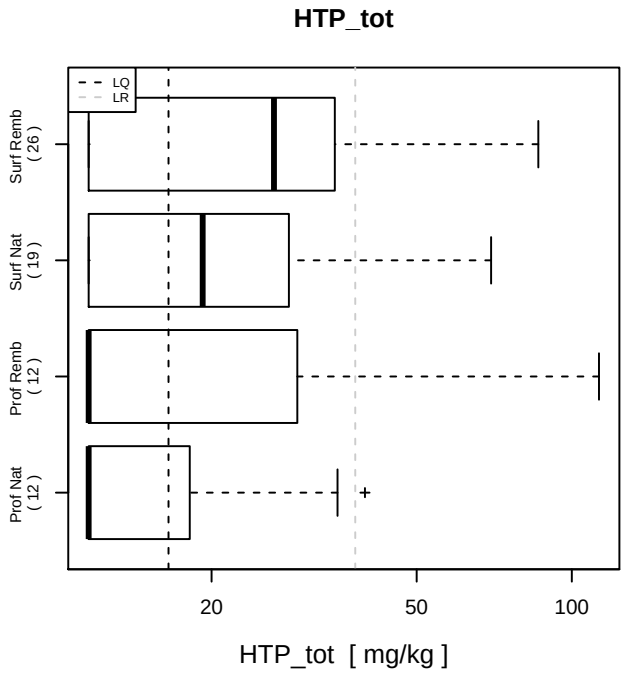
HAP16



HAP16




HTP_tot
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
LQ
LR
Prof Nat (n 190)
Prof Remb (n 106)
Surf Nat (n 245)
Surf Remb (n 115)
20
50
100
HTP_tot [mg/kg]

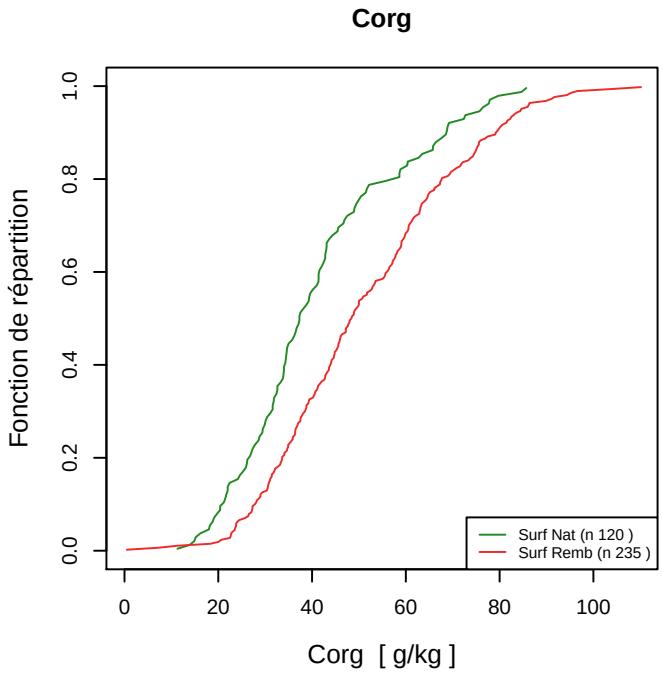

HTP_tot
LQ
LR
Surf Remb (26)
Surf Nat (19)
Prof Remb (12)
Prof Nat (12)
20
50
100
HTP_tot [mg/kg]

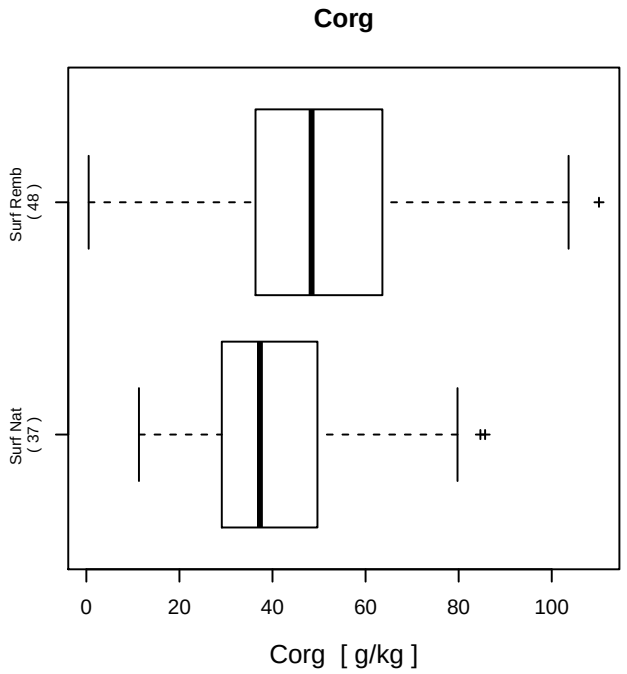
3b : Effet de la présence de remblais en potager

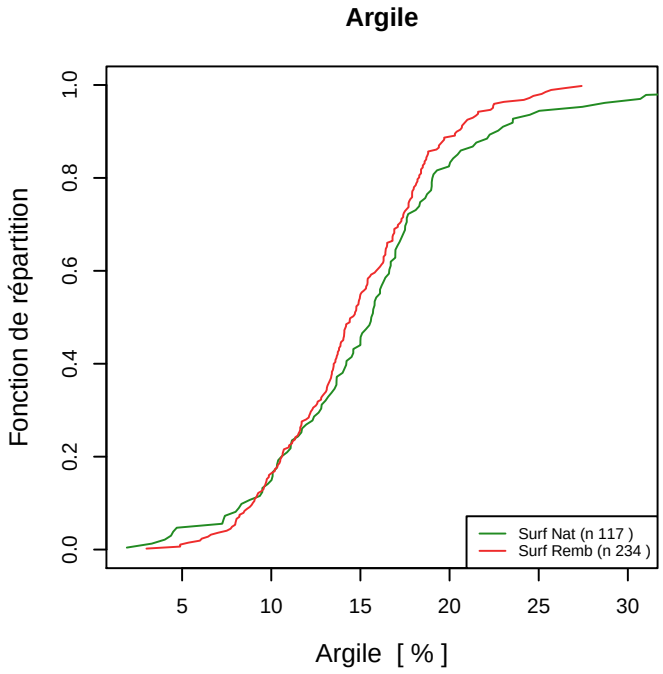
Légende :

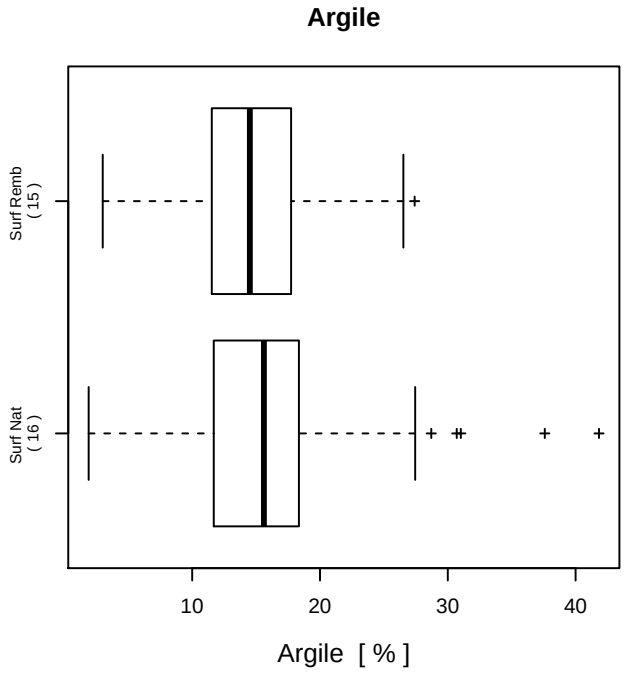
- Surf Nat : horizons des surface « non remblais » ;
- Surf Remb : horizons des surface « remblais » ;
- LR : limite de quantification de rapportage.

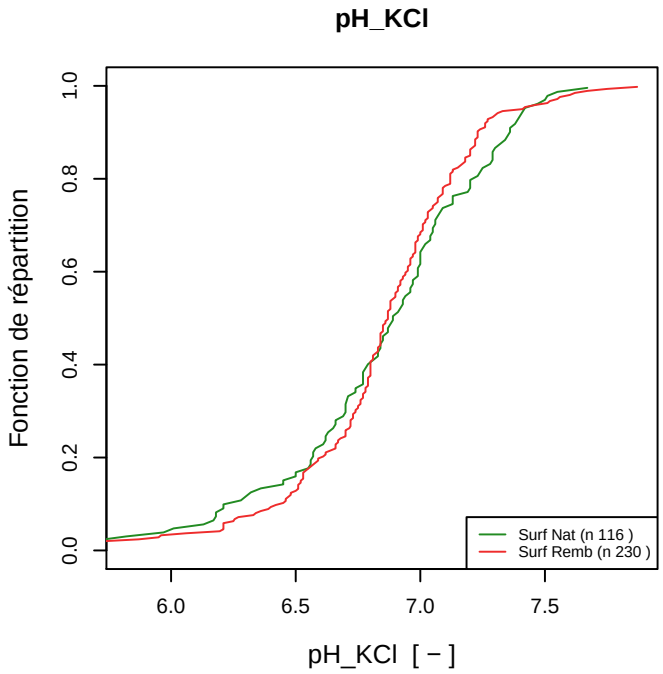
Les valeurs des médianes par modalité sont indiquées entre parenthèses le long de l'axe vertical du graphe « box-plot » ;

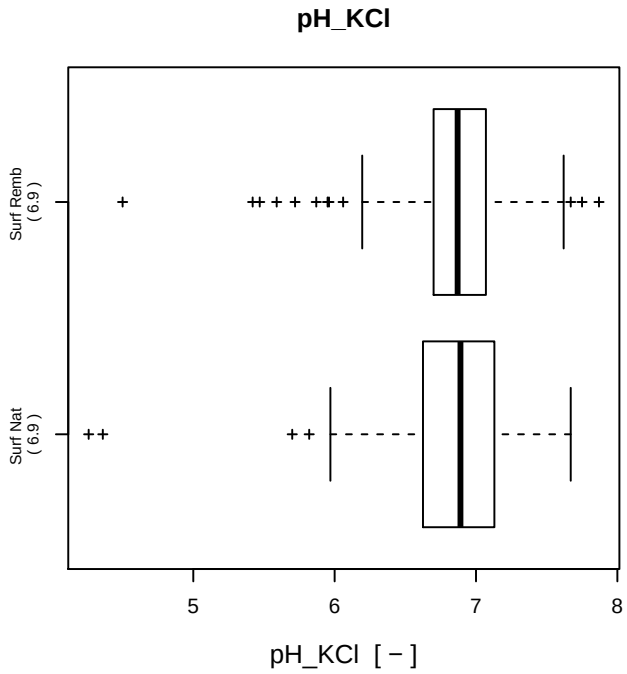

Corg
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
20
40
60
80
100
Corg [g/kg]
Surf Nat (n 120)
Surf Remb (n 235)

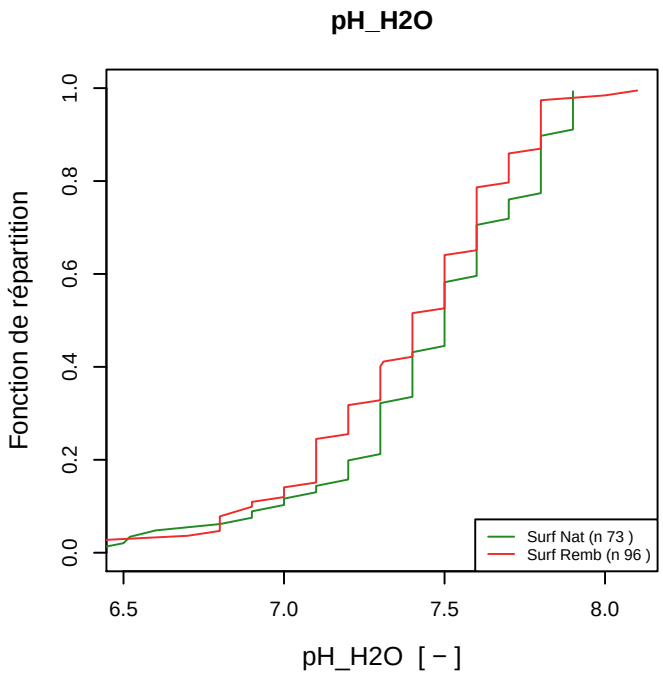

Corg
Surf Remb
(48)
Surf Nat
(37)
0
20
40
60
80
100
Corg [g/kg]

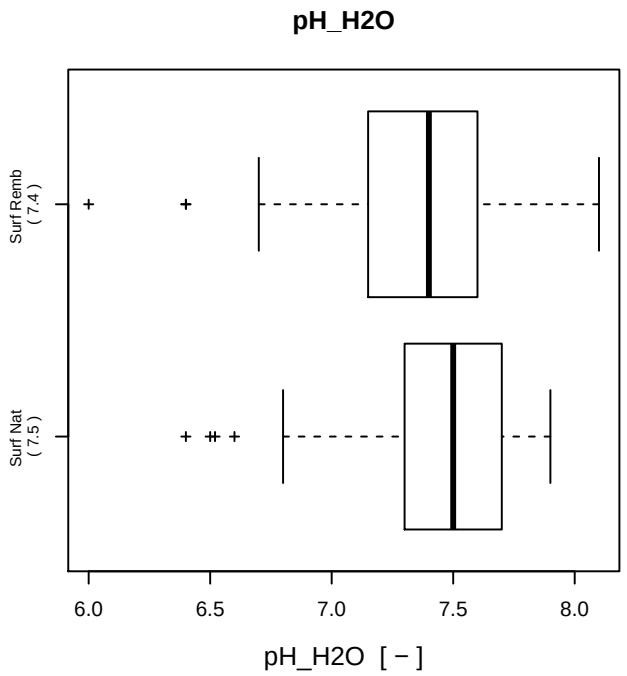

Argile
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
5
10
15
20
25
30
Argile [%]
Surf Nat (n 117)
Surf Remb (n 234)

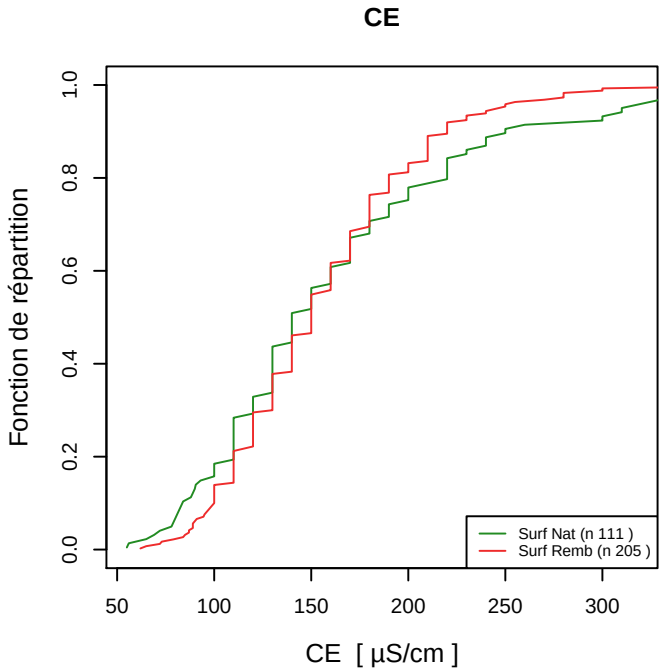

Argile
Surf Remb
(15)
Surf Nat
(16)
10
20
30
40
Argile [%]

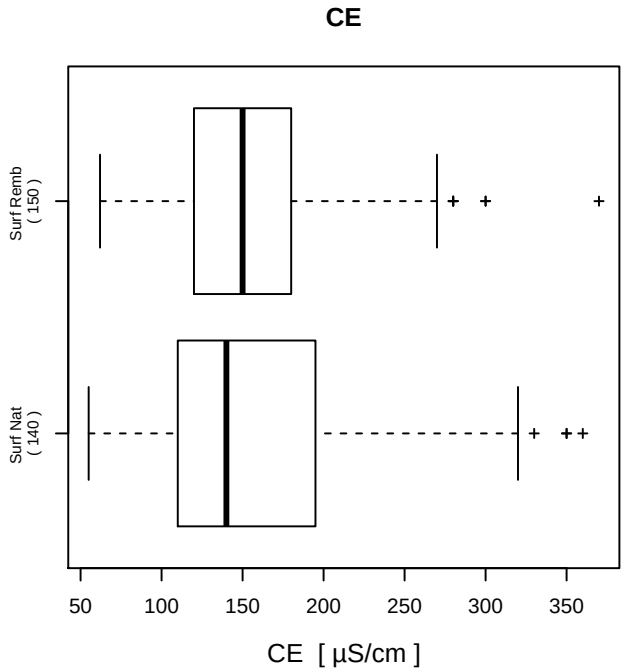

pH_KCl
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
6.0
6.5
7.0
7.5
pH_KCl [−]
Surf Nat (n 116)
Surf Remb (n 230)

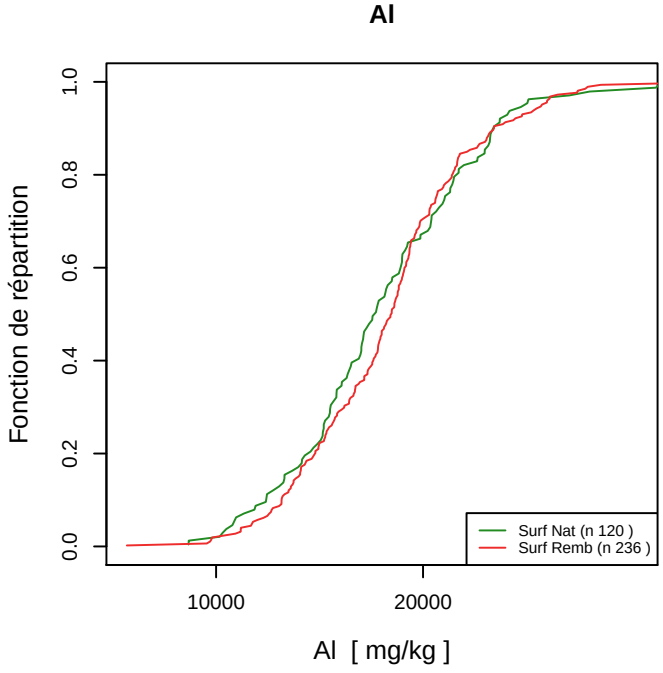

pH_KCl
Surf Remb
(6.9)
Surf Nat
(6.9)
5
6
7
8
pH_KCl [−]

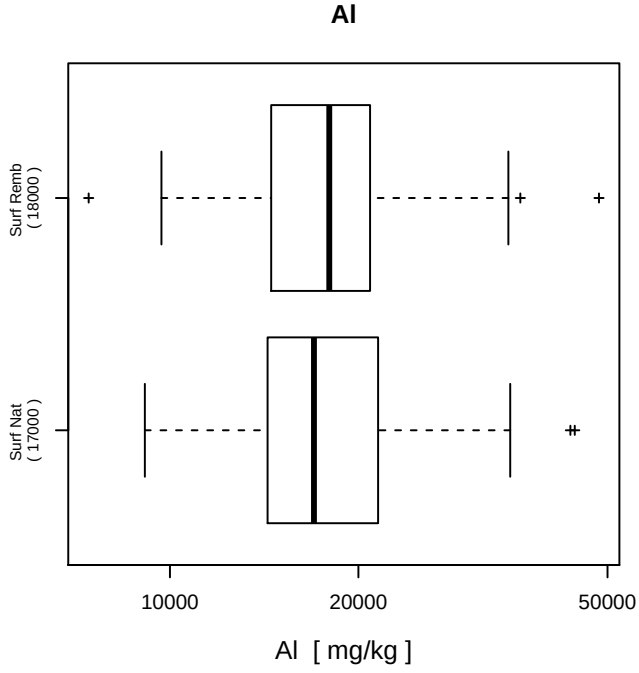

pH_H2O
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
6.5
7.0
7.5
8.0
pH_H2O [−]
Surf Nat (n 73)
Surf Remb (n 96)

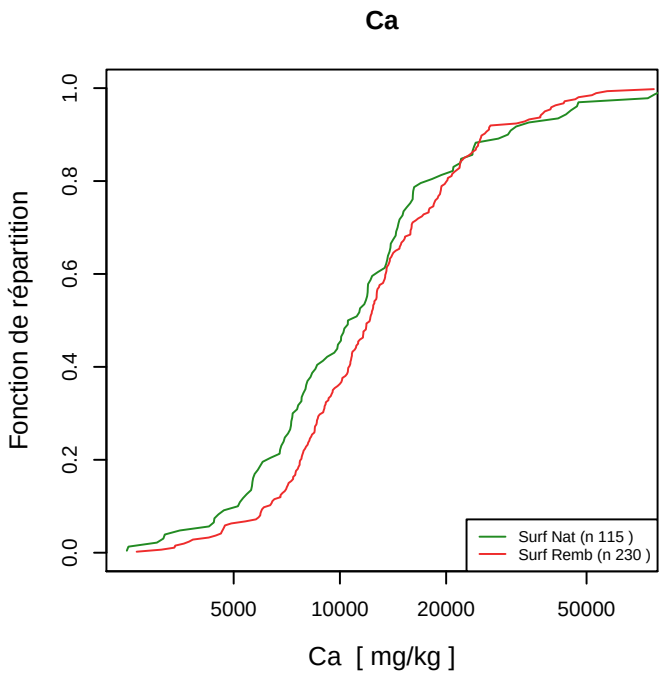

pH_H2O
Surf Remb
(7.4)
Surf Nat
(7.5)
6.0
6.5
7.0
7.5
8.0
pH_H2O [−]

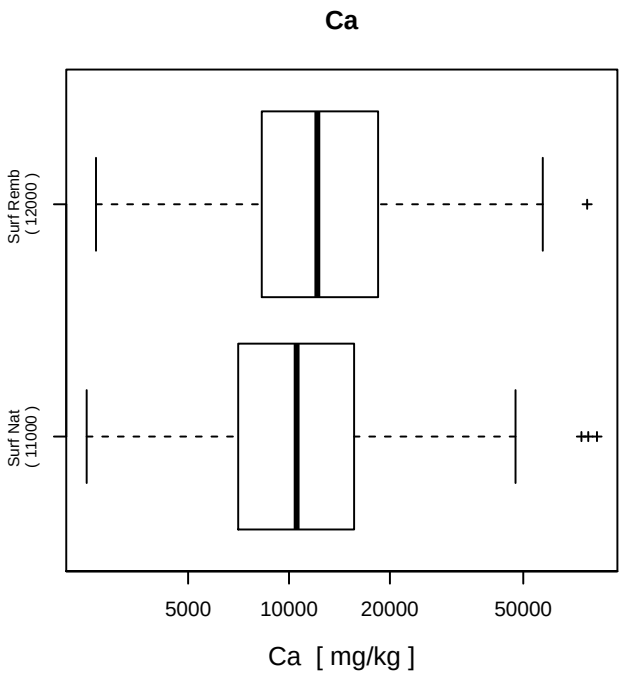

CE
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
50
100
150
200
250
300
CE [µS/cm]
Surf Nat (n 111)
Surf Remb (n 205)

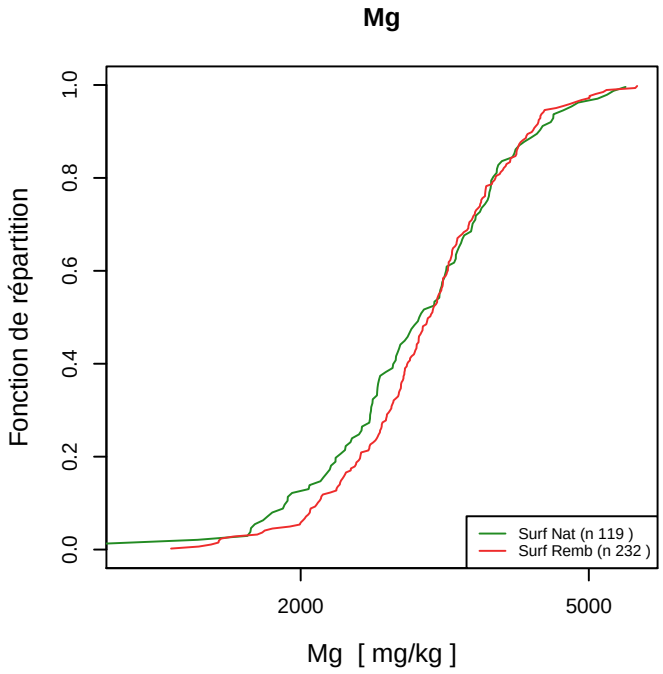

CE
Surf Remb
(150)
Surf Nat
(140)
50
100
150
200
250
300
350
CE [µS/cm]

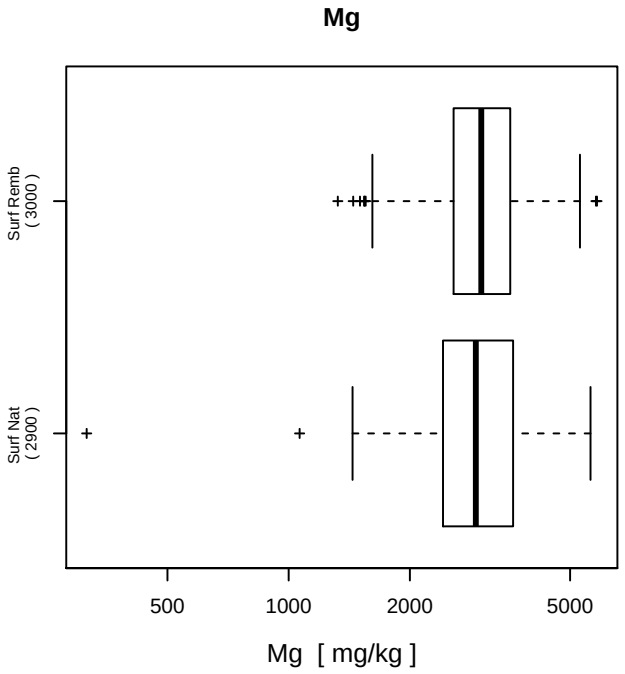

Al
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
10000
20000
Al [mg/kg]
Surf Nat (n 120)
Surf Remb (n 236)

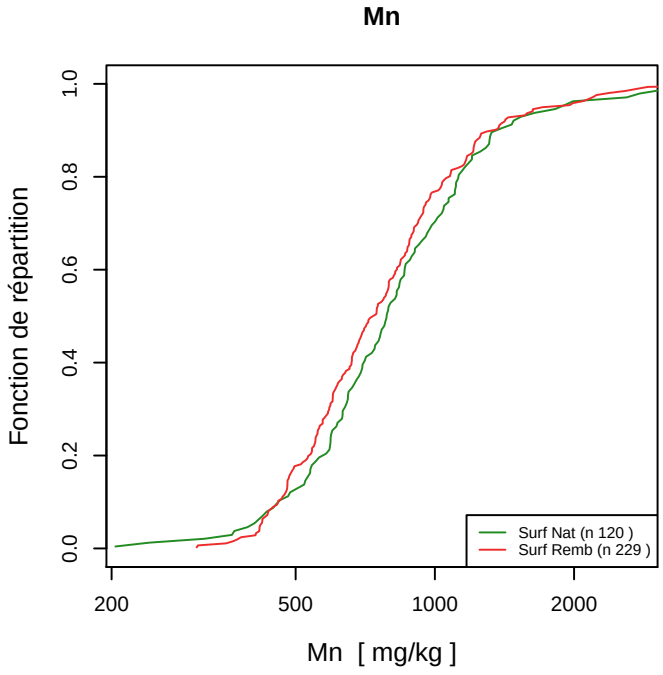

Al
Surf Remb
(18000)
Surf Nat
(17000)
10000
20000
50000
Al [mg/kg]

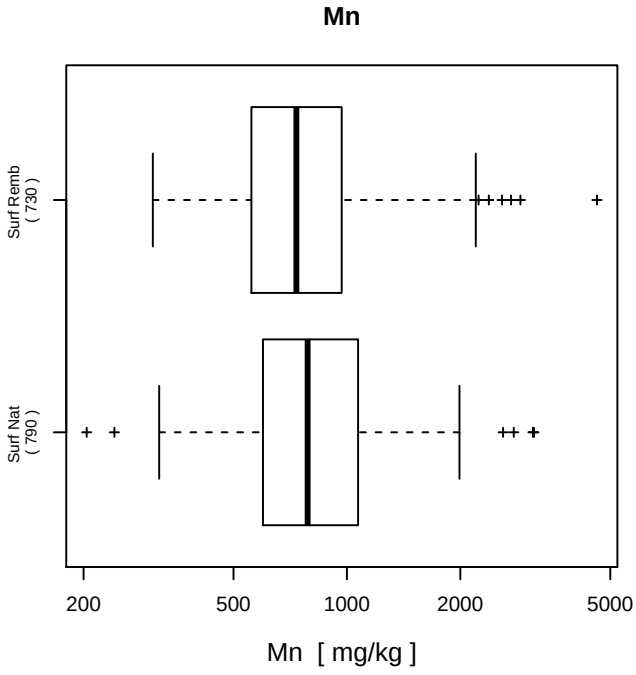

Ca
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
Surf Nat (n 115)
Surf Remb (n 230)
5000
10000
20000
50000
Ca [mg/kg]

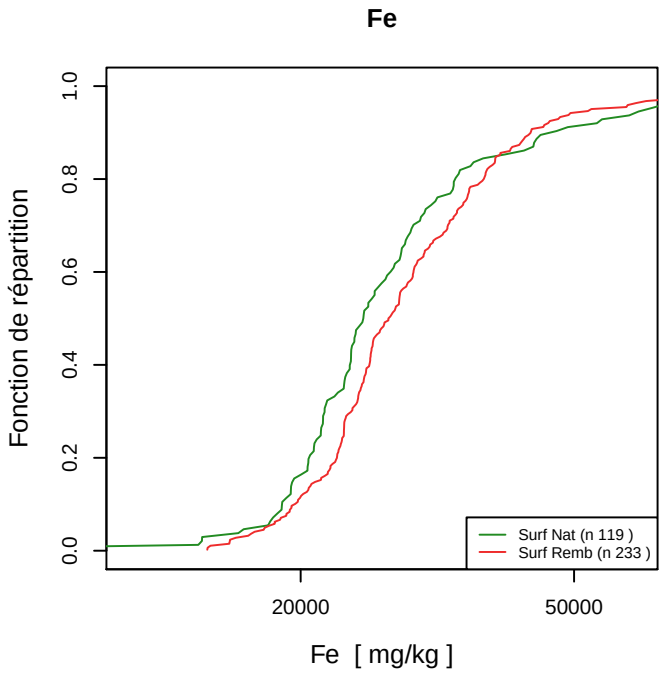

Ca
Surf Remb
(12000)
Surf Nat
(11000)
5000
10000
20000
50000
Ca [mg/kg]

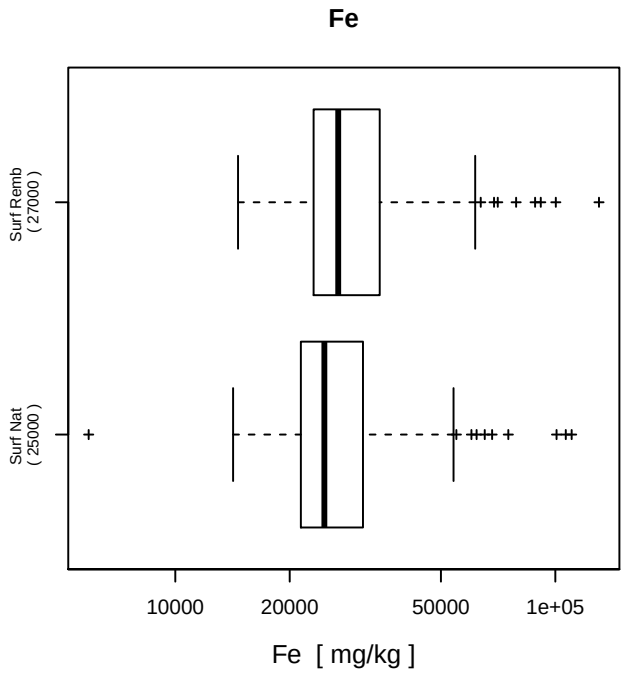

Mg
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
Surf Nat (n 119)
Surf Remb (n 232)
2000
5000
Mg [mg/kg]

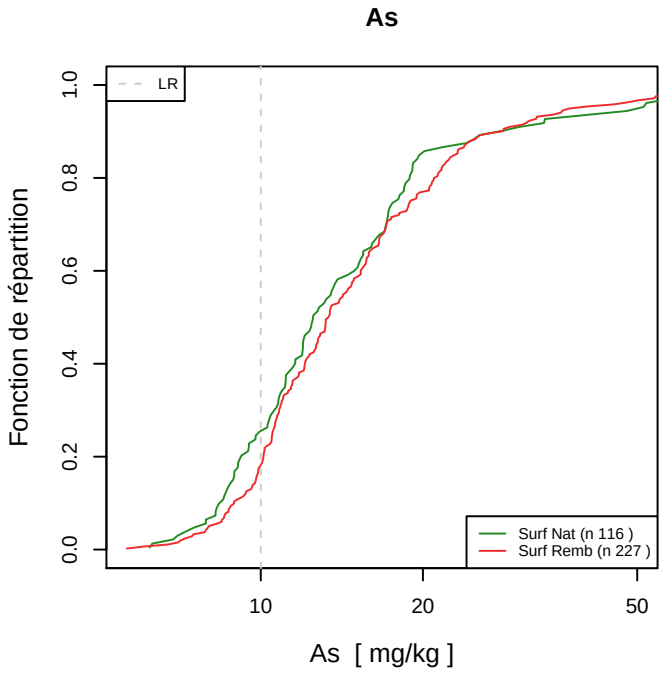

Mg
Surf Remb
(3000)
Surf Nat
(2900)
500
1000
2000
5000
Mg [mg/kg]

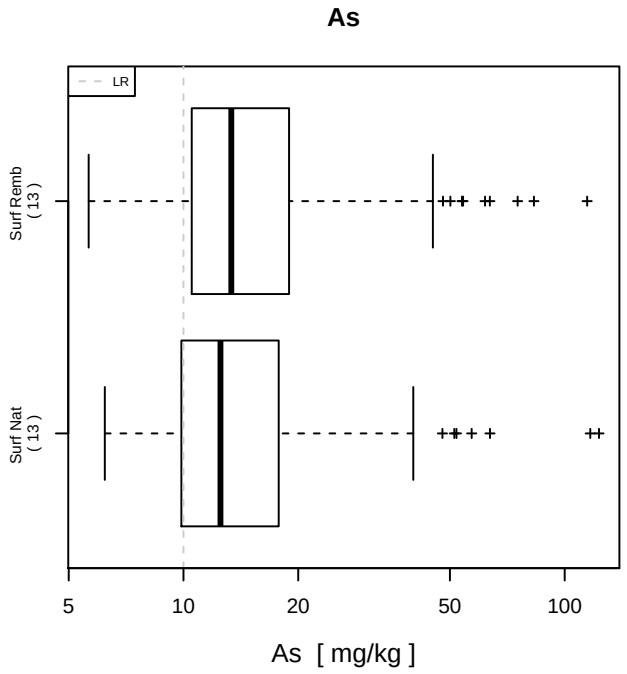

Mn
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
Surf Nat (n 120)
Surf Remb (n 229)
200
500
1000
2000
Mn [mg/kg]

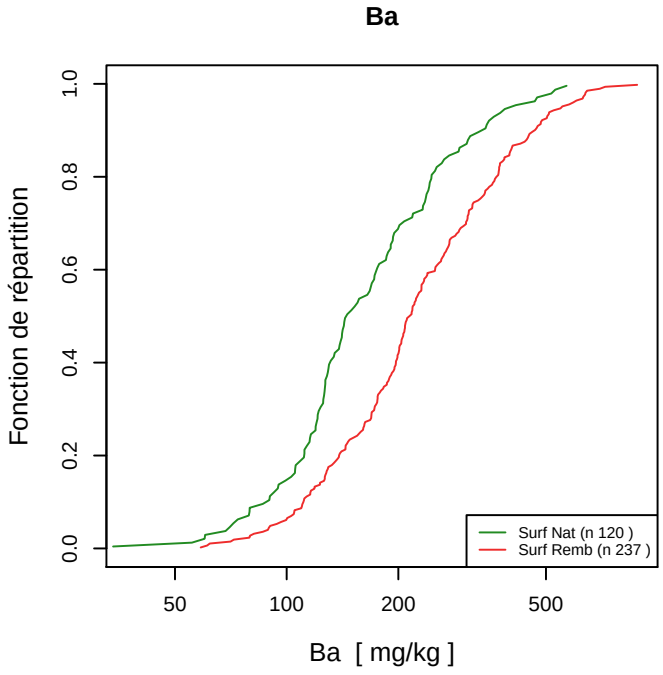

Mn
Surf Remb
(730)
Surf Nat
(790)
200
500
1000
2000
5000
Mn [mg/kg]

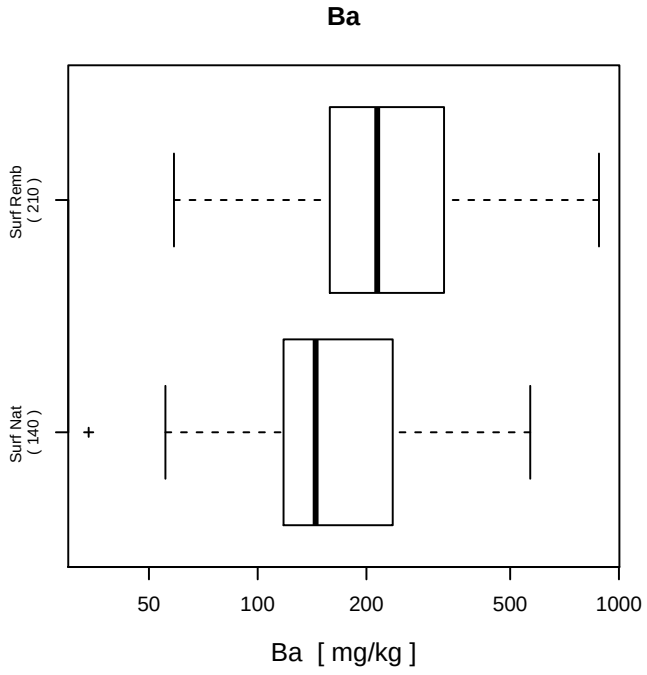

Fe
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
Surf Nat (n 119)
Surf Remb (n 233)
20000
50000
Fe [mg/kg]

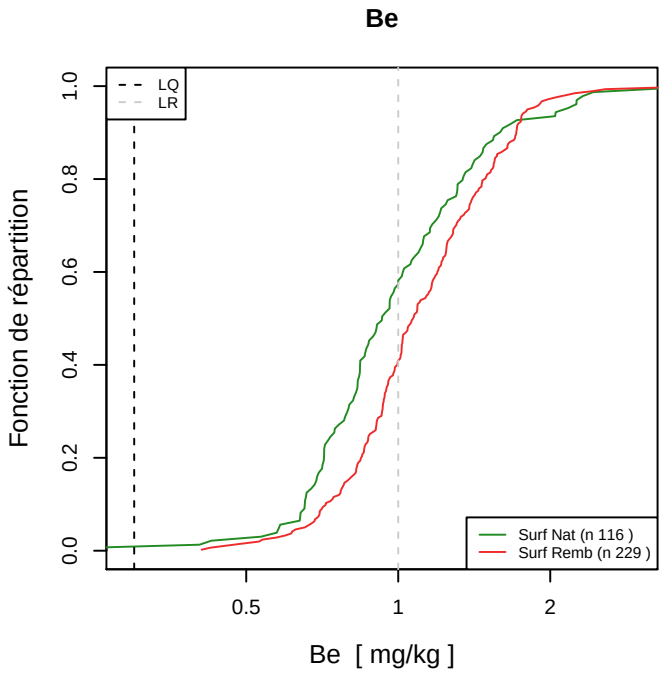

Fe
Surf Remb (27000)
Surf Nat (25000)
10000
20000
50000
1e+05
Fe [mg/kg]

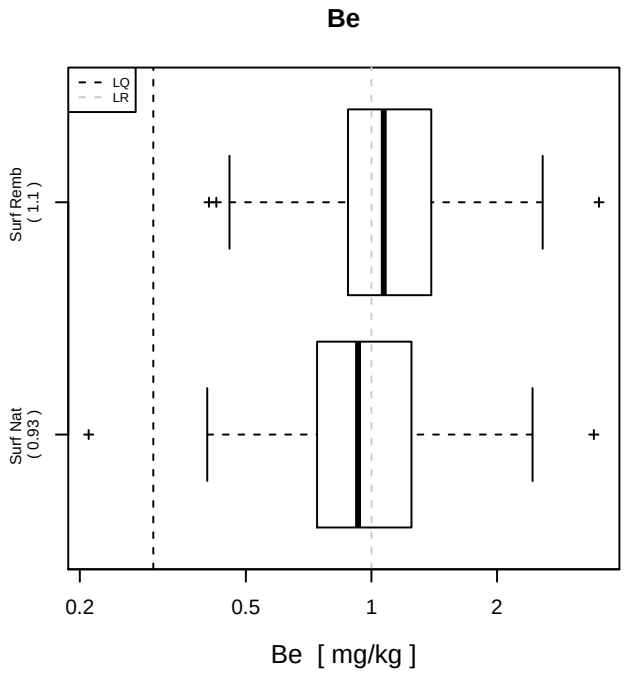

As
LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
Surf Nat (n 116)
Surf Remb (n 227)
10
20
50
As [mg/kg]

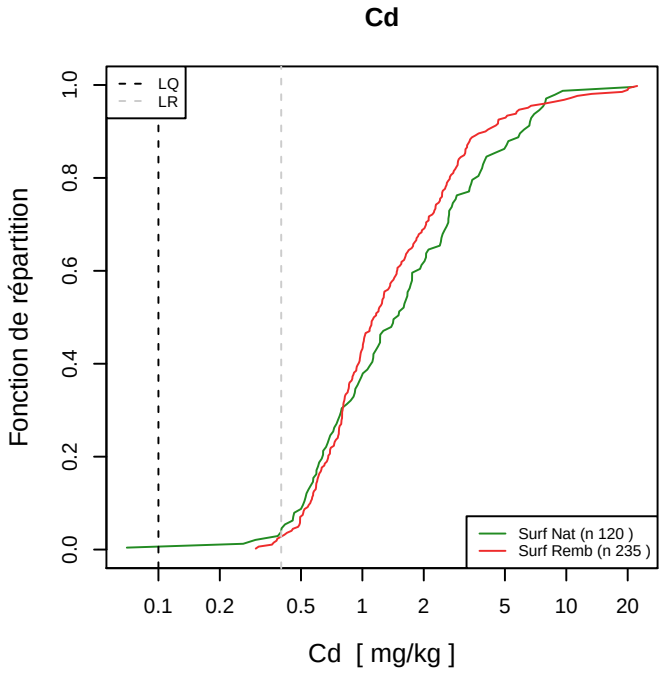

As
LR
Surf Remb (13)
Surf Nat (13)
5
10
20
50
100
As [mg/kg]

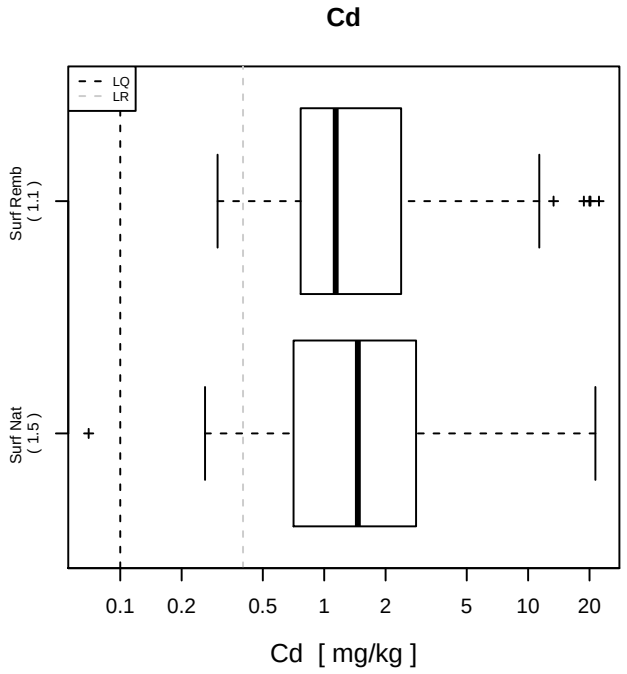

Ba
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
Surf Nat (n 120)
Surf Remb (n 237)
50
100
200
500
Ba [mg/kg]

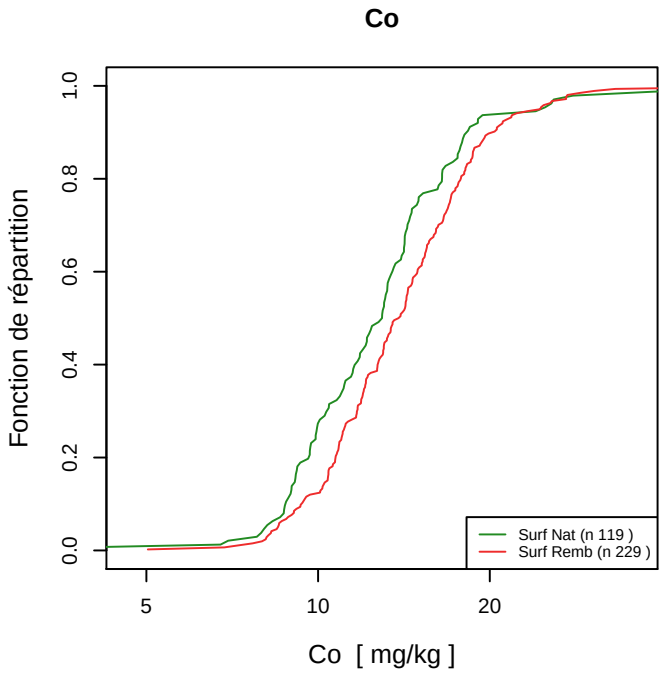

Ba
Surf Remb (210)
Surf Nat (140)
50
100
200
500
1000
Ba [mg/kg]

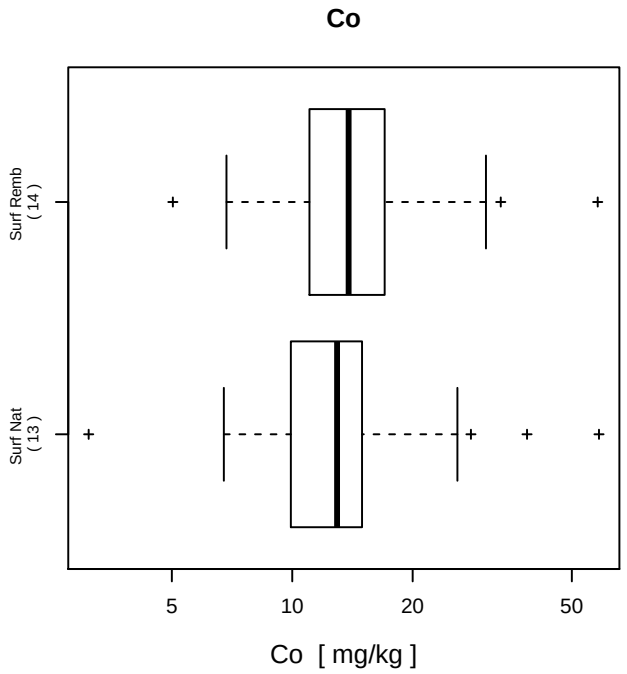

Be
LQ
LR
Surf Nat (n 116)
Surf Remb (n 229)
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.5
1
2
Be [mg/kg]

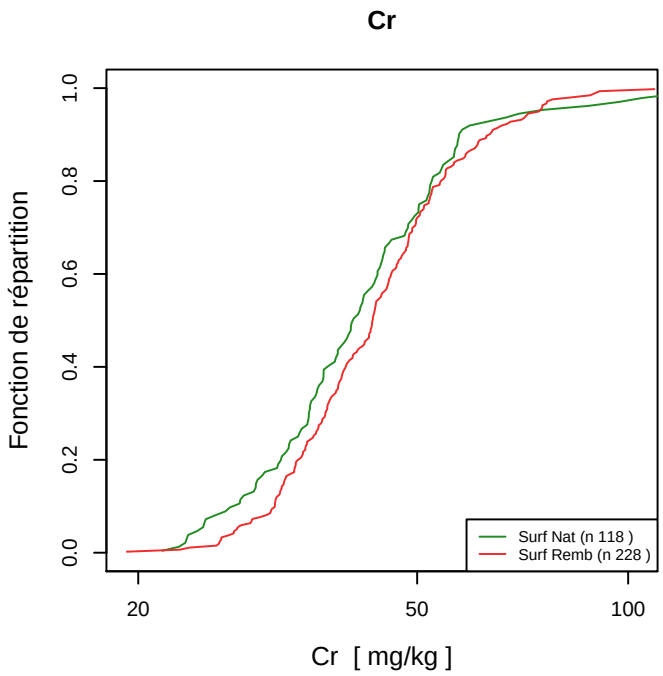

Be
LQ
LR
Surf Remb
(1.1)
Surf Nat
(0.93)
0.2
0.5
1
2
Be [mg/kg]

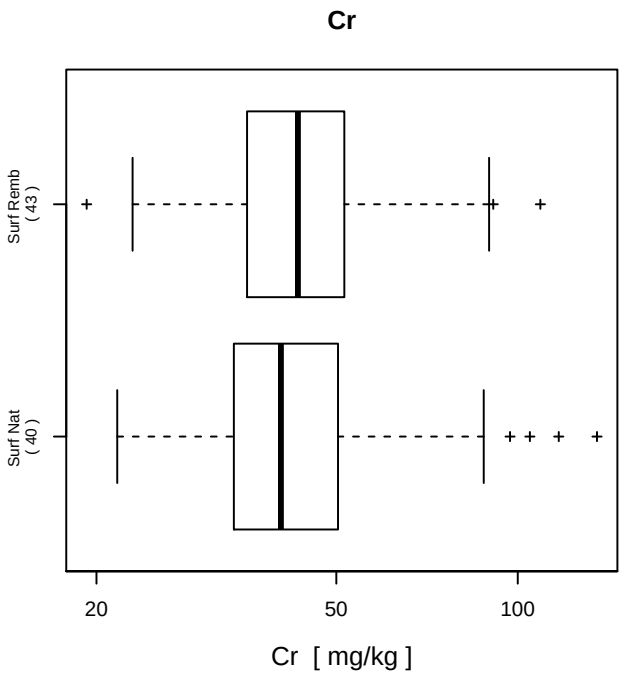

Cd
LQ
LR
Surf Nat (n 120)
Surf Remb (n 235)
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.1
0.2
0.5
1
2
5
10
20
Cd [mg/kg]

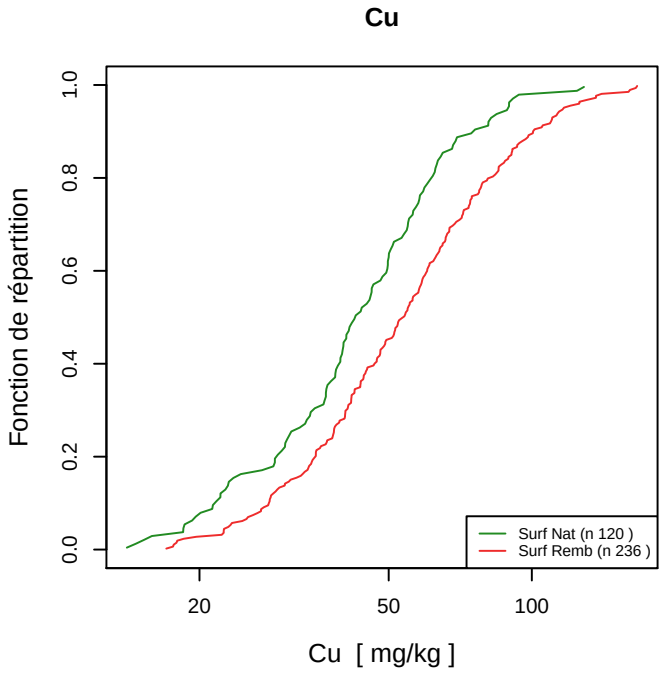

Cd
LQ
LR
Surf Remb
(1.1)
Surf Nat
(1.5)
0.1
0.2
0.5
1
2
5
10
20
Cd [mg/kg]

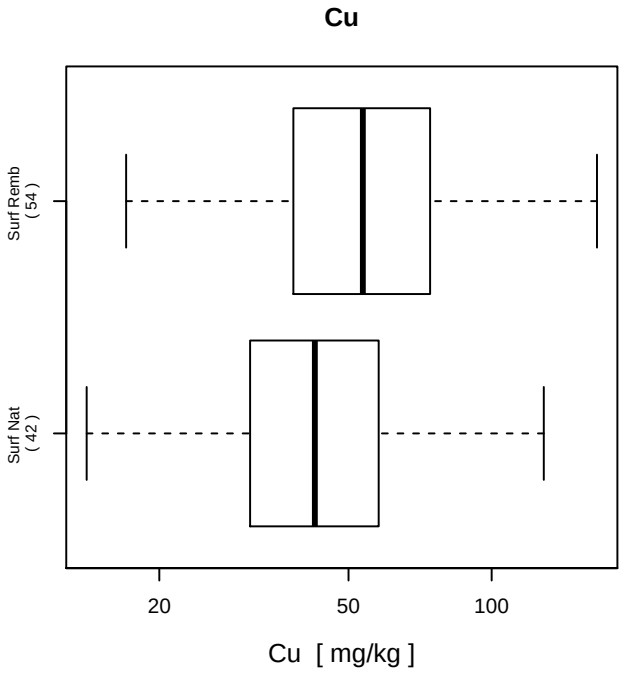

Co
Surf Nat (n 119)
Surf Remb (n 229)
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
5
10
20
Co [mg/kg]

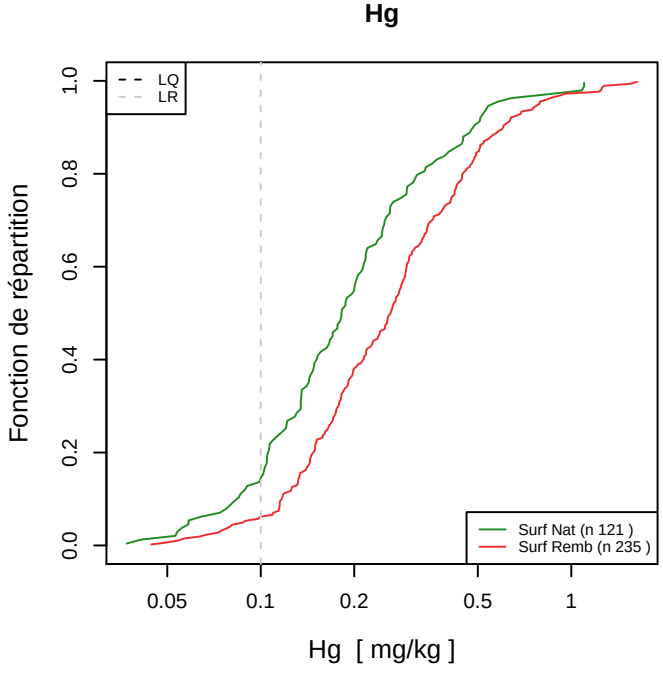

Co
Surf Remb
(14)
Surf Nat
(13)
5
10
20
50
Co [mg/kg]

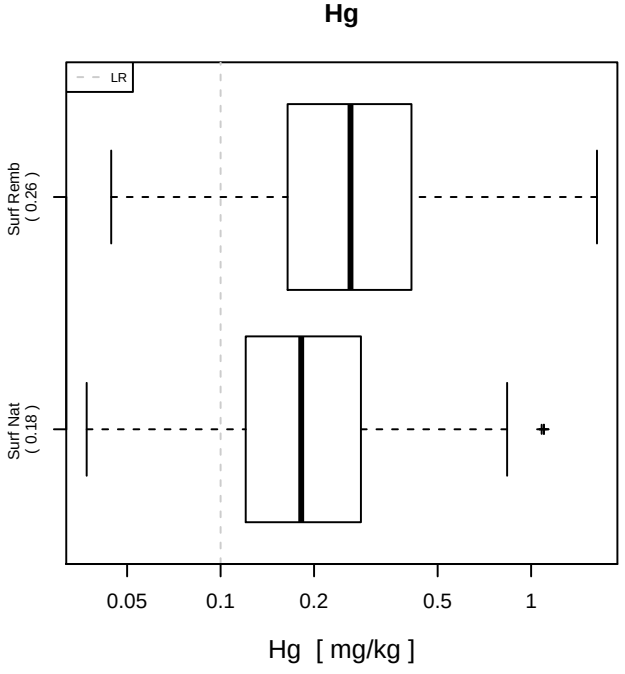

Cr
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
Surf Nat (n 118)
Surf Remb (n 228)
20
50
100
Cr [mg/kg]

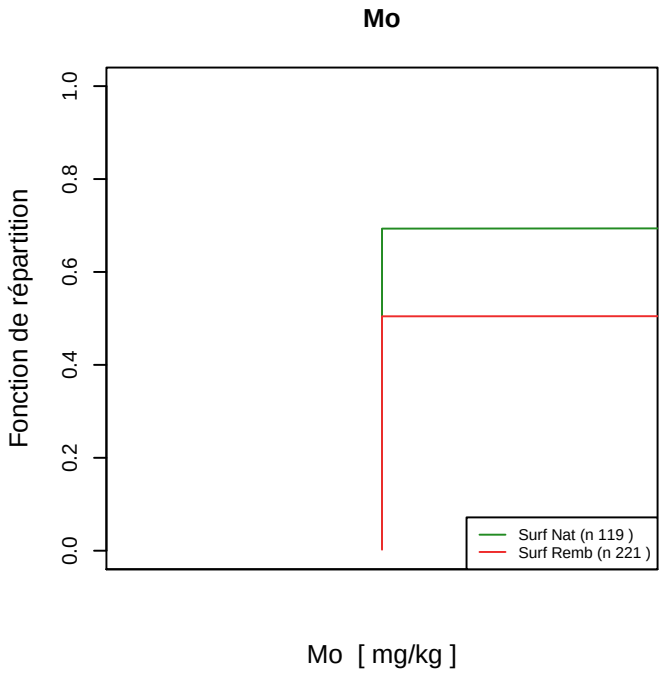

Cr
Surf Remb
(43)
Surf Nat
(40)
20
50
100
Cr [mg/kg]

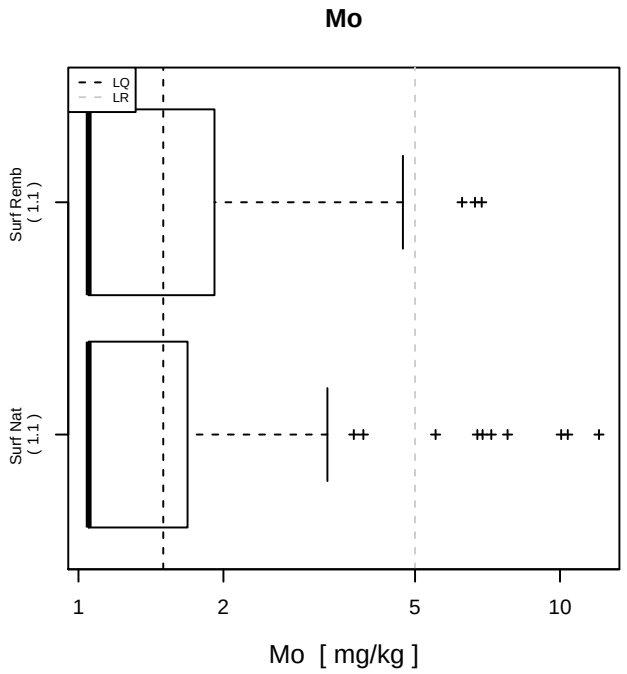

Cu
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
Surf Nat (n 120)
Surf Remb (n 236)
20
50
100
Cu [mg/kg]

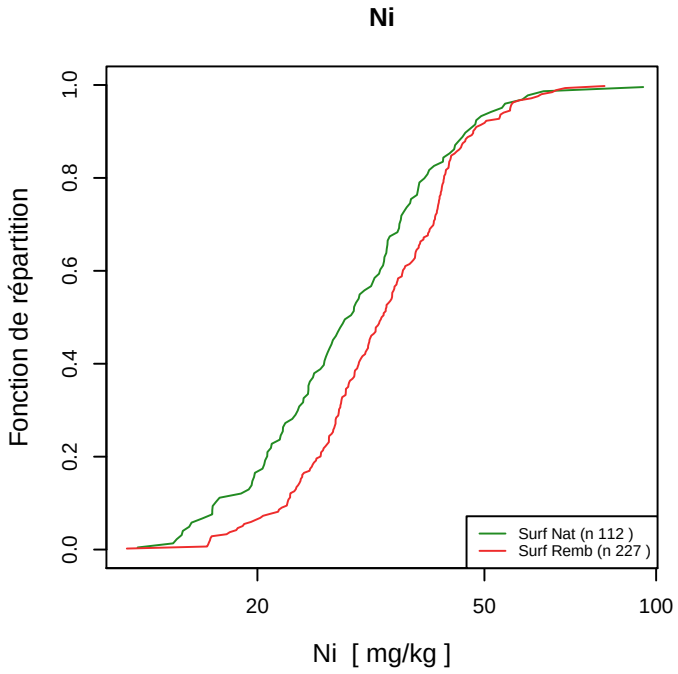

Cu
Surf Remb
(54)
Surf Nat
(42)
20
50
100
Cu [mg/kg]

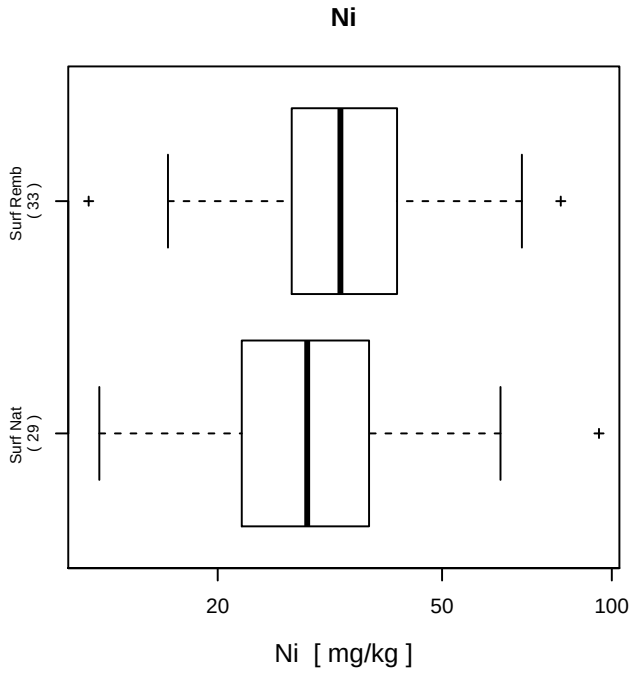

Hg
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
LQ
LR
Surf Nat (n 121)
Surf Remb (n 235)
0.05
0.1
0.2
0.5
1
Hg [mg/kg]

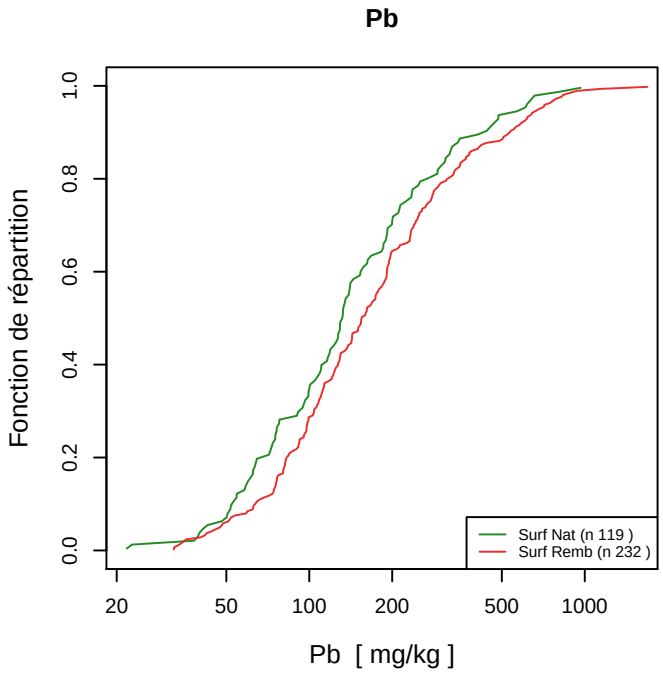

Hg
LR
Surf Remb
(0.26)
Surf Nat
(0.18)
0.05
0.1
0.2
0.5
1
Hg [mg/kg]

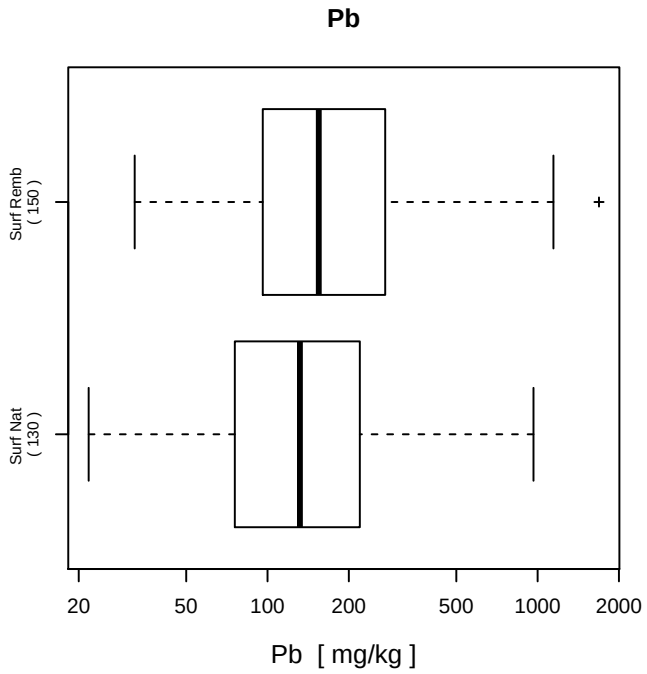

Mo
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
Surf Nat (n 119)
Surf Rembl (n 221)
Mo [mg/kg]

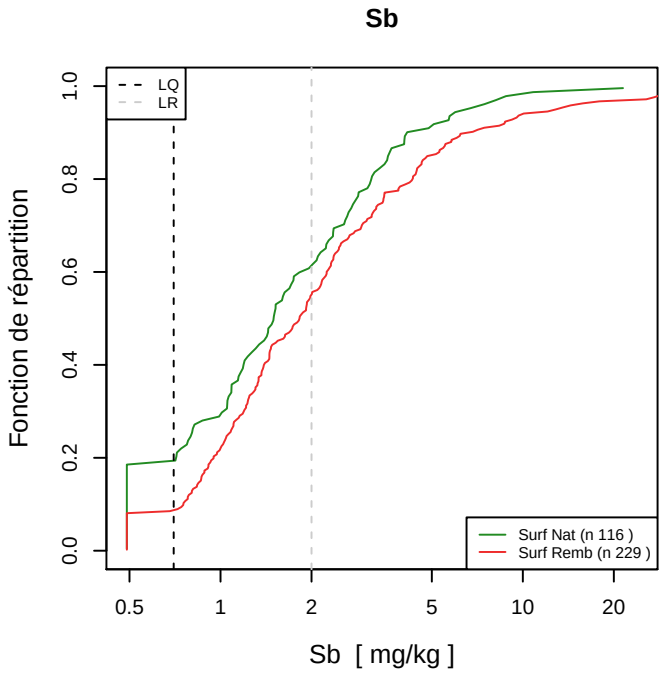

Mo
LQ
LR
Surf Remb
(1.1)
Surf Nat
(1.1)
1
2
5
10
Mo [mg/kg]

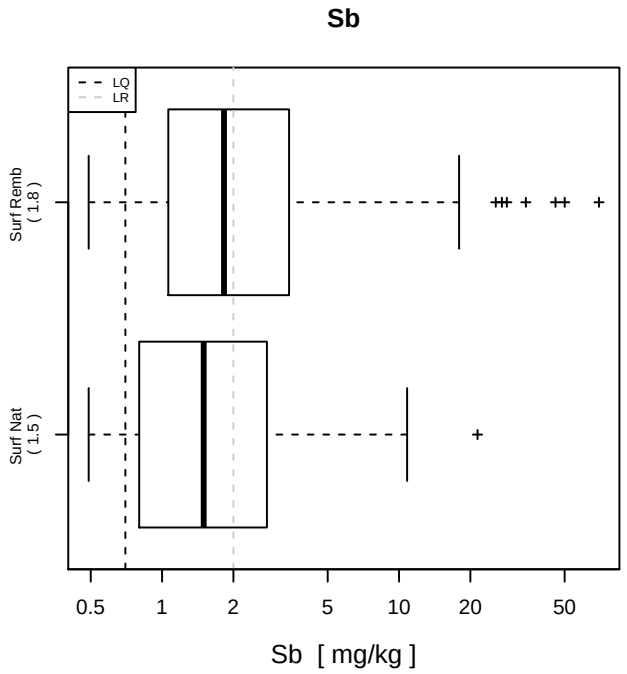

Ni
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
Surf Nat (n 112)
Surf Remb (n 227)
20
50
100
Ni [mg/kg]

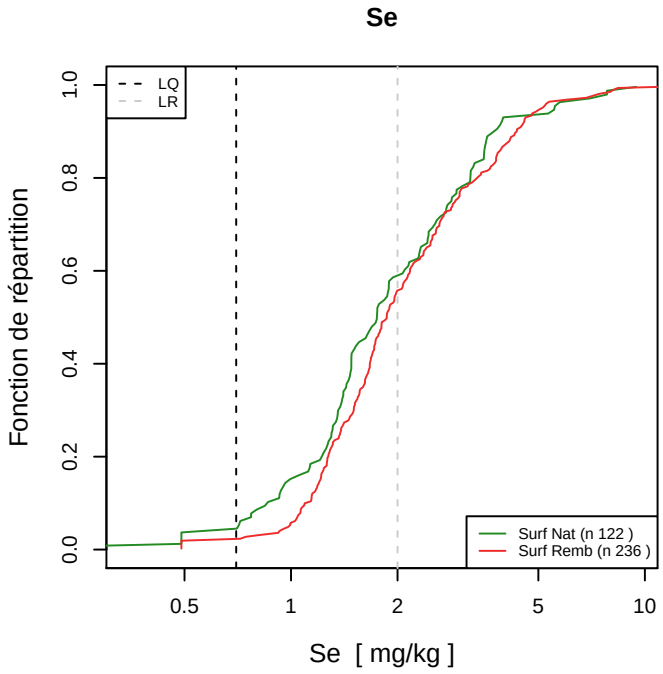

Ni
Surf Remb
(33)
Surf Nat
(29)
20
50
100
Ni [mg/kg]

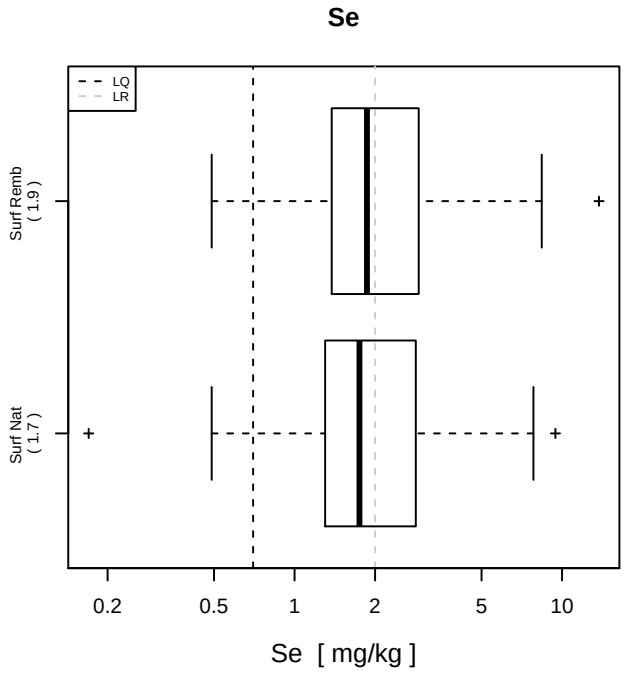

Pb
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
Surf Nat (n 119)
Surf Remb (n 232)
20
50
100
200
500
1000
Pb [mg/kg]

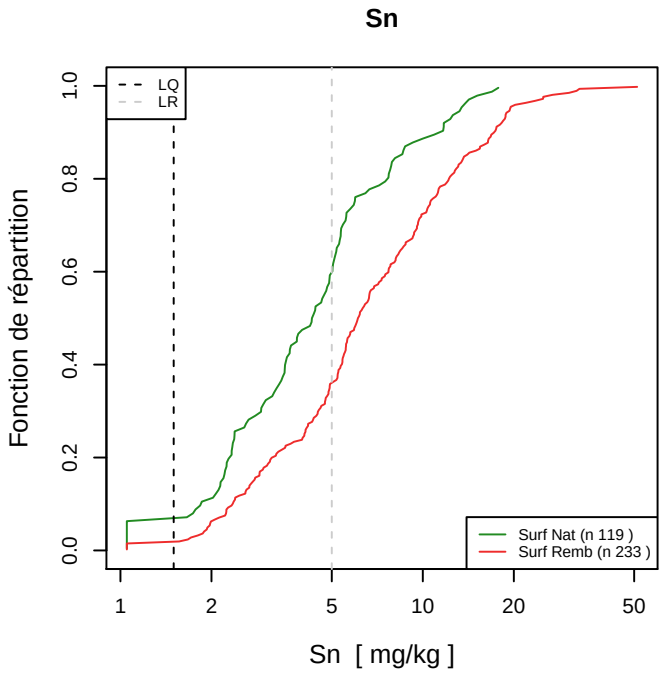

Pb
Surf Remb
(150)
Surf Nat
(130)
20
50
100
200
500
1000
2000
Pb [mg/kg]

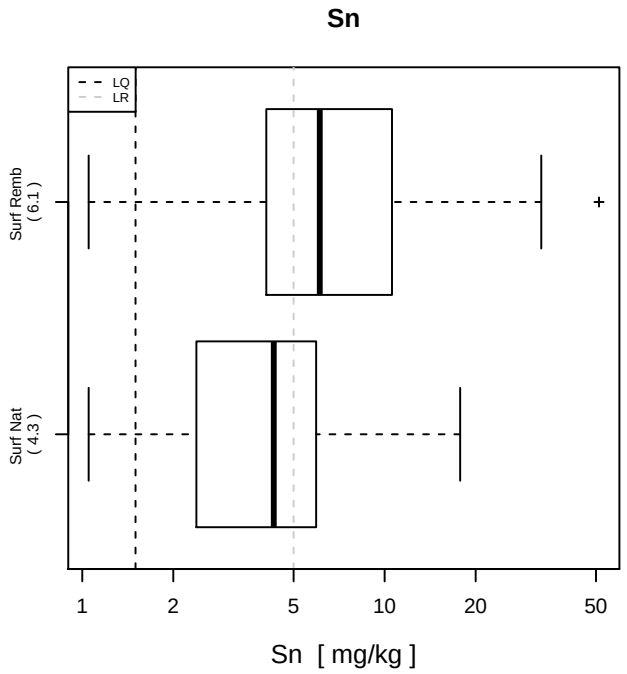

Sb
LQ
LR
Surf Nat (n 116)
Surf Remb (n 229)
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.5
1
2
5
10
20
Sb [mg/kg]

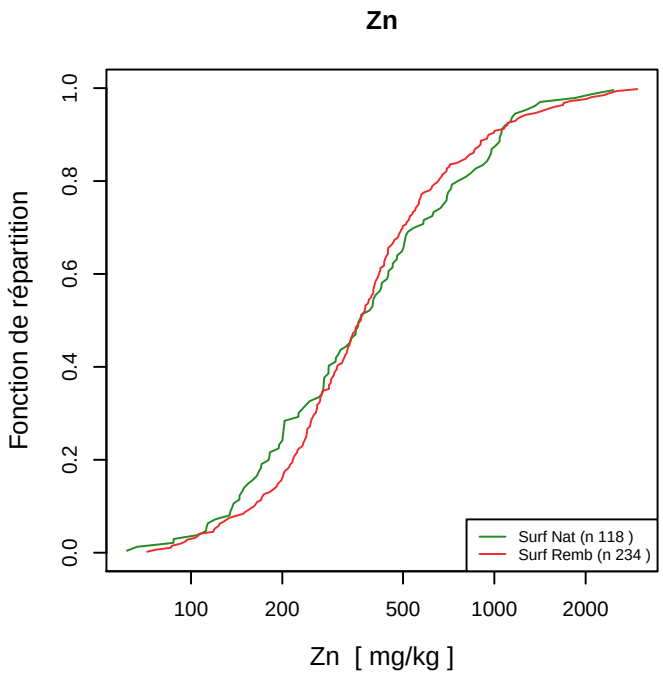

Sb
LQ
LR
Surf Remb
(1.8)
Surf Nat
(1.5)
0.5
1
2
5
10
20
50
Sb [mg/kg]

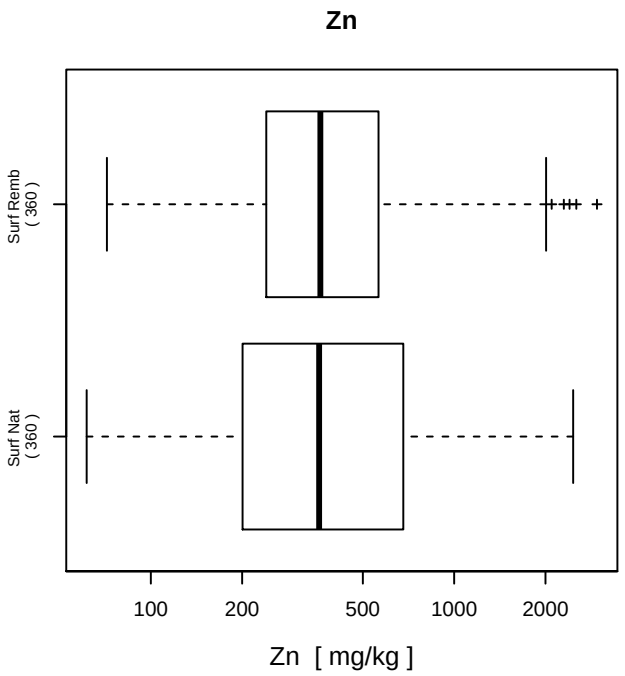

Se
LQ
LR
Surf Nat (n 122)
Surf Remb (n 236)
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.5
1
2
5
10
Se [mg/kg]

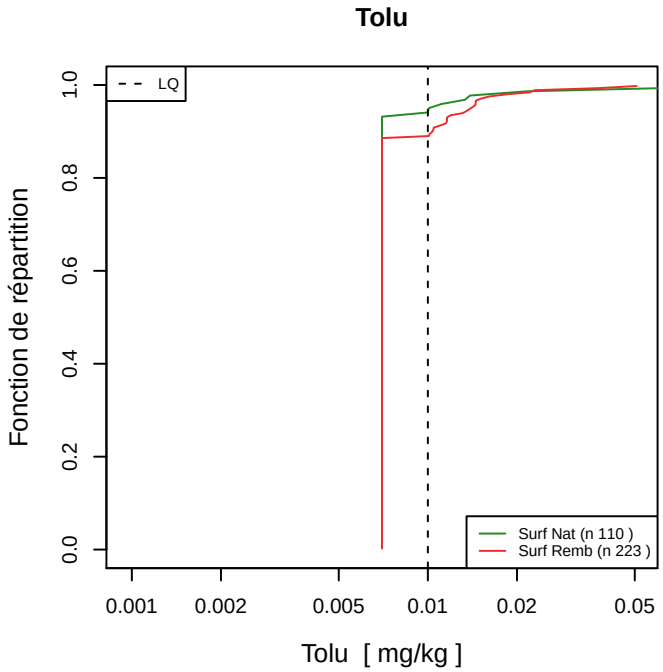

Se
LQ
LR
Surf Remb
(1.9)
Surf Nat
(1.7)
0.2
0.5
1
2
5
10
Se [mg/kg]

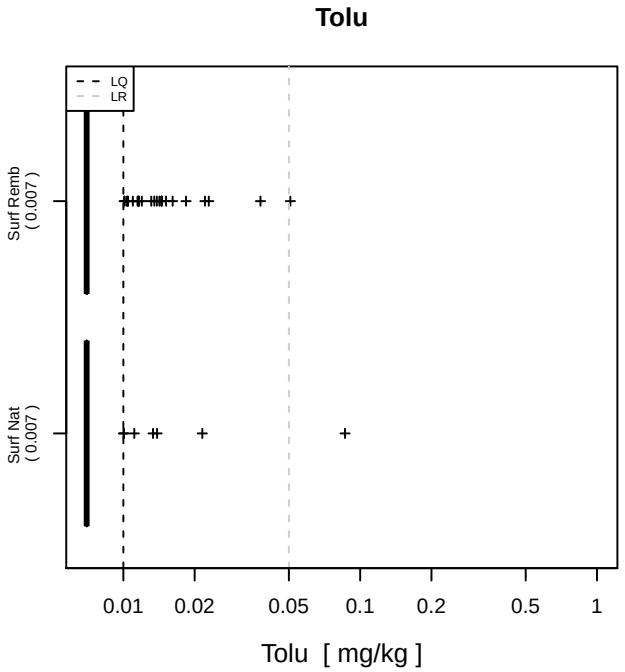

Sn
LQ
LR
Surf Nat (n 119)
Surf Remb (n 233)
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
1
2
5
10
20
50
Sn [mg/kg]

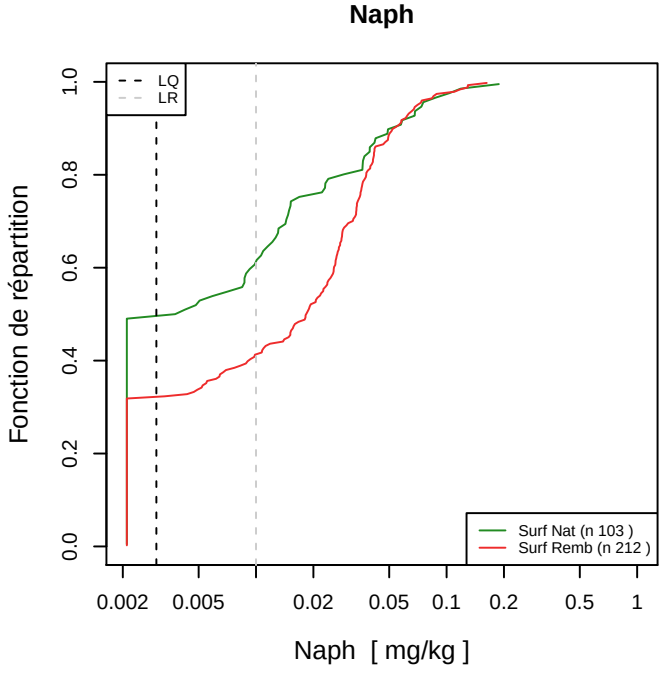

Sn
LQ
LR
Surf Remb
(6.1)
Surf Nat
(4.3)
1
2
5
10
20
50
Sn [mg/kg]

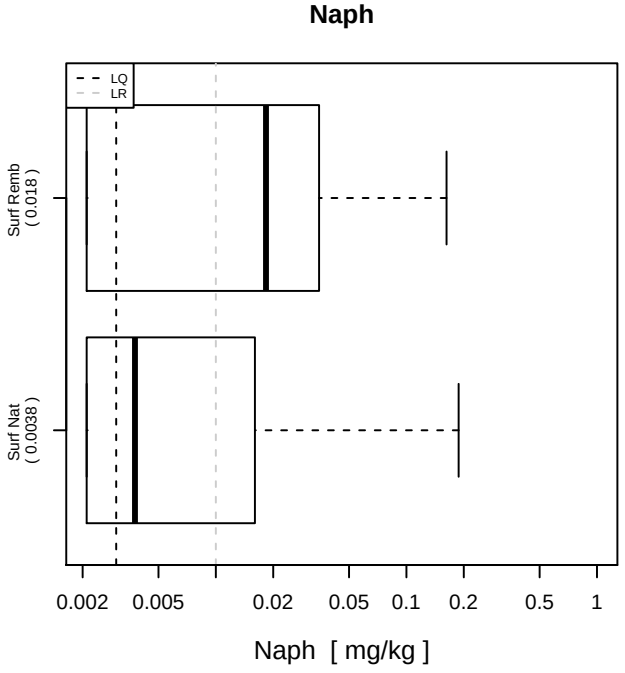

Zn
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
Surf Nat (n 118)
Surf Remb (n 234)
100
200
500
1000
2000
Zn [mg/kg]

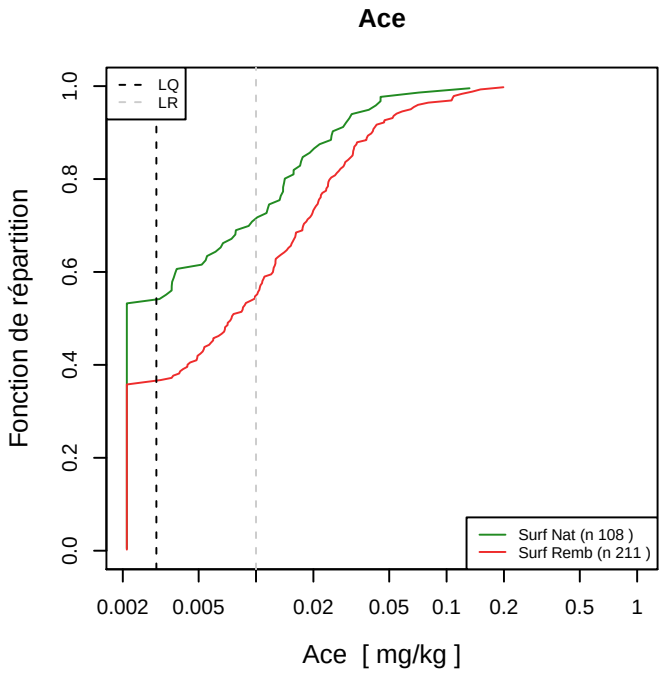

Zn
Surf Remb (360)
Surf Nat (360)
100
200
500
1000
2000
Zn [mg/kg]

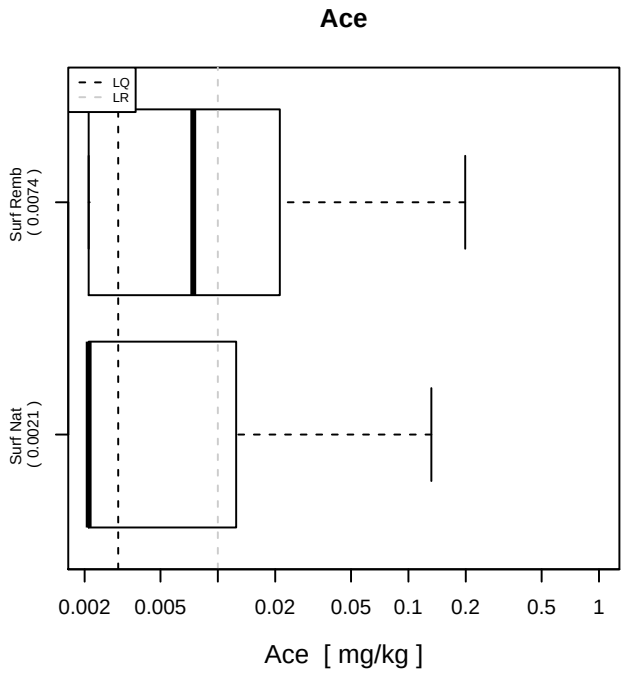

Tolu
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
LQ
Surf Nat (n 110)
Surf Remb (n 223)
0.001
0.002
0.005
0.01
0.02
0.05
Tolu [mg/kg]

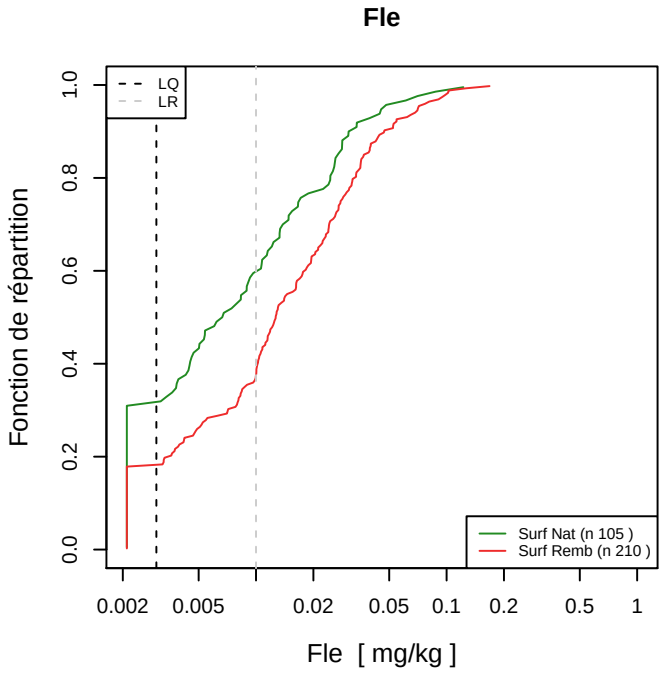

Tolu
LQ
LR
Surf Remb (0.007)
Surf Nat (0.007)
0.01
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
Tolu [mg/kg]

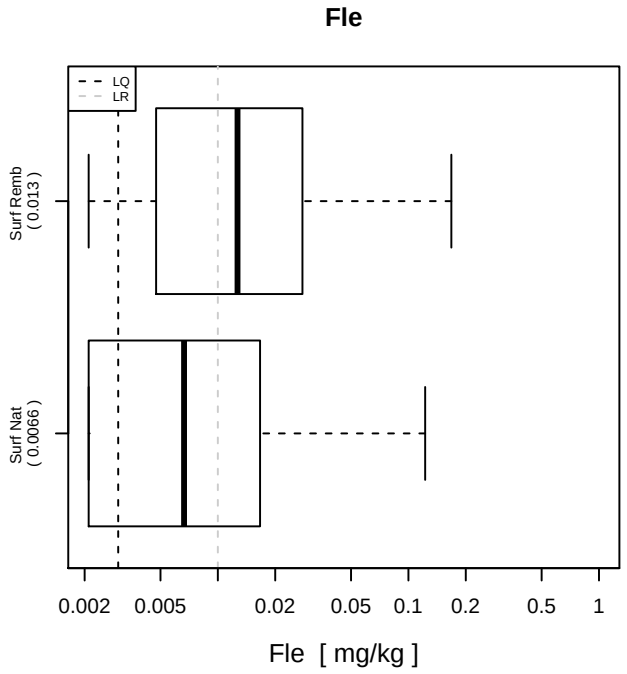

Naph
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
LQ
LR
Surf Nat (n 103)
Surf Remb (n 212)
0.002
0.005
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
Naph [mg/kg]

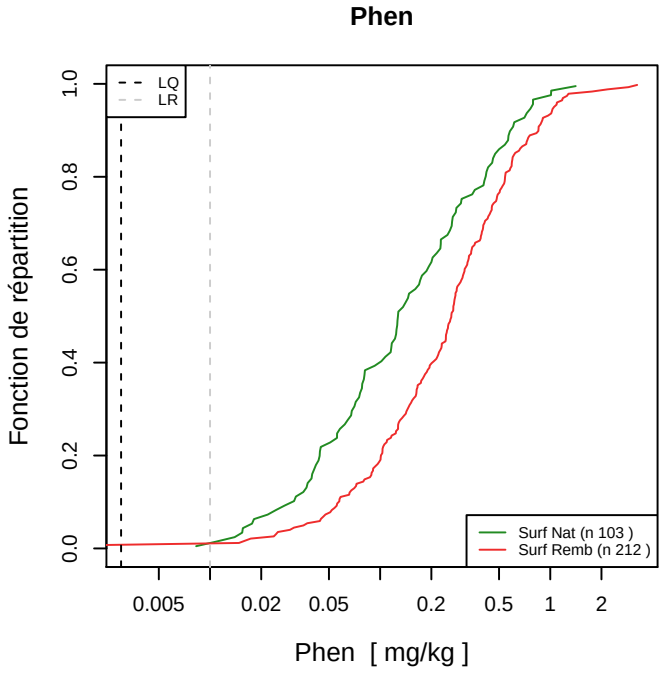

Naph
LQ
LR
Surf Remb (0.018)
Surf Nat (0.0038)
0.002
0.005
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
Naph [mg/kg]

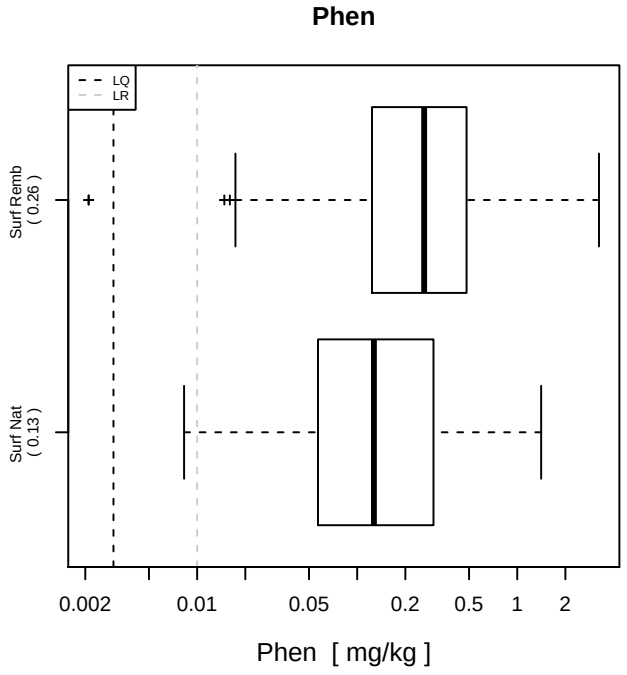

Ace
LQ
LR
Surf Nat (n 108)
Surf Remb (n 211)
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.002
0.005
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
Ace [mg/kg]

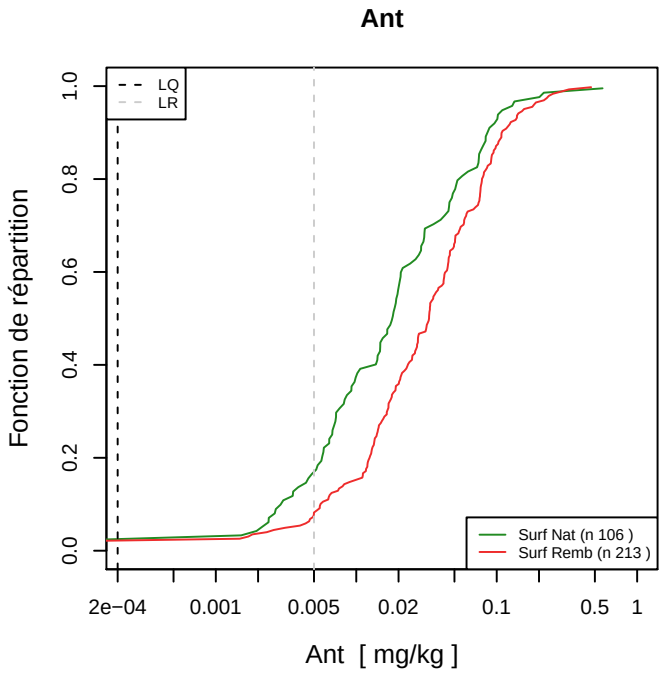

Ace
LQ
LR
Surf Remb
(0.0074)
Surf Nat
(0.0021)
0.002
0.005
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
Ace [mg/kg]

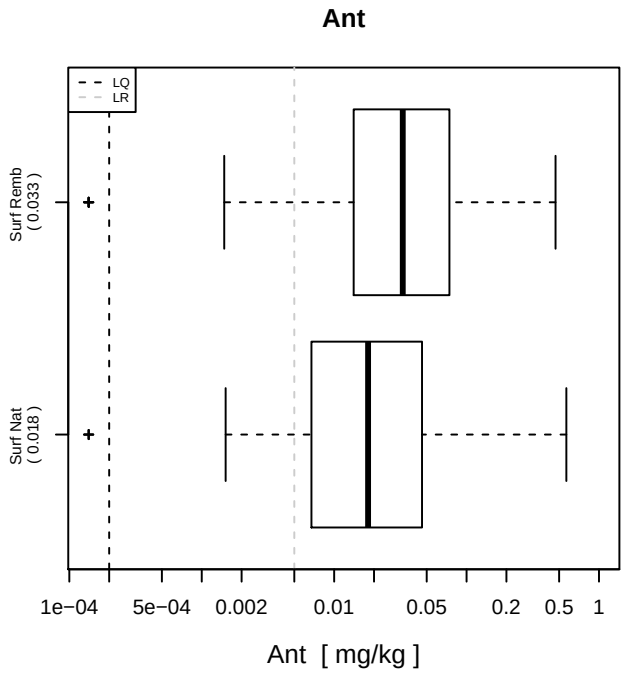

Fle
LQ
LR
Surf Nat (n 105)
Surf Remb (n 210)
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.002
0.005
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
Fle [mg/kg]

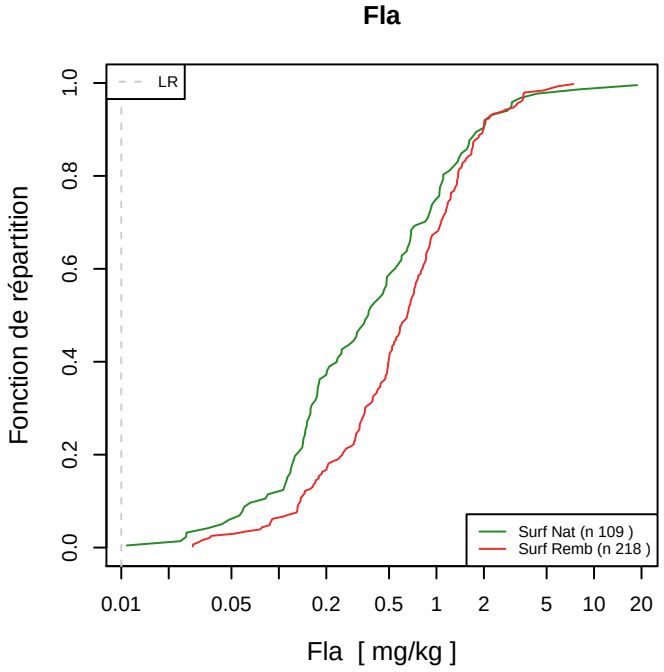

Fle
LQ
LR
Surf Remb
(0.013)
Surf Nat
(0.0066)
0.002
0.005
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
Fle [mg/kg]

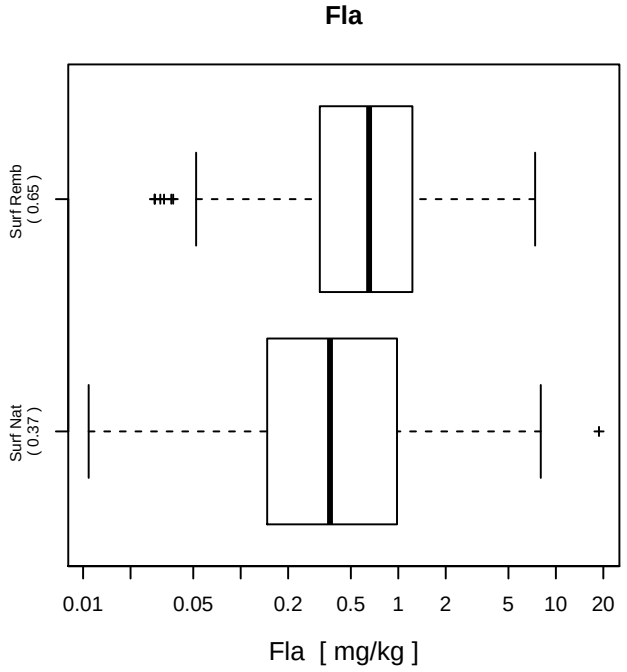

Phen
LQ
LR
Surf Nat (n 103)
Surf Remb (n 212)
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.005
0.02
0.05
0.2
0.5
1
2
Phen [mg/kg]

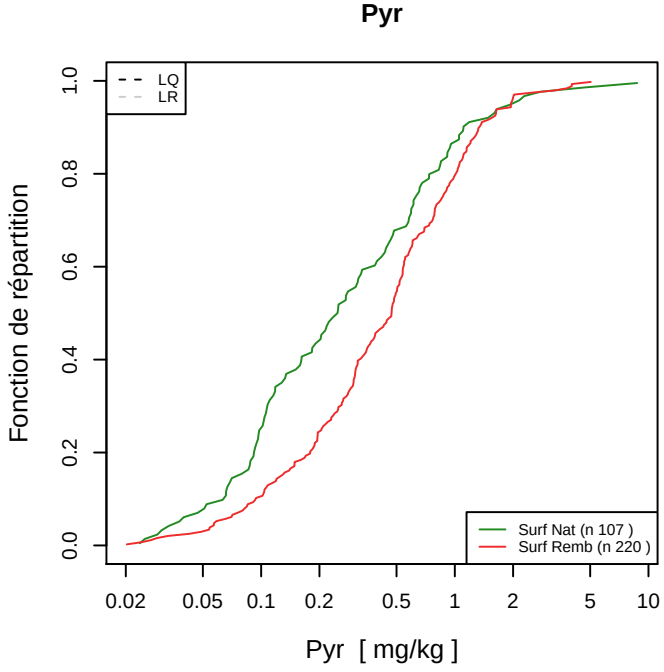

Phen
LQ
LR
Surf Remb
(0.26)
Surf Nat
(0.13)
0.002
0.01
0.05
0.2
0.5
1
2
Phen [mg/kg]

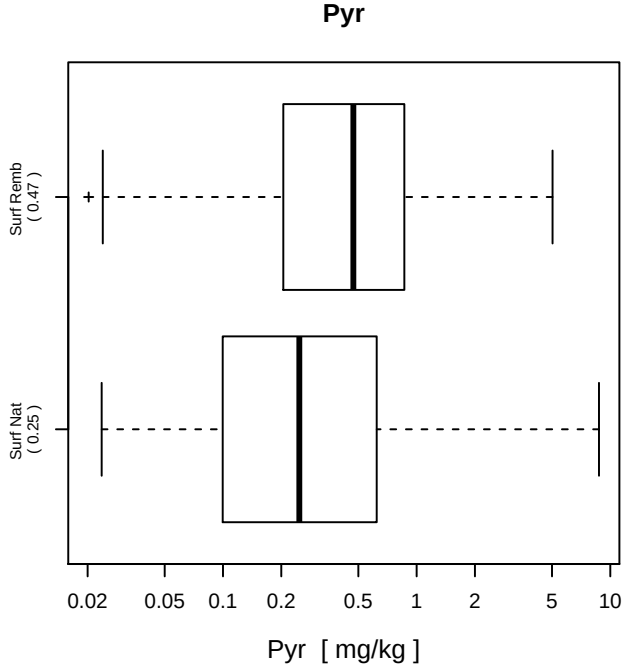

Ant
LQ
LR
Surf Nat (n 106)
Surf Remb (n 213)
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
2e−04
0.001
0.005
0.02
0.1
0.5
1
Ant [mg/kg]

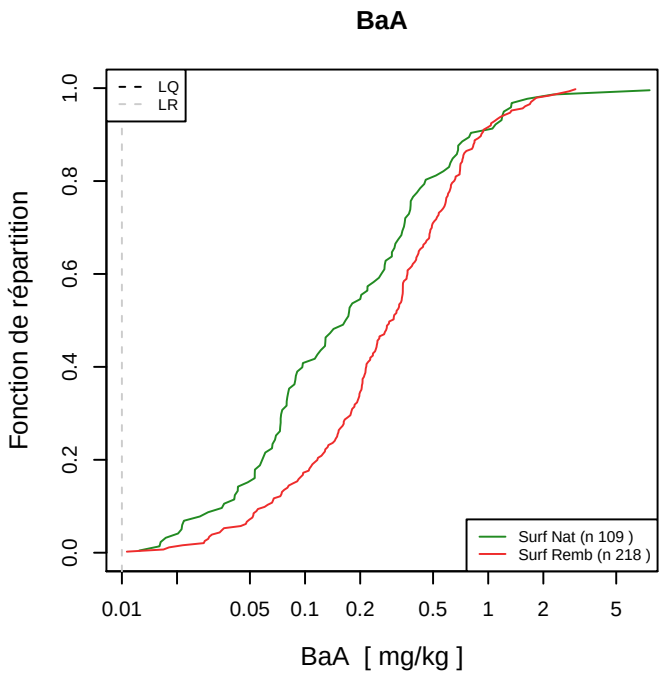

Ant
LQ
LR
Surf Remb
(0.033)
Surf Nat
(0.018)
1e−04
5e−04
0.002
0.01
0.05
0.2
0.5
1
Ant [mg/kg]

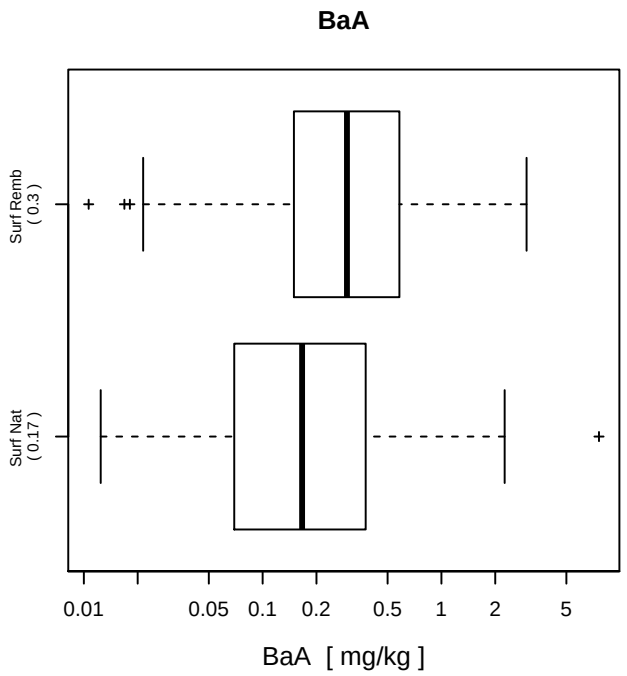

Fla
LR
Surf Nat (n 109)
Surf Remb (n 218)
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.01
0.05
0.2
0.5
1
2
5
10
20
Fla [mg/kg]

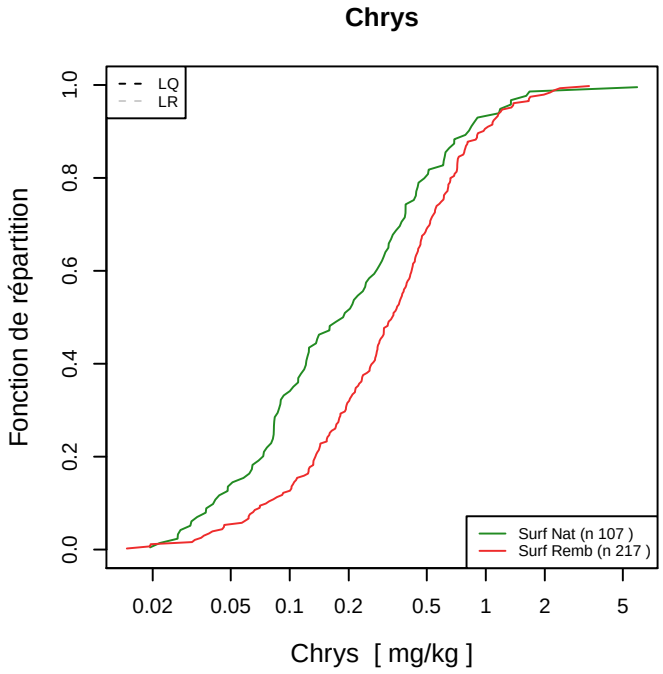

Fla
Surf Remb
(0.65)
Surf Nat
(0.37)
0.01
0.05
0.2
0.5
1
2
5
10
20
Fla [mg/kg]

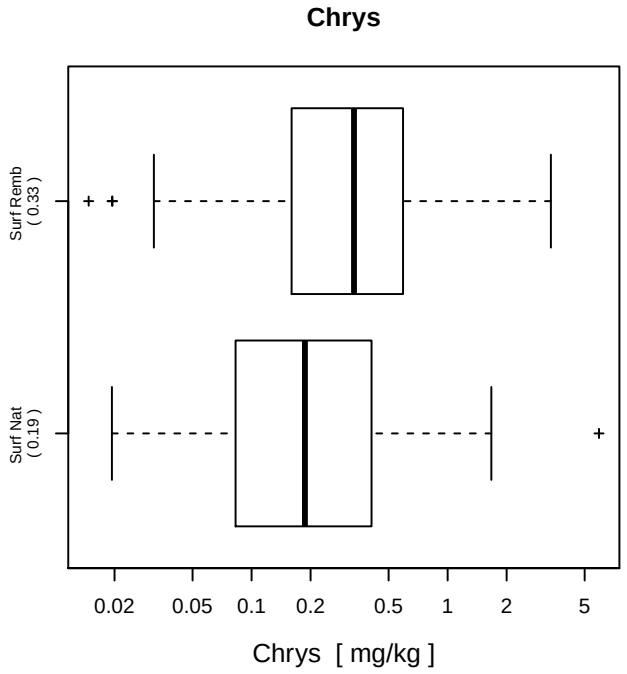

Pyr
LQ
LR
Surf Nat (n 107)
Surf Remb (n 220)
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
2
5
10
Pyr [mg/kg]

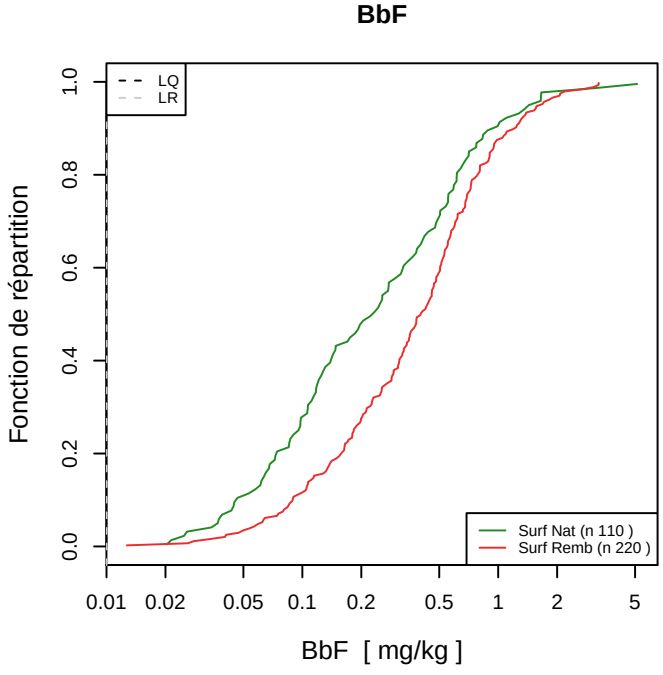

Pyr
Surf Remb
(0.47)
Surf Nat
(0.25)
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
2
5
10
Pyr [mg/kg]

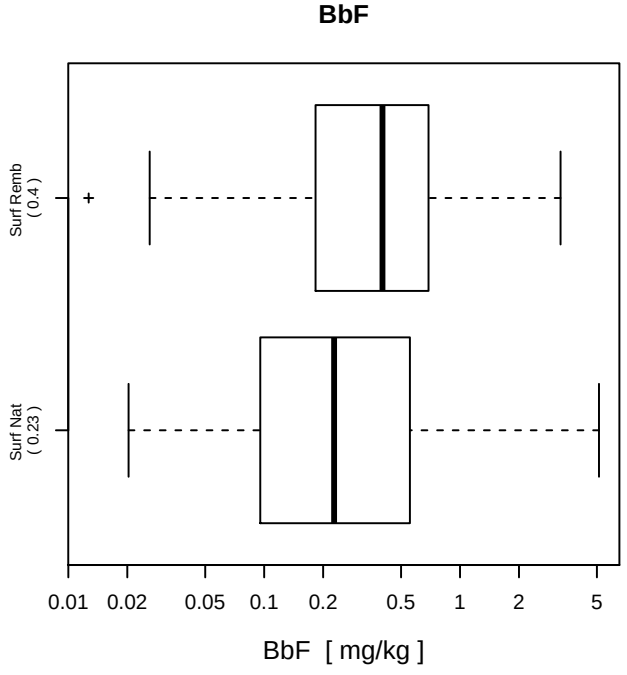

BaA
LQ
LR
Surf Nat (n 109)
Surf Remb (n 218)
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.01
0.05
0.1
0.2
0.5
1
2
5
BaA [mg/kg]

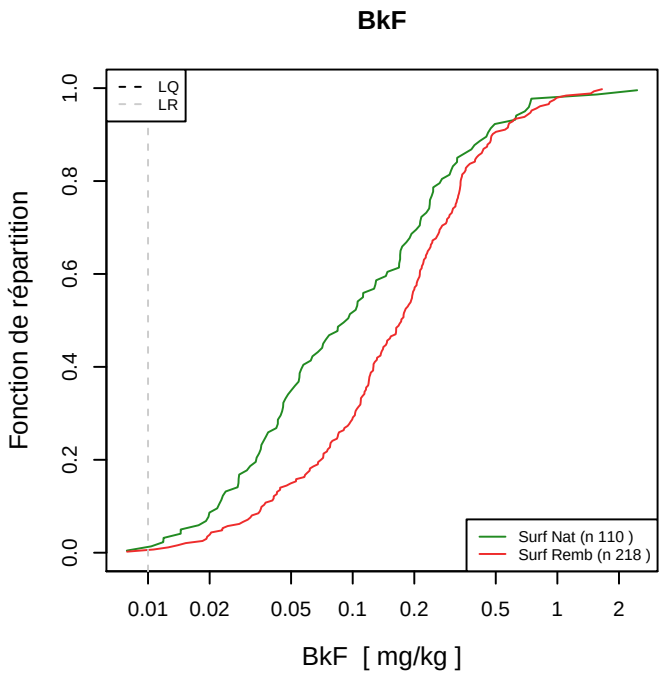

BaA
Surf Remb
(0.3)
Surf Nat
(0.17)
0.01
0.05
0.1
0.2
0.5
1
2
5
BaA [mg/kg]

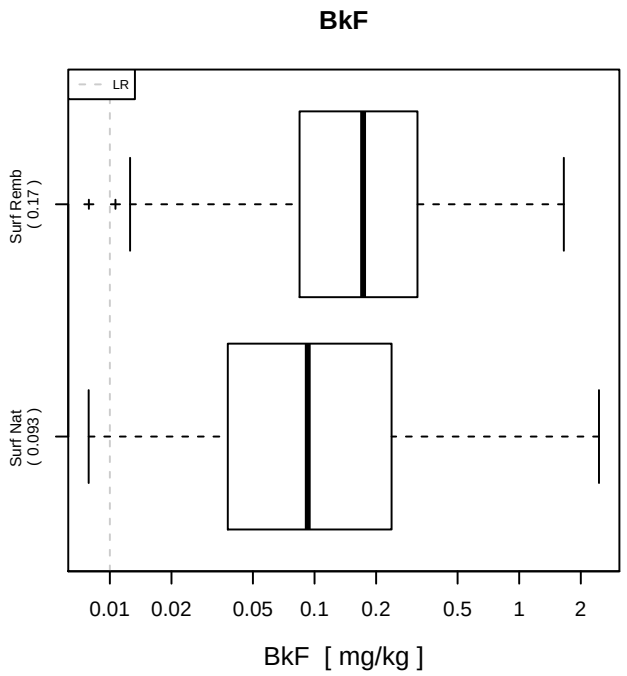

Chrys
LQ
LR
Surf Nat (n 107)
Surf Remb (n 217)
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
2
5
Chrys [mg/kg]

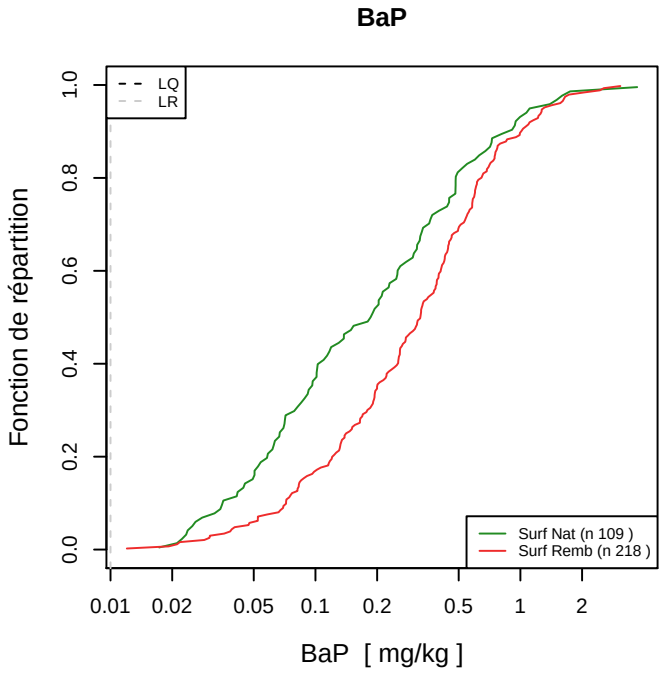

Chrys
Surf Remb
(0.33)
Surf Nat
(0.19)
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
2
5
Chrys [mg/kg]

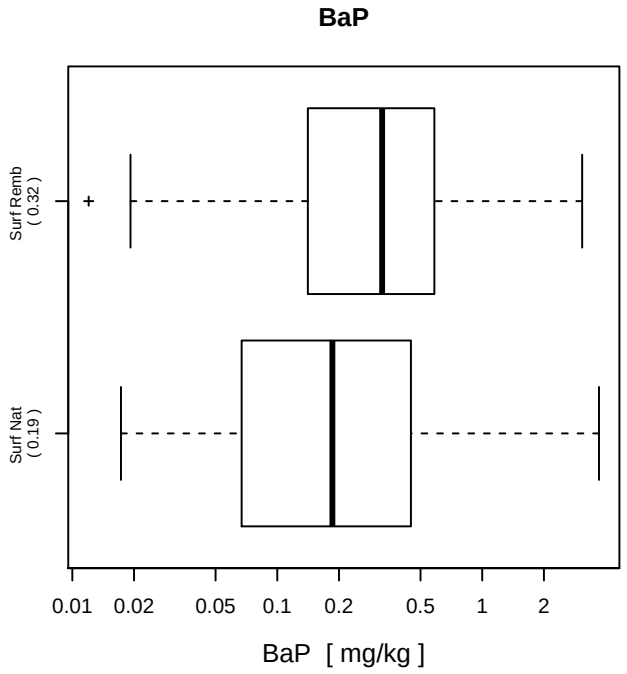

BbF
LQ
LR
Surf Nat (n 110)
Surf Remb (n 220)
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.01
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
2
5
BbF [mg/kg]

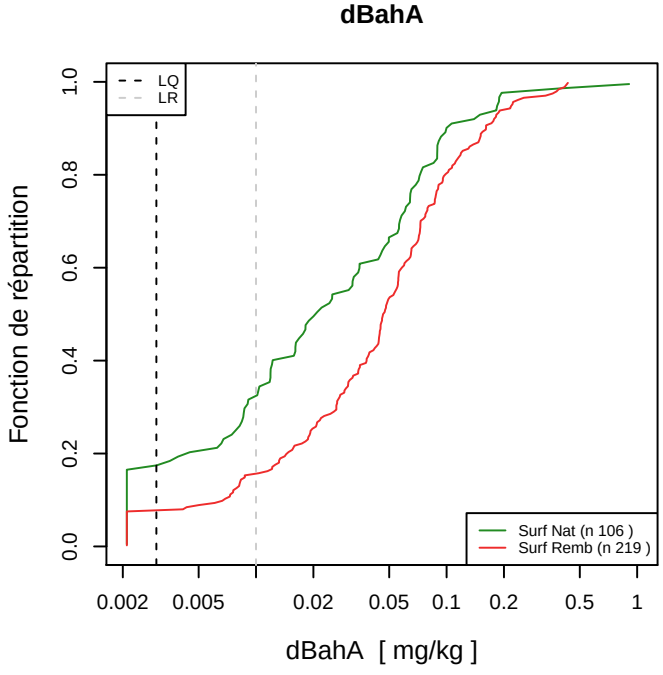

BbF
Surf Remb
(0.4)
Surf Nat
(0.23)
0.01
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
2
5
BbF [mg/kg]

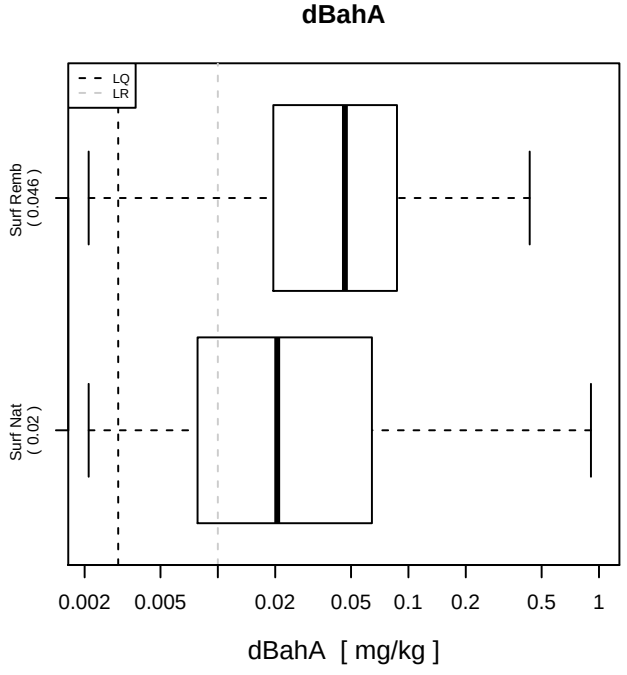

BkF
LQ
LR
Surf Nat (n 110)
Surf Remb (n 218)
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.01
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
2
BkF [mg/kg]

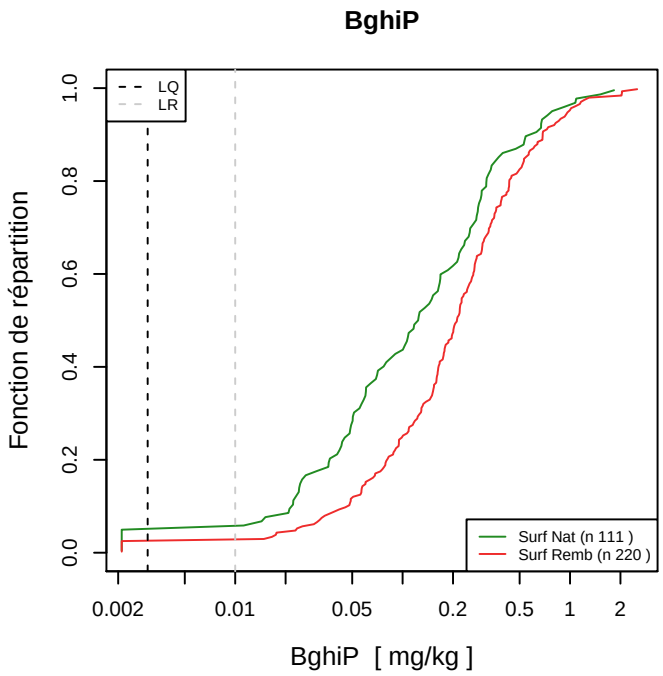

BkF
LR
Surf Remb
(0.17)
Surf Nat
(0.093)
0.01
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
2
BkF [mg/kg]

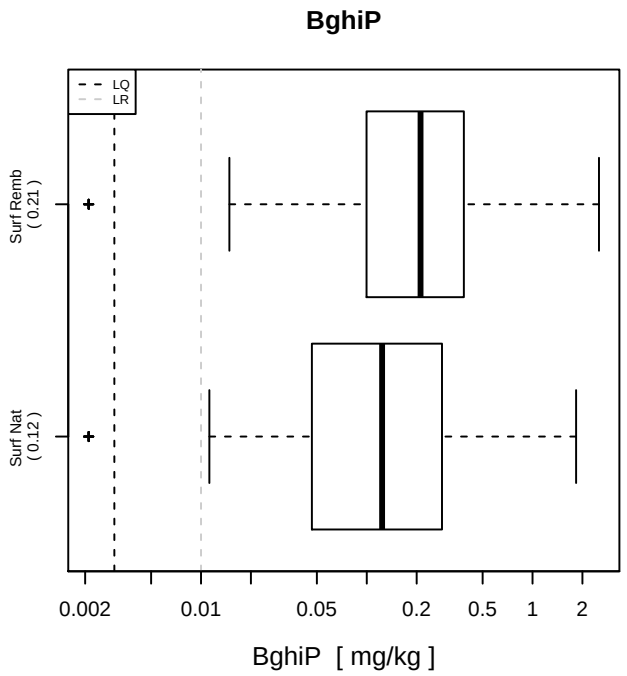

BaP
LQ
LR
Surf Nat (n 109)
Surf Remb (n 218)
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.01
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
2
BaP [mg/kg]

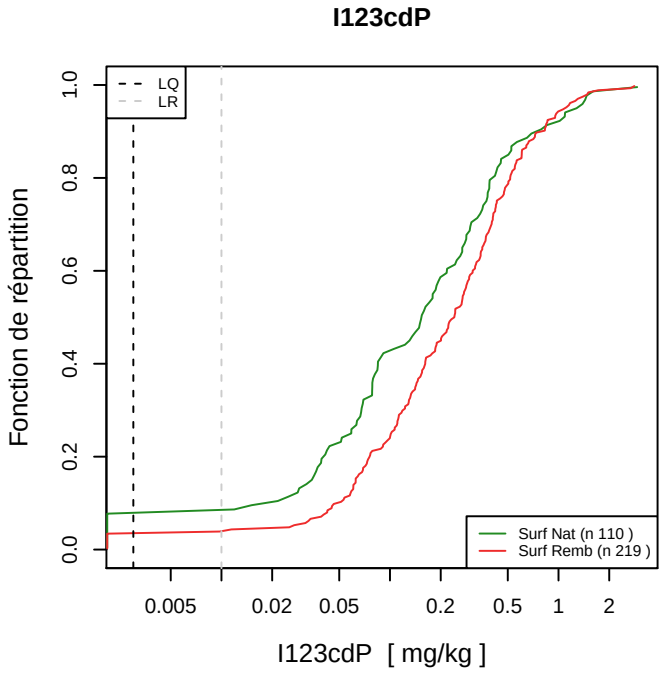

BaP
Surf Remb
(0.32)
Surf Nat
(0.19)
0.01
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
2
BaP [mg/kg]

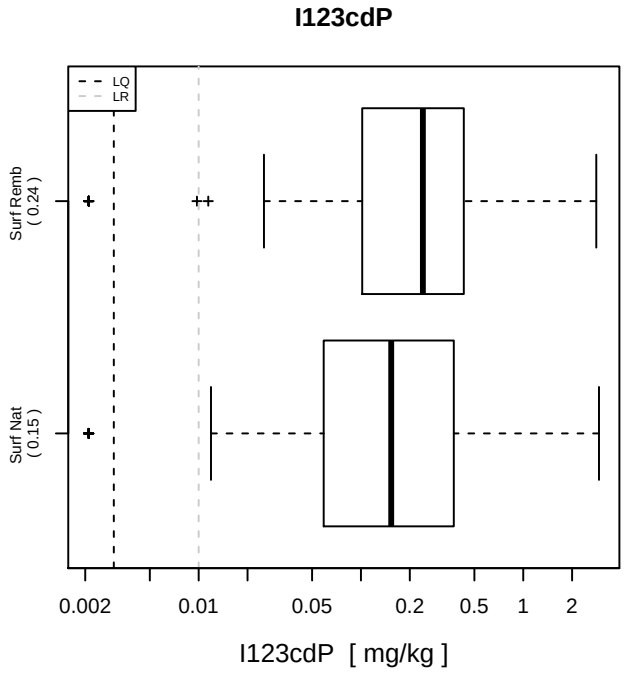

dBahA
LQ
LR
Surf Nat (n 106)
Surf Remb (n 219)
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.002
0.005
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
dBahA [mg/kg]

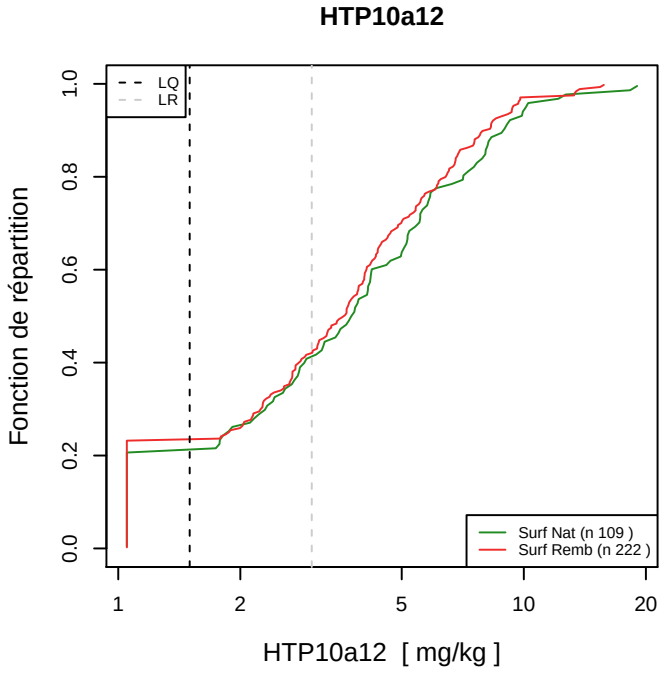

dBahA
LQ
LR
Surf Remb
(0.046)
Surf Nat
(0.02)
0.002
0.005
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
dBahA [mg/kg]

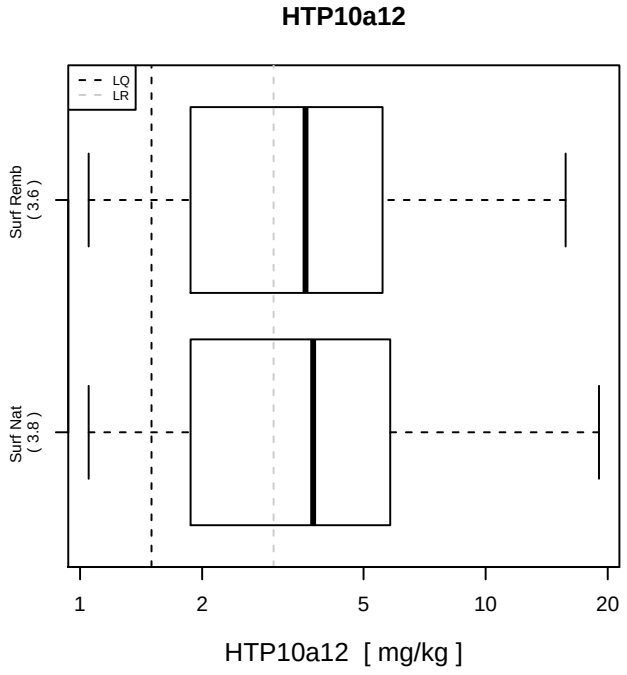

BghiP
Fonction de répartition
LQ
LR
Surf Nat (n 111)
Surf Remb (n 220)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.002
0.01
0.05
0.2
0.5
1
2
BghiP [mg/kg]

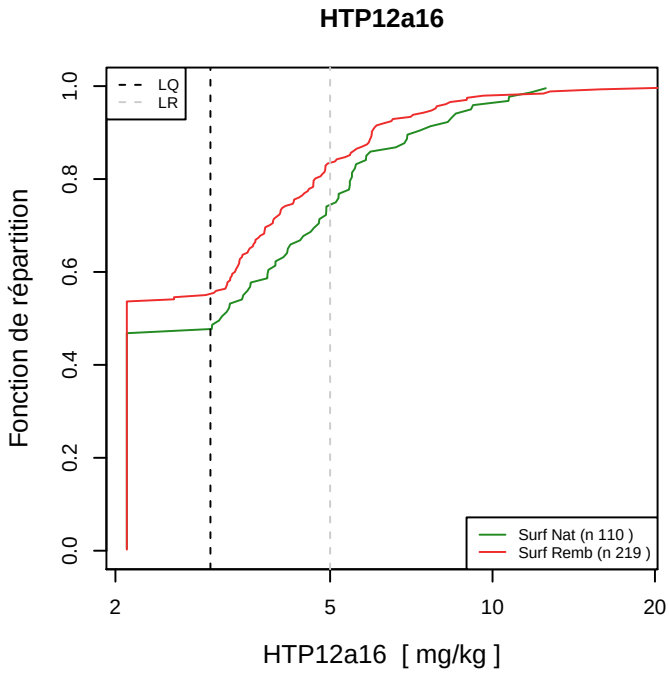

BghiP
LQ
LR
Surf Remb
(0.21)
Surf Nat
(0.12)
0.002
0.01
0.05
0.2
0.5
1
2
BghiP [mg/kg]

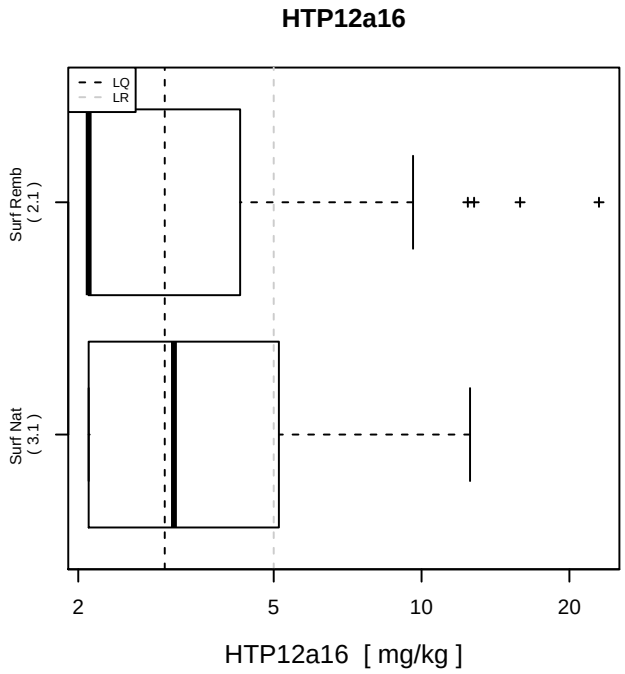

I123cdP
Fonction de répartition
LQ
LR
Surf Nat (n 110)
Surf Remb (n 219)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.005
0.02
0.05
0.2
0.5
1
2
I123cdP [mg/kg]

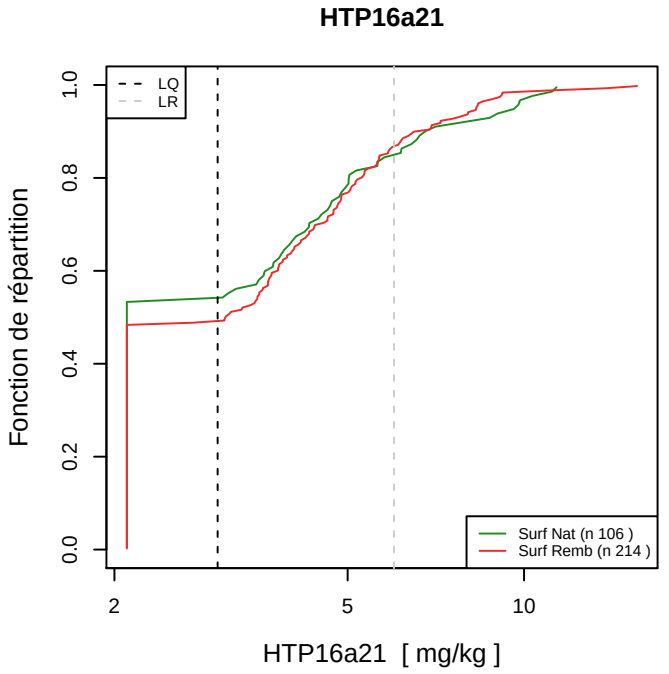

I123cdP
LQ
LR
Surf Remb
(0.24)
Surf Nat
(0.15)
0.002
0.01
0.05
0.2
0.5
1
2
I123cdP [mg/kg]

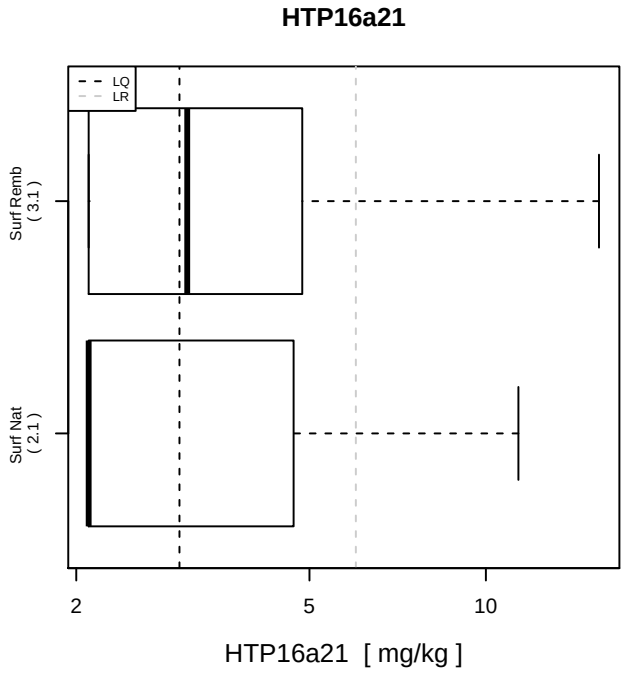

HTP10a12
Fonction de répartition
LQ
LR
Surf Nat (n 109)
Surf Remb (n 222)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
1
2
5
10
20
HTP10a12 [mg/kg]

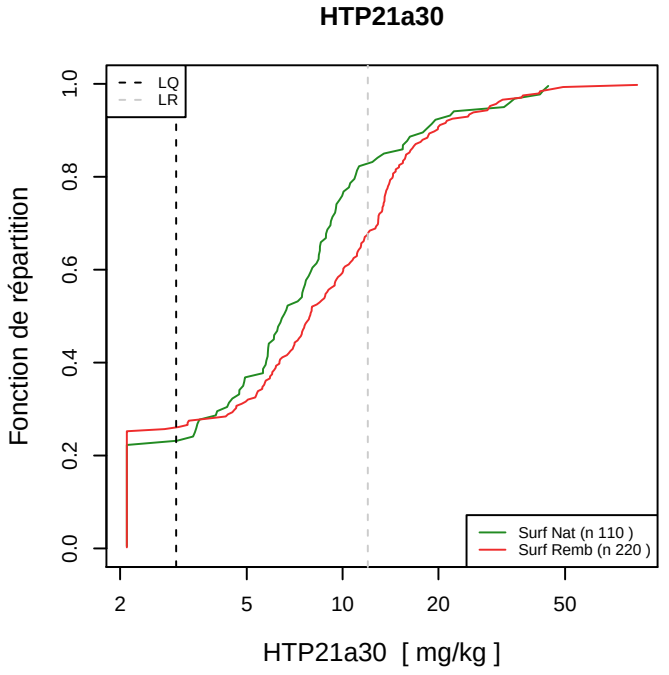

HTP10a12
LQ
LR
Surf Remb
(3.6)
Surf Nat
(3.8)
1
2
5
10
20
HTP10a12 [mg/kg]

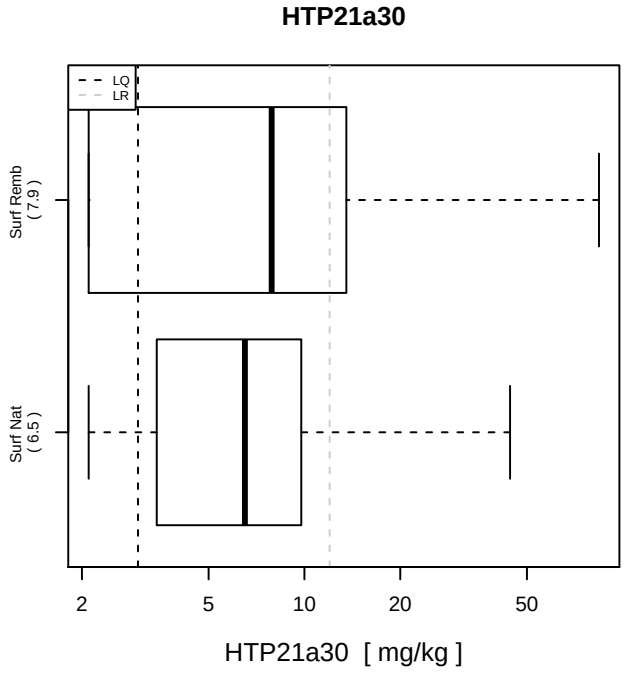

HTP12a16
Fonction de répartition
LQ
LR
Surf Nat (n 110)
Surf Remb (n 219)
HTP12a16 [mg/kg]

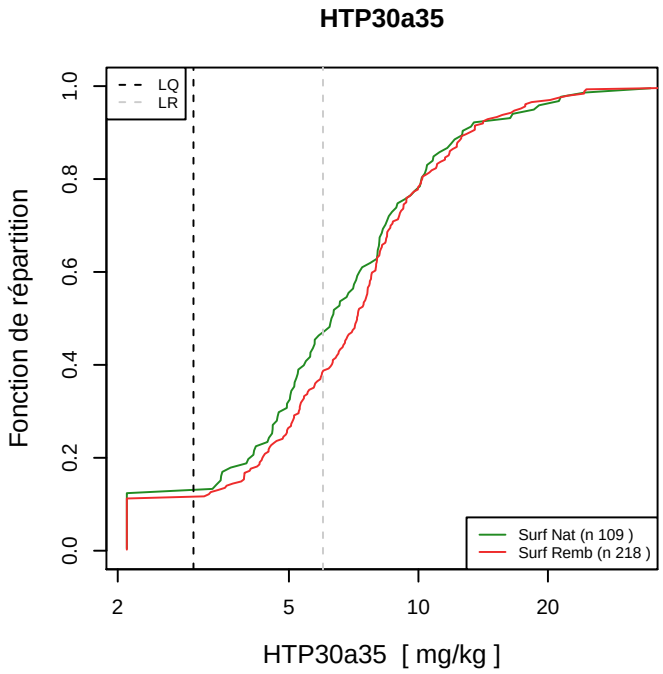

HTP12a16
LQ
LR
Surf Remb (2.1)
Surf Nat (3.1)
HTP12a16 [mg/kg]

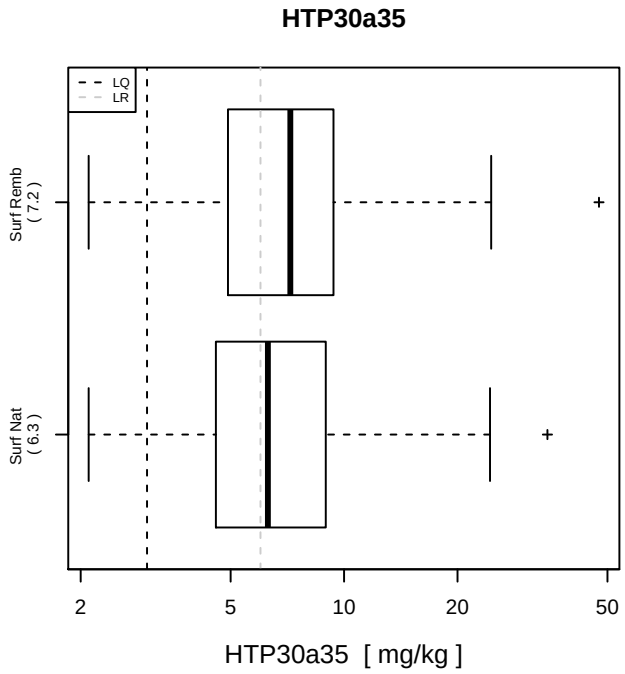

HTP16a21
Fonction de répartition
LQ
LR
Surf Nat (n 106)
Surf Remb (n 214)
HTP16a21 [mg/kg]

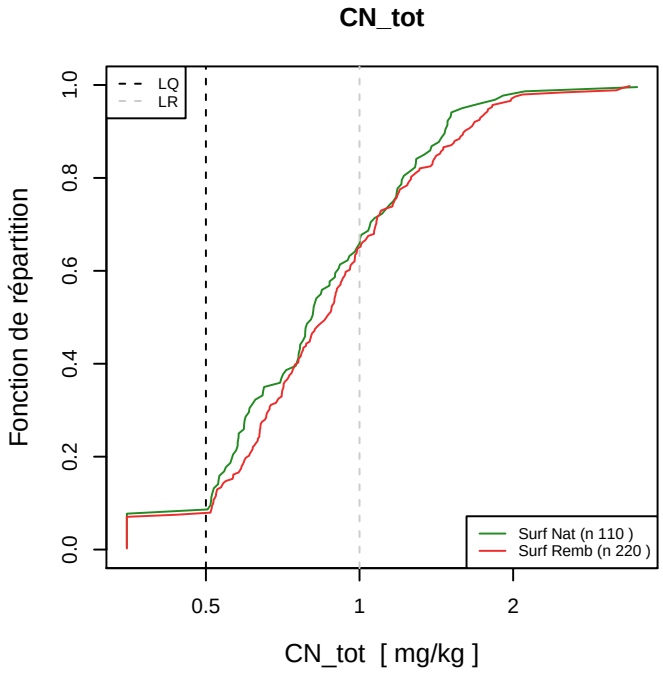

HTP16a21
LQ
LR
Surf Remb (3.1)
Surf Nat (2.1)
HTP16a21 [mg/kg]

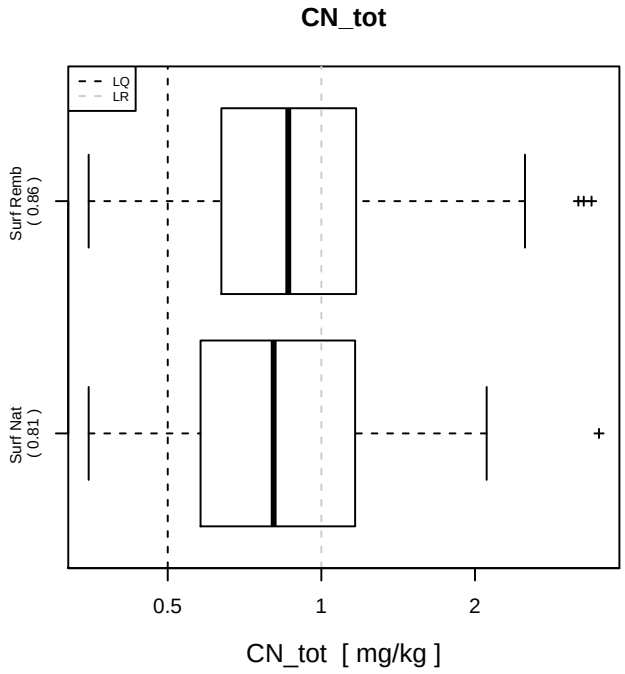

HTP21a30
Fonction de répartition
LQ
LR
Surf Nat (n 110)
Surf Remb (n 220)
HTP21a30 [mg/kg]

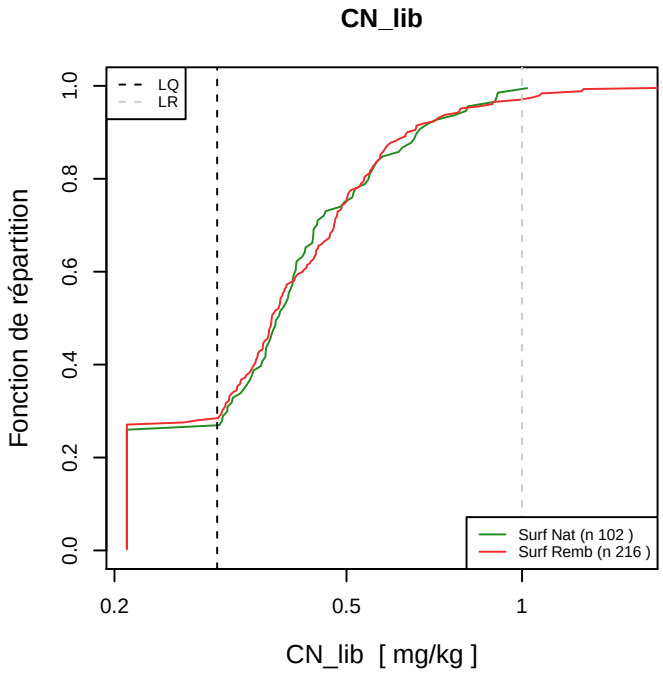

HTP21a30
LQ
LR
Surf Remb (7.9)
Surf Nat (6.5)
HTP21a30 [mg/kg]

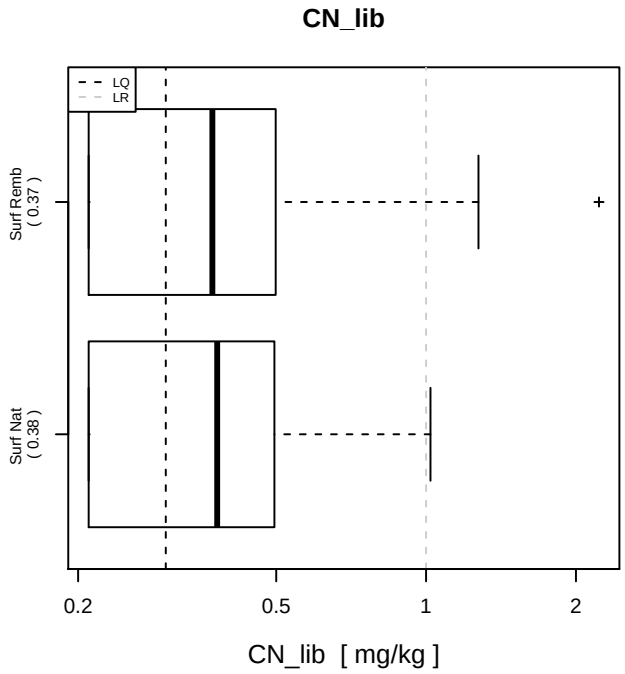

HTP30a35
LQ
LR
Surf Nat (n 109)
Surf Remb (n 218)
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
2
5
10
20
HTP30a35 [mg/kg]


HTP30a35
LQ
LR
Surf Remb
(7.2)
Surf Nat
(6.3)
2
5
10
20
50
HTP30a35 [mg/kg]

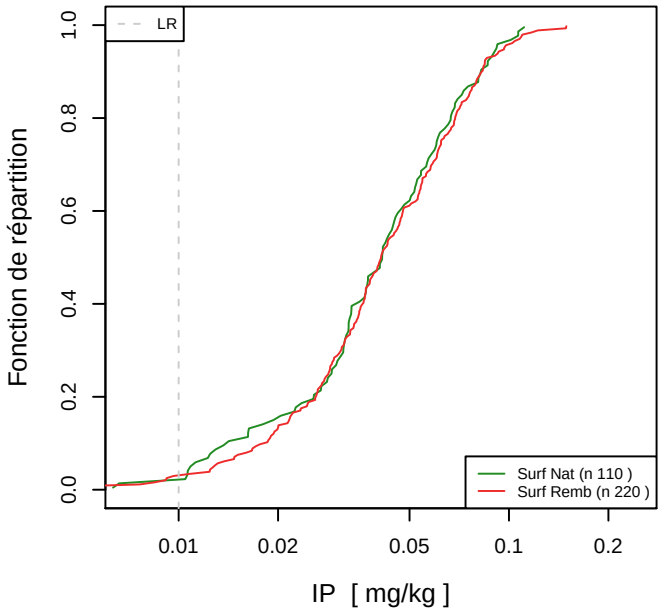

CN_tot
LQ
LR
Surf Nat (n 110)
Surf Remb (n 220)
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.5
1
2
CN_tot [mg/kg]


CN_tot
LQ
LR
Surf Remb
(0.86)
Surf Nat
(0.81)
0.5
1
2
CN_tot [mg/kg]

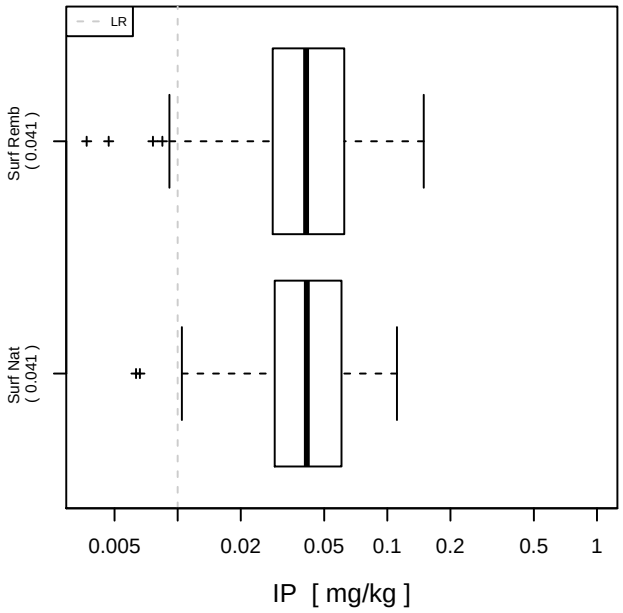

CN_lib
LQ
LR
Surf Nat (n 102)
Surf Remb (n 216)
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.2
0.5
1
CN_lib [mg/kg]


CN_lib
LQ
LR
Surf Remb
(0.37)
Surf Nat
(0.38)
0.2
0.5
1
2
CN_lib [mg/kg]

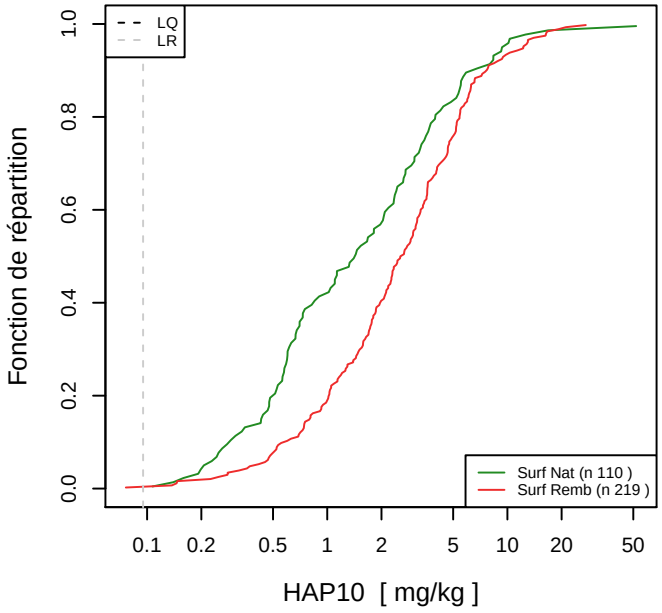
IP



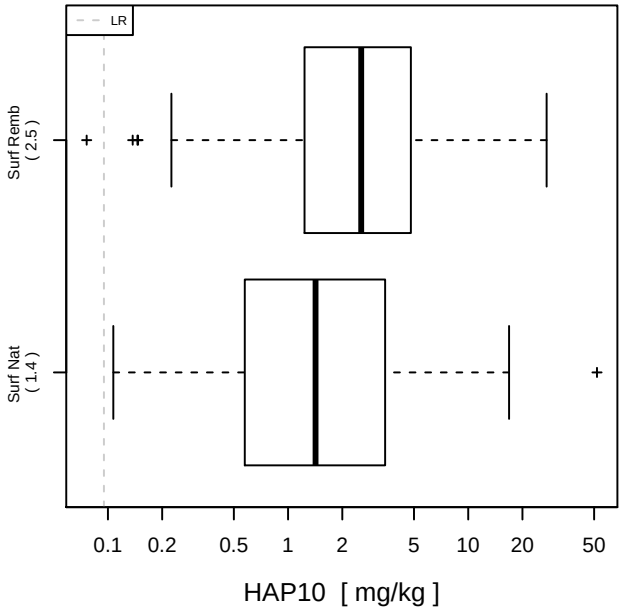
IP



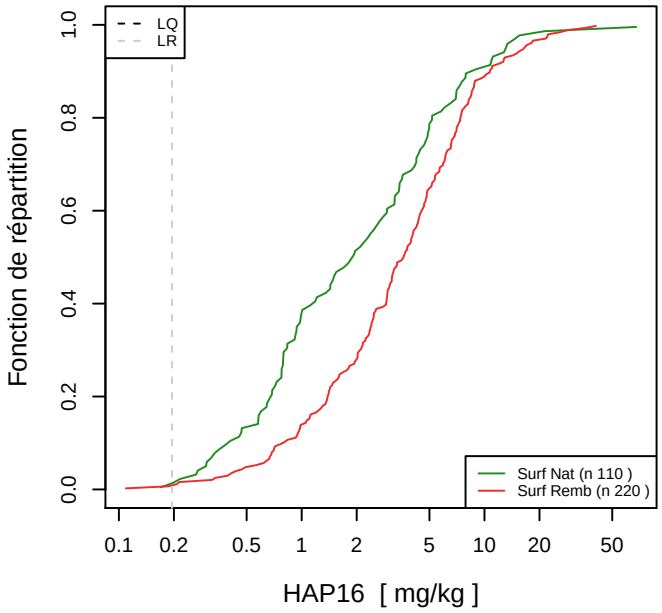
HAP10



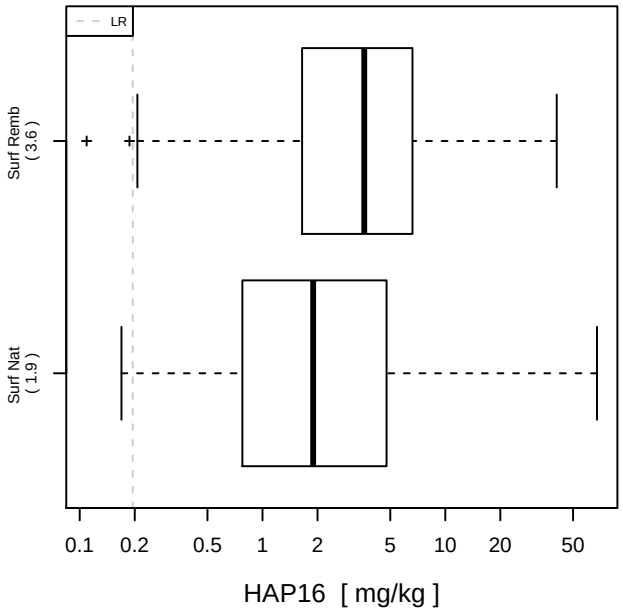
HAP10

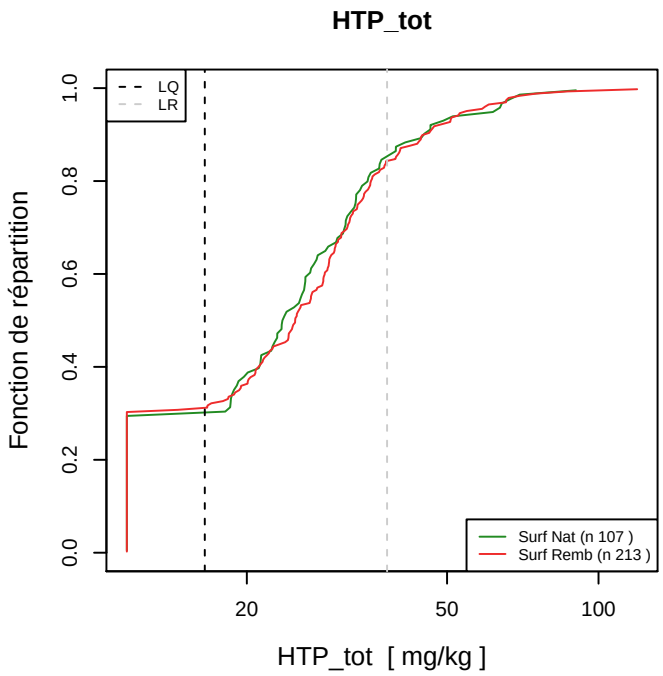


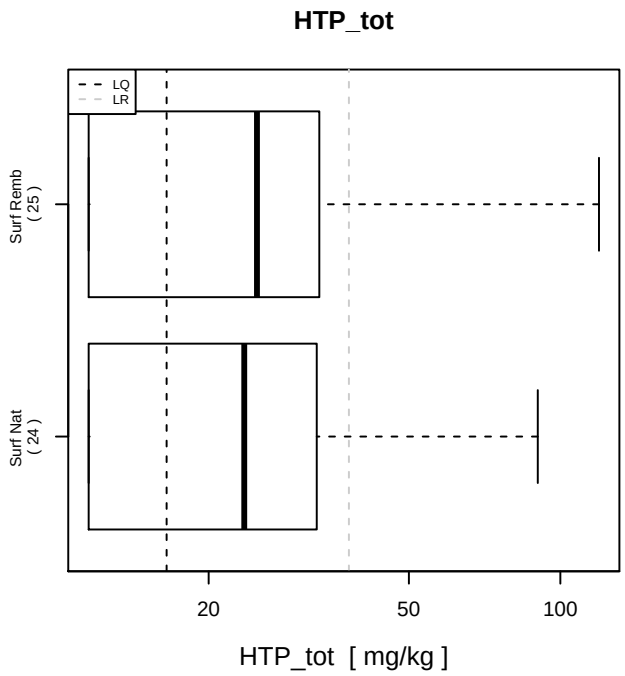
HAP16



HAP16




HTP_tot
LQ
LR
Surf Nat (n 107)
Surf Remb (n 213)
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
20
50
100
HTP_tot [mg/kg]

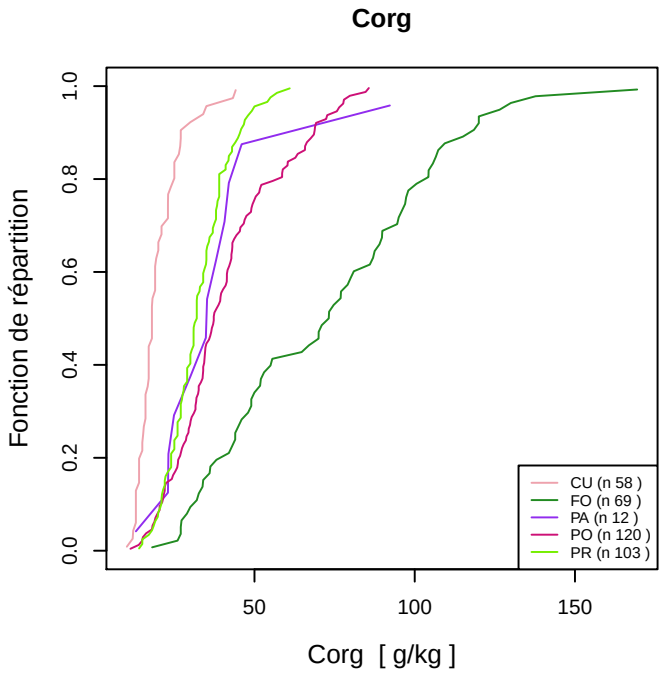

HTP_tot
LQ
LR
Surf Remb
(25)
Surf Nat
(24)
20
50
100
HTP_tot [mg/kg]

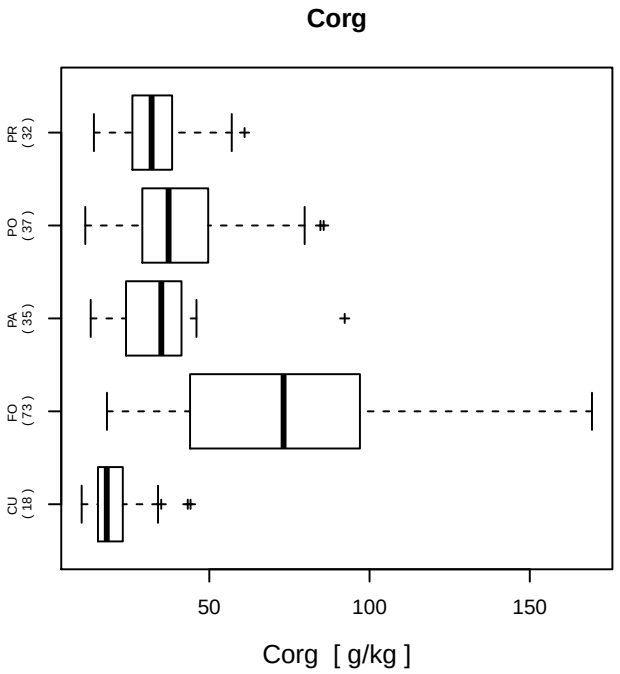
3c : Effet de l'occupation dans les horizons de surface des sols naturels

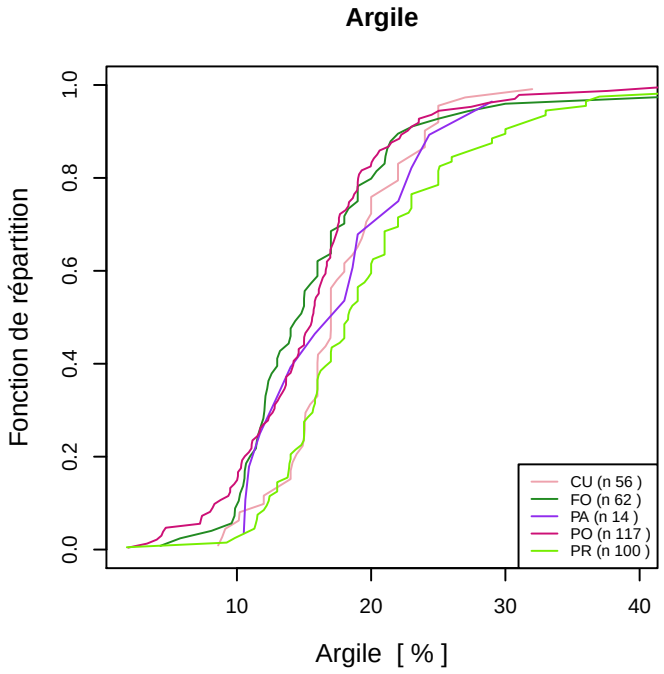
Légende :

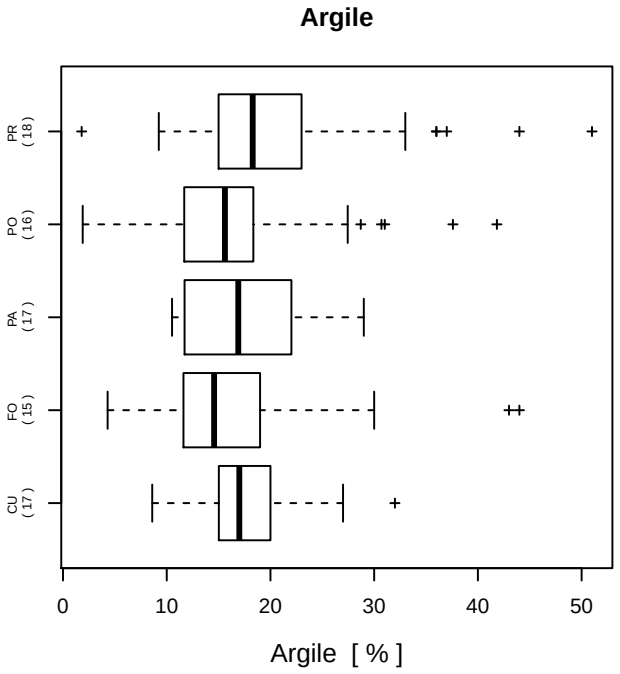
- CU : culture ;
- FO : forêt ;
- PA : parc ;
- PO : potager ;
- PR : prairie.

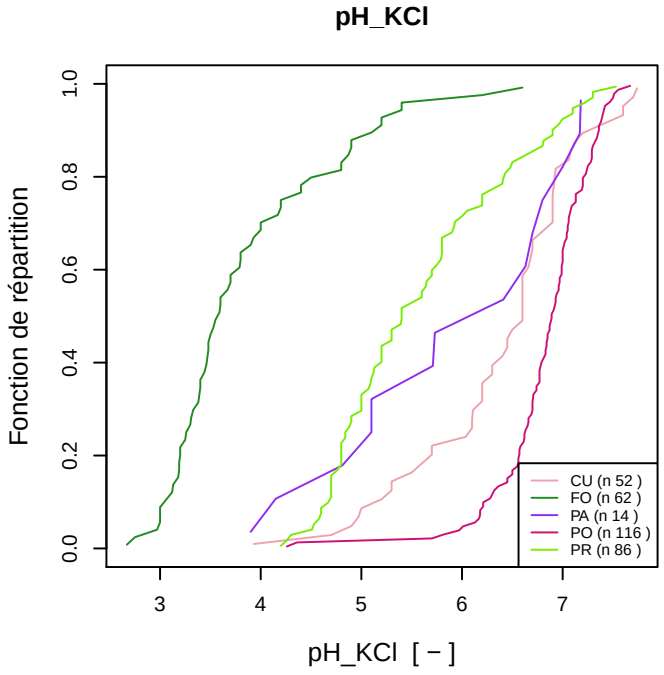
Les médianes par modalités sont indiquées entre parenthèses le long de l'axe vertical du graphe « box-plot ».

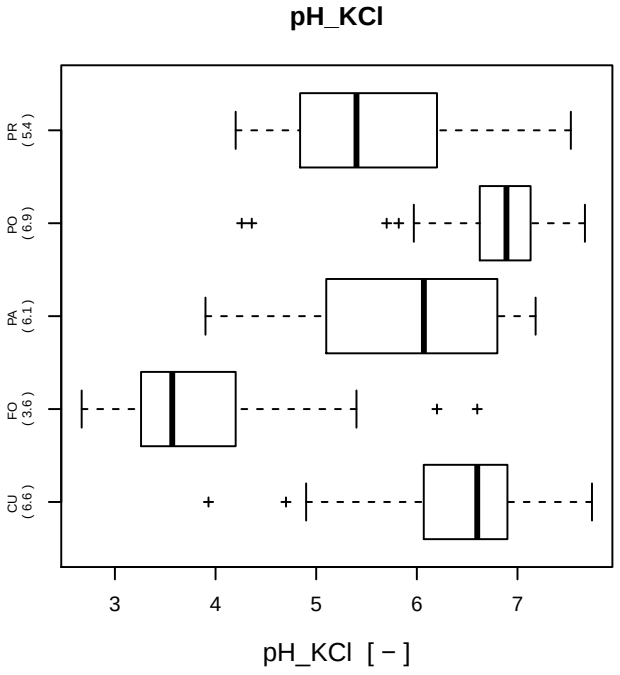

Corg
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
50
100
150
Corg [g/kg]
CU (n 58)
FO (n 69)
PA (n 12)
PO (n 120)
PR (n 103)

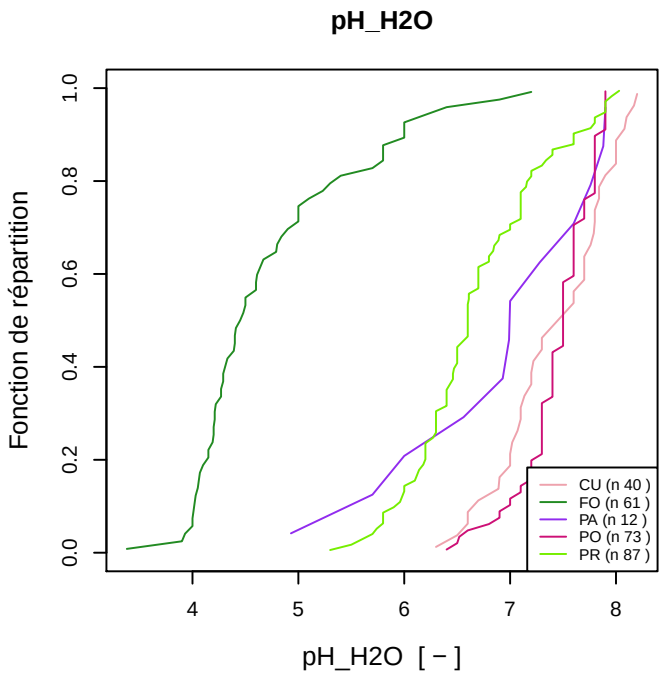

Corg
PR (32)
PO (37)
PA (35)
FO (73)
CU (18)
50
100
150
Corg [g/kg]

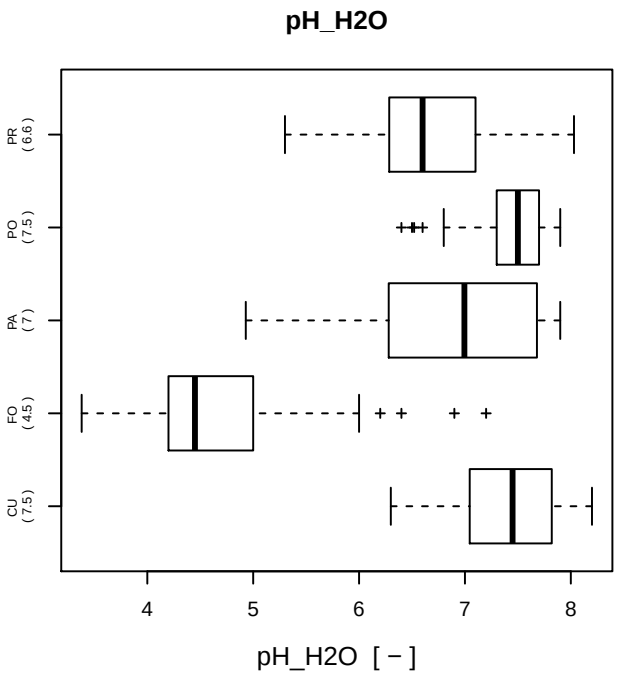

Argile
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
10
20
30
40
Argile [%]
CU (n 56)
FO (n 62)
PA (n 14)
PO (n 117)
PR (n 100)

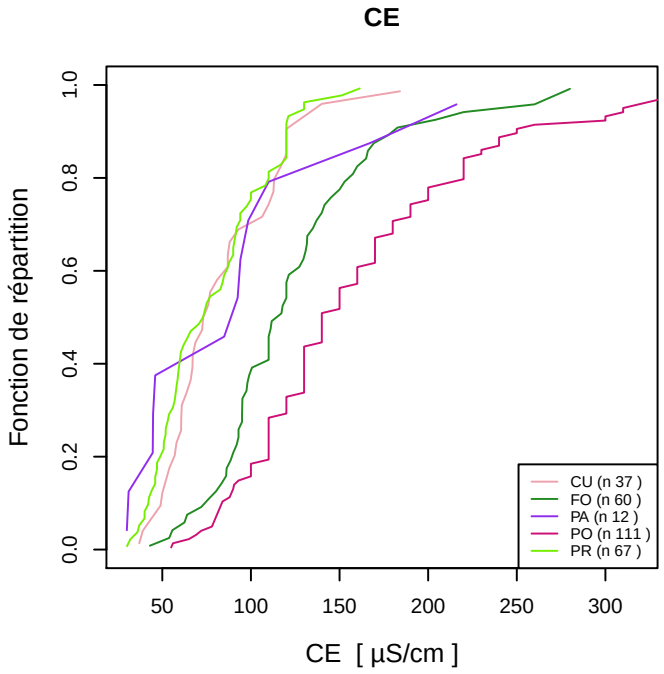

Argile
PR (18)
PO (16)
PA (17)
FO (15)
CU (17)
0
10
20
30
40
50
Argile [%]

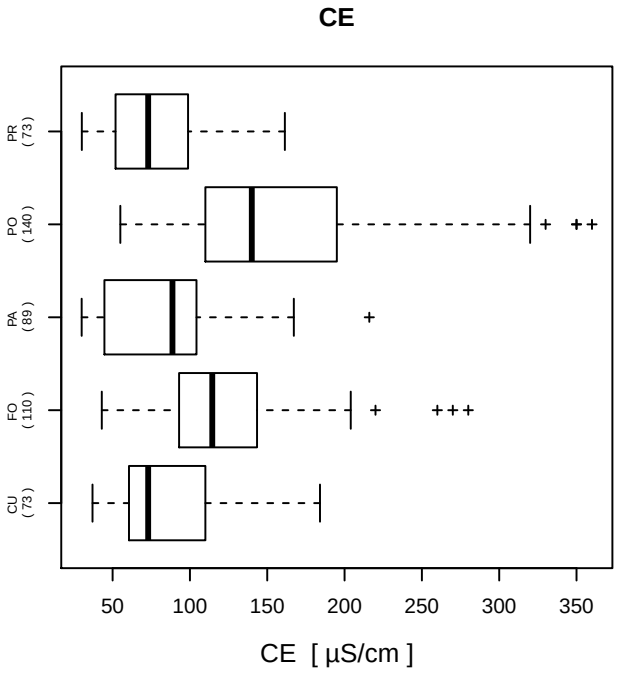

pH_KCl
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
3
4
5
6
7
pH_KCl [−]
CU (n 52)
FO (n 62)
PA (n 14)
PO (n 116)
PR (n 86)

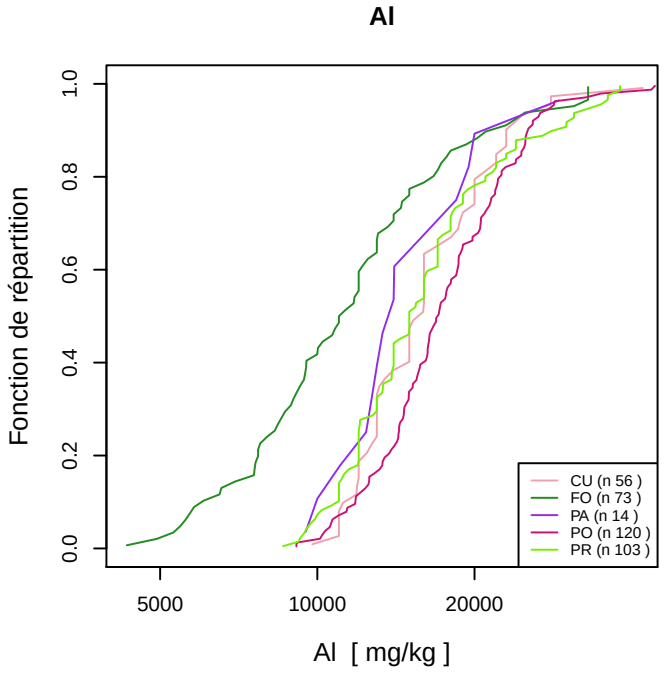

pH_KCl
PR (5.4)
PO (6.9)
PA (6.1)
FO (3.6)
CU (6.6)
3
4
5
6
7
pH_KCl [−]

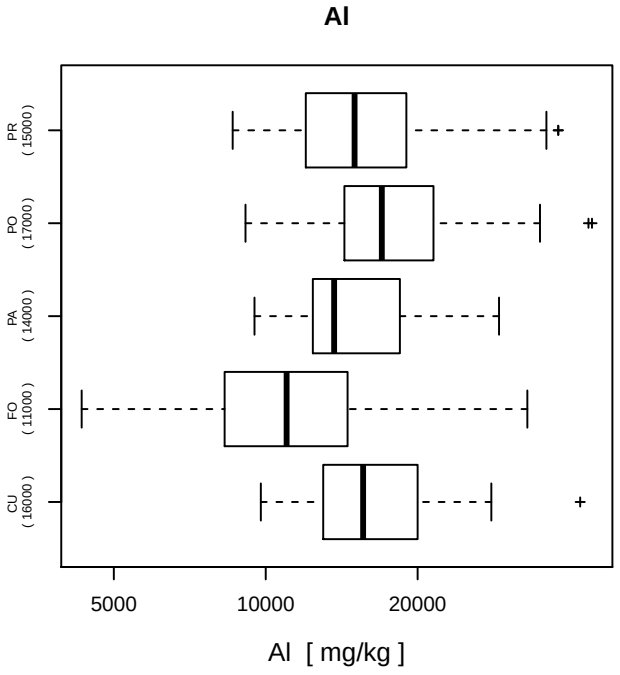

pH_H2O
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
4
5
6
7
8
pH_H2O [−]
CU (n 40)
FO (n 61)
PA (n 12)
PO (n 73)
PR (n 87)

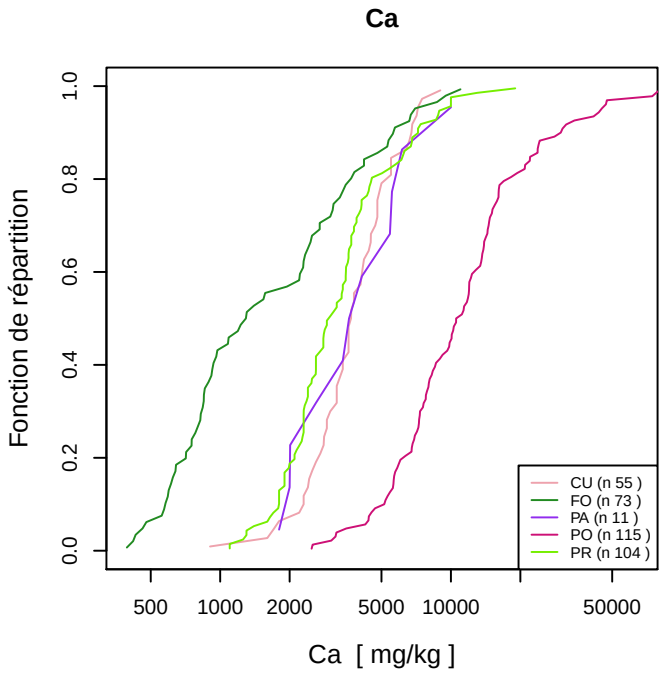

pH_H2O
PR (6.6)
PO (7.5)
PA (7)
FO (4.5)
CU (7.5)
4
5
6
7
8
pH_H2O [−]

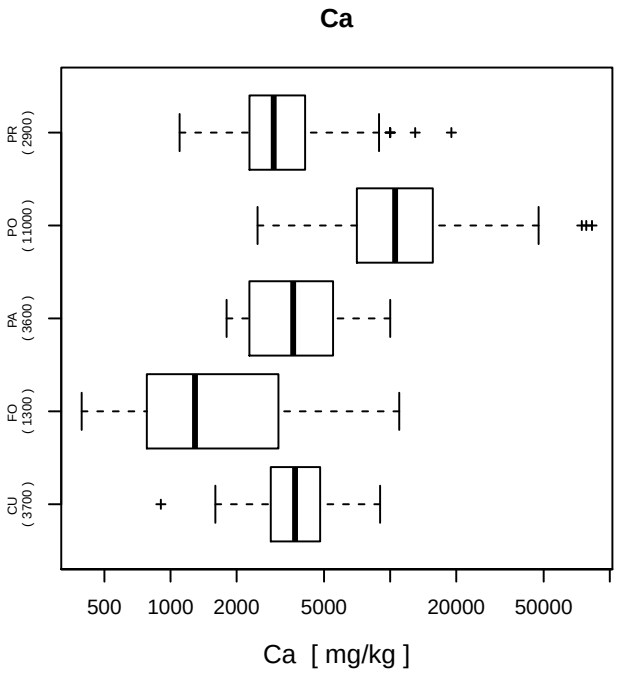

CE
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
50
100
150
200
250
300
CE [µS/cm]
CU (n 37)
FO (n 60)
PA (n 12)
PO (n 111)
PR (n 67)

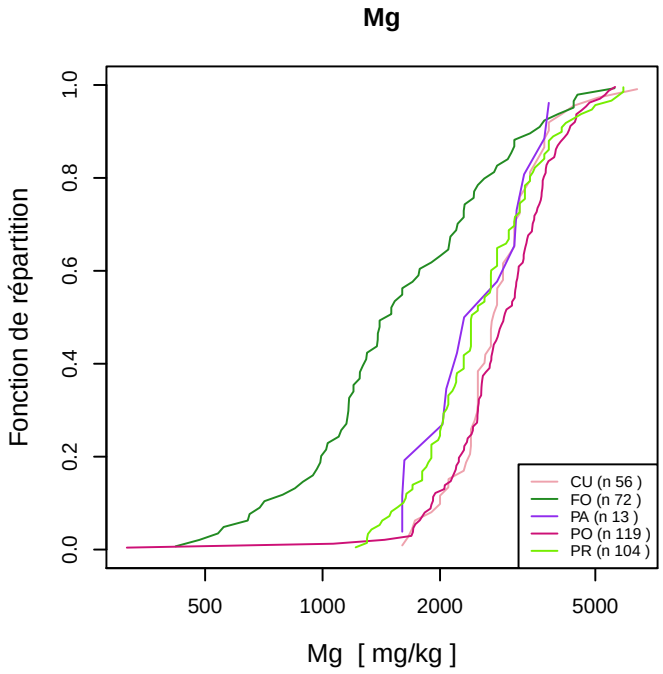

CE
PR (73)
PO (140)
PA (89)
FO (110)
CU (73)
50
100
150
200
250
300
350
CE [µS/cm]

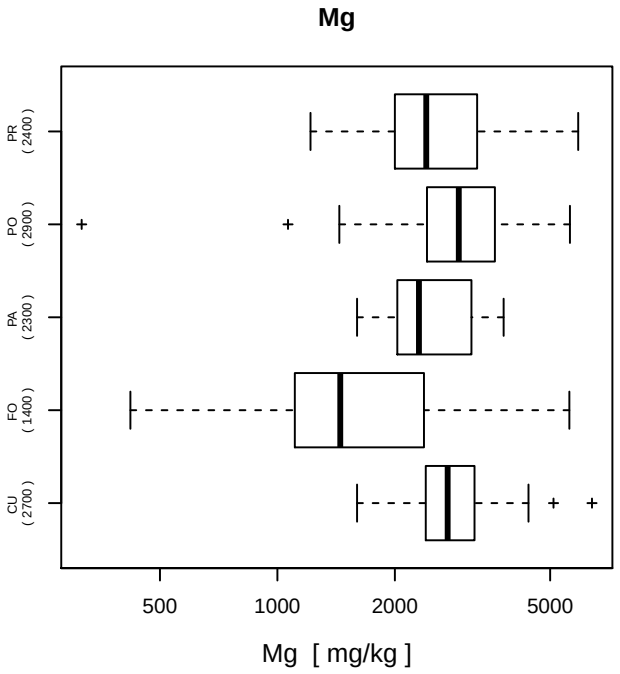

Al
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
5000
10000
20000
Al [mg/kg]
CU (n 56)
FO (n 73)
PA (n 14)
PO (n 120)
PR (n 103)

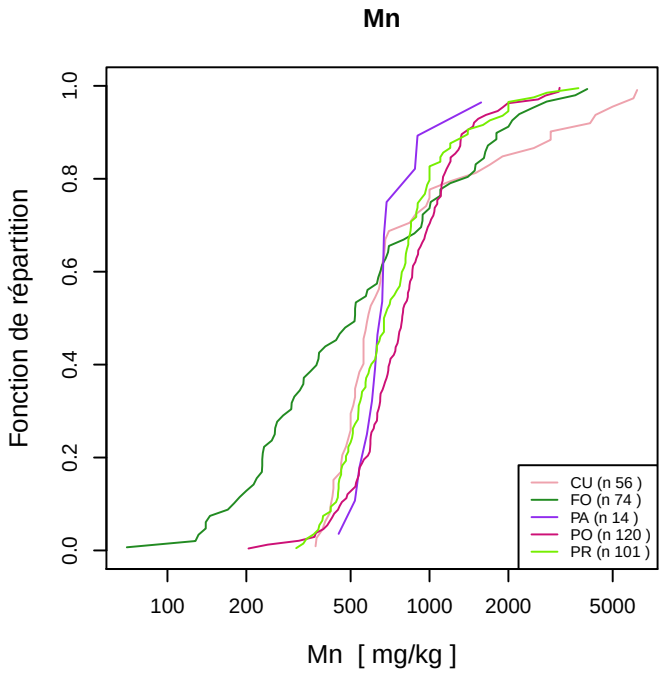

Al
PR (15000)
PO (17000)
PA (14000)
FO (11000)
CU (16000)
5000
10000
20000
Al [mg/kg]

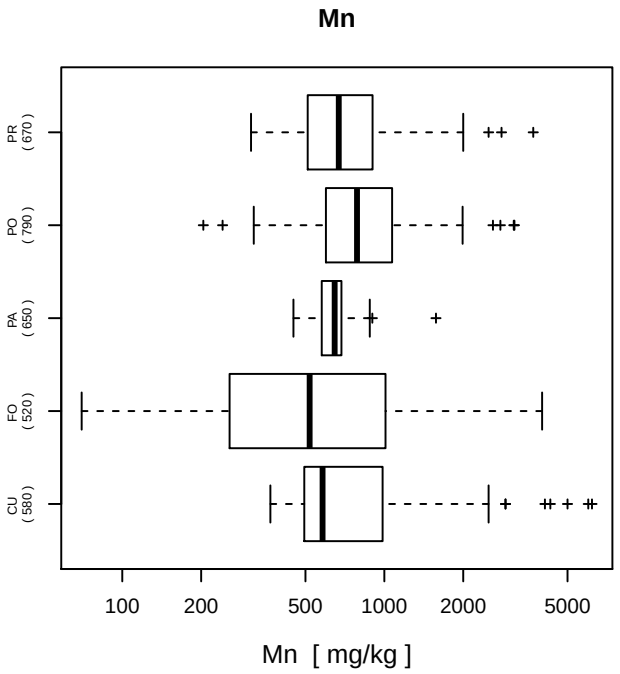

Ca
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
500
1000
2000
5000
10000
50000
Ca [mg/kg]
CU (n 55)
FO (n 73)
PA (n 11)
PO (n 115)
PR (n 104)

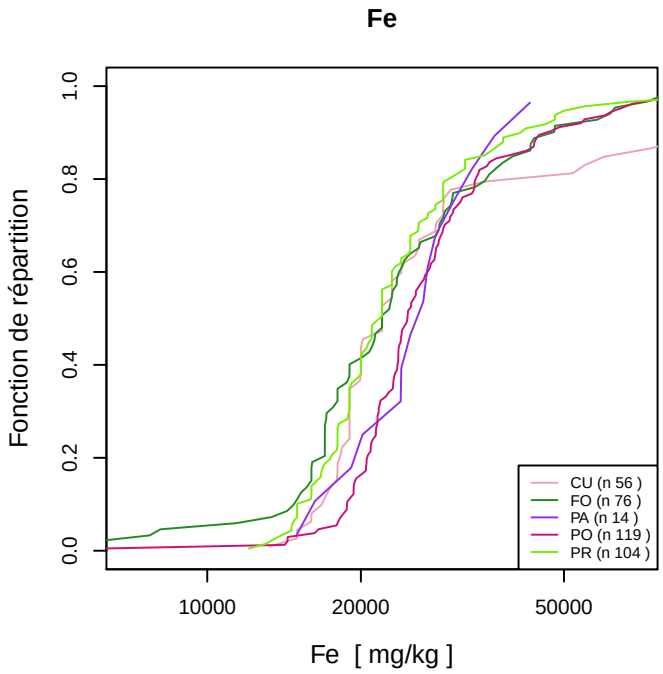

Ca
PR (2900)
PO (11000)
PA (3600)
FO (1300)
CU (3700)
500
1000
2000
5000
20000
50000
Ca [mg/kg]

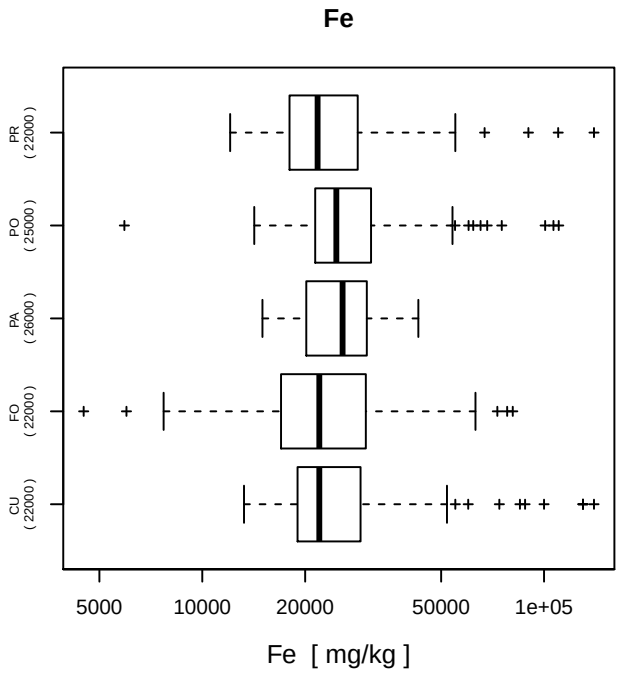

Mg
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
500
1000
2000
5000
Mg [mg/kg]
CU (n 56)
FO (n 72)
PA (n 13)
PO (n 119)
PR (n 104)

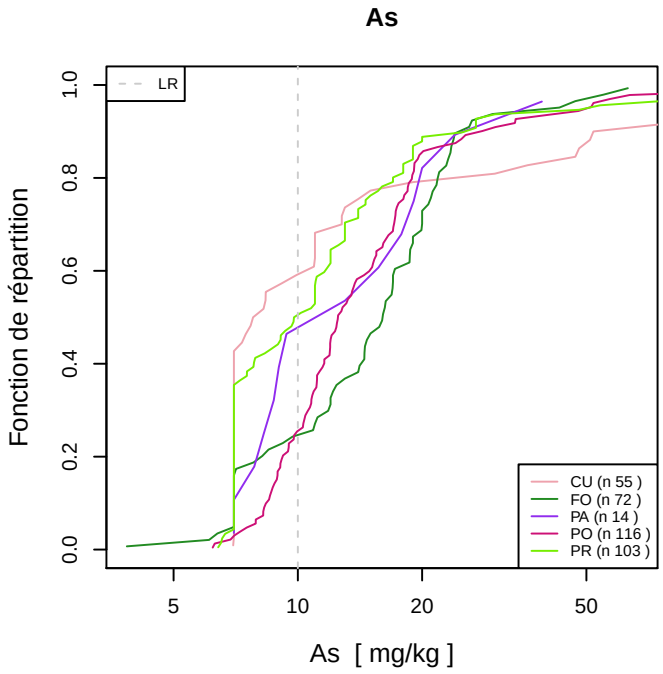

Mg
PR (2400)
PO (2900)
PA (2300)
FO (1400)
CU (2700)
500
1000
2000
5000
Mg [mg/kg]

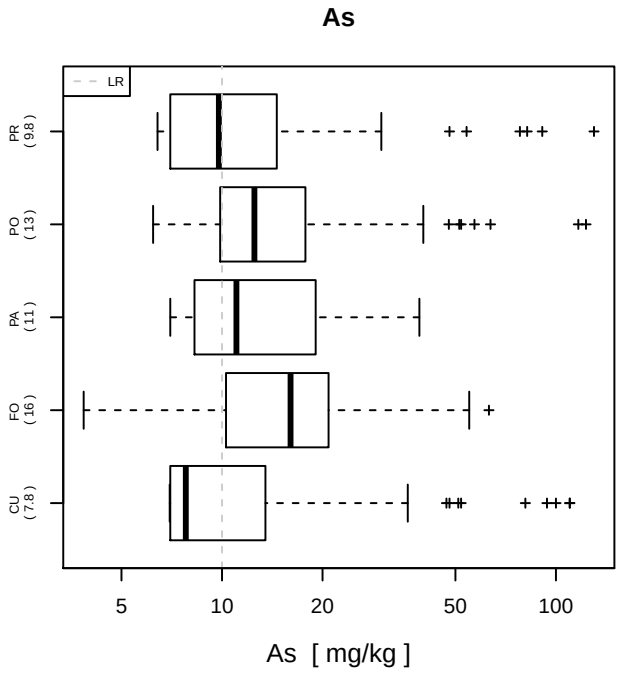

Mn
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
100
200
500
1000
2000
5000
Mn [mg/kg]
CU (n 56)
FO (n 74)
PA (n 14)
PO (n 120)
PR (n 101)

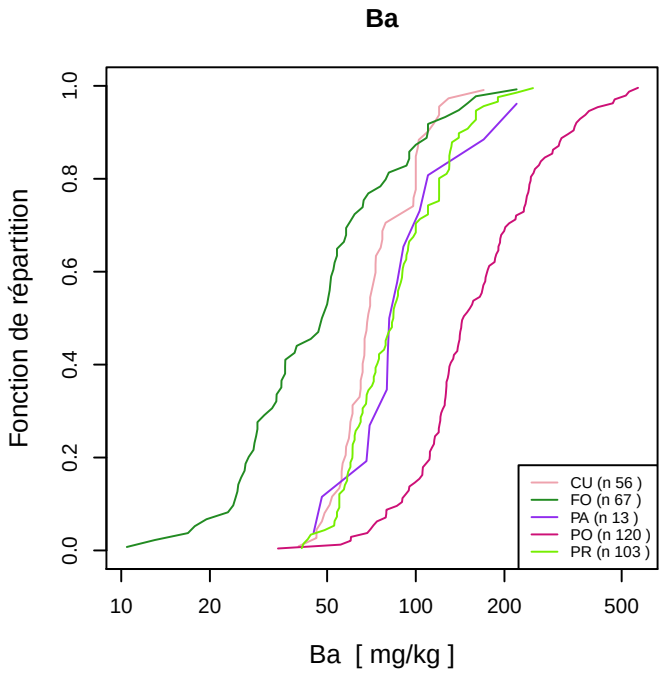

Mn
PR (670)
PO (790)
PA (650)
FO (520)
CU (580)
100
200
500
1000
2000
5000
Mn [mg/kg]

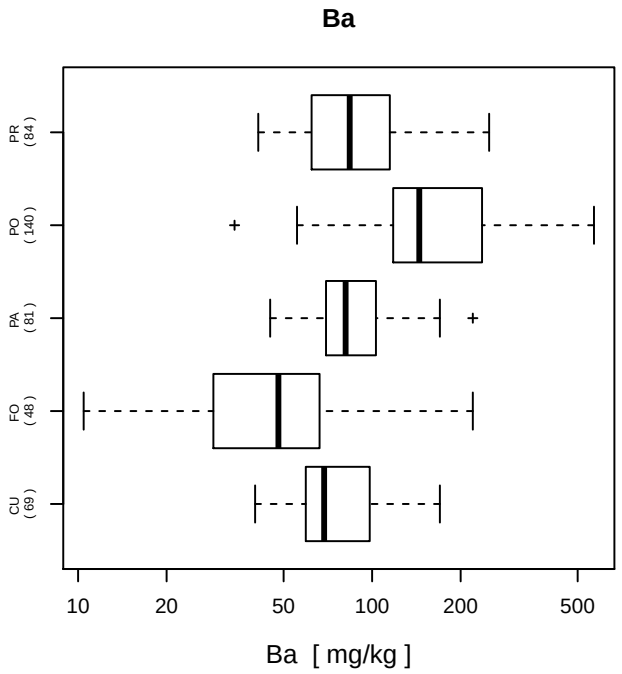

Fe
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
10000
20000
50000
Fe [mg/kg]
CU (n 56)
FO (n 76)
PA (n 14)
PO (n 119)
PR (n 104)

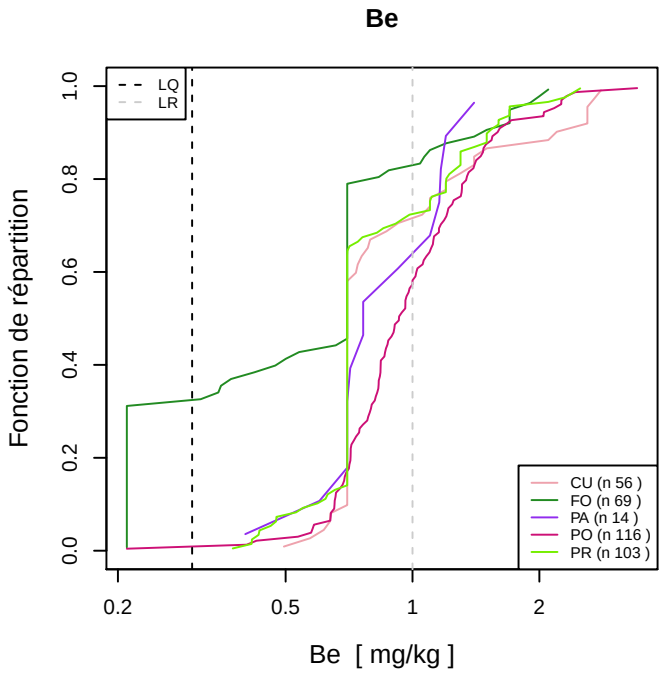

Fe
PR (22000)
PO (25000)
PA (26000)
FO (22000)
CU (22000)
5000
10000
20000
50000
1e+05
Fe [mg/kg]

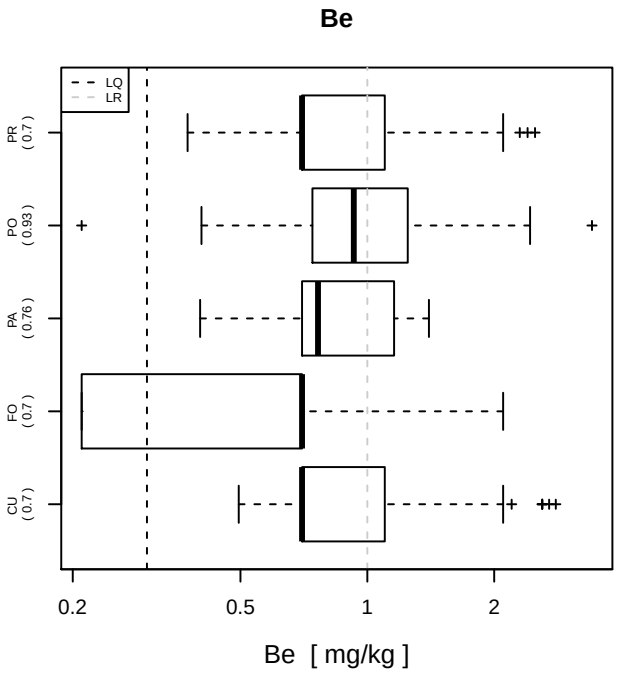

As
LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
5
10
20
50
As [mg/kg]
CU (n 55)
FO (n 72)
PA (n 14)
PO (n 116)
PR (n 103)

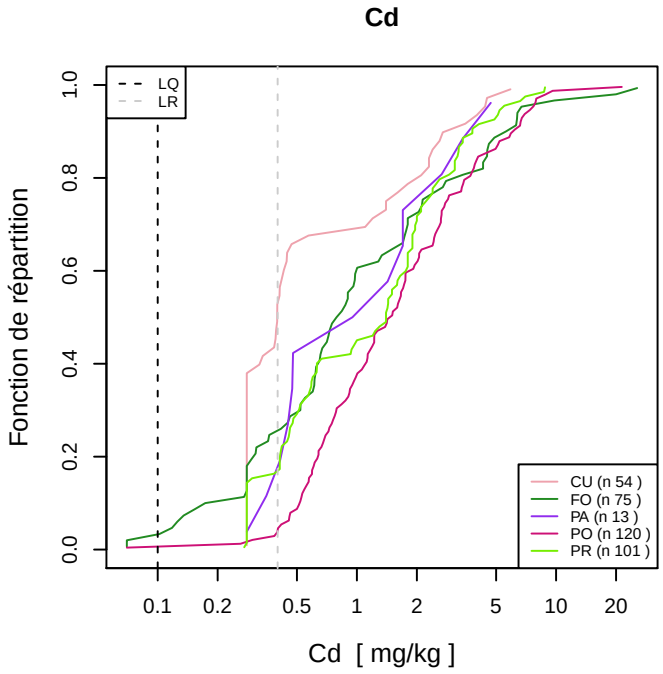

As
LR
PR (9.8)
PO (13)
PA (11)
FO (16)
CU (7.8)
5
10
20
50
100
As [mg/kg]

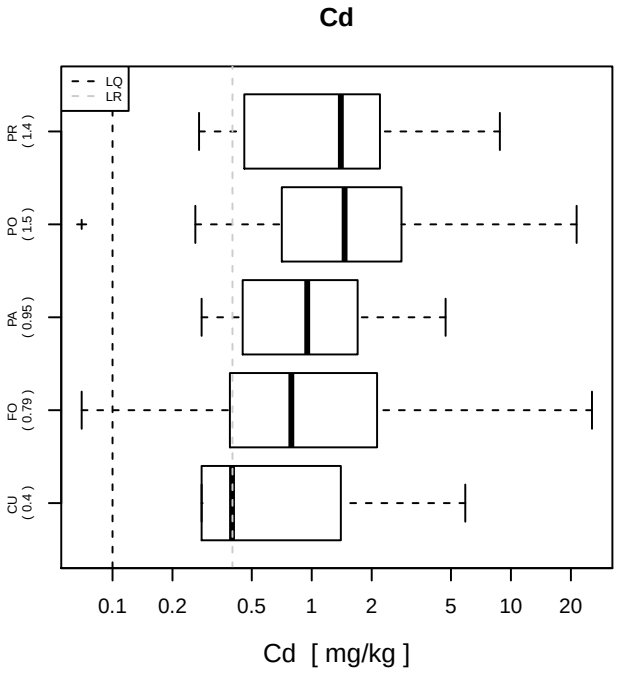

Ba
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
10
20
50
100
200
500
Ba [mg/kg]
CU (n 56)
FO (n 67)
PA (n 13)
PO (n 120)
PR (n 103)

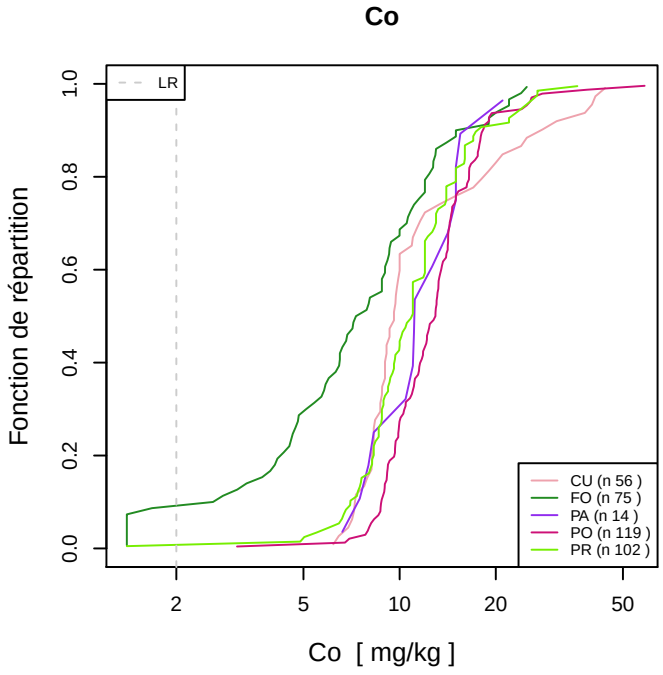

Ba
PR (84)
PO (140)
PA (81)
FO (48)
CU (69)
10
20
50
100
200
500
Ba [mg/kg]

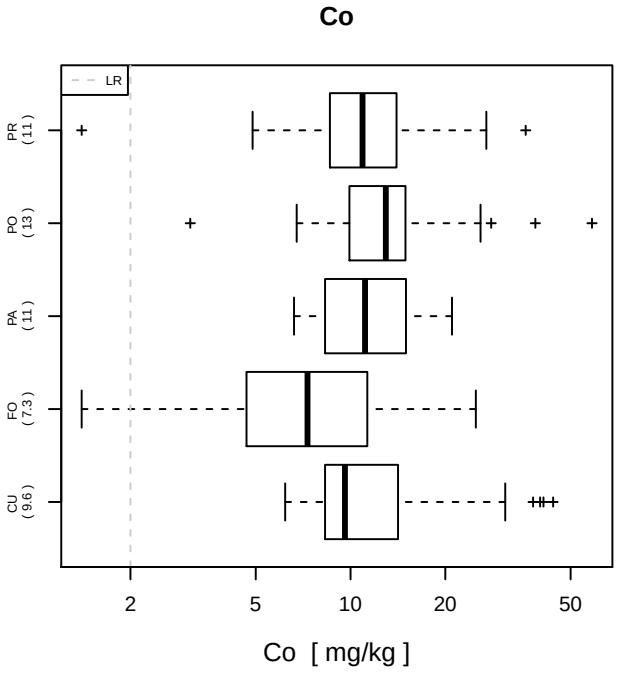

Be
LQ
LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.2
0.5
1
2
Be [mg/kg]
CU (n 56)
FO (n 69)
PA (n 14)
PO (n 116)
PR (n 103)

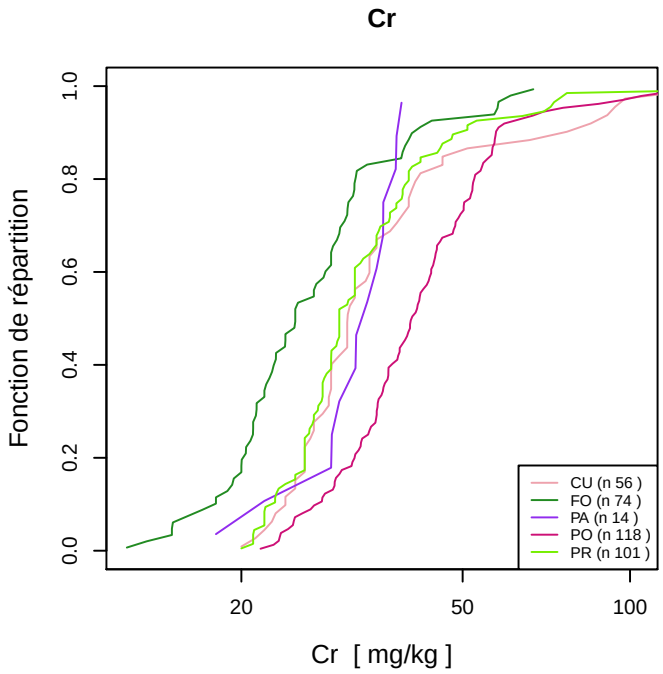

Be
LQ
LR
PR (0.7)
PO (0.93)
PA (0.76)
FO (0.7)
CU (0.7)
0.2
0.5
1
2
Be [mg/kg]

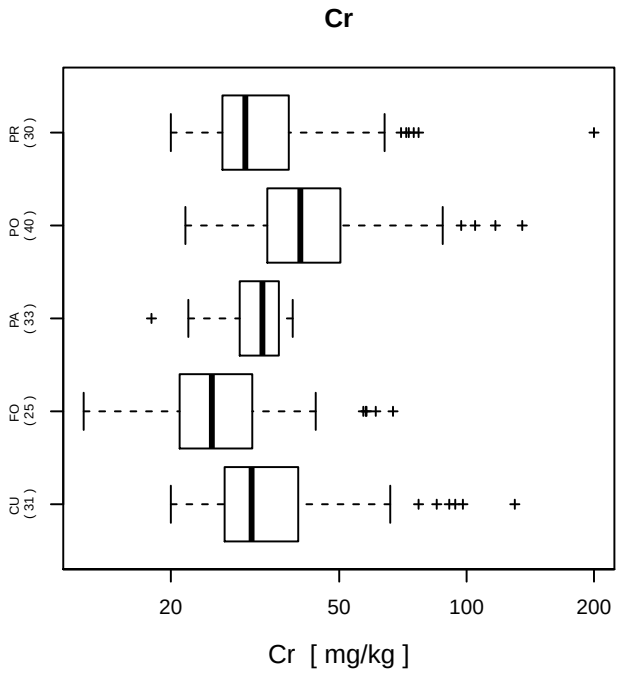

Cd
LQ
LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.1
0.2
0.5
1
2
5
10
20
Cd [mg/kg]
CU (n 54)
FO (n 75)
PA (n 13)
PO (n 120)
PR (n 101)

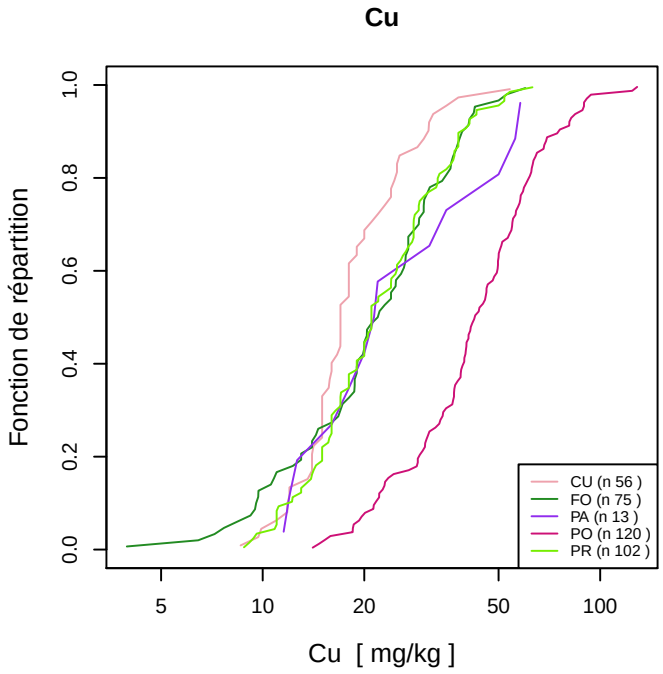

Cd
LQ
LR
PR (1.4)
PO (1.5)
PA (0.95)
FO (0.79)
CU (0.4)
0.1
0.2
0.5
1
2
5
10
20
Cd [mg/kg]

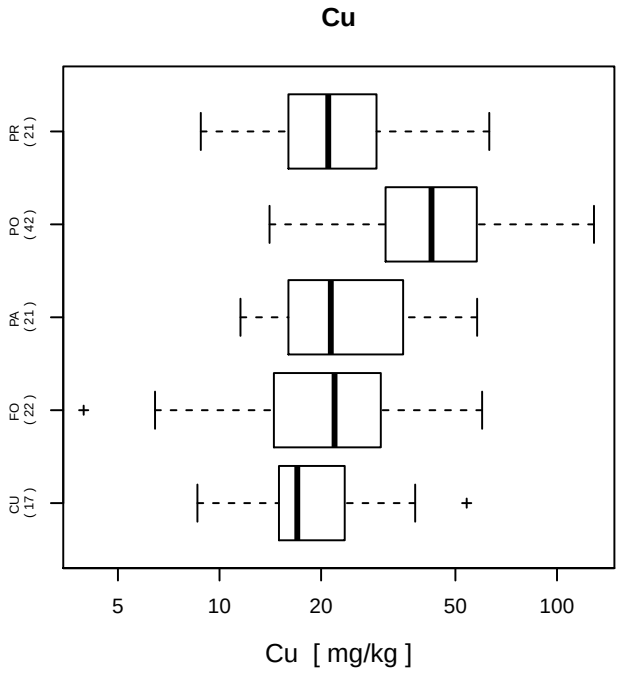

Co
LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
2
5
10
20
50
Co [mg/kg]
CU (n 56)
FO (n 75)
PA (n 14)
PO (n 119)
PR (n 102)

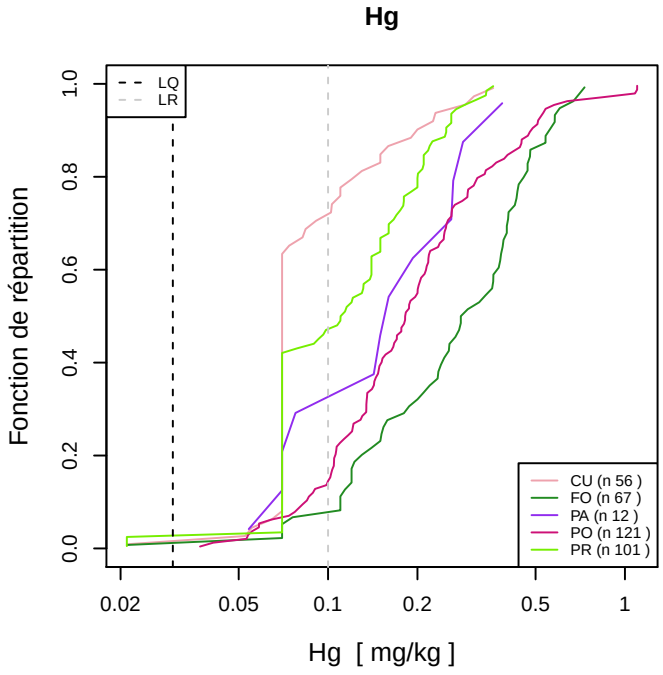

Co
LR
PR (11)
PO (13)
PA (11)
FO (7.3)
CU (9.6)
2
5
10
20
50
Co [mg/kg]

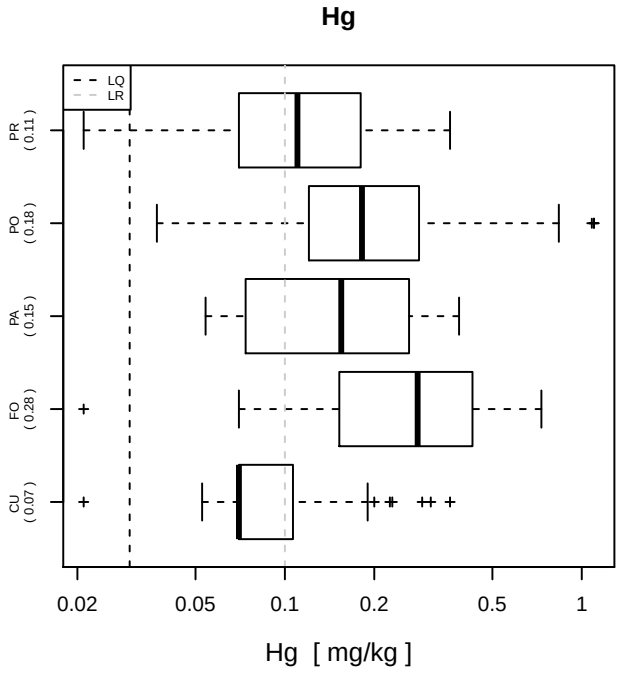

Cr
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
20
50
100
Cr [mg/kg]
CU (n 56)
FO (n 74)
PA (n 14)
PO (n 118)
PR (n 101)

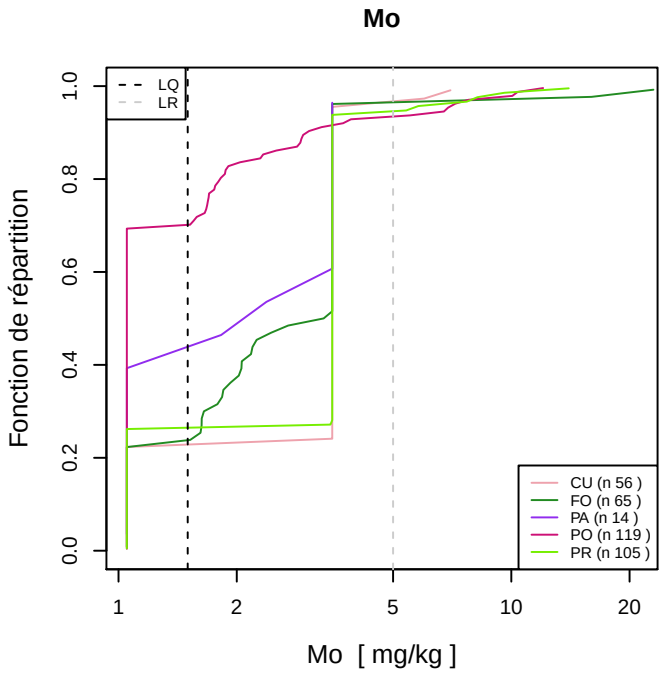

Cr
PR (30)
PO (40)
PA (33)
FO (25)
CU (31)
20
50
100
200
Cr [mg/kg]

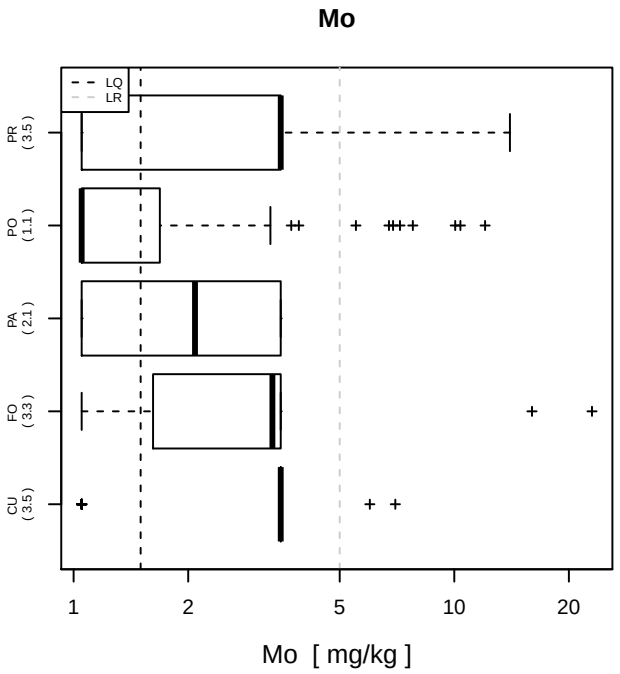

Cu
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
5
10
20
50
100
Cu [mg/kg]
CU (n 56)
FO (n 75)
PA (n 13)
PO (n 120)
PR (n 102)

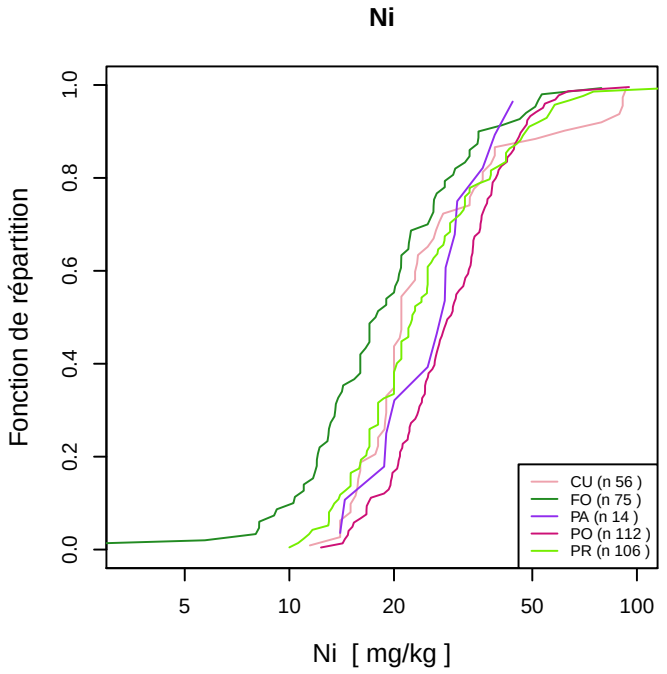

Cu
PR (21)
PO (42)
PA (21)
FO (22)
CU (17)
5
10
20
50
100
Cu [mg/kg]

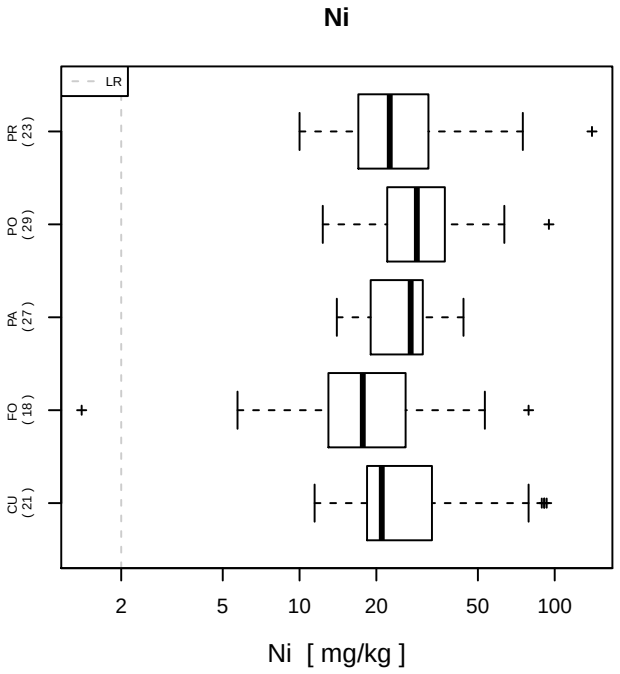

Hg
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
LQ
LR
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
Hg [mg/kg]
CU (n 56)
FO (n 67)
PA (n 12)
PO (n 121)
PR (n 101)

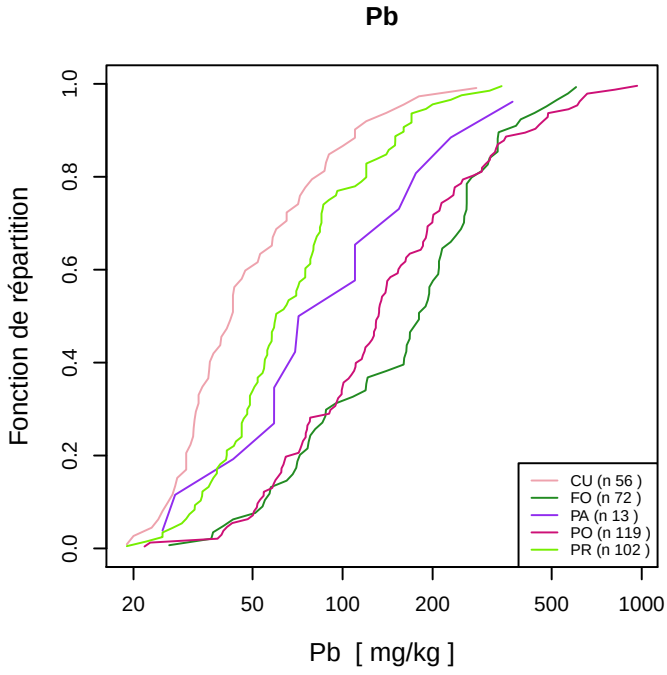

Hg
LQ
LR
PR (0.11)
PO (0.18)
PA (0.15)
FO (0.28)
CU (0.07)
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
Hg [mg/kg]

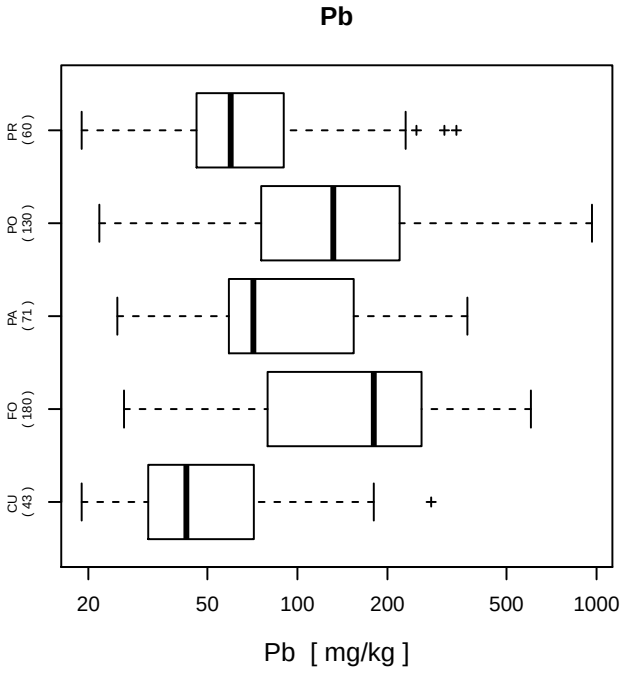

Mo
LQ
LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
1
2
5
10
20
Mo [mg/kg]
CU (n 56)
FO (n 65)
PA (n 14)
PO (n 119)
PR (n 105)

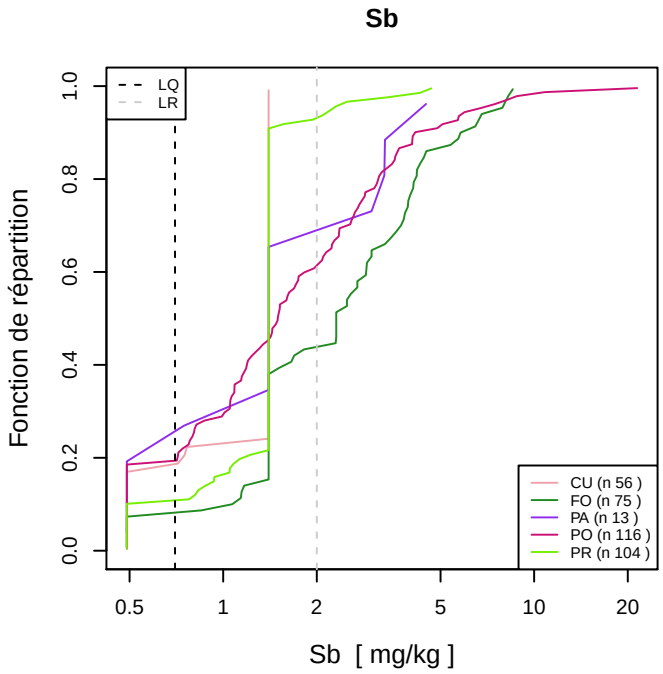

Mo
LQ
LR
PR (3.5)
PO (1.1)
PA (2.1)
FO (3.3)
CU (3.5)
1
2
5
10
20
Mo [mg/kg]

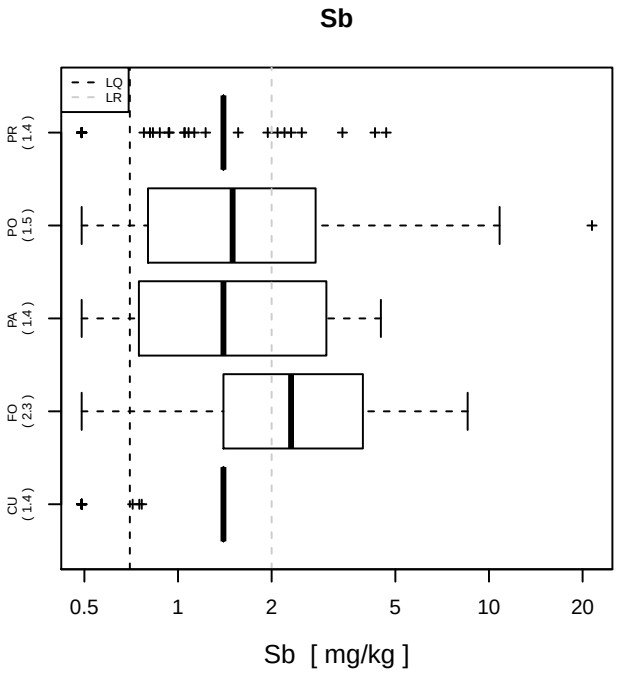

Ni
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
5
10
20
50
100
Ni [mg/kg]
CU (n 56)
FO (n 75)
PA (n 14)
PO (n 112)
PR (n 106)

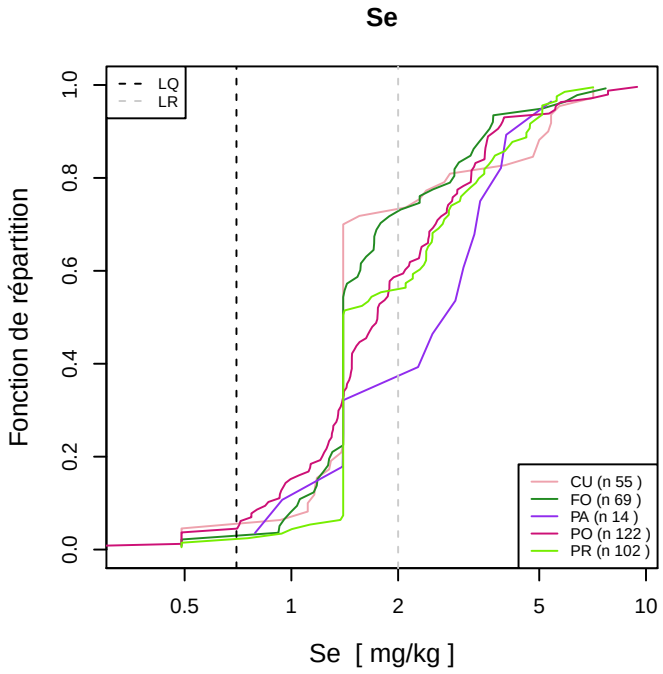

Ni
LR
PR (23)
PO (29)
PA (27)
FO (18)
CU (21)
2
5
10
20
50
100
Ni [mg/kg]

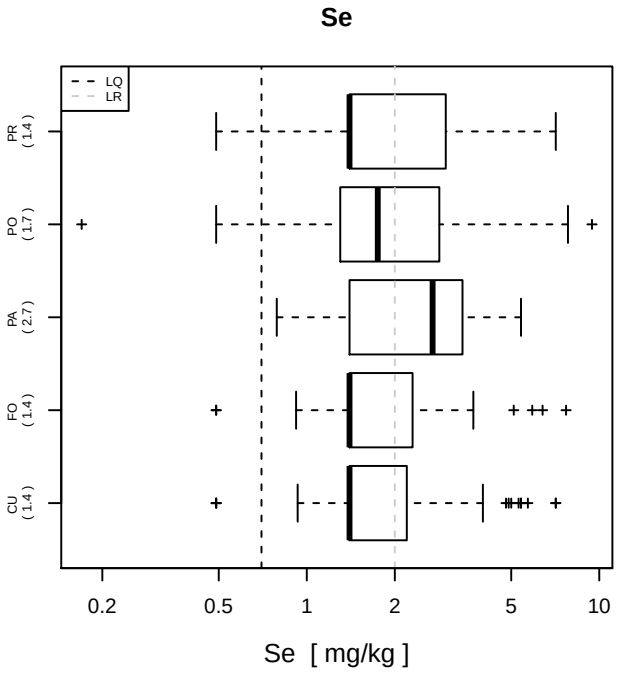

Pb
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
20
50
100
200
500
1000
Pb [mg/kg]
CU (n 56)
FO (n 72)
PA (n 13)
PO (n 119)
PR (n 102)

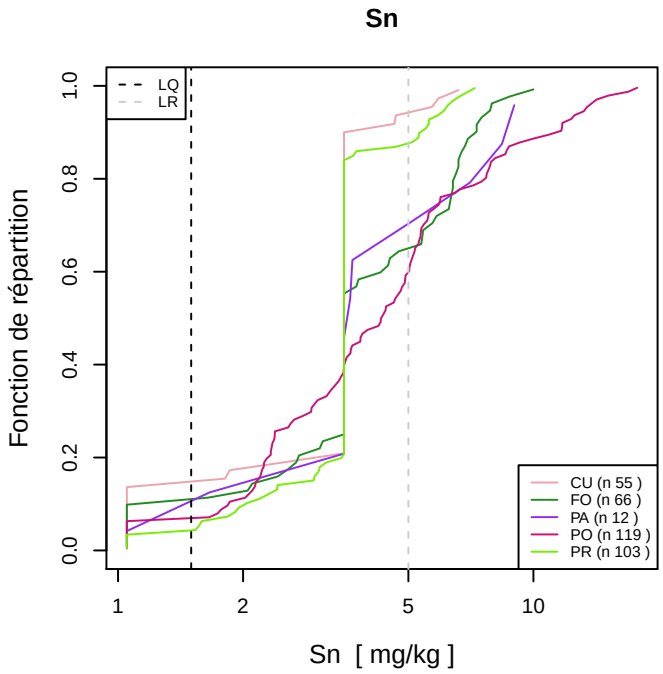

Pb
PR (60)
PO (130)
PA (71)
FO (180)
CU (43)
20
50
100
200
500
1000
Pb [mg/kg]

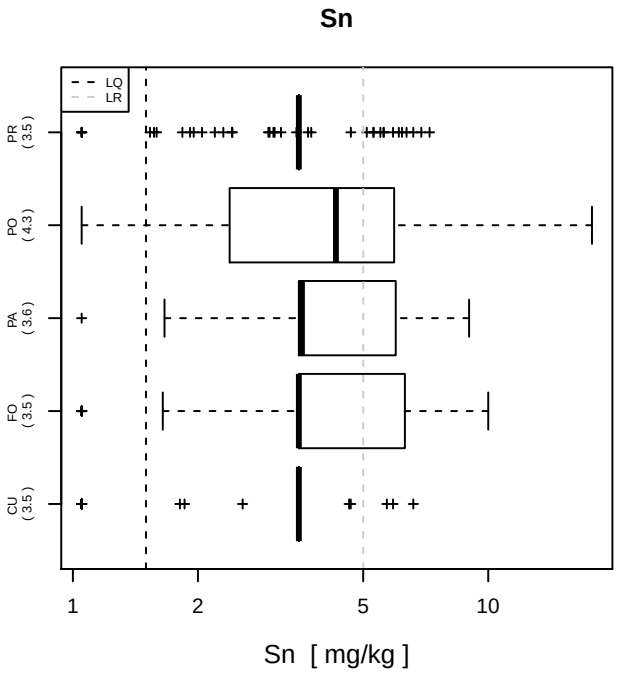

Sb
LQ
LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.5
1
2
5
10
20
Sb [mg/kg]
CU (n 56)
FO (n 75)
PA (n 13)
PO (n 116)
PR (n 104)

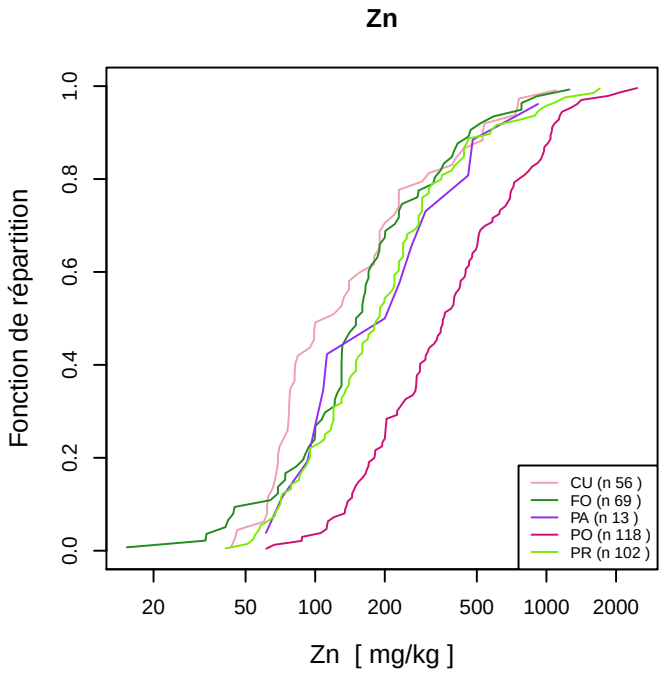

Sb
LQ
LR
PR (1.4)
PO (1.5)
PA (1.4)
FO (2.3)
CU (1.4)
0.5
1
2
5
10
20
Sb [mg/kg]

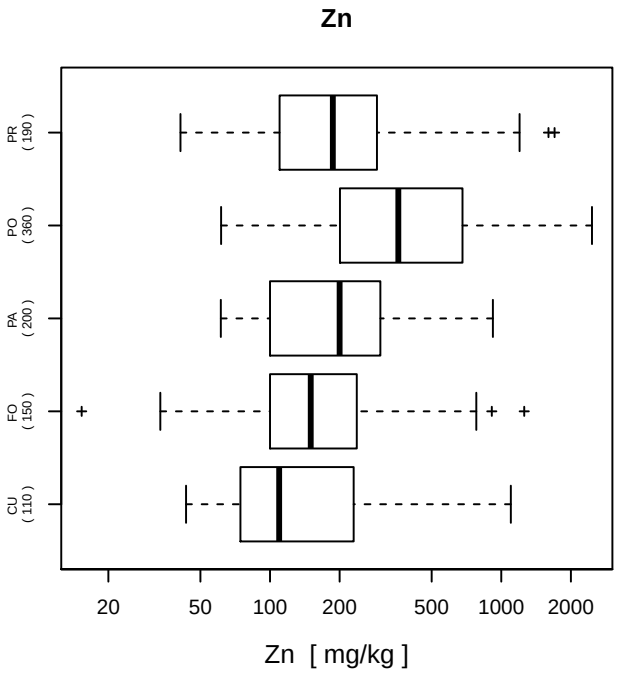

Se
LQ
LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.5
1
2
5
10
Se [mg/kg]
CU (n 55)
FO (n 69)
PA (n 14)
PO (n 122)
PR (n 102)

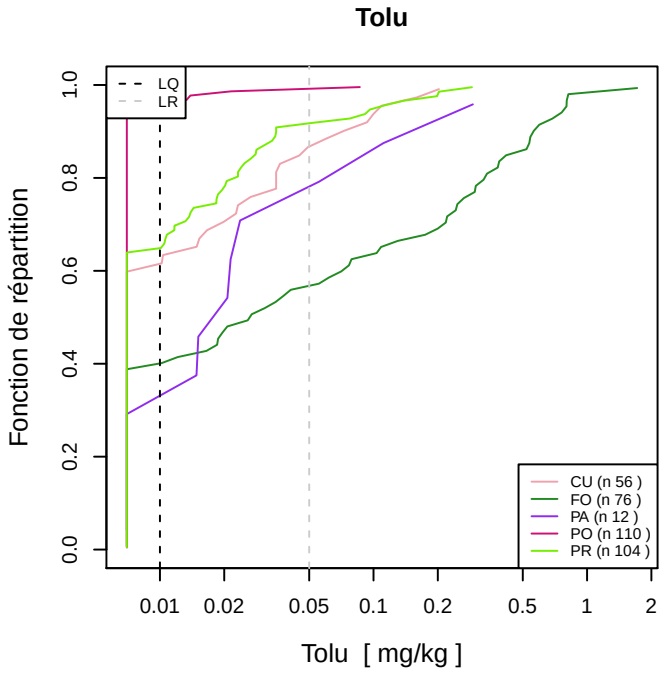

Se
LQ
LR
PR (1.4)
PO (1.7)
PA (2.7)
FO (1.4)
CU (1.4)
0.2
0.5
1
2
5
10
Se [mg/kg]

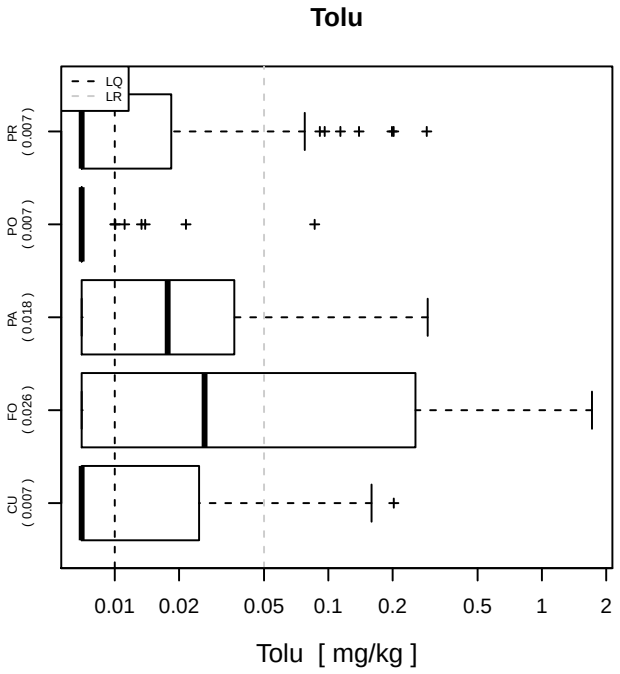

Sn
LQ
LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
1
2
5
10
Sn [mg/kg]
CU (n 55)
FO (n 66)
PA (n 12)
PO (n 119)
PR (n 103)

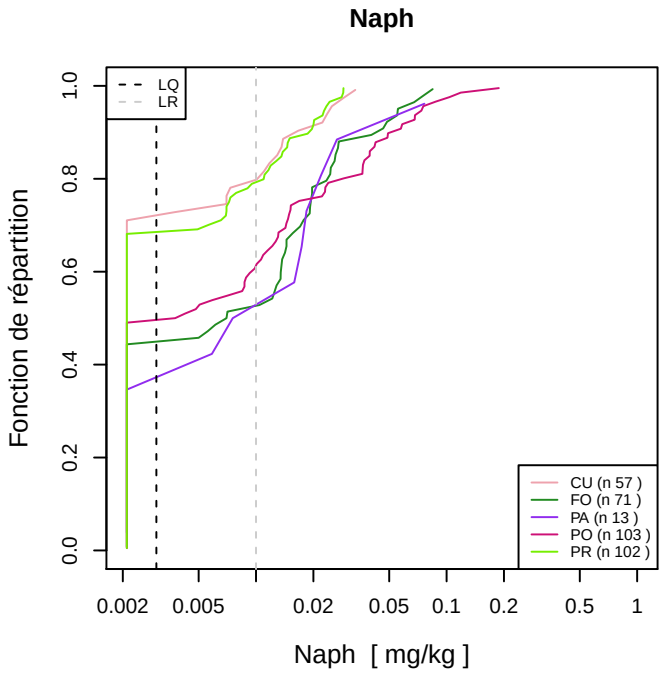

Sn
LQ
LR
PR (3.5)
PO (4.3)
PA (3.6)
FO (3.5)
CU (3.5)
1
2
5
10
Sn [mg/kg]

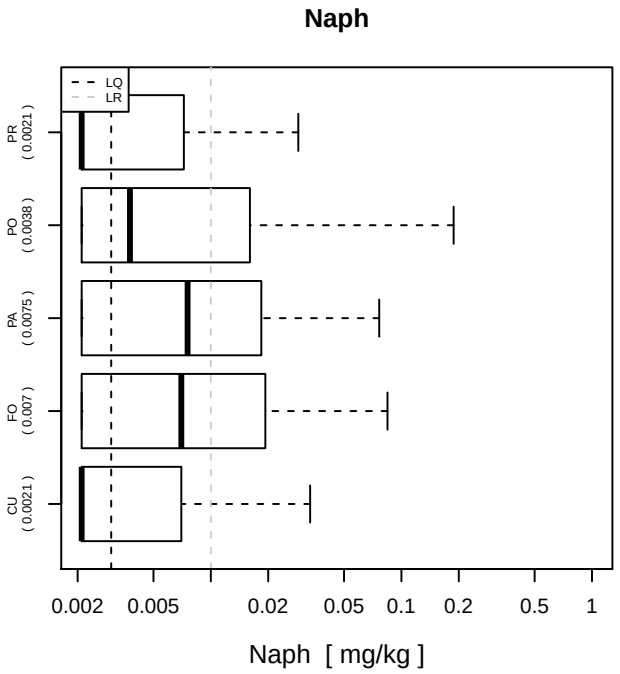

Zn
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
20
50
100
200
500
1000
2000
Zn [mg/kg]
CU (n 56)
FO (n 69)
PA (n 13)
PO (n 118)
PR (n 102)

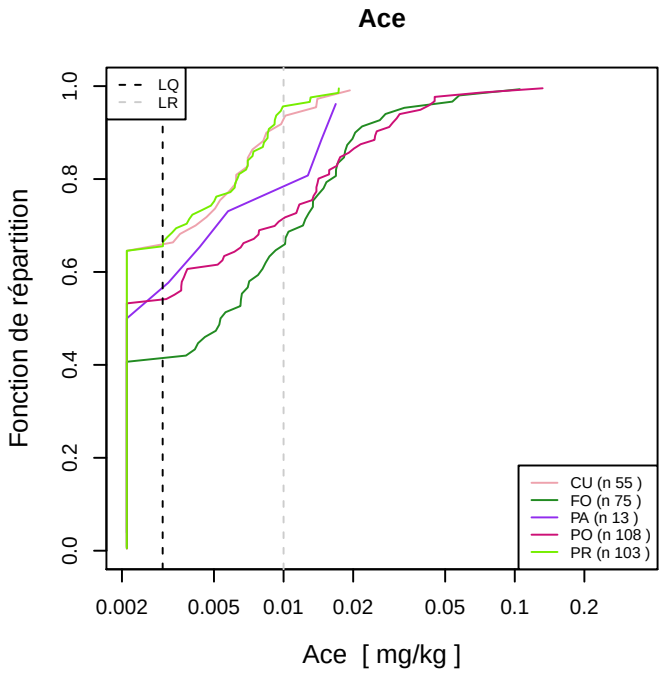

Zn
PR (190)
PO (360)
PA (200)
FO (150)
CU (110)
20
50
100
200
500
1000
2000
Zn [mg/kg]

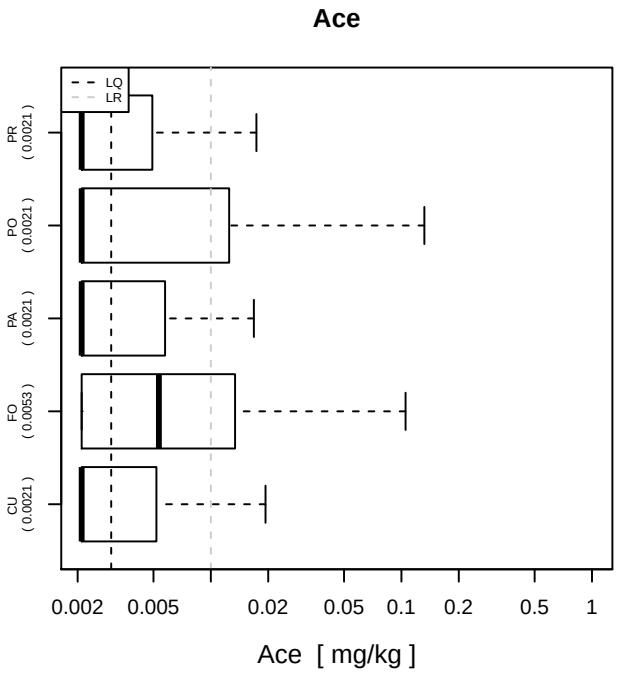

Tolu
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
LQ
LR
0.01
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
2
Tolu [mg/kg]
CU (n 56)
FO (n 76)
PA (n 12)
PO (n 110)
PR (n 104)

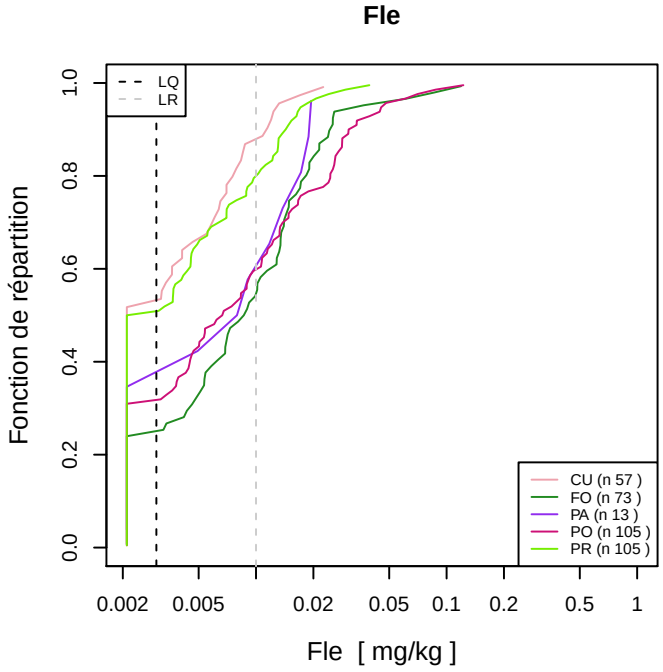

Tolu
LQ
LR
PR (0.007)
PO (0.007)
PA (0.018)
FO (0.026)
CU (0.007)
0.01
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
2
Tolu [mg/kg]

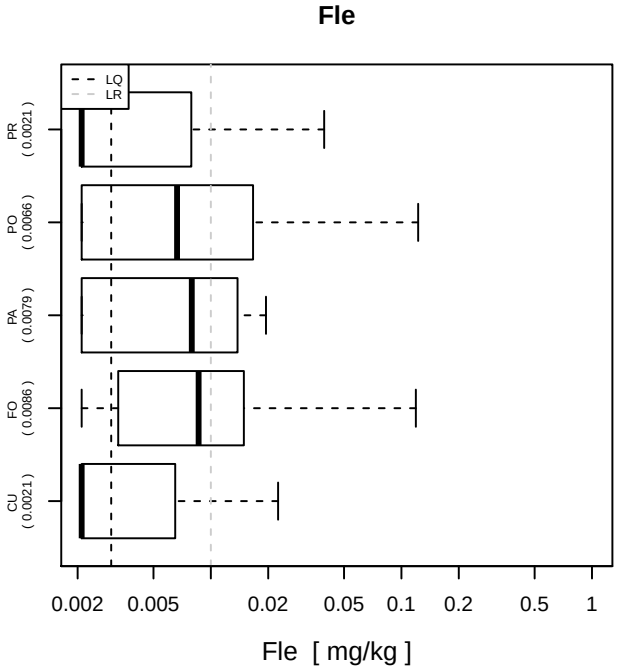

Naph
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
LQ
LR
0.002
0.005
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
Naph [mg/kg]
CU (n 57)
FO (n 71)
PA (n 13)
PO (n 103)
PR (n 102)

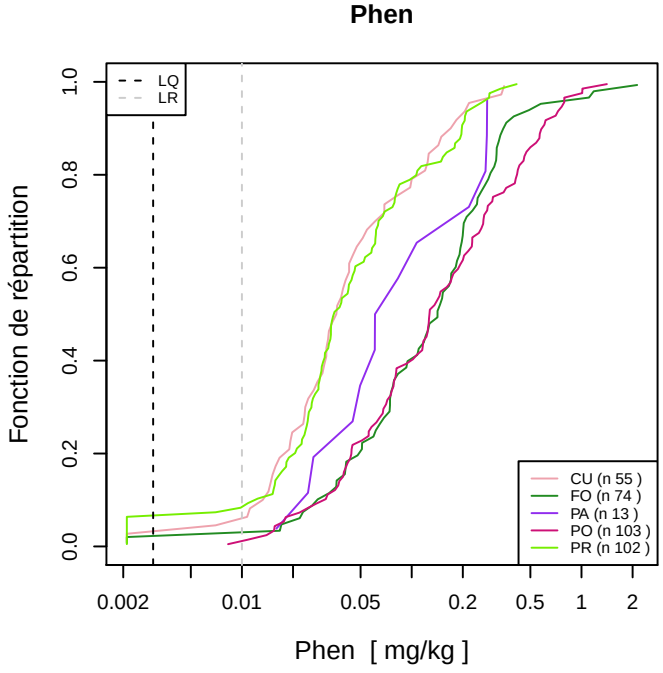

Naph
LQ
LR
PR (0.0021)
PO (0.0038)
PA (0.0075)
FO (0.007)
CU (0.0021)
0.002
0.005
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
Naph [mg/kg]

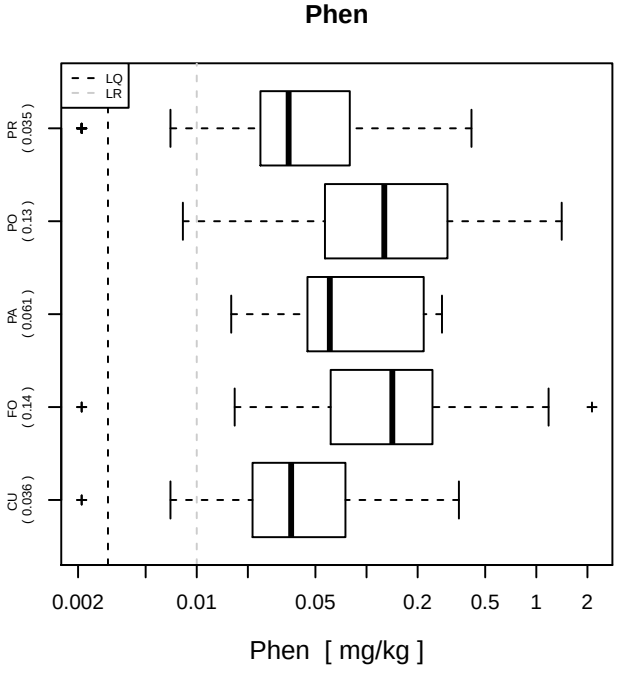

Ace
LQ
LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.002
0.005
0.01
0.02
0.05
0.1
0.2
Ace [mg/kg]
CU (n 55)
FO (n 75)
PA (n 13)
PO (n 108)
PR (n 103)

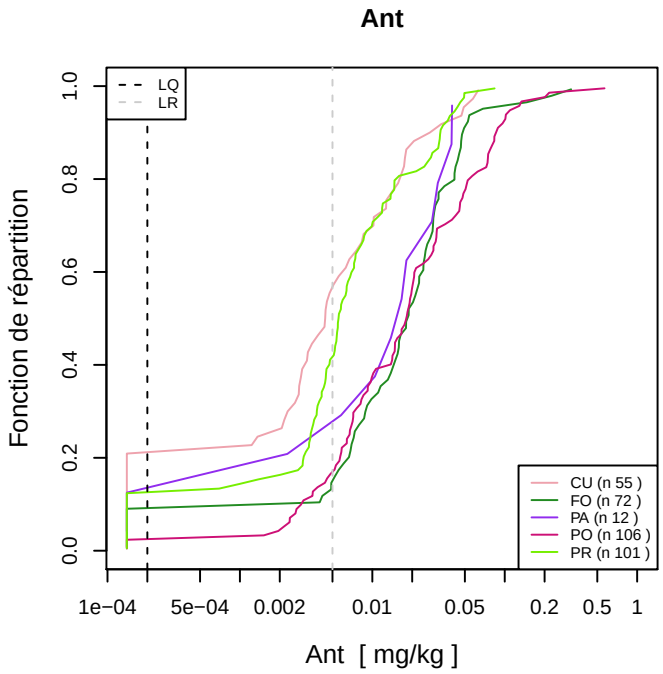

Ace
LQ
LR
PR (0.0021)
PO (0.0021)
PA (0.0021)
FO (0.0053)
CU (0.0021)
0.002
0.005
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
Ace [mg/kg]

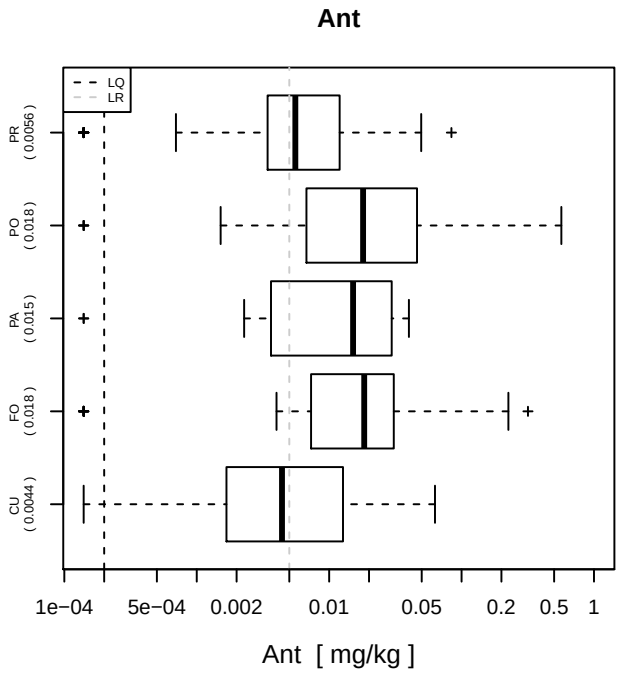

Fle
LQ
LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.002
0.005
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
Fle [mg/kg]
CU (n 57)
FO (n 73)
PA (n 13)
PO (n 105)
PR (n 105)

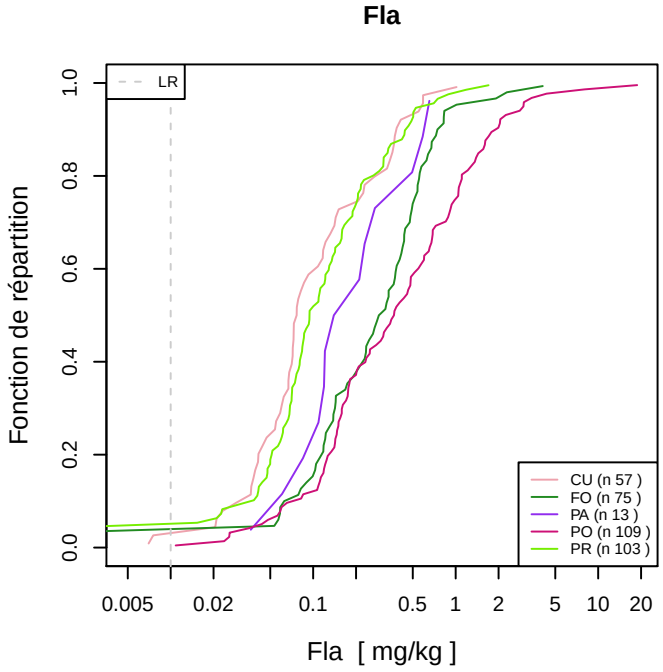

Fle
LQ
LR
PR (0.0021)
PO (0.0066)
PA (0.0079)
FO (0.0086)
CU (0.0021)
0.002
0.005
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
Fle [mg/kg]

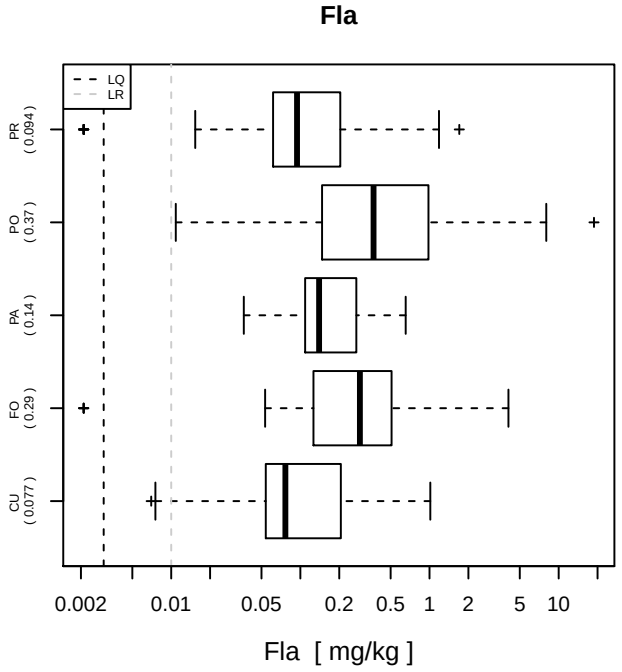

Phen
LQ
LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.002
0.01
0.05
0.2
0.5
1
2
Phen [mg/kg]
CU (n 55)
FO (n 74)
PA (n 13)
PO (n 103)
PR (n 102)

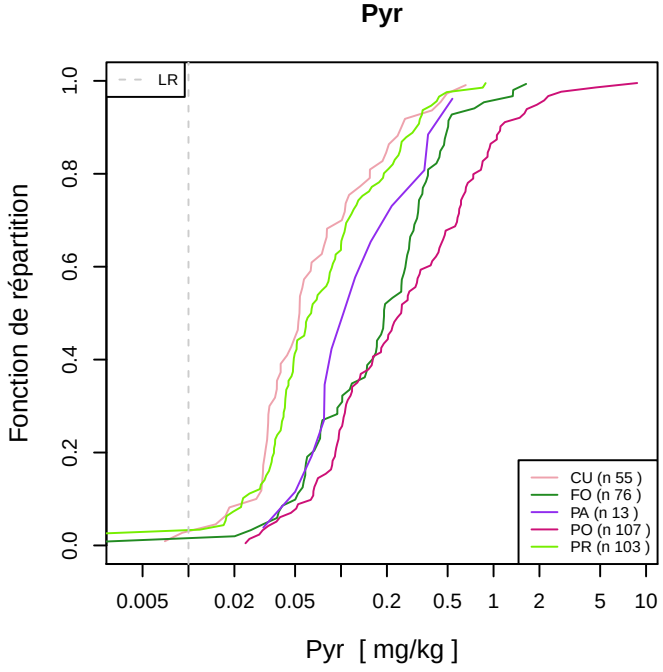

Phen
LQ
LR
PR (0.035)
PO (0.13)
PA (0.061)
FO (0.14)
CU (0.036)
0.002
0.01
0.05
0.2
0.5
1
2
Phen [mg/kg]

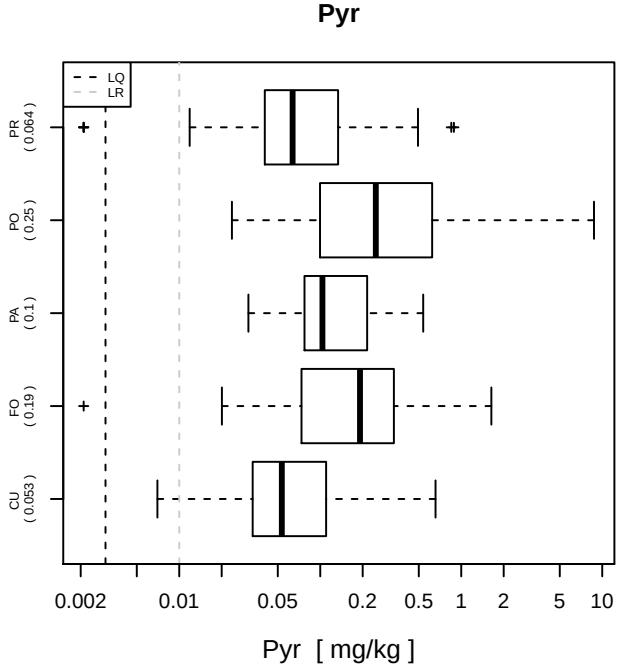

Ant
LQ
LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
1e−04
5e−04
0.002
0.01
0.05
0.2
0.5
1
Ant [mg/kg]
CU (n 55)
FO (n 72)
PA (n 12)
PO (n 106)
PR (n 101)

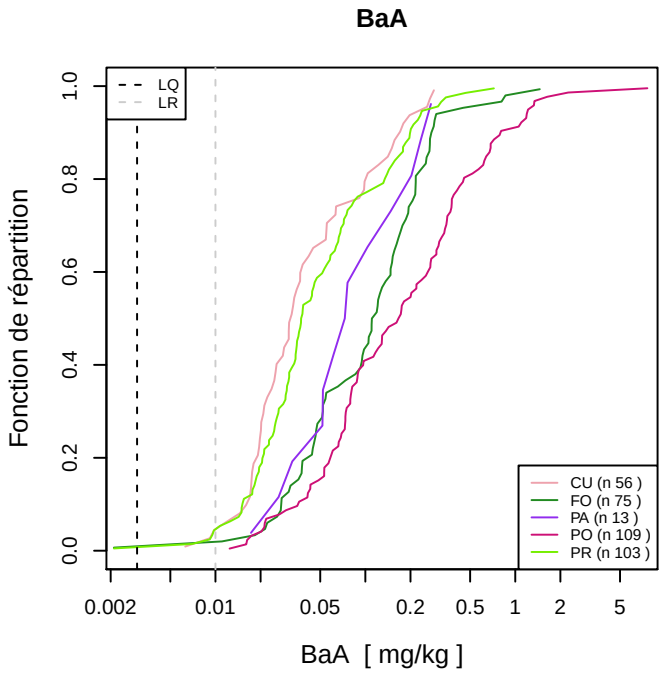

Ant
LQ
LR
PR (0.0056)
PO (0.018)
PA (0.015)
FO (0.018)
CU (0.0044)
1e−04
5e−04
0.002
0.01
0.05
0.2
0.5
1
Ant [mg/kg]

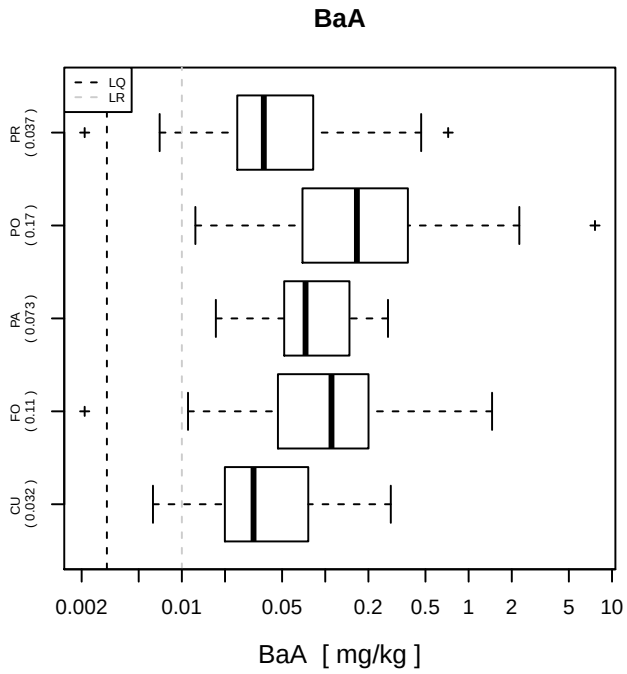

Fla
LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.005
0.02
0.1
0.5
1
2
5
10
20
Fla [mg/kg]
CU (n 57)
FO (n 75)
PA (n 13)
PO (n 109)
PR (n 103)

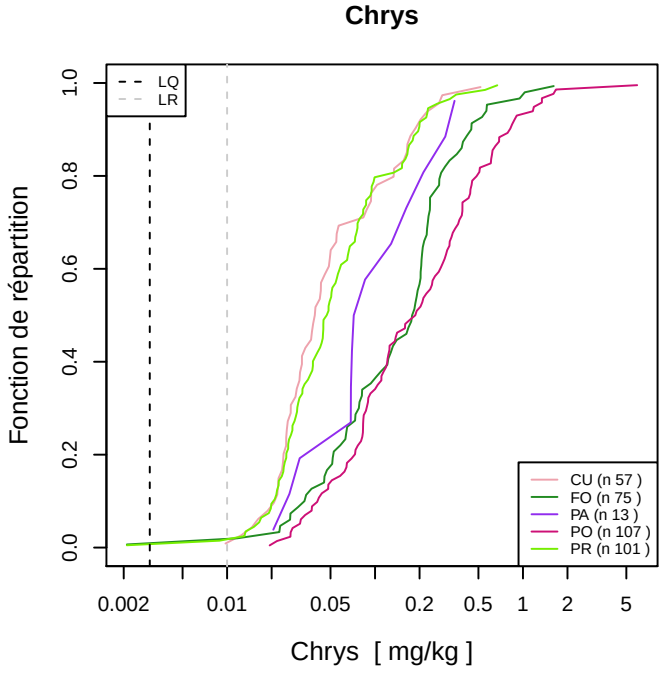

Fla
LQ
LR
PR (0.094)
PO (0.37)
PA (0.14)
FO (0.29)
CU (0.077)
0.002
0.01
0.05
0.2
0.5
1
2
5
10
Fla [mg/kg]

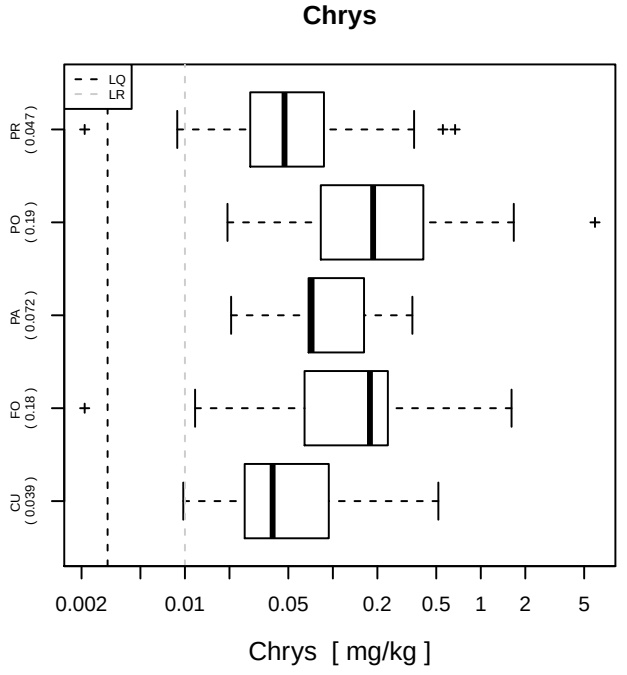

Pyr
LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.005
0.02
0.05
0.2
0.5
1
2
5
10
Pyr [mg/kg]
CU (n 55)
FO (n 76)
PA (n 13)
PO (n 107)
PR (n 103)

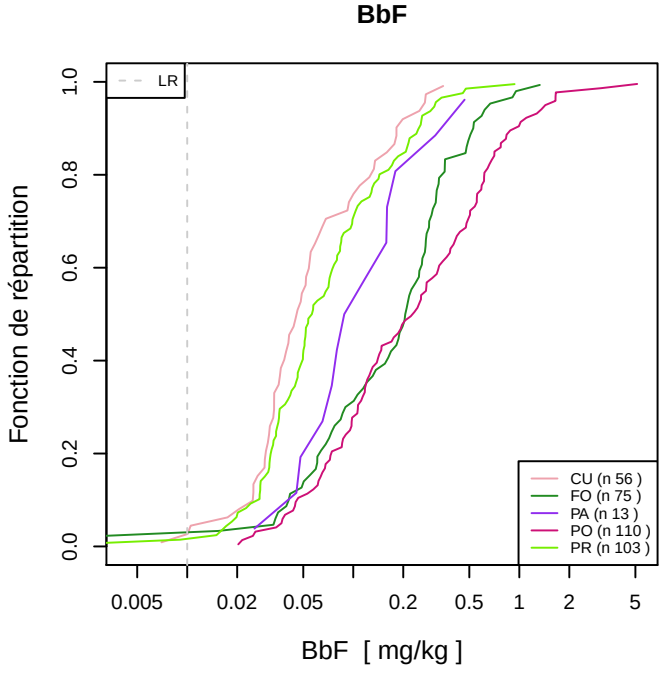

Pyr
LQ
LR
PR (0.064)
PO (0.25)
PA (0.1)
FO (0.19)
CU (0.053)
0.002
0.01
0.05
0.2
0.5
1
2
5
10
Pyr [mg/kg]

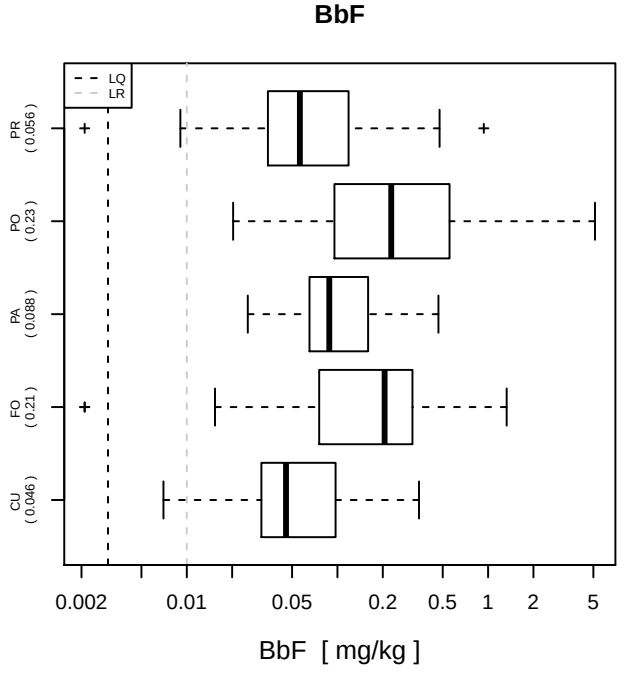

BaA
Fonction de répartition
LQ
LR
CU (n 56)
FO (n 75)
PA (n 13)
PO (n 109)
PR (n 103)
0.002
0.01
0.05
0.2
0.5
1
2
5
BaA [mg/kg]

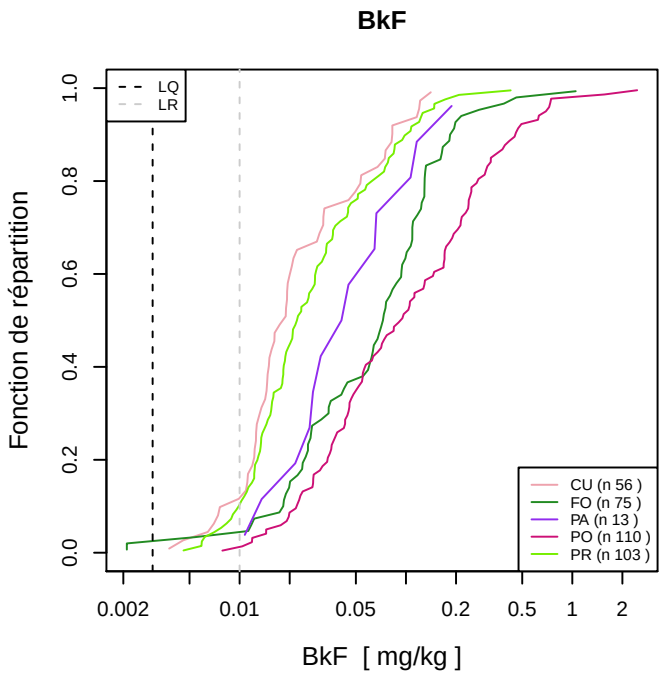

BaA
LQ
LR
PR (0.037)
PO (0.17)
PA (0.073)
FO (0.11)
CU (0.032)
0.002
0.01
0.05
0.2
0.5
1
2
5
10
BaA [mg/kg]

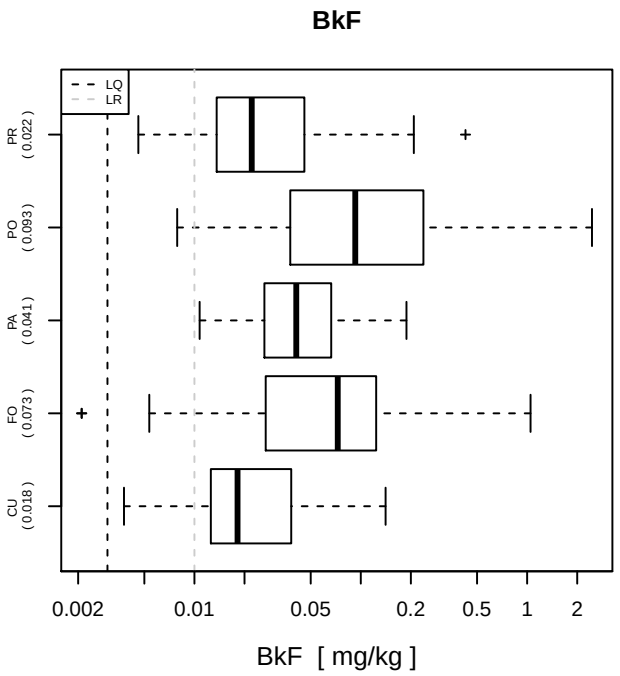

Chrys
Fonction de répartition
LQ
LR
CU (n 57)
FO (n 75)
PA (n 13)
PO (n 107)
PR (n 101)
0.002
0.01
0.05
0.2
0.5
1
2
5
Chrys [mg/kg]

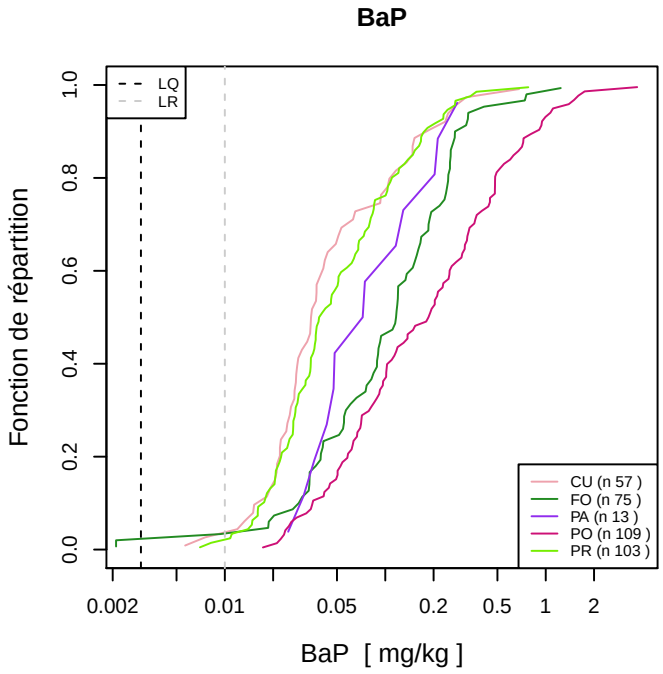

Chrys
LQ
LR
PR (0.047)
PO (0.19)
PA (0.072)
FO (0.18)
CU (0.039)
0.002
0.01
0.05
0.2
0.5
1
2
5
Chrys [mg/kg]

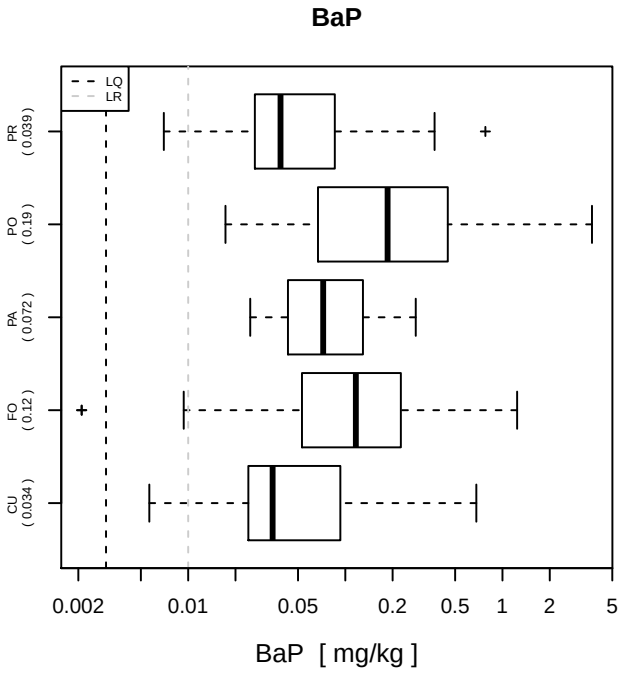

BbF
Fonction de répartition
LR
CU (n 56)
FO (n 75)
PA (n 13)
PO (n 110)
PR (n 103)
0.005
0.02
0.05
0.2
0.5
1
2
5
BbF [mg/kg]

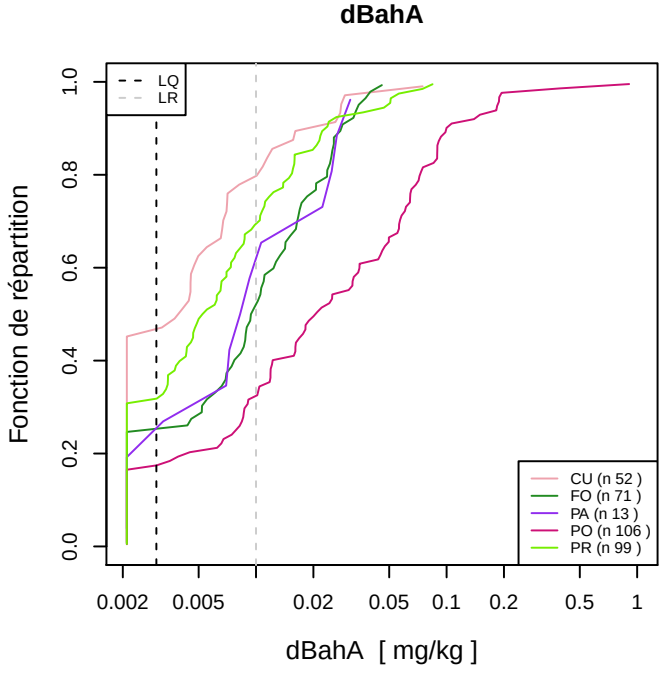

BbF
LQ
LR
PR (0.056)
PO (0.23)
PA (0.088)
FO (0.21)
CU (0.046)
0.002
0.01
0.05
0.2
0.5
1
2
5
BbF [mg/kg]

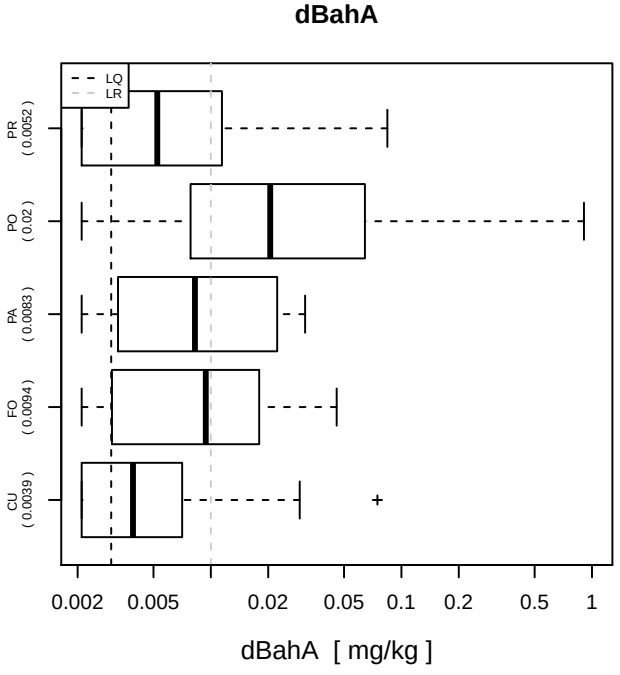

BkF
Fonction de répartition
BkF [mg/kg]
LQ
LR
CU (n 56)
FO (n 75)
PA (n 13)
PO (n 110)
PR (n 103)

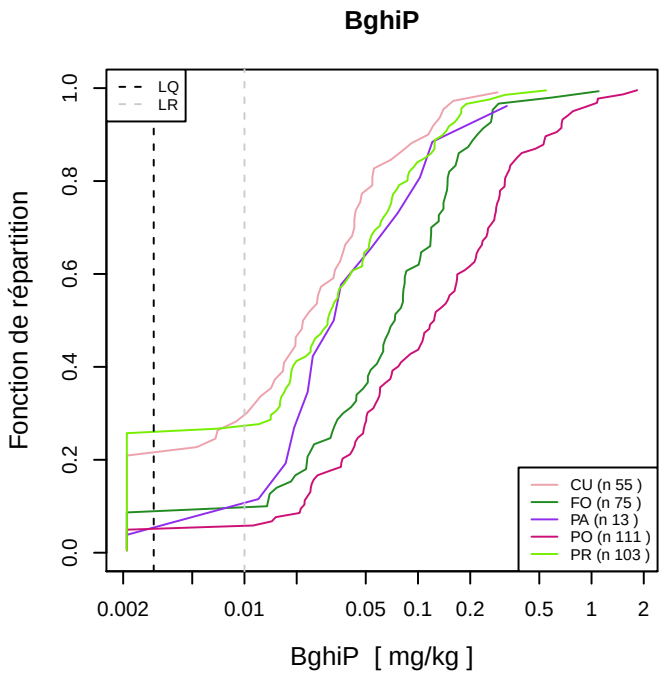

BkF
BkF [mg/kg]
LQ
LR
PR (0.022)
PO (0.093)
PA (0.041)
FO (0.073)
CU (0.018)

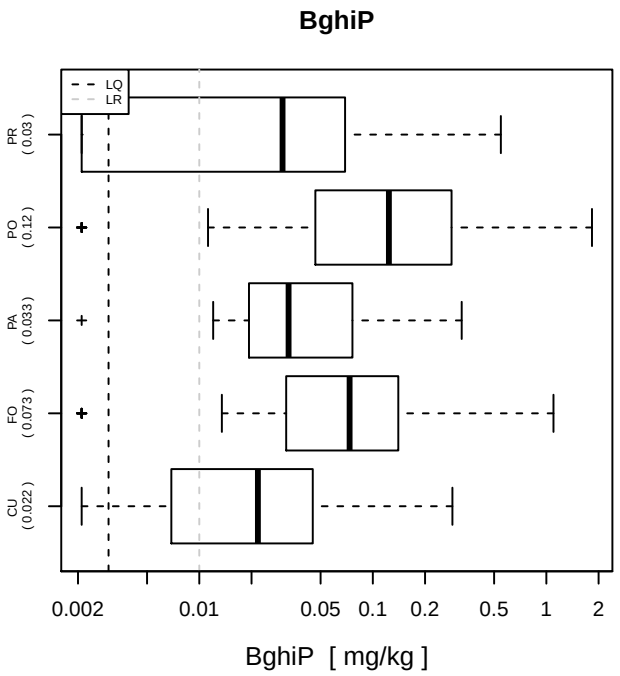

BaP
Fonction de répartition
BaP [mg/kg]
LQ
LR
CU (n 57)
FO (n 75)
PA (n 13)
PO (n 109)
PR (n 103)

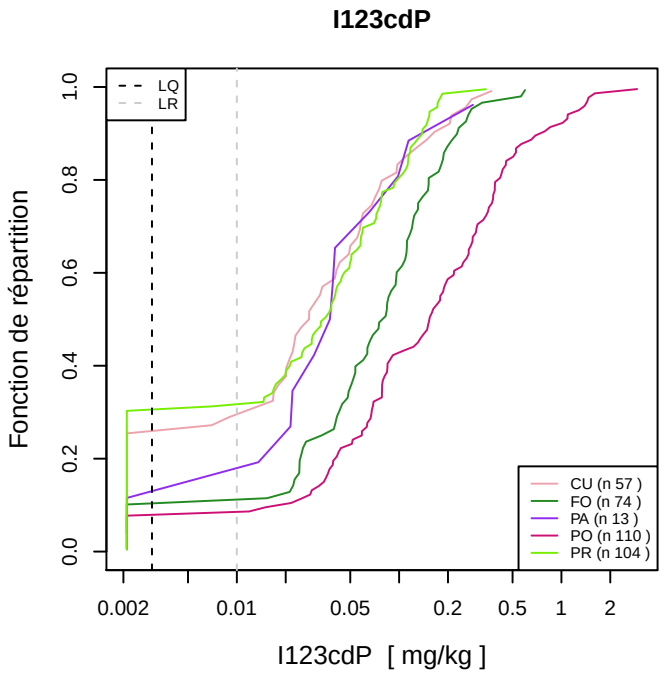

BaP
BaP [mg/kg]
LQ
LR
PR (0.039)
PO (0.19)
PA (0.072)
FO (0.12)
CU (0.034)

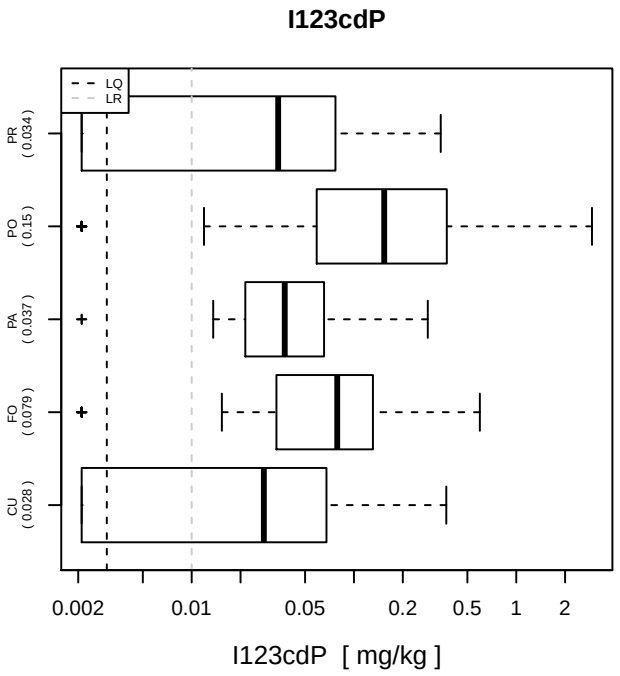

dBahA
Fonction de répartition
dBahA [mg/kg]
LQ
LR
CU (n 52)
FO (n 71)
PA (n 13)
PO (n 106)
PR (n 99)

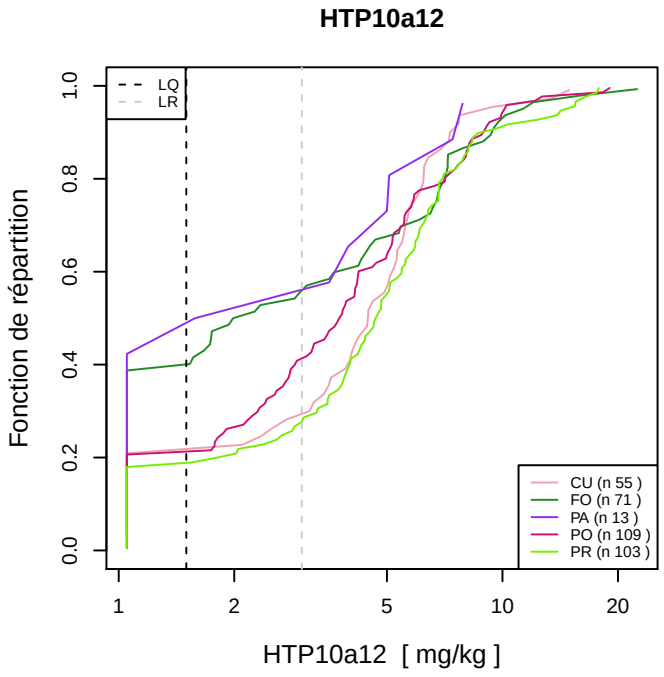

dBahA
dBahA [mg/kg]
LQ
LR
PR (0.0052)
PO (0.02)
PA (0.0083)
FO (0.0094)
CU (0.0039)

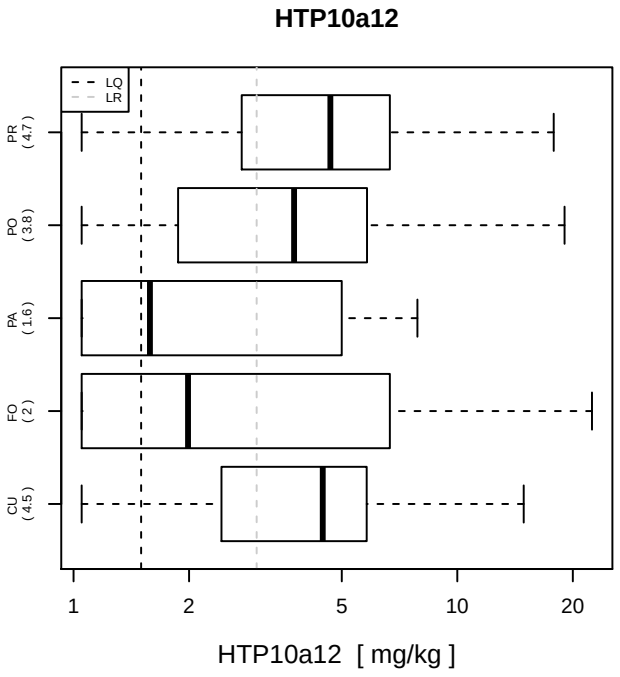

BghiP
Fonction de répartition
LQ
LR
CU (n 55)
FO (n 75)
PA (n 13)
PO (n 111)
PR (n 103)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.002
0.01
0.05
0.1
0.2
0.5
1
2
BghiP [mg/kg]


BghiP
LQ
LR
PR (0.03)
PO (0.12)
PA (0.033)
FO (0.073)
CU (0.022)
0.002
0.01
0.05
0.1
0.2
0.5
1
2
BghiP [mg/kg]

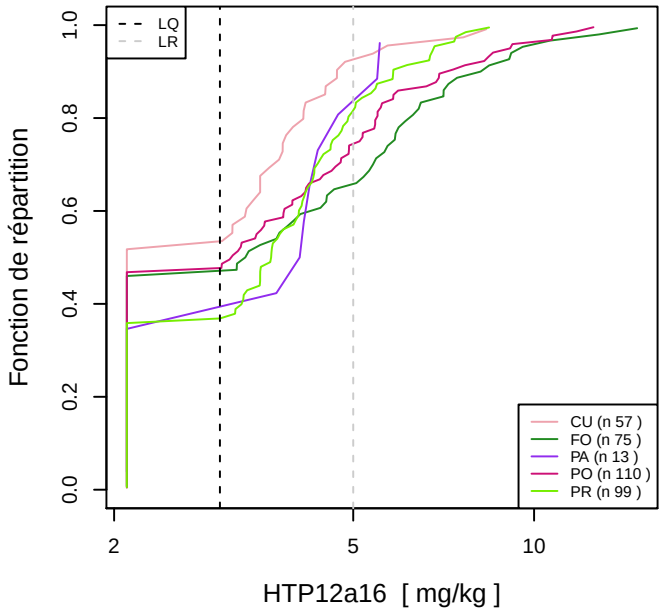

I123cdP
Fonction de répartition
LQ
LR
CU (n 57)
FO (n 74)
PA (n 13)
PO (n 110)
PR (n 104)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.002
0.01
0.05
0.2
0.5
1
2
I123cdP [mg/kg]


I123cdP
LQ
LR
PR (0.034)
PO (0.15)
PA (0.037)
FO (0.079)
CU (0.028)
0.002
0.01
0.05
0.2
0.5
1
2
I123cdP [mg/kg]

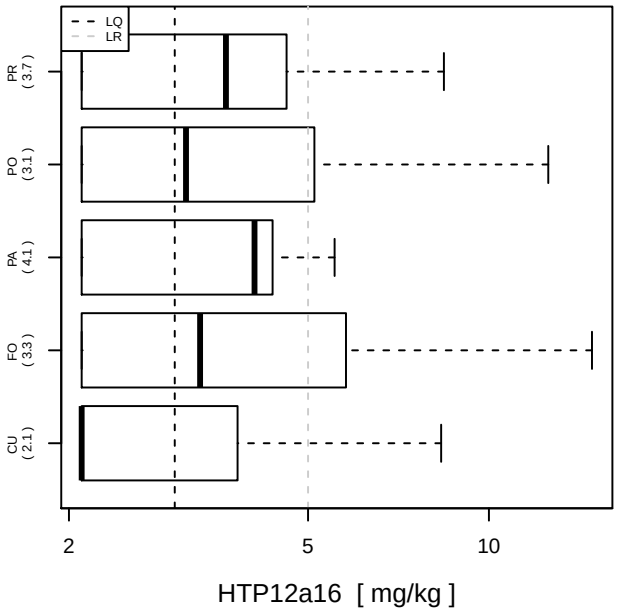

HTP10a12
Fonction de répartition
LQ
LR
CU (n 55)
FO (n 71)
PA (n 13)
PO (n 109)
PR (n 103)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
1
2
5
10
20
HTP10a12 [mg/kg]


HTP10a12
LQ
LR
PR (4.7)
PO (3.8)
PA (1.6)
FO (2)
CU (4.5)
1
2
5
10
20
HTP10a12 [mg/kg]

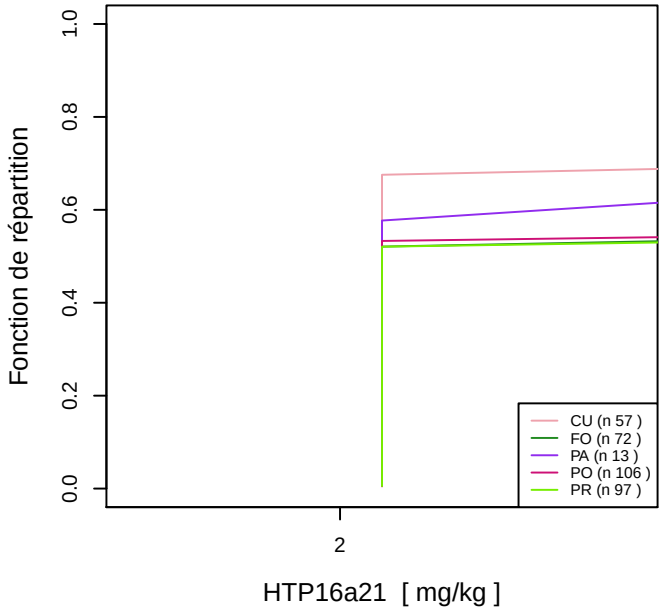
HTP12a16



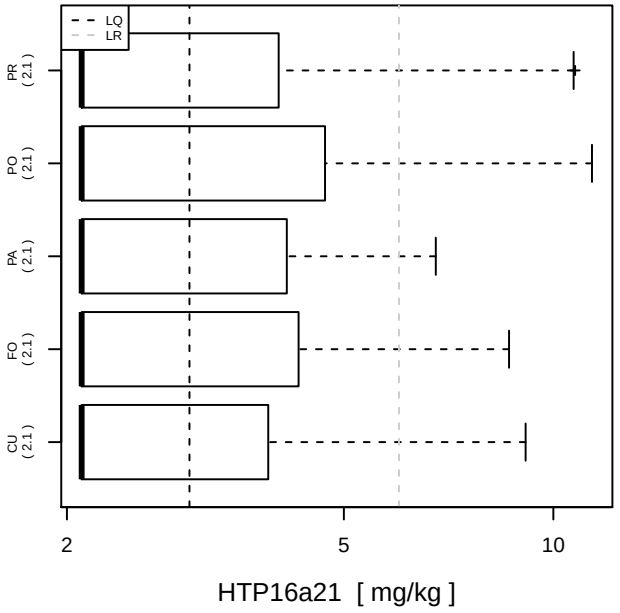
HTP12a16



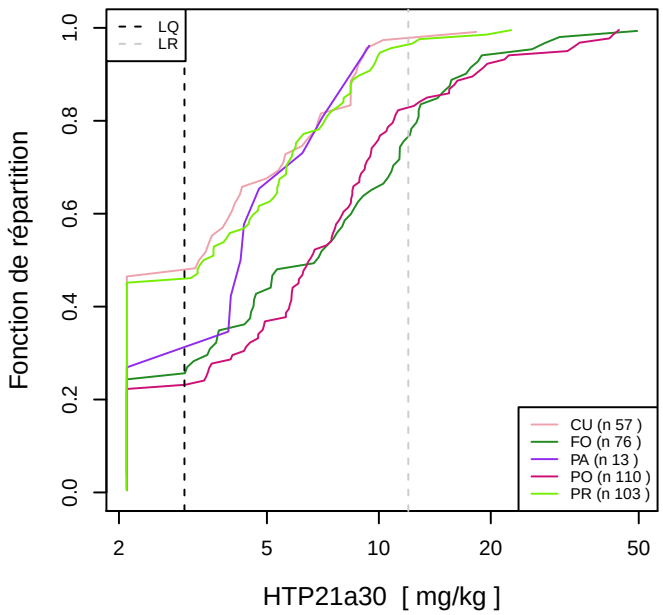
HTP16a21



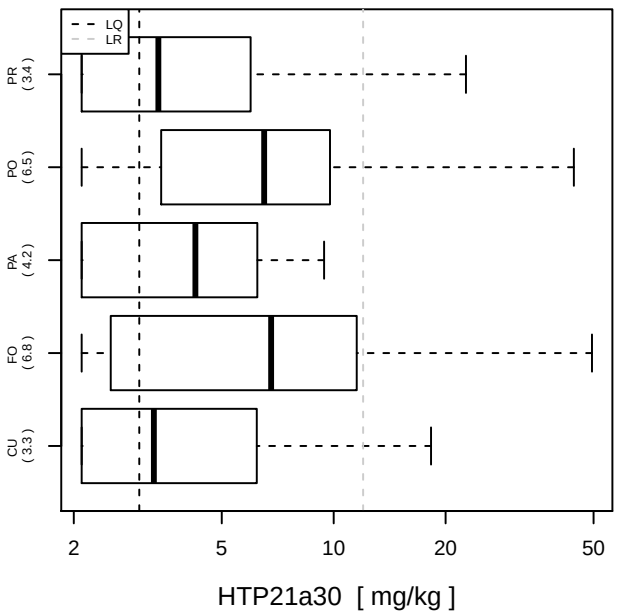
HTP16a21

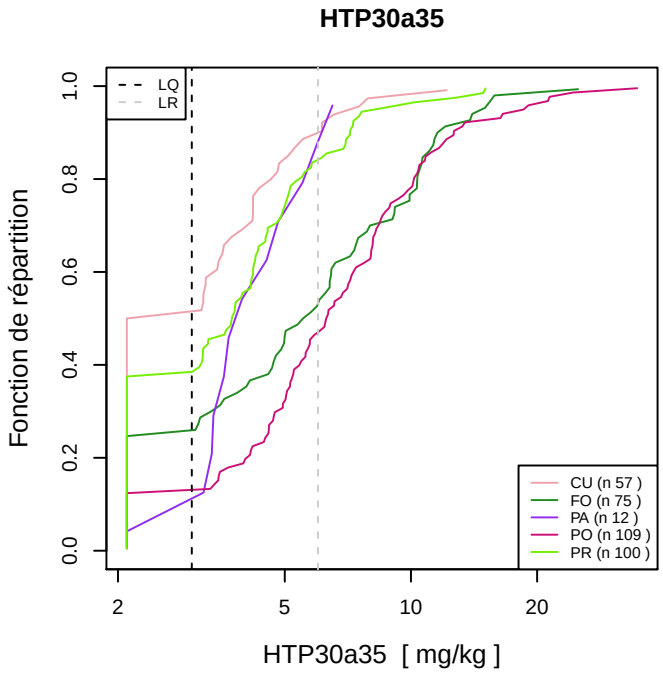


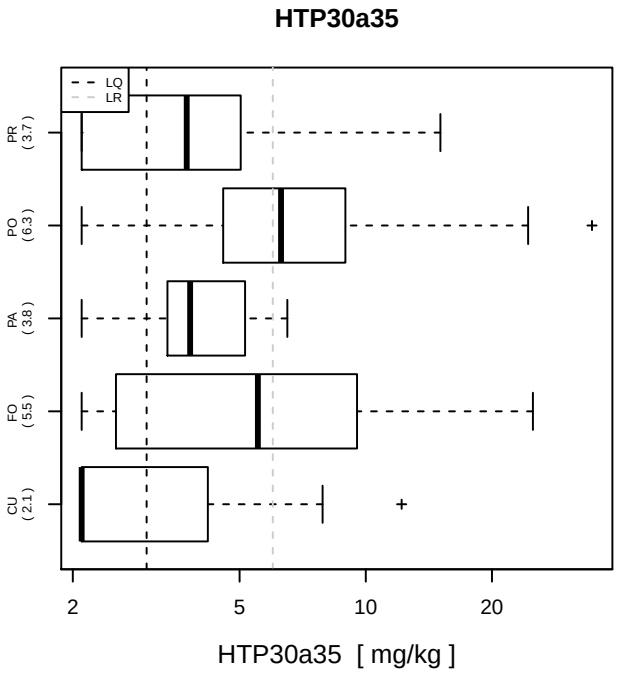
HTP21a30

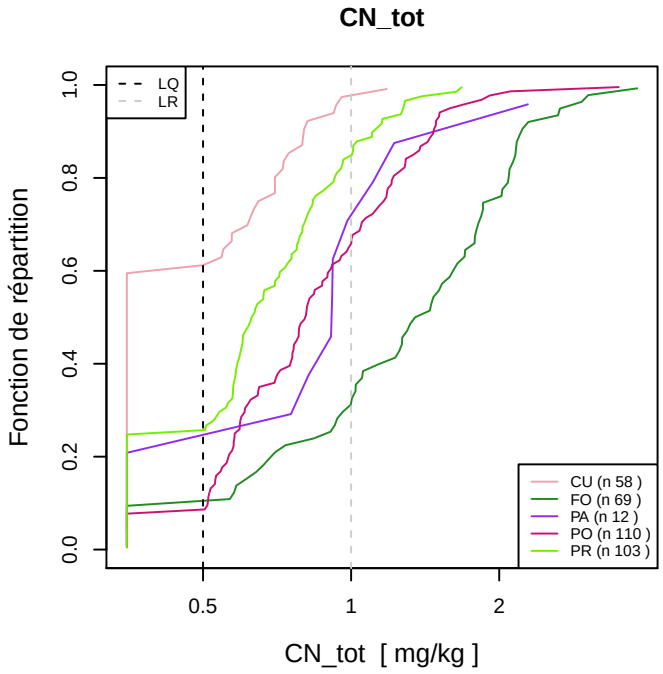


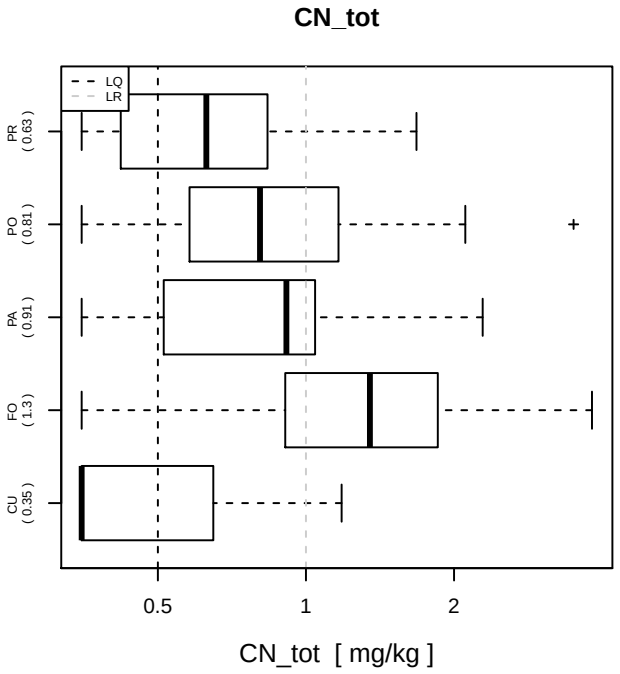
HTP21a30

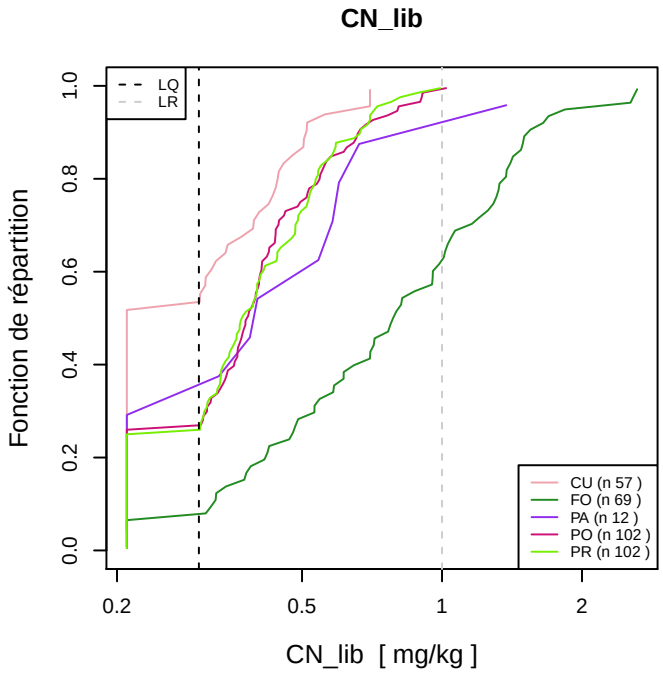


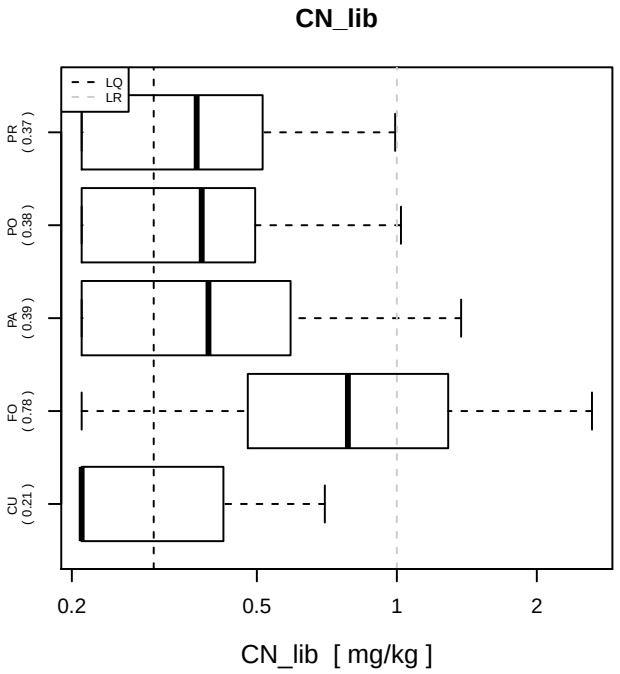

HTP30a35
Fonction de répartition
LQ
LR
CU (n 57)
FO (n 75)
PA (n 12)
PO (n 109)
PR (n 100)
HTP30a35 [mg/kg]

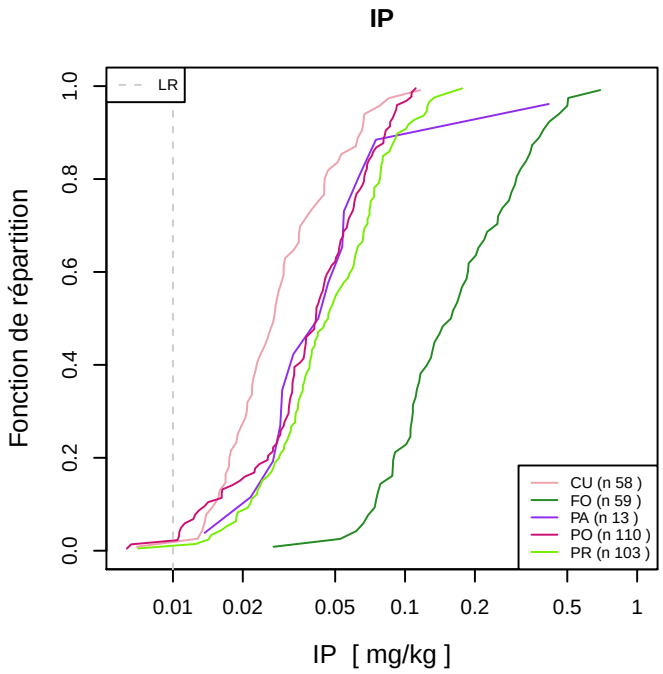

HTP30a35
LQ
LR
PR (3.7)
PO (6.3)
PA (3.8)
FO (5.5)
CU (2.1)
HTP30a35 [mg/kg]

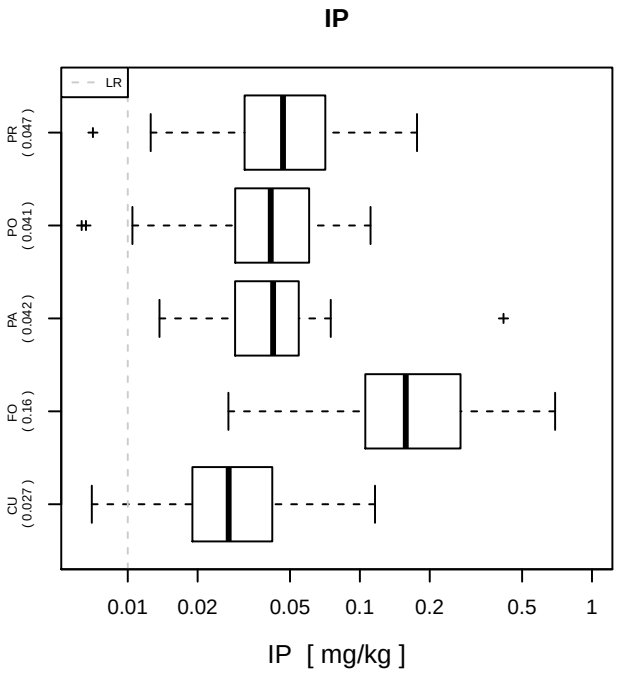

CN_tot
Fonction de répartition
LQ
LR
CU (n 58)
FO (n 69)
PA (n 12)
PO (n 110)
PR (n 103)
CN_tot [mg/kg]

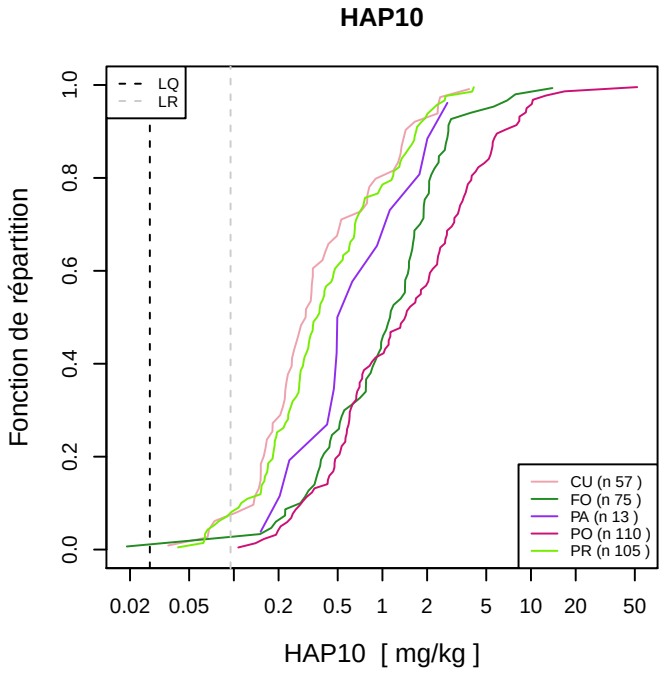

CN_tot
LQ
LR
PR (0.63)
PO (0.81)
PA (0.91)
FO (1.3)
CU (0.35)
CN_tot [mg/kg]

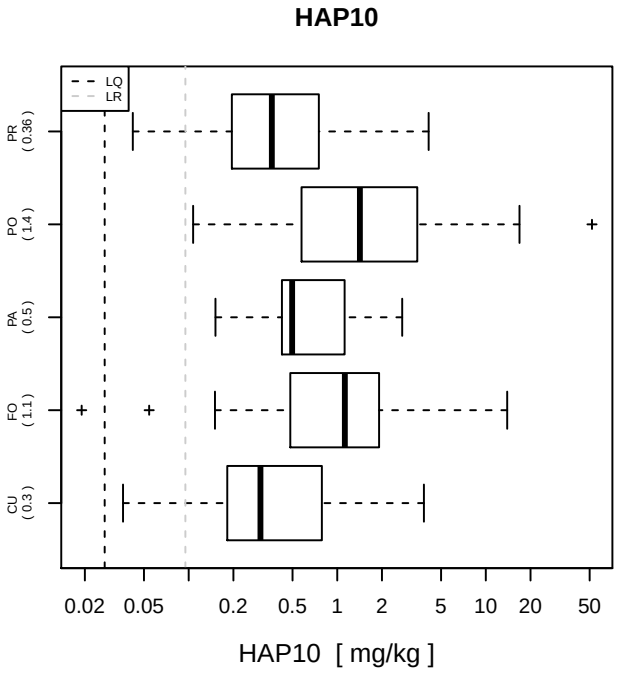

CN_lib
Fonction de répartition
LQ
LR
CU (n 57)
FO (n 69)
PA (n 12)
PO (n 102)
PR (n 102)
CN_lib [mg/kg]

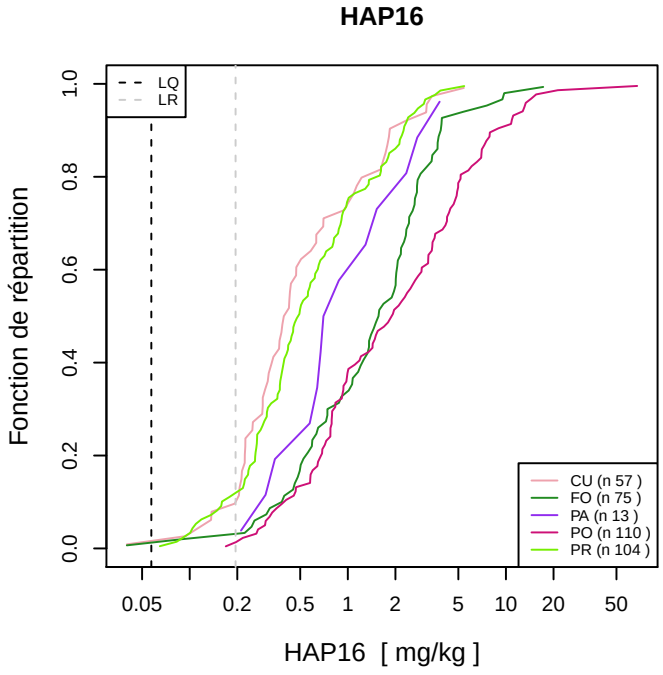

CN_lib
LQ
LR
PR (0.37)
PO (0.38)
PA (0.39)
FO (0.78)
CU (0.21)
CN_lib [mg/kg]

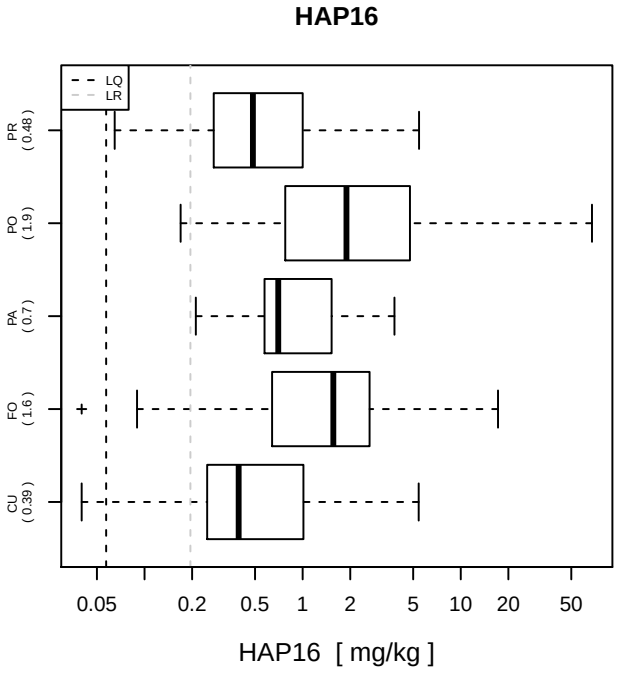

IP
Fonction de répartition
LR
CU (n 58)
FO (n 59)
PA (n 13)
PO (n 110)
PR (n 103)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.01
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
IP [mg/kg]

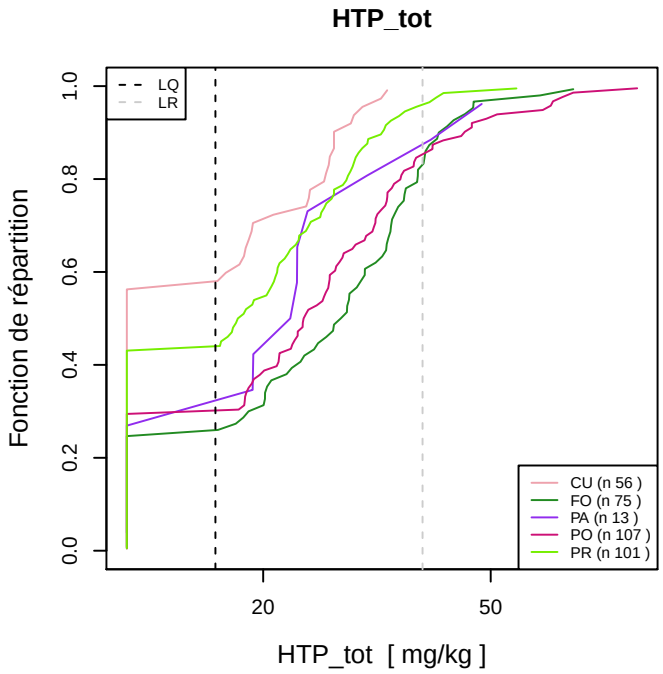

IP
LR
PR (0.047)
PO (0.041)
PA (0.042)
FO (0.16)
CU (0.027)
0.01
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
IP [mg/kg]

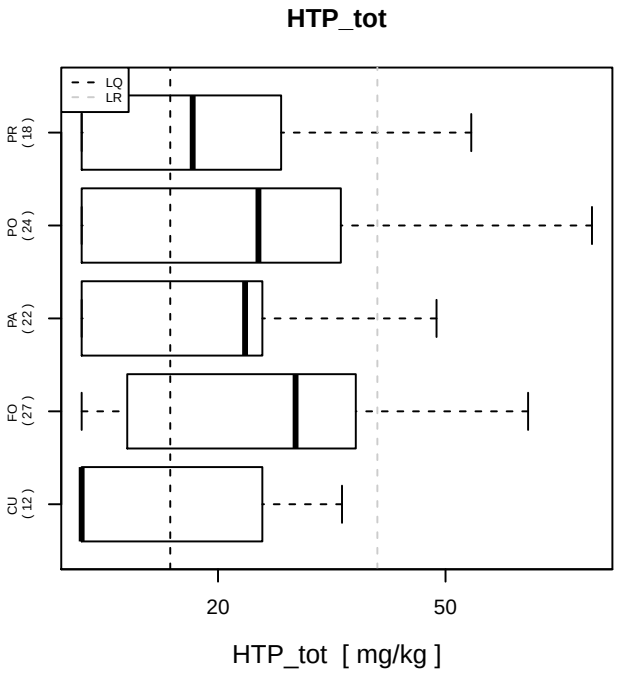

HAP10
Fonction de répartition
LQ
LR
CU (n 57)
FO (n 75)
PA (n 13)
PO (n 110)
PR (n 105)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.02
0.05
0.2
0.5
1
2
5
10
20
50
HAP10 [mg/kg]


HAP10
LQ
LR
PR (0.36)
PO (1.4)
PA (0.5)
FO (1.1)
CU (0.3)
0.02
0.05
0.2
0.5
1
2
5
10
20
50
HAP10 [mg/kg]


HAP16
Fonction de répartition
LQ
LR
CU (n 57)
FO (n 75)
PA (n 13)
PO (n 110)
PR (n 104)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.05
0.2
0.5
1
2
5
10
20
50
HAP16 [mg/kg]


HAP16
LQ
LR
PR (0.48)
PO (1.9)
PA (0.7)
FO (1.6)
CU (0.39)
0.05
0.2
0.5
1
2
5
10
20
50
HAP16 [mg/kg]


HTP_tot
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
LQ
LR
CU (n 56)
FO (n 75)
PA (n 13)
PO (n 107)
PR (n 101)
20
50
HTP_tot [mg/kg]

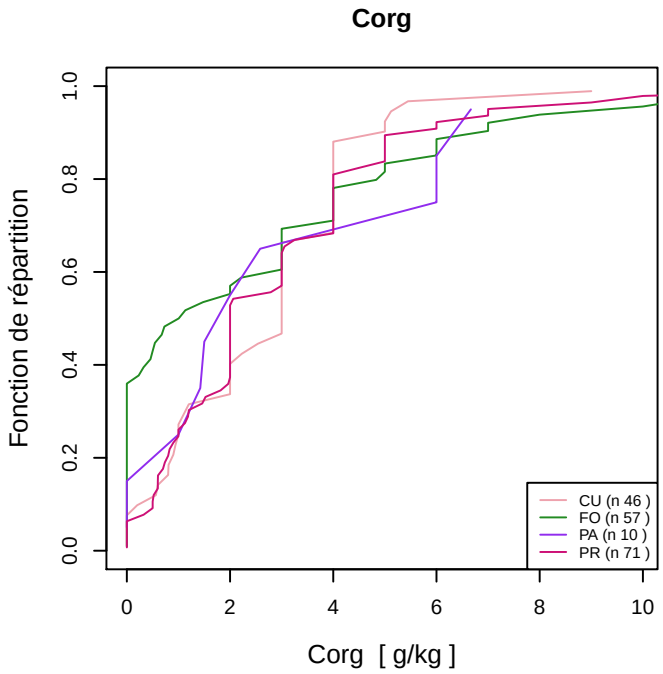

HTP_tot
LQ
LR
PR (18)
PO (24)
PA (22)
FO (27)
CU (12)
20
50
HTP_tot [mg/kg]

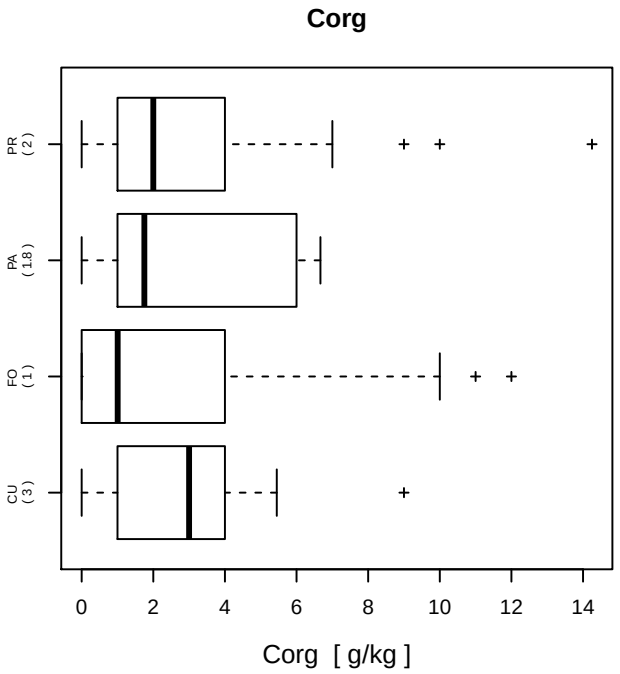
3d : Effet de l'occupation dans les horizons profonds des sols naturels

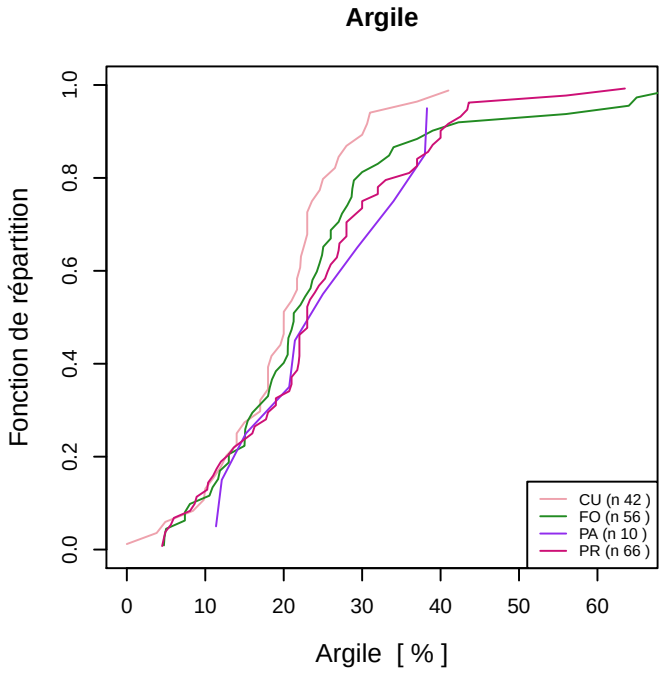
Légende :

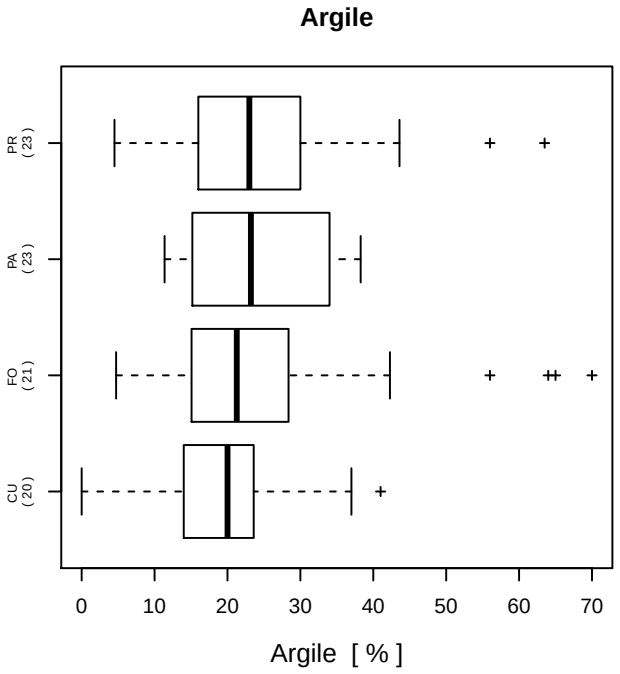
- CU : culture ;
- FO : forêt ;
- PA : parc ;
- PR : prairie.

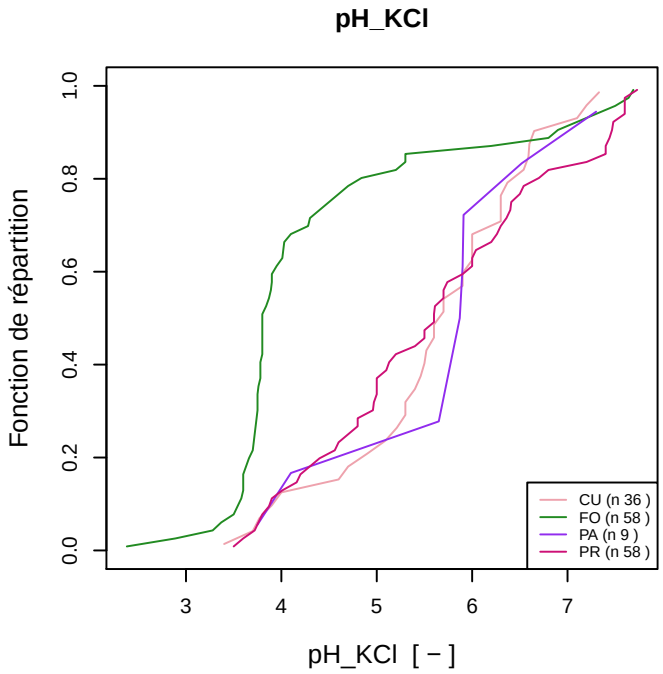
Les médianes par modalités sont indiquées entre parenthèses le long de l'axe vertical du graphe « box-plot ».

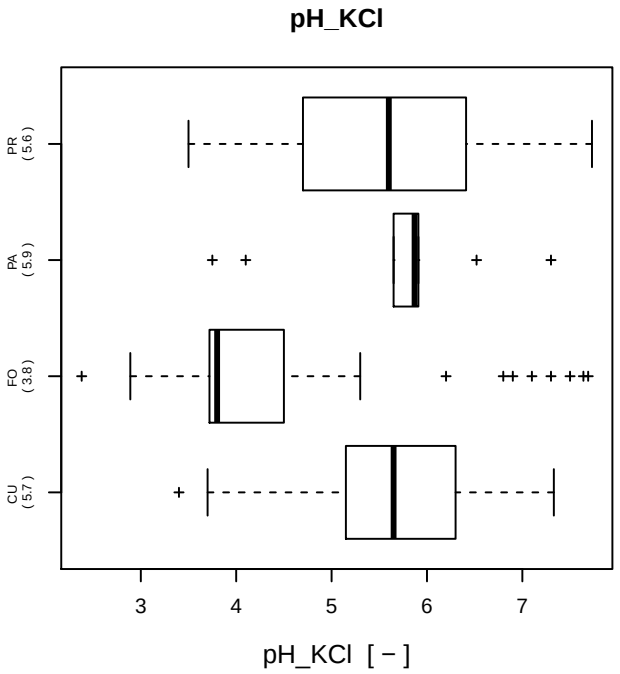

Corg
Fonction de répartition
Corg [g/kg]
CU (n 46)
FO (n 57)
PA (n 10)
PR (n 71)

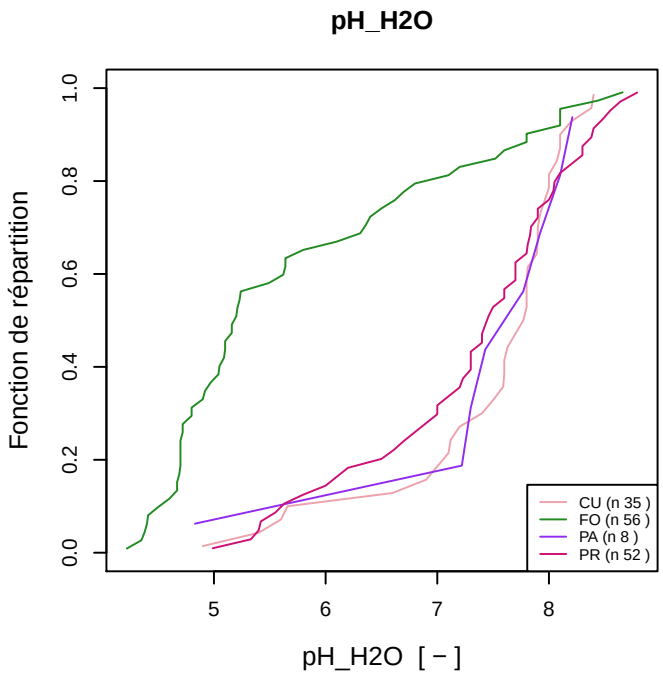

Corg
PR (2)
PA (1.8)
FO (1)
CU (3)
Corg [g/kg]

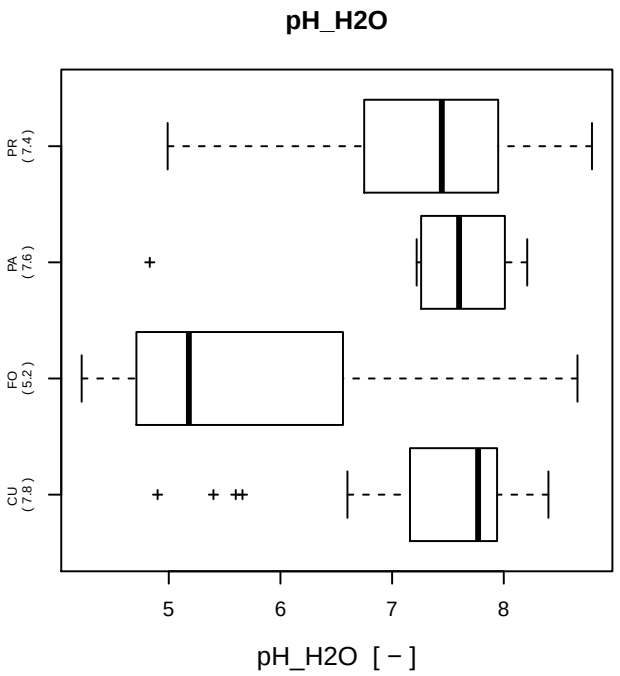

Argile
Fonction de répartition
Argile [%]
CU (n 42)
FO (n 56)
PA (n 10)
PR (n 66)

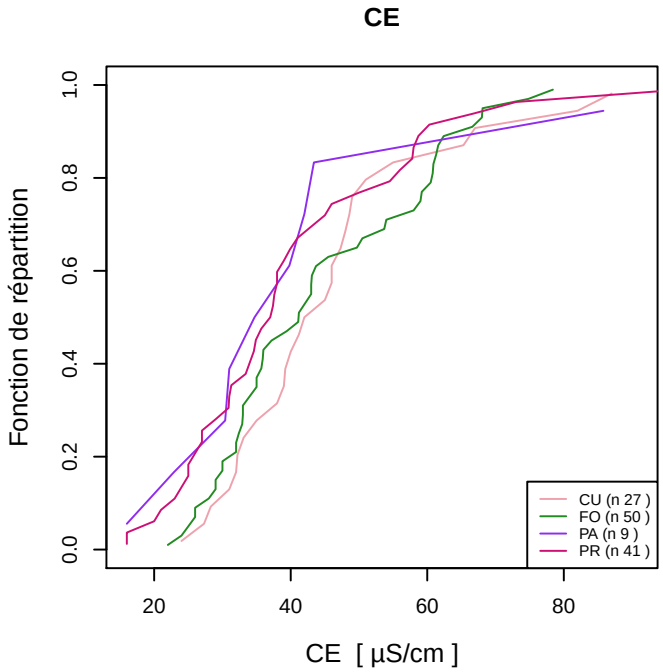

Argile
PR (23)
PA (23)
FO (21)
CU (20)
Argile [%]

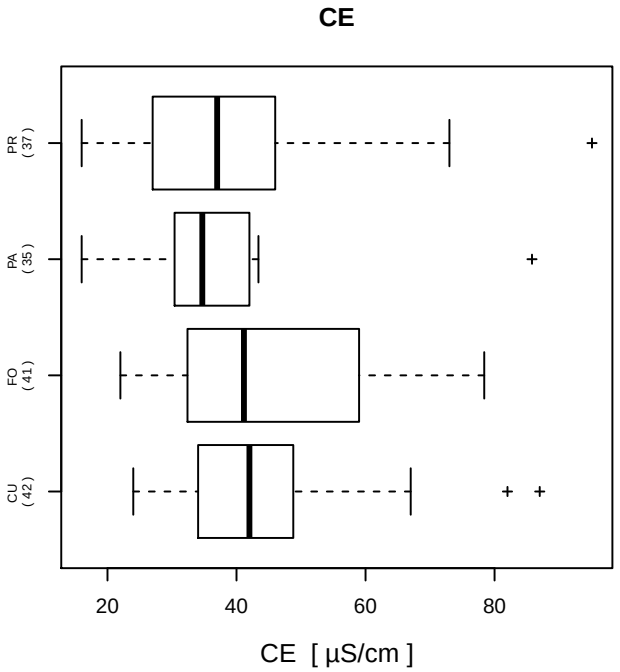

pH_KCl
Fonction de répartition
pH_KCl [−]
CU (n 36)
FO (n 58)
PA (n 9)
PR (n 58)

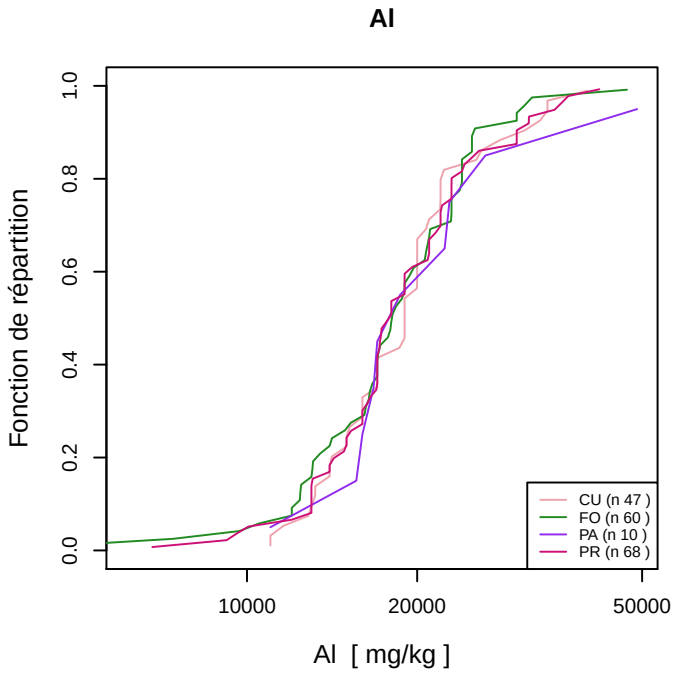

pH_KCl
PR (5.6)
PA (5.9)
FO (3.8)
CU (5.7)
pH_KCl [−]

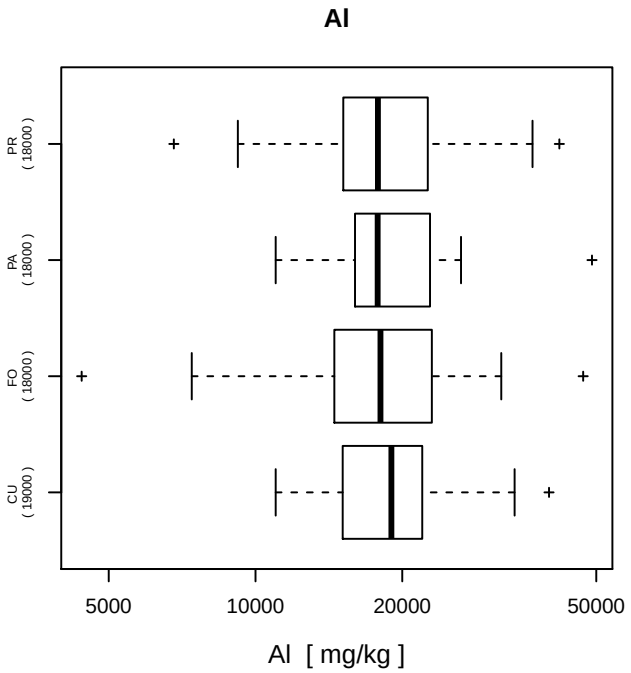

pH_H2O
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
5
6
7
8
pH_H2O [−]
CU (n 35)
FO (n 56)
PA (n 8)
PR (n 52)

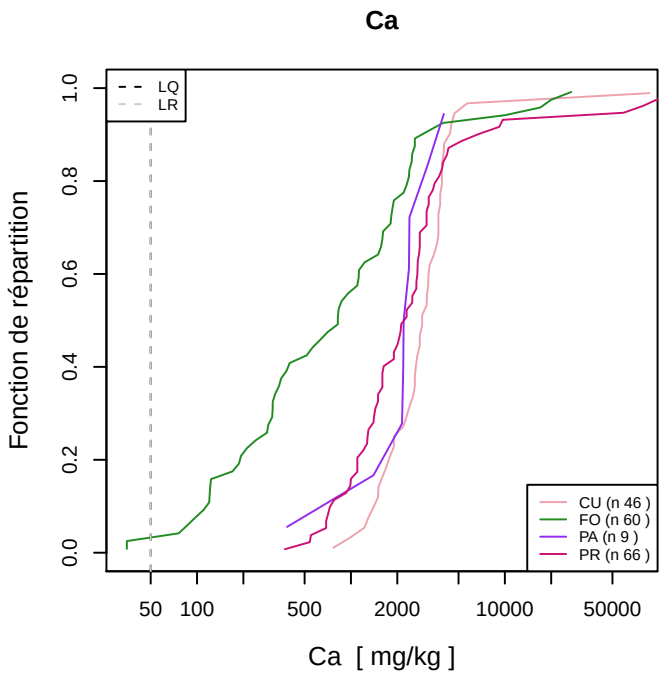

pH_H2O
PR (7.4)
PA (7.6)
FO (5.2)
CU (7.8)
5
6
7
8
pH_H2O [−]

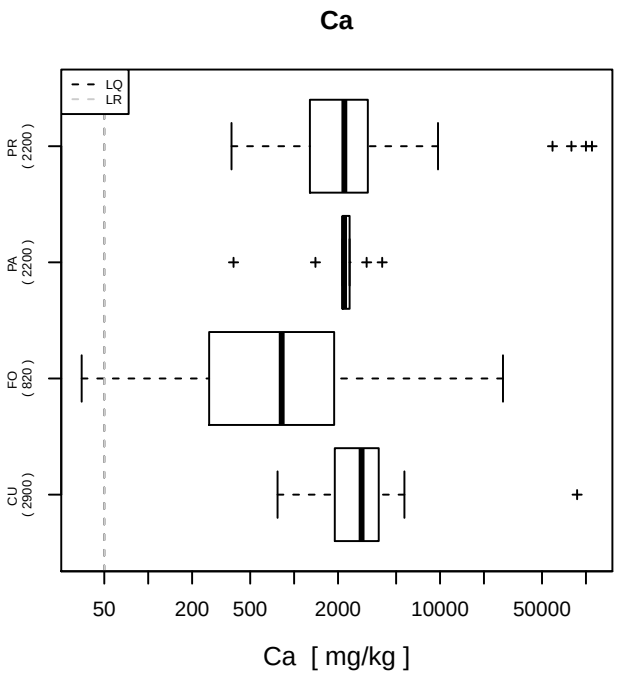

CE
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
20
40
60
80
CE [µS/cm]
CU (n 27)
FO (n 50)
PA (n 9)
PR (n 41)

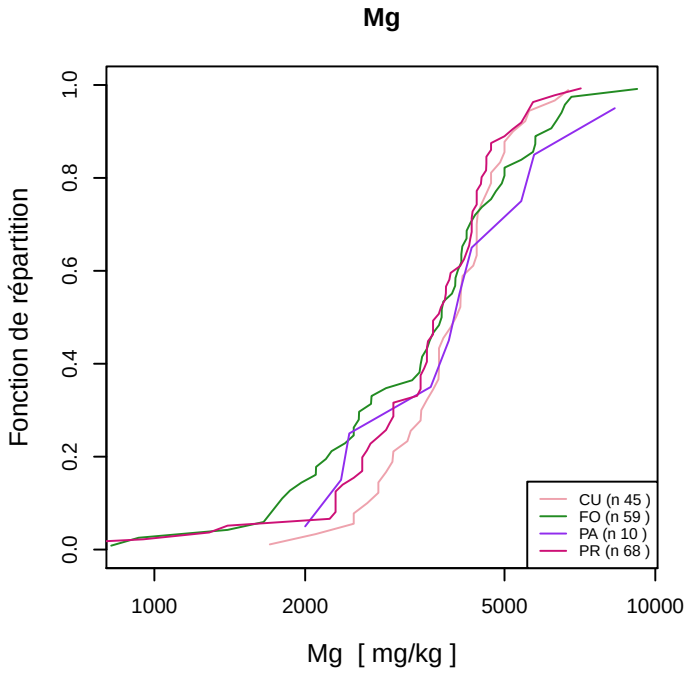

CE
PR (37)
PA (35)
FO (41)
CU (42)
20
40
60
80
CE [µS/cm]

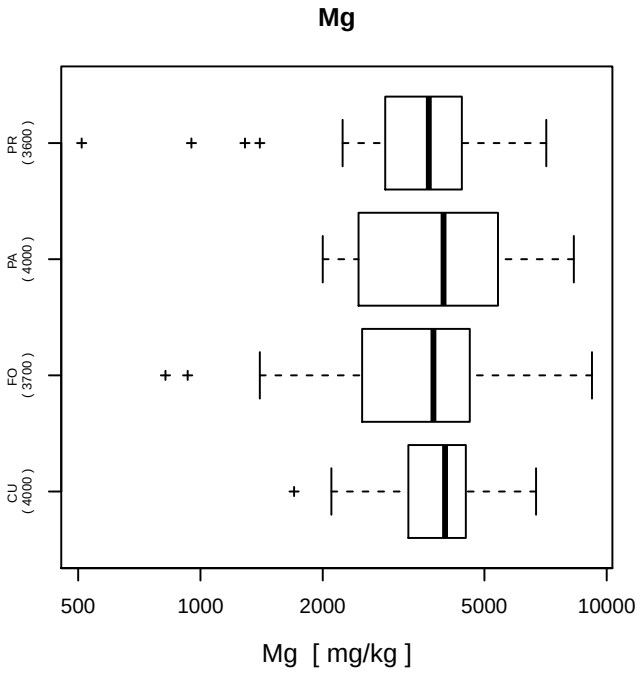

Al
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
10000
20000
50000
Al [mg/kg]
CU (n 47)
FO (n 60)
PA (n 10)
PR (n 68)

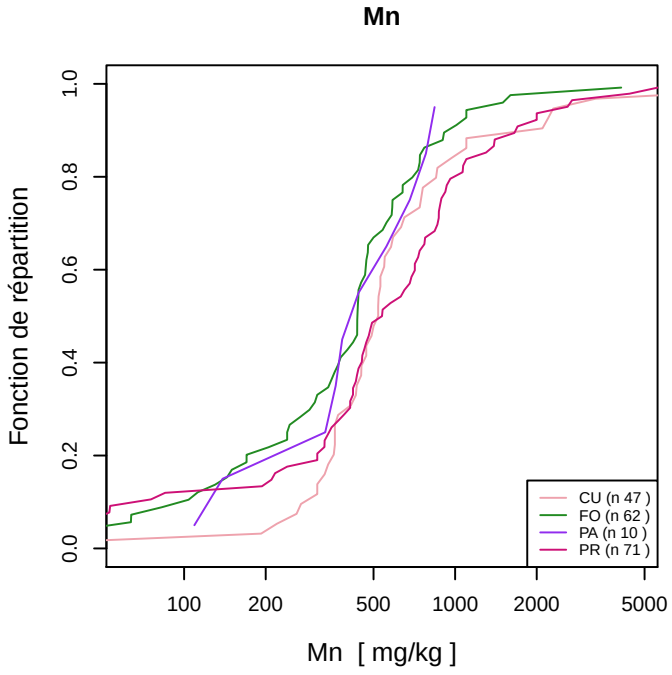

Al
PR (18000)
PA (18000)
FO (18000)
CU (19000)
5000
10000
20000
50000
Al [mg/kg]

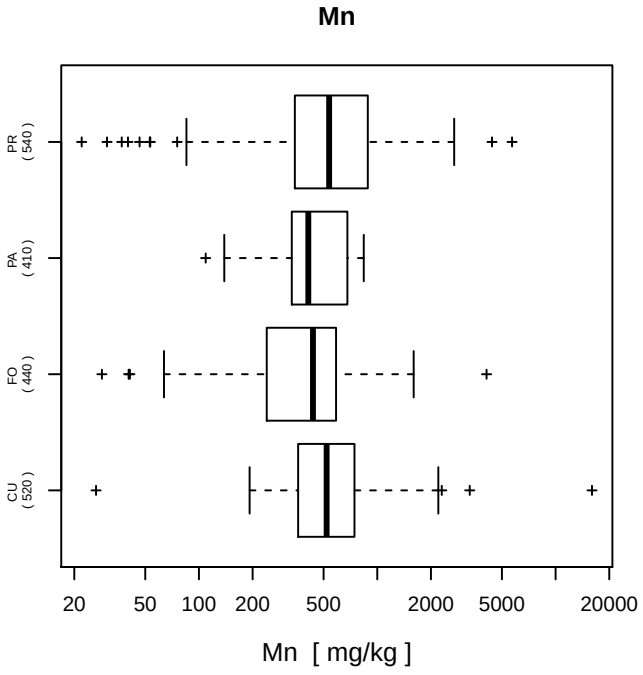

Ca
LQ
LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
CU (n 46)
FO (n 60)
PA (n 9)
PR (n 66)
50
100
500
2000
10000
50000
Ca [mg/kg]

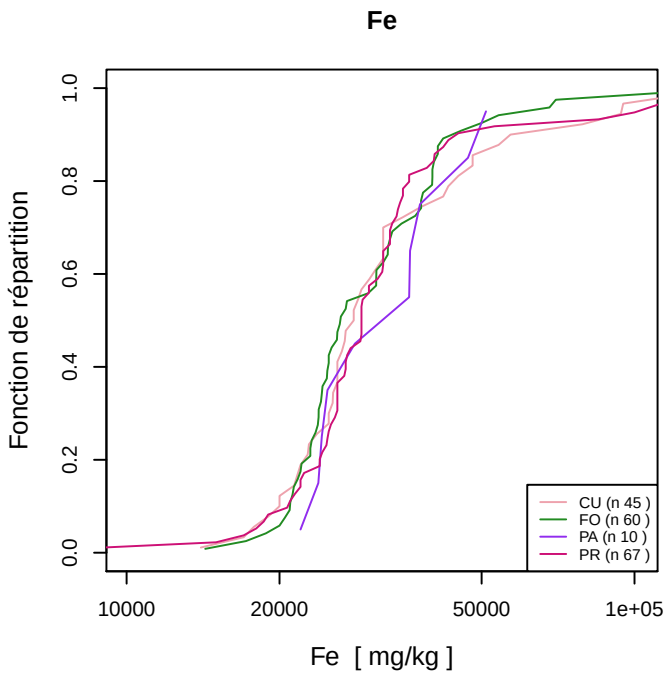

Ca
LQ
LR
PR (2200)
PA (2200)
FO (820)
CU (2900)
50
200
500
2000
10000
50000
Ca [mg/kg]

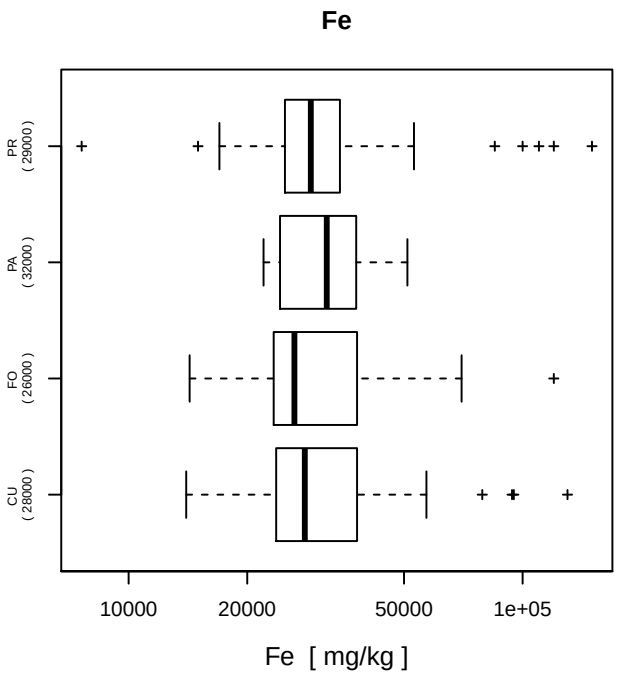

Mg
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
CU (n 45)
FO (n 59)
PA (n 10)
PR (n 68)
1000
2000
5000
10000
Mg [mg/kg]

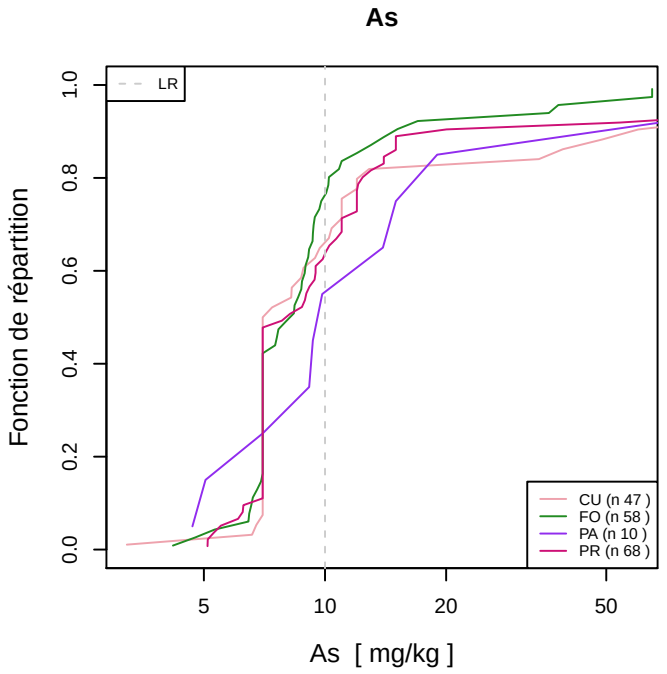

Mg
PR (3600)
PA (4000)
FO (3700)
CU (4000)
500
1000
2000
5000
10000
Mg [mg/kg]

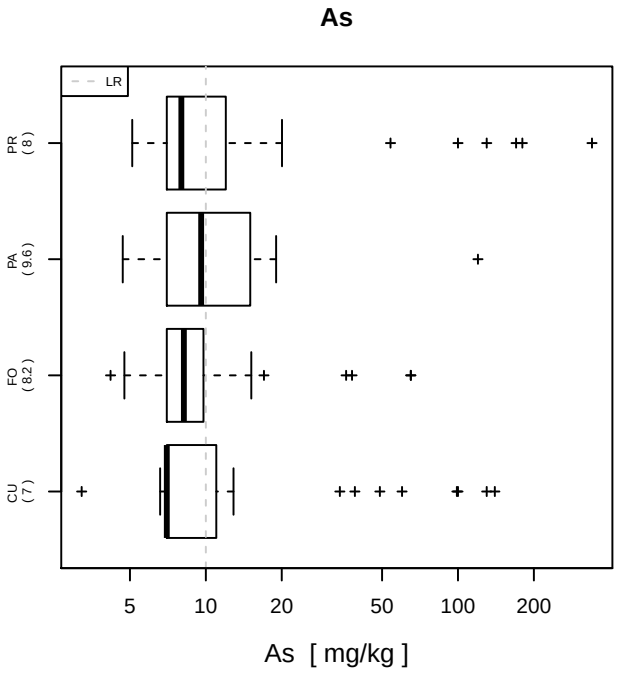

Mn
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
CU (n 47)
FO (n 62)
PA (n 10)
PR (n 71)
100
200
500
1000
2000
5000
Mn [mg/kg]

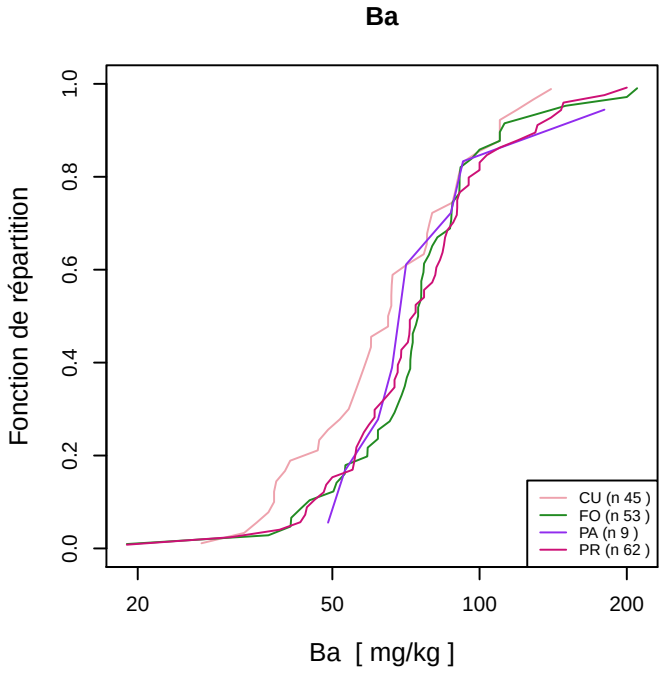

Mn
PR (540)
PA (410)
FO (440)
CU (520)
20
50
100
200
500
2000
5000
20000
Mn [mg/kg]

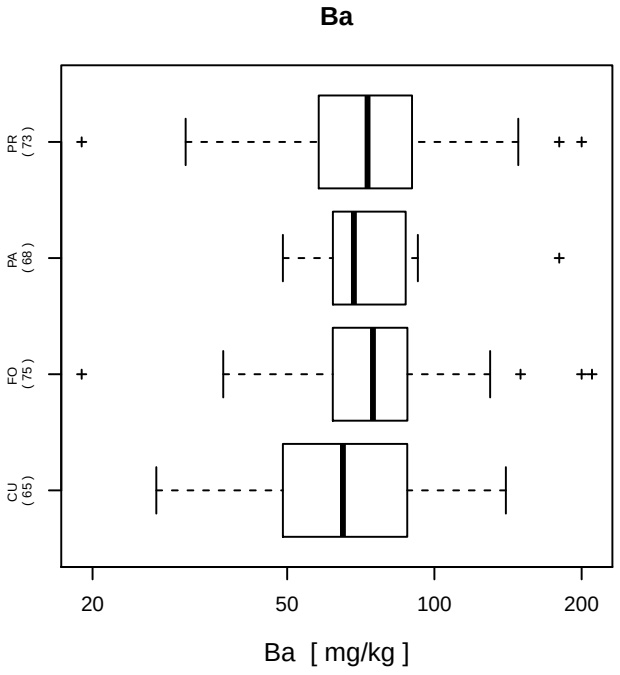

Fe
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
10000
20000
50000
1e+05
Fe [mg/kg]
CU (n 45)
FO (n 60)
PA (n 10)
PR (n 67)

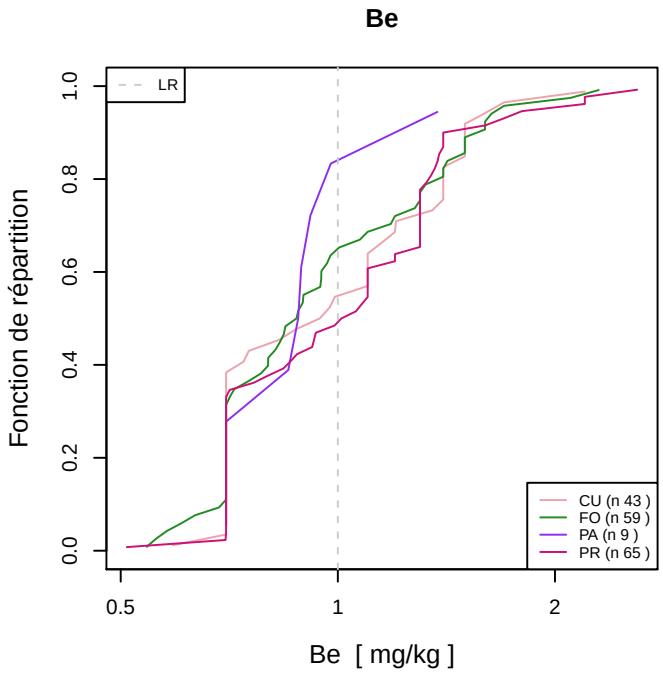

Fe
PR (29000)
PA (32000)
FO (26000)
CU (28000)
10000
20000
50000
1e+05
Fe [mg/kg]

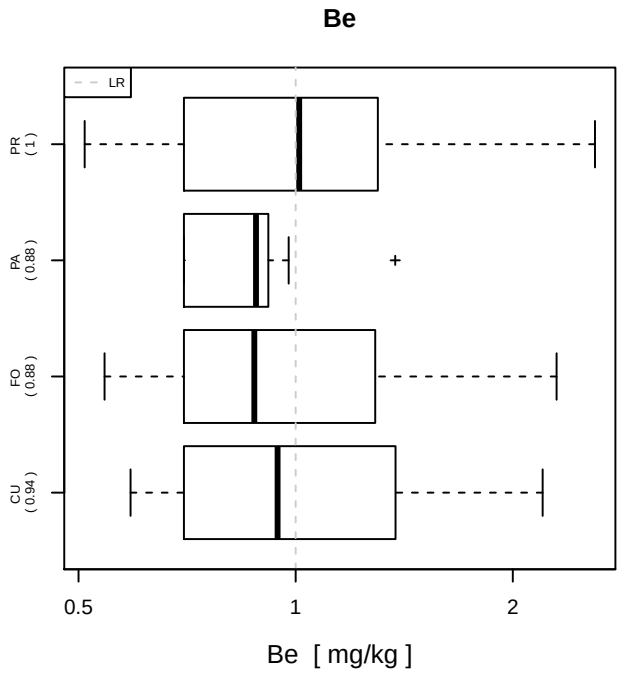

As
LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
5
10
20
50
As [mg/kg]
CU (n 47)
FO (n 58)
PA (n 10)
PR (n 68)

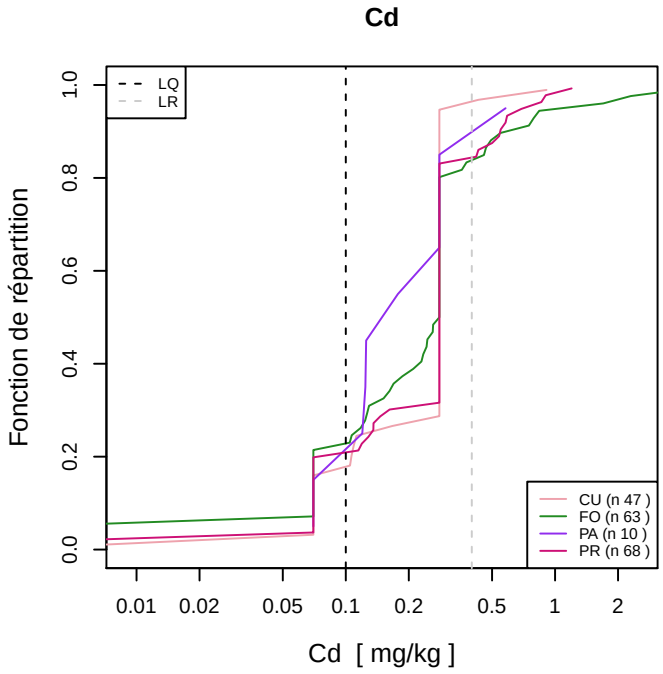

As
LR
PR (8)
PA (9.6)
FO (8.2)
CU (7)
5
10
20
50
100
200
As [mg/kg]

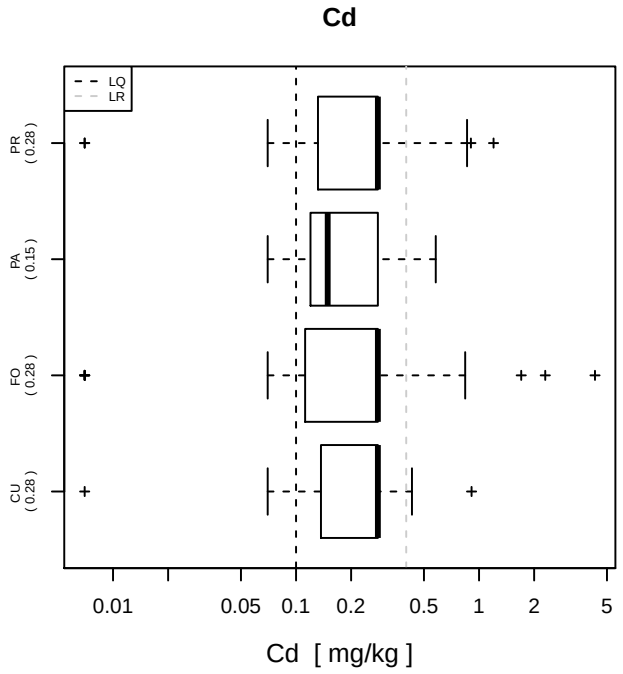

Ba
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
20
50
100
200
Ba [mg/kg]
CU (n 45)
FO (n 53)
PA (n 9)
PR (n 62)

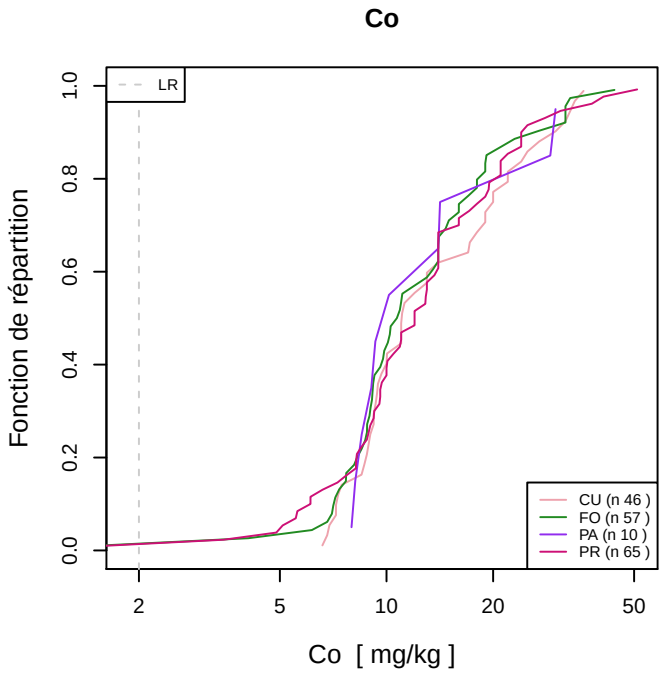

Ba
PR (73)
PA (68)
FO (75)
CU (65)
20
50
100
200
Ba [mg/kg]

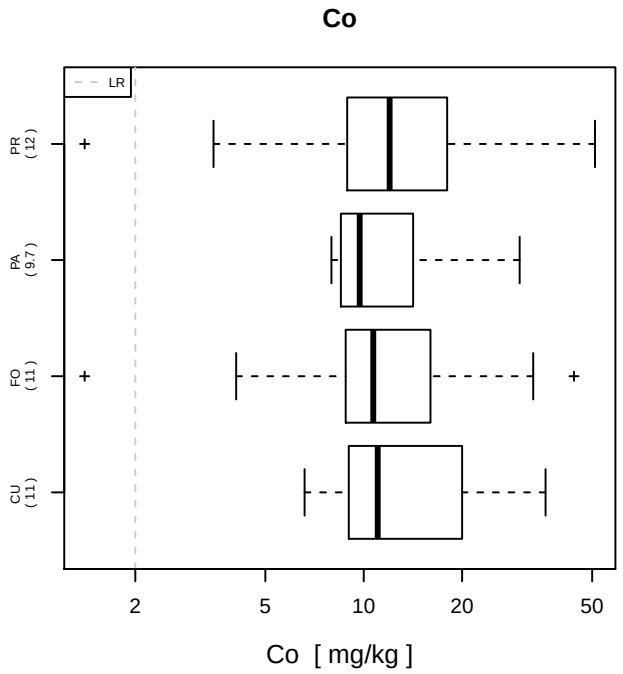

Be
LR
CU (n 43)
FO (n 59)
PA (n 9)
PR (n 65)
Fonction de répartition
Be [mg/kg]

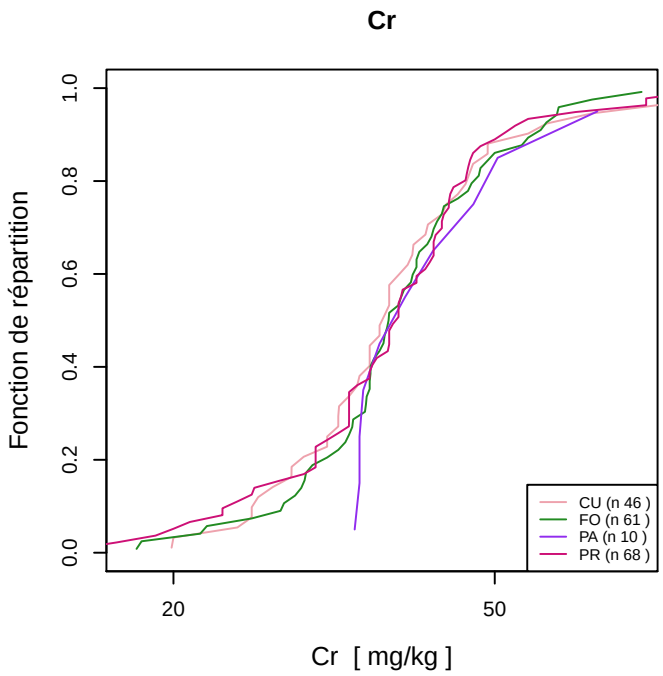

Be
LR
PR (1)
PA (0.88)
FO (0.88)
CU (0.94)
Be [mg/kg]

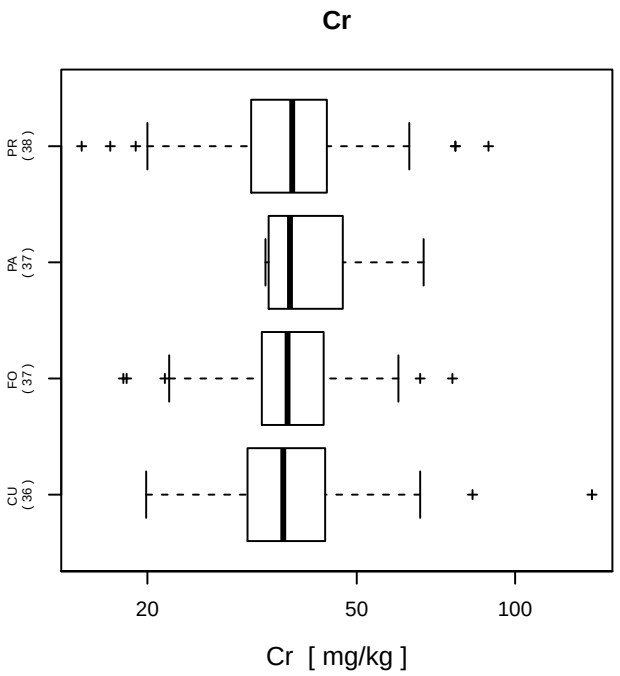

Cd
LQ
LR
CU (n 47)
FO (n 63)
PA (n 10)
PR (n 68)
Fonction de répartition
Cd [mg/kg]

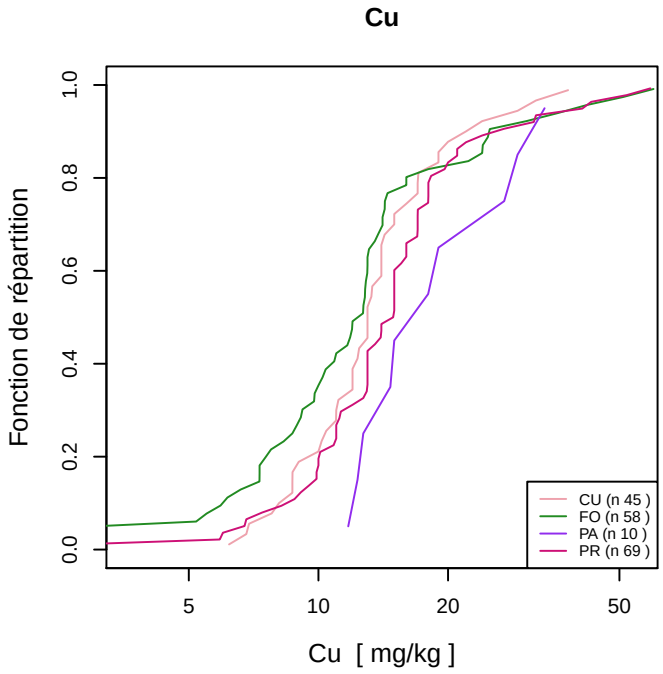

Cd
LQ
LR
PR (0.28)
PA (0.15)
FO (0.28)
CU (0.28)
Cd [mg/kg]

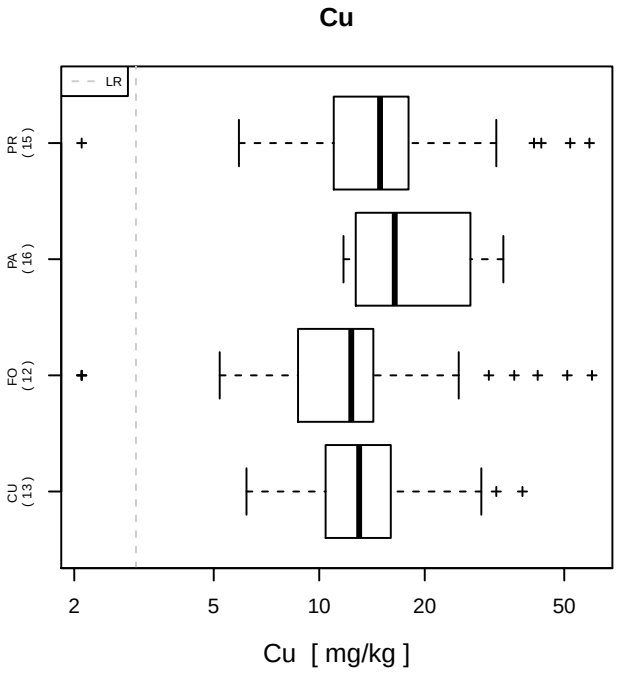

Co
LR
CU (n 46)
FO (n 57)
PA (n 10)
PR (n 65)
Fonction de répartition
Co [mg/kg]

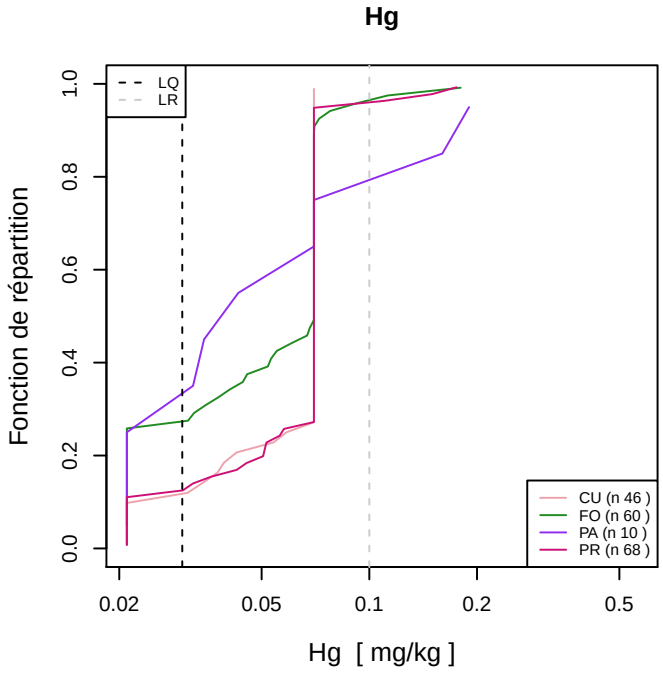

Co
LR
PR (12)
PA (9.7)
FO (11)
CU (11)
Co [mg/kg]

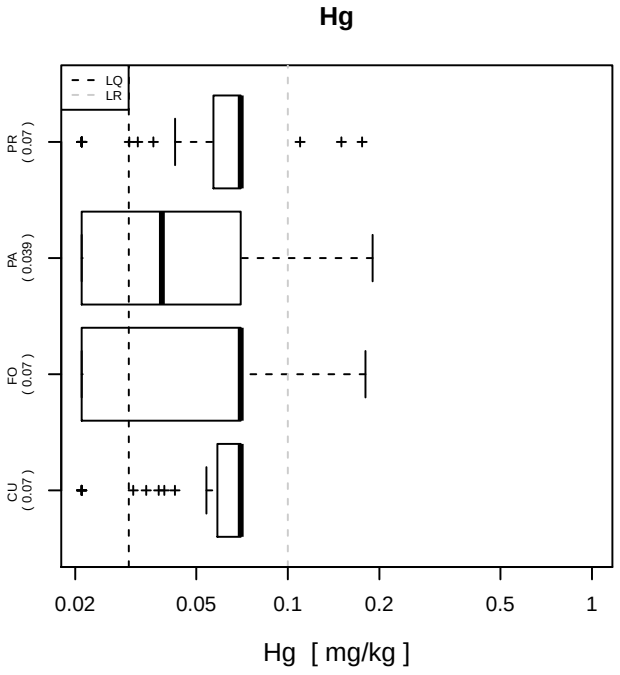

Cr
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
20
50
Cr [mg/kg]
CU (n 46)
FO (n 61)
PA (n 10)
PR (n 68)

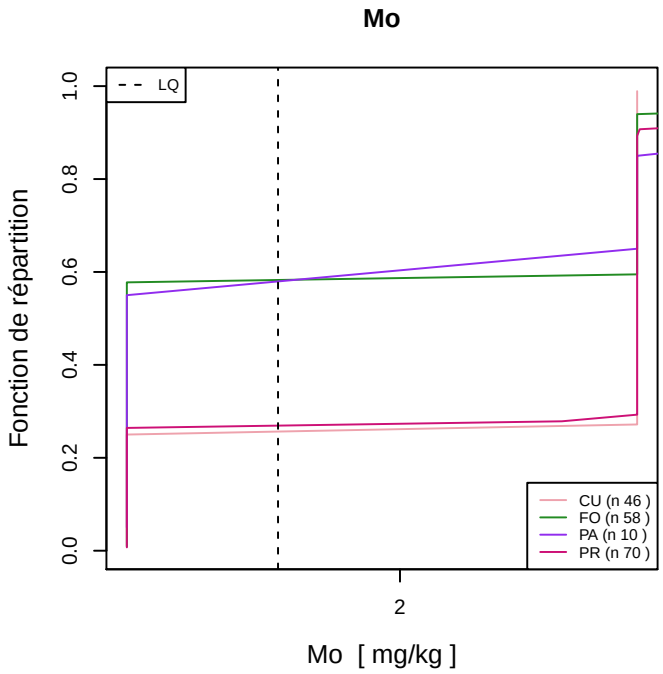

Cr
PR (38)
PA (37)
FO (37)
CU (36)
20
50
100
Cr [mg/kg]

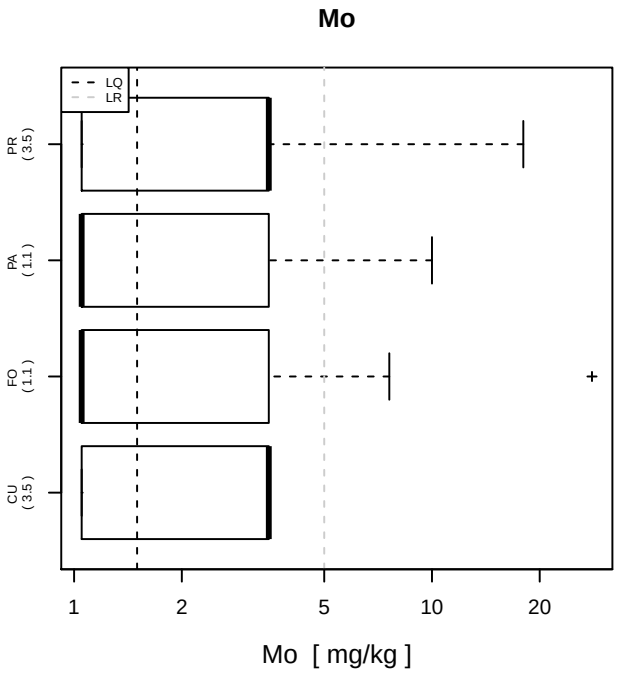

Cu
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
5
10
20
50
Cu [mg/kg]
CU (n 45)
FO (n 58)
PA (n 10)
PR (n 69)

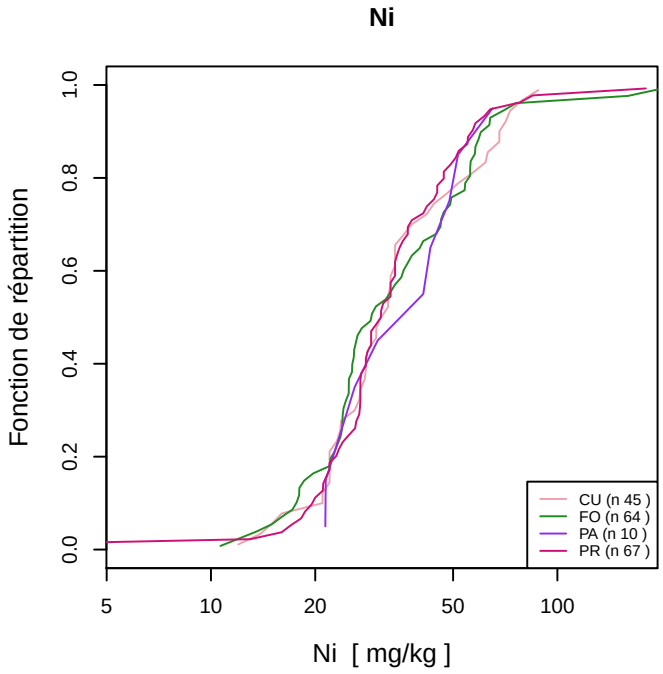

Cu
LR
PR (15)
PA (16)
FO (12)
CU (13)
2
5
10
20
50
Cu [mg/kg]

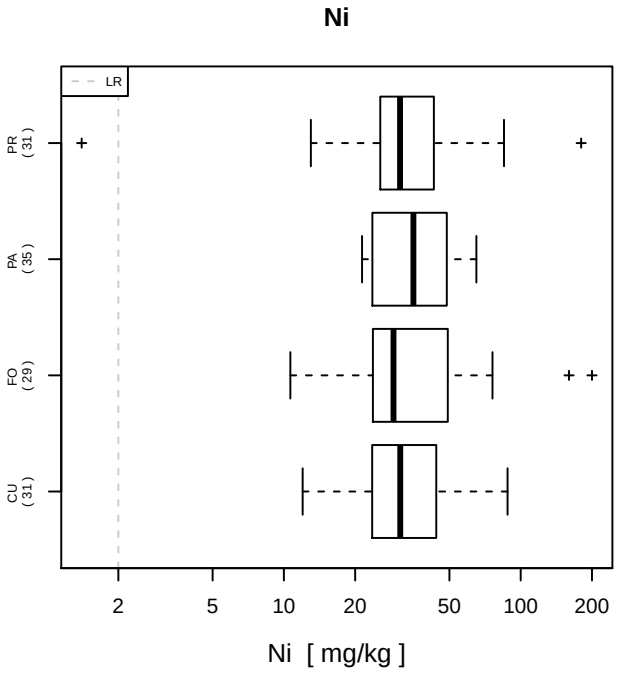

Hg
LQ
LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
Hg [mg/kg]
CU (n 46)
FO (n 60)
PA (n 10)
PR (n 68)

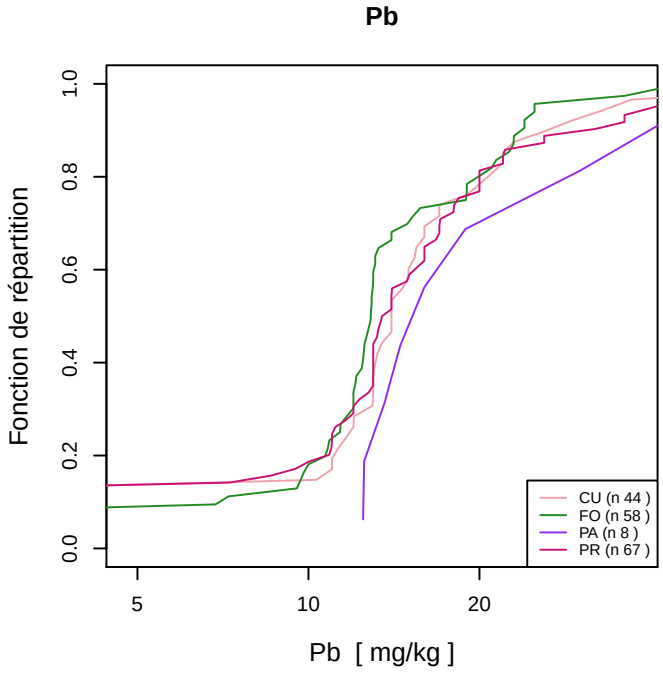

Hg
LQ
LR
PR (0.07)
PA (0.039)
FO (0.07)
CU (0.07)
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
Hg [mg/kg]

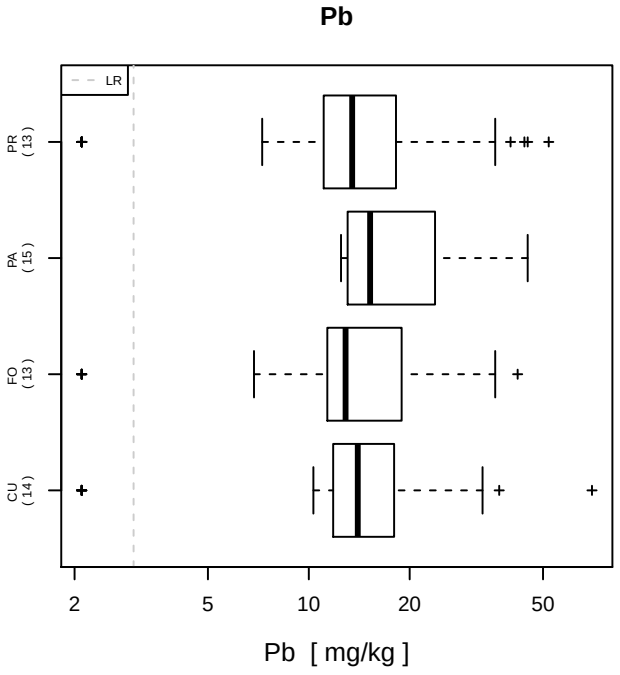

Mo
LQ
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
2
Mo [mg/kg]
CU (n 46)
FO (n 58)
PA (n 10)
PR (n 70)

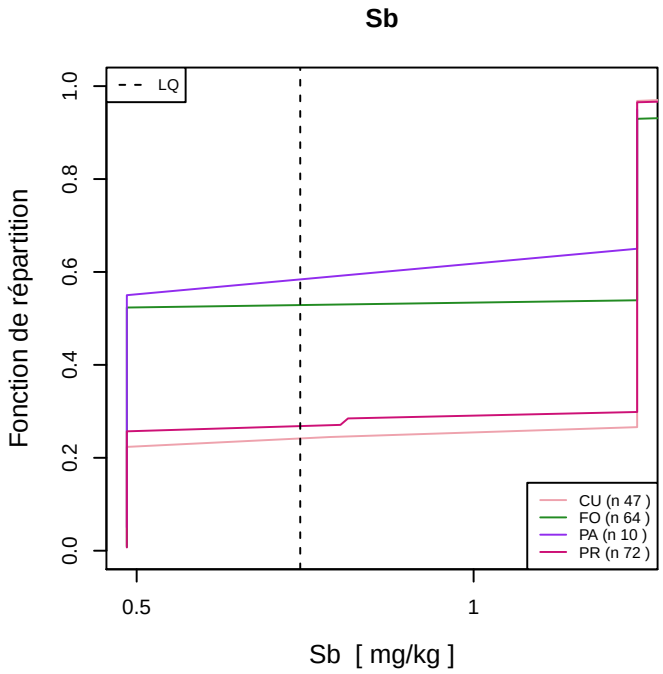

Mo
LQ
LR
PR (3.5)
PA (1.1)
FO (1.1)
CU (3.5)
1
2
5
10
20
Mo [mg/kg]

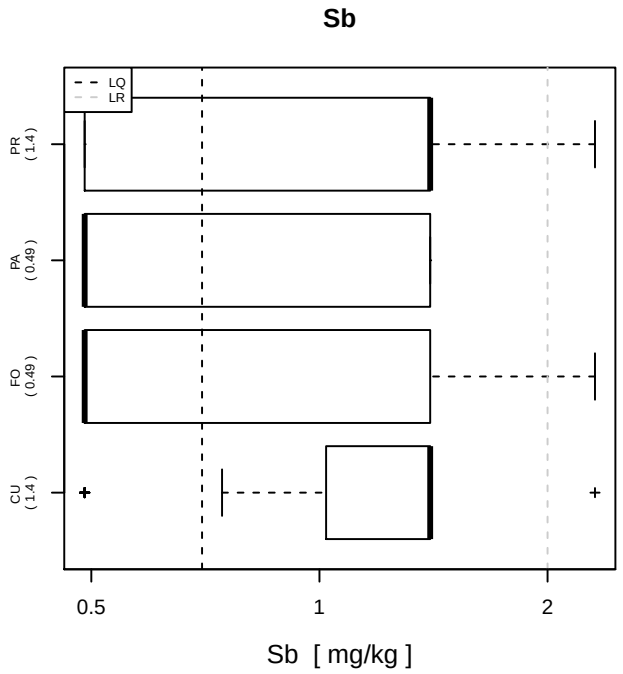

Ni
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
5
10
20
50
100
Ni [mg/kg]
CU (n 45)
FO (n 64)
PA (n 10)
PR (n 67)

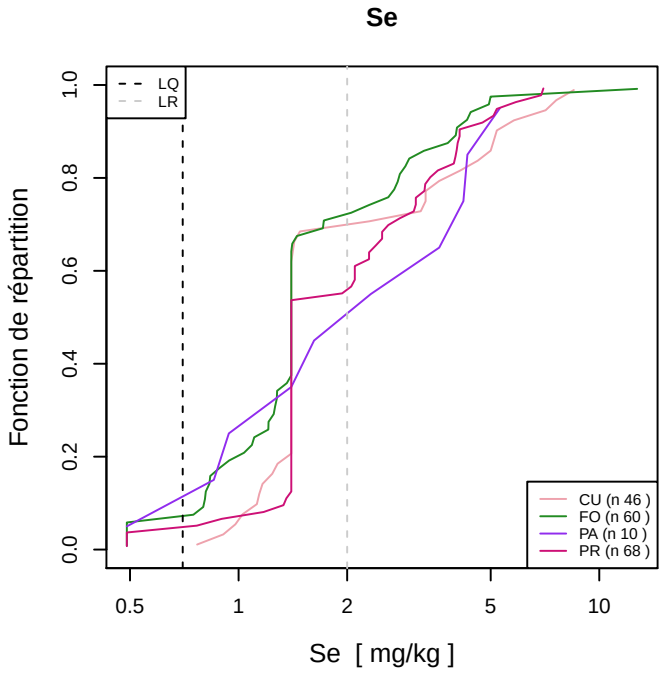

Ni
LR
PR (31)
PA (35)
FO (29)
CU (31)
2
5
10
20
50
100
200
Ni [mg/kg]

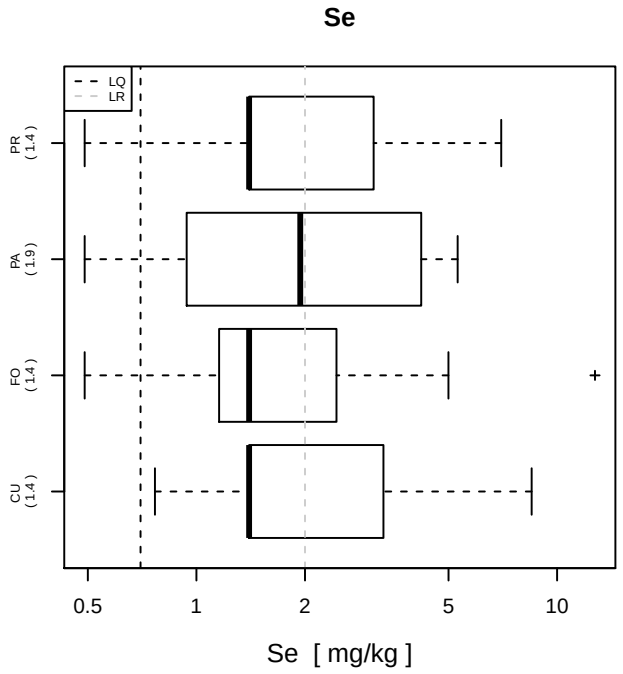

Pb
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
5
10
20
Pb [mg/kg]
CU (n 44)
FO (n 58)
PA (n 8)
PR (n 67)

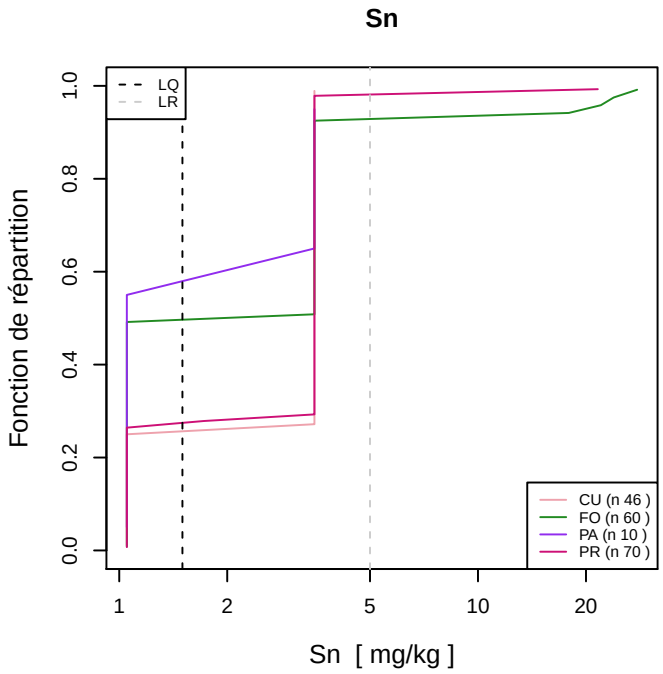

Pb
LR
PR (13)
PA (15)
FO (13)
CU (14)
2
5
10
20
50
Pb [mg/kg]

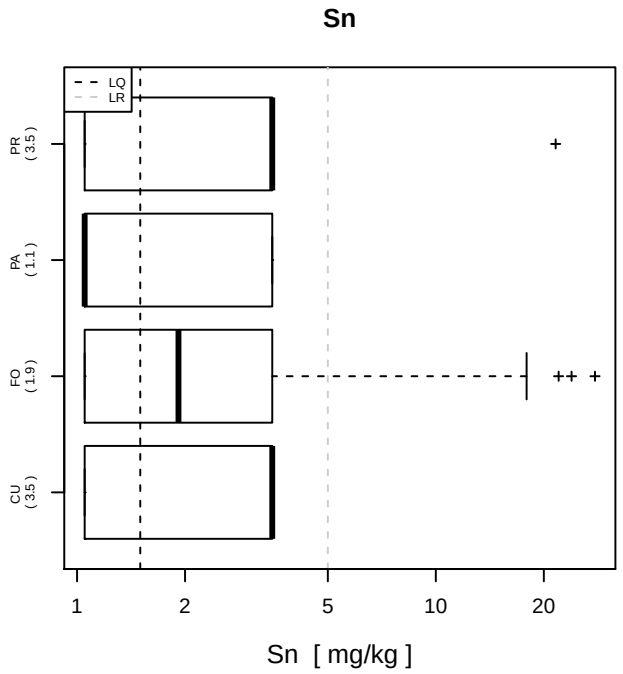

Sb
LQ
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.5
1
Sb [mg/kg]
CU (n 47)
FO (n 64)
PA (n 10)
PR (n 72)

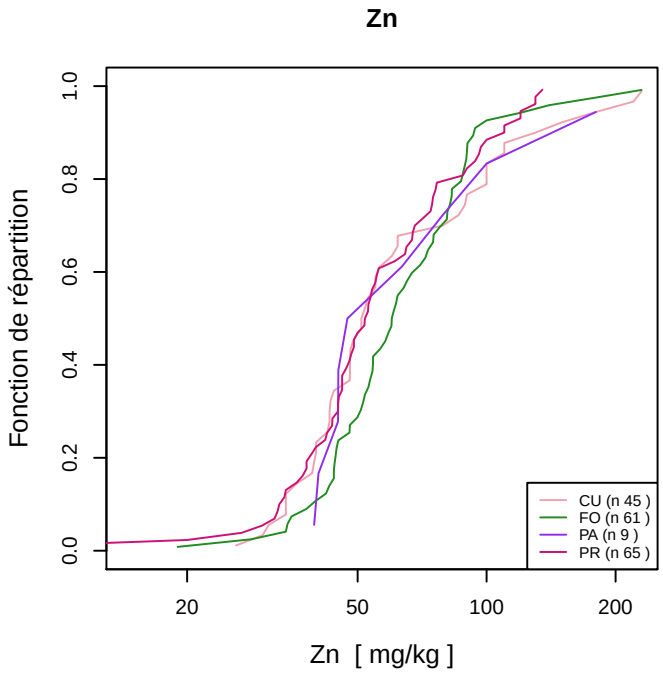

Sb
LQ
LR
PR (1.4)
PA (0.49)
FO (0.49)
CU (1.4)
0.5
1
2
Sb [mg/kg]

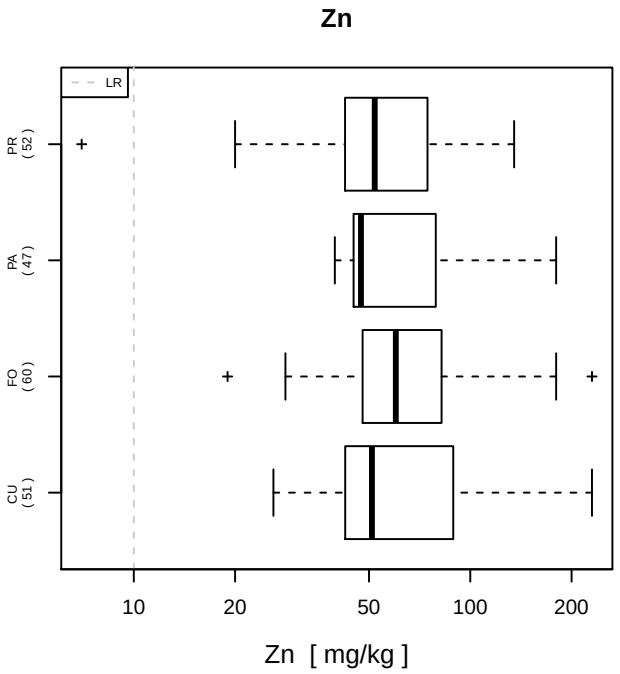

Se
LQ
LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.5
1
2
5
10
Se [mg/kg]
CU (n 46)
FO (n 60)
PA (n 10)
PR (n 68)

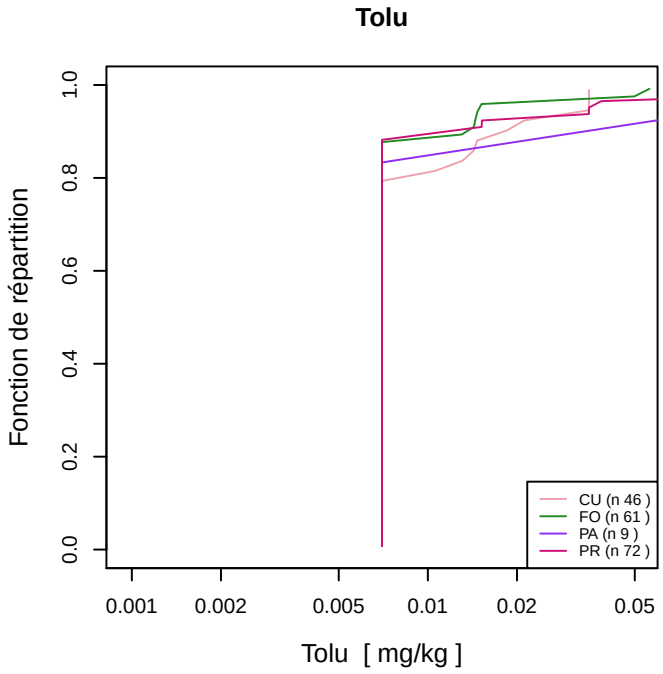

Se
LQ
LR
PR (1.4)
PA (1.9)
FO (1.4)
CU (1.4)
0.5
1
2
5
10
Se [mg/kg]

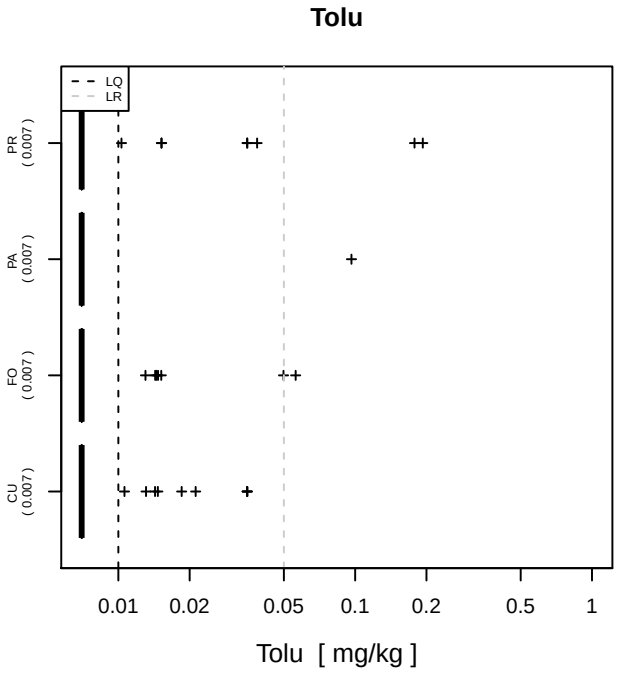

Sn
LQ
LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
1
2
5
10
20
Sn [mg/kg]
CU (n 46)
FO (n 60)
PA (n 10)
PR (n 70)

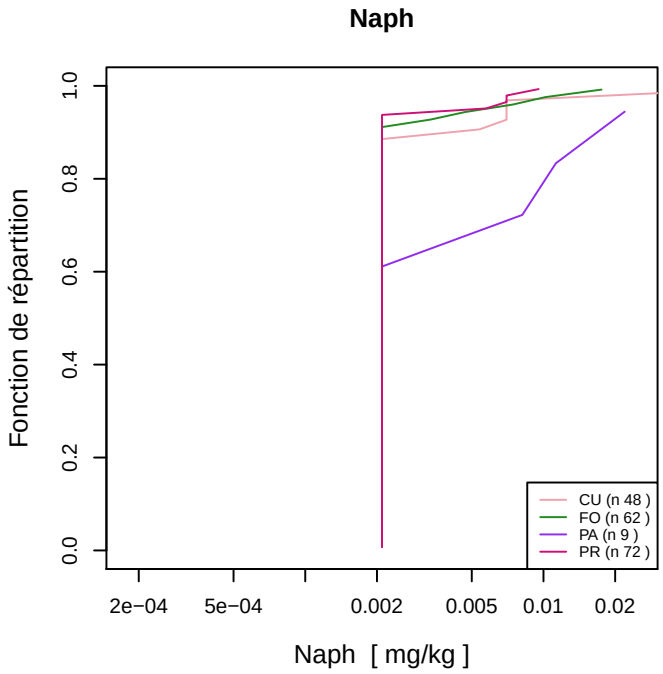

Sn
LQ
LR
PR (3.5)
PA (1.1)
FO (1.9)
CU (3.5)
1
2
5
10
20
Sn [mg/kg]

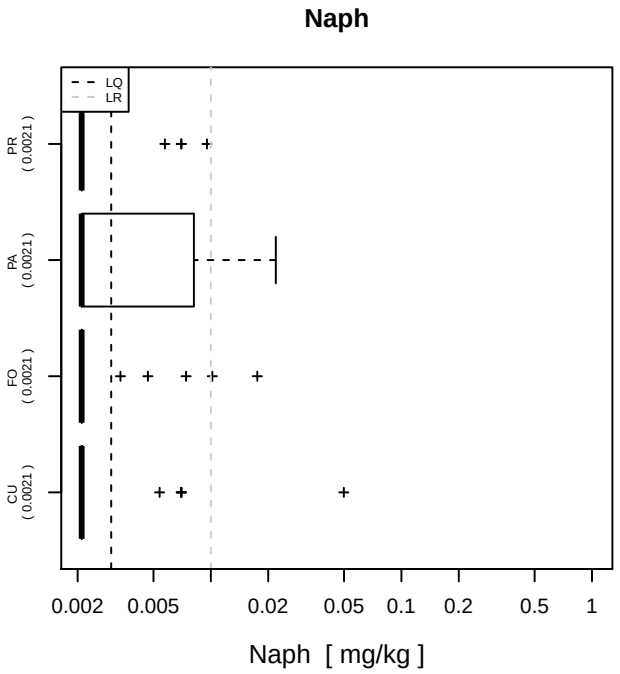

Zn
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
20
50
100
200
Zn [mg/kg]
CU (n 45)
FO (n 61)
PA (n 9)
PR (n 65)

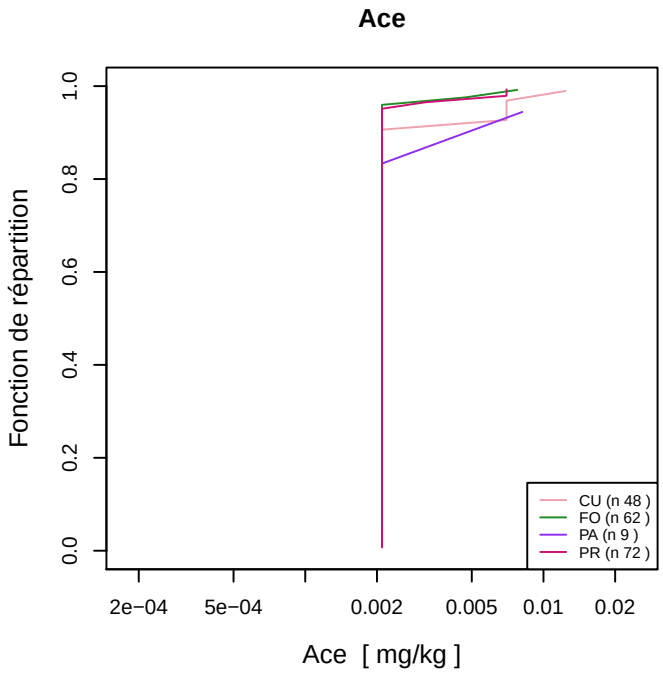

Zn
LR
PR (52)
PA (47)
FO (60)
CU (51)
10
20
50
100
200
Zn [mg/kg]

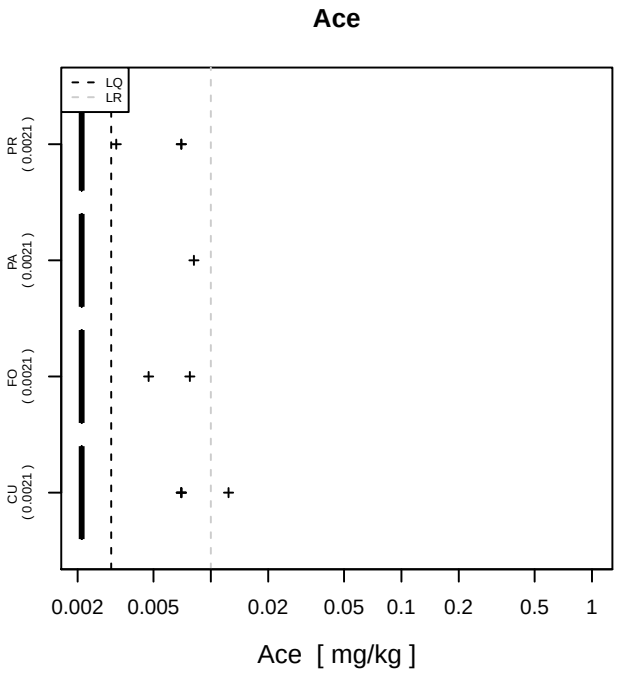

Tolu
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.001
0.002
0.005
0.01
0.02
0.05
Tolu [mg/kg]
CU (n 46)
FO (n 61)
PA (n 9)
PR (n 72)

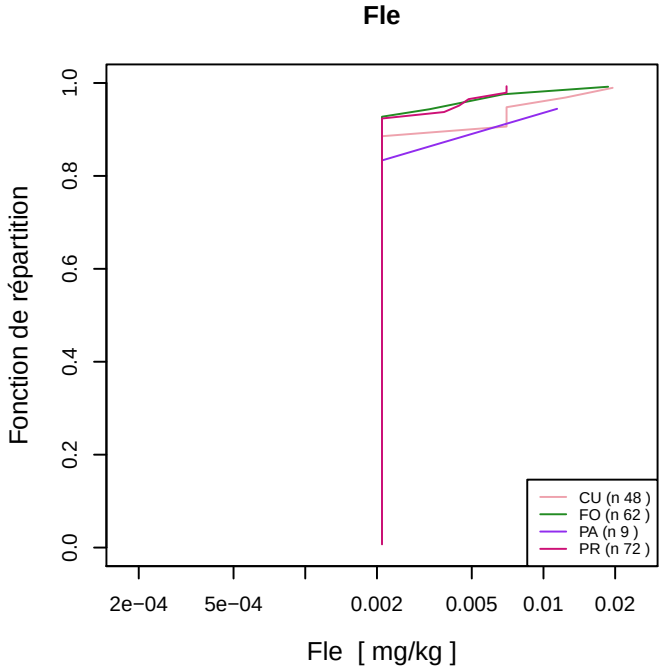

Tolu
LQ
LR
PR (0.007)
PA (0.007)
FO (0.007)
CU (0.007)
0.01
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
Tolu [mg/kg]

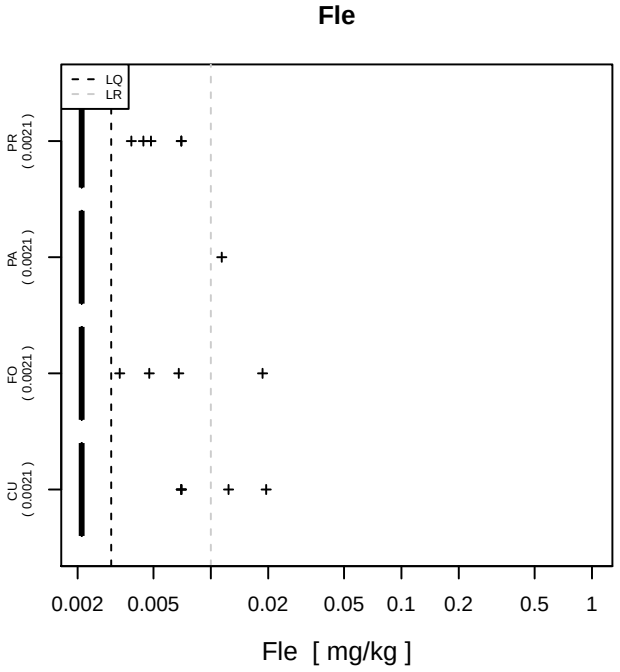

Naph
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
2e−04
5e−04
0.002
0.005
0.01
0.02
Naph [mg/kg]
CU (n 48)
FO (n 62)
PA (n 9)
PR (n 72)

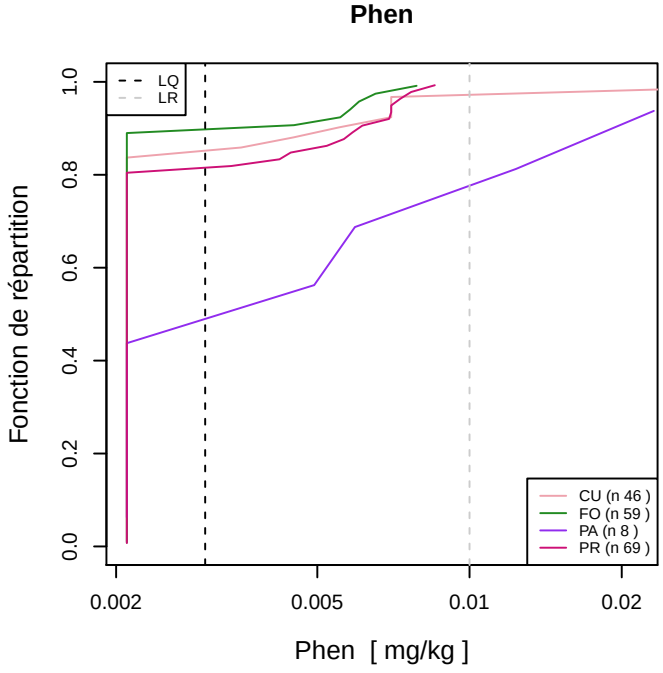

Naph
LQ
LR
PR (0.0021)
PA (0.0021)
FO (0.0021)
CU (0.0021)
0.002
0.005
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
Naph [mg/kg]

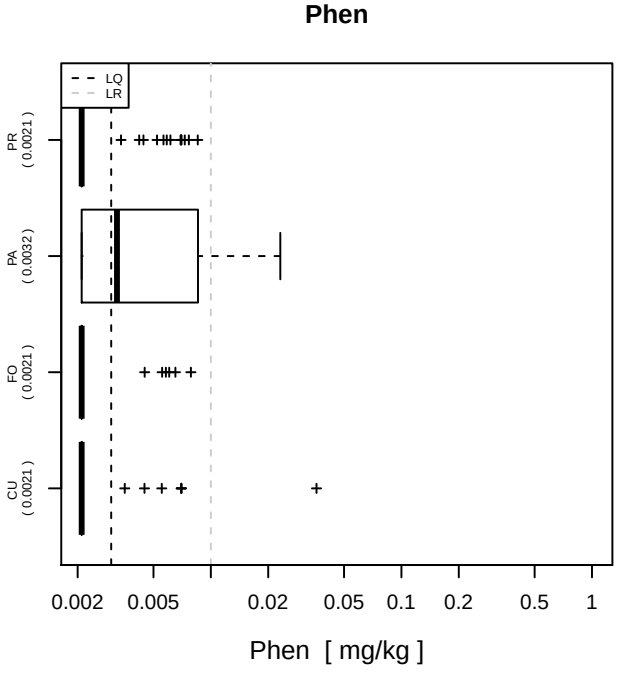

Ace
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
2e−04
5e−04
0.002
0.005
0.01
0.02
Ace [mg/kg]
CU (n 48)
FO (n 62)
PA (n 9)
PR (n 72)

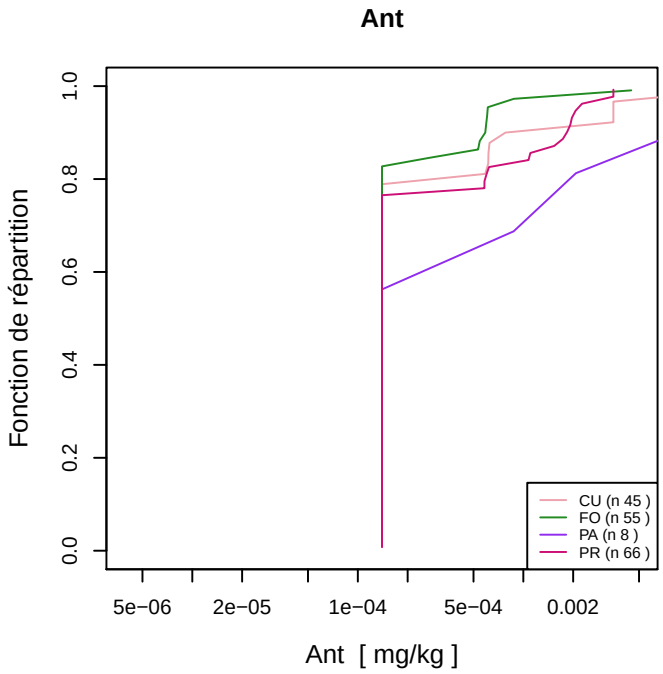

Ace
LQ
LR
PR (0.0021)
PA (0.0021)
FO (0.0021)
CU (0.0021)
0.002
0.005
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
Ace [mg/kg]

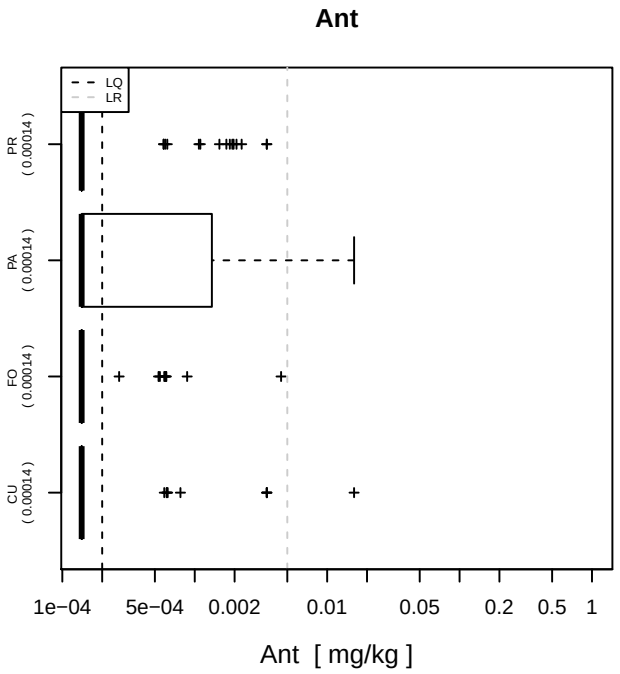

Fle
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
2e−04
5e−04
0.002
0.005
0.01
0.02
Fle [mg/kg]
CU (n 48)
FO (n 62)
PA (n 9)
PR (n 72)

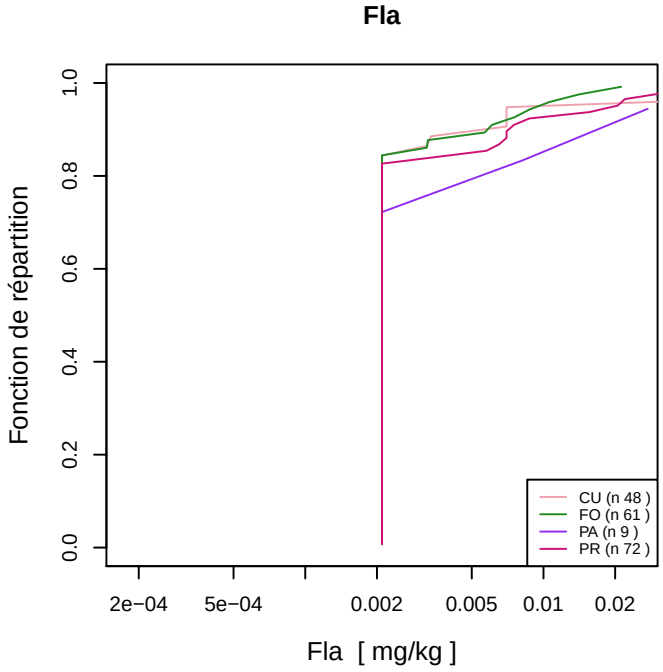

Fle
LQ
LR
PR (0.0021)
PA (0.0021)
FO (0.0021)
CU (0.0021)
0.002
0.005
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
Fle [mg/kg]

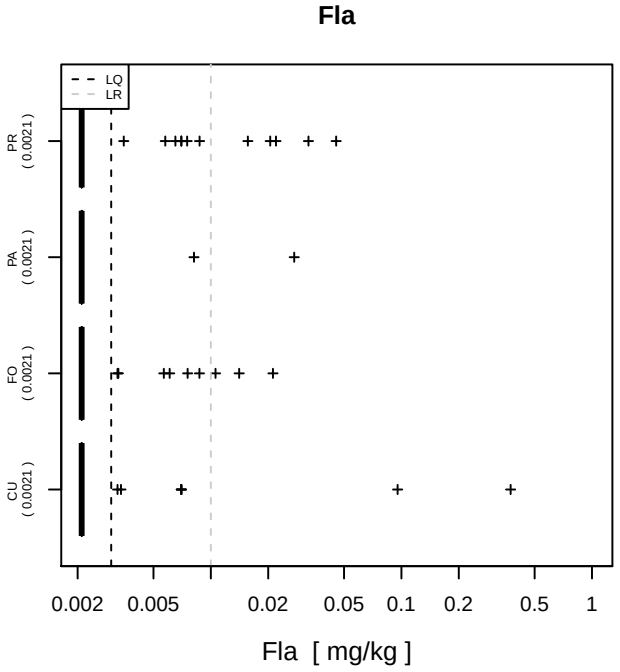

Phen
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
LQ
LR
0.002
0.005
0.01
0.02
Phen [mg/kg]
CU (n 46)
FO (n 59)
PA (n 8)
PR (n 69)

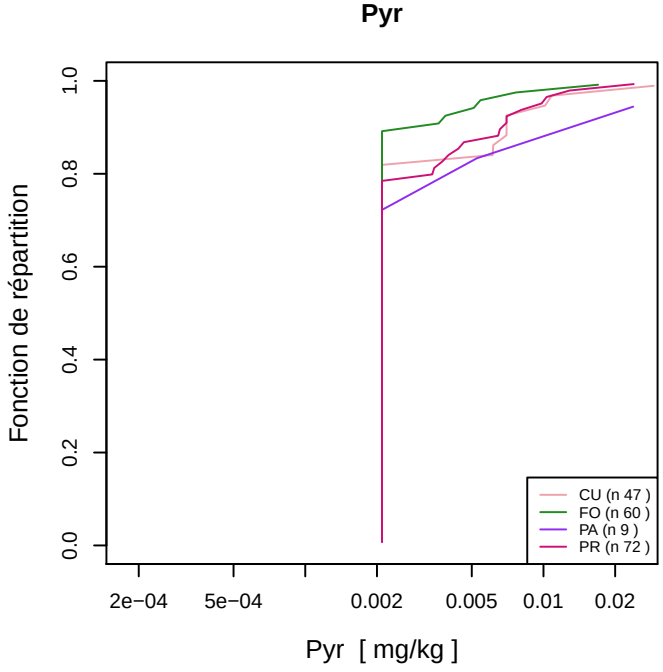

Phen
LQ
LR
PR (0.0021)
PA (0.0032)
FO (0.0021)
CU (0.0021)
0.002
0.005
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
Phen [mg/kg]

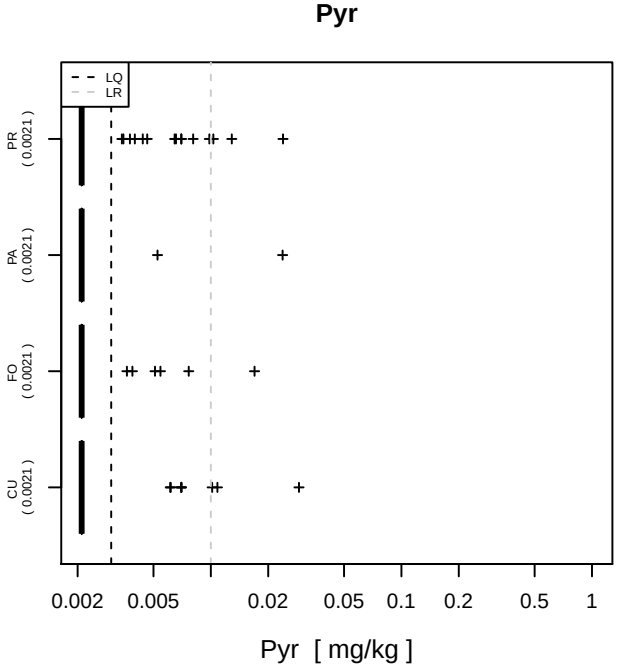

Ant
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
5e−06
2e−05
1e−04
5e−04
0.002
Ant [mg/kg]
CU (n 45)
FO (n 55)
PA (n 8)
PR (n 66)

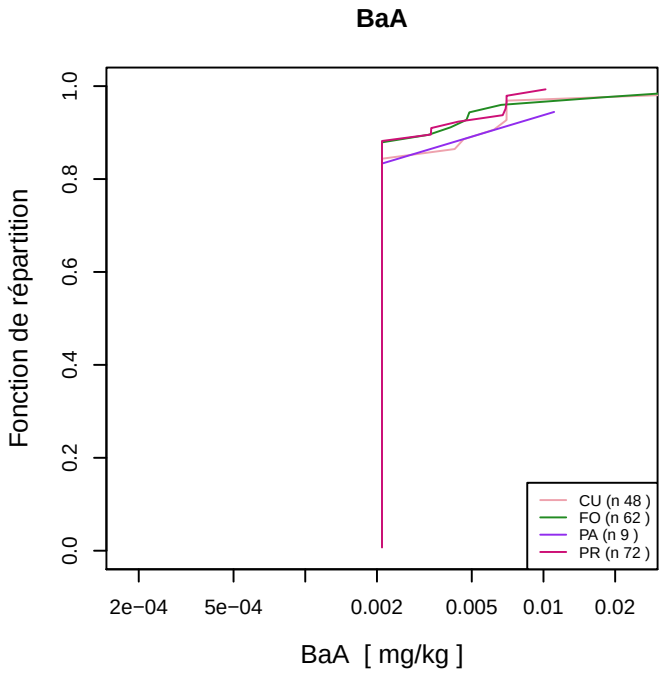

Ant
LQ
LR
PR (0.00014)
PA (0.00014)
FO (0.00014)
CU (0.00014)
1e−04
5e−04
0.002
0.01
0.05
0.2
0.5
1
Ant [mg/kg]

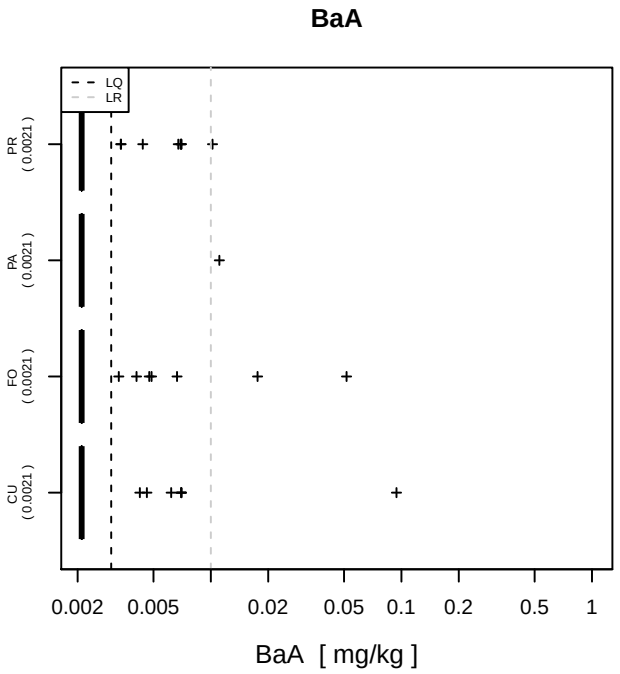

Fla
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
2e−04
5e−04
0.002
0.005
0.01
0.02
Fla [mg/kg]
CU (n 48)
FO (n 61)
PA (n 9)
PR (n 72)

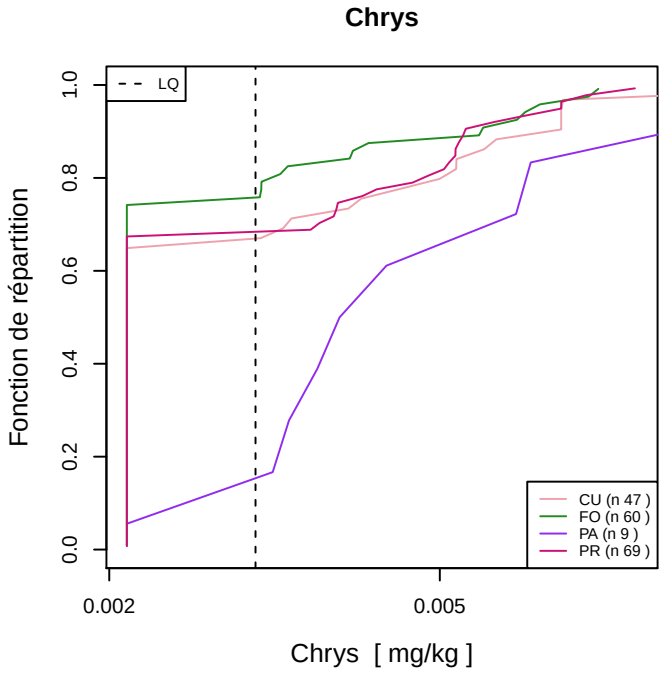

Fla
LQ
LR
PR (0.0021)
PA (0.0021)
FO (0.0021)
CU (0.0021)
0.002
0.005
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
Fla [mg/kg]

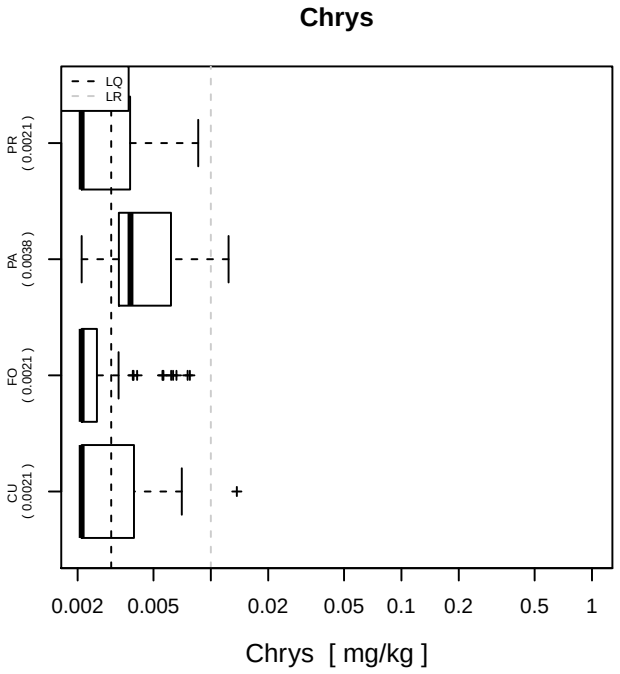

Pyr
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
2e−04
5e−04
0.002
0.005
0.01
0.02
Pyr [mg/kg]
CU (n 47)
FO (n 60)
PA (n 9)
PR (n 72)

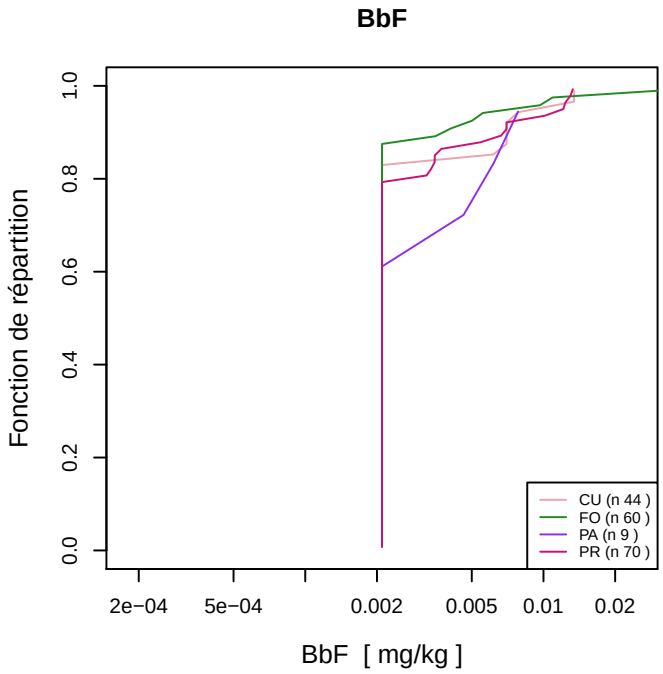

Pyr
LQ
LR
PR (0.0021)
PA (0.0021)
FO (0.0021)
CU (0.0021)
0.002
0.005
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
Pyr [mg/kg]

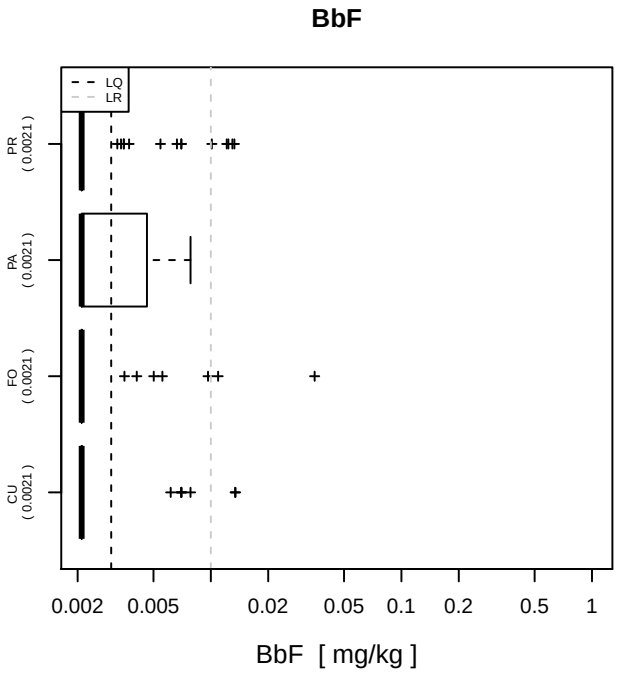

BaA
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
2e−04
5e−04
0.002
0.005
0.01
0.02
BaA [mg/kg]
CU (n 48)
FO (n 62)
PA (n 9)
PR (n 72)

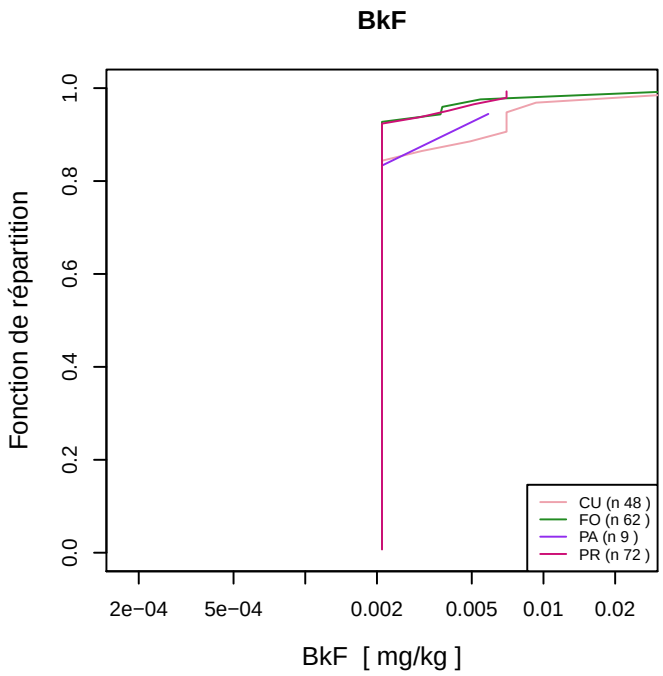

BaA
LQ
LR
PR (0.0021)
PA (0.0021)
FO (0.0021)
CU (0.0021)
0.002
0.005
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
BaA [mg/kg]

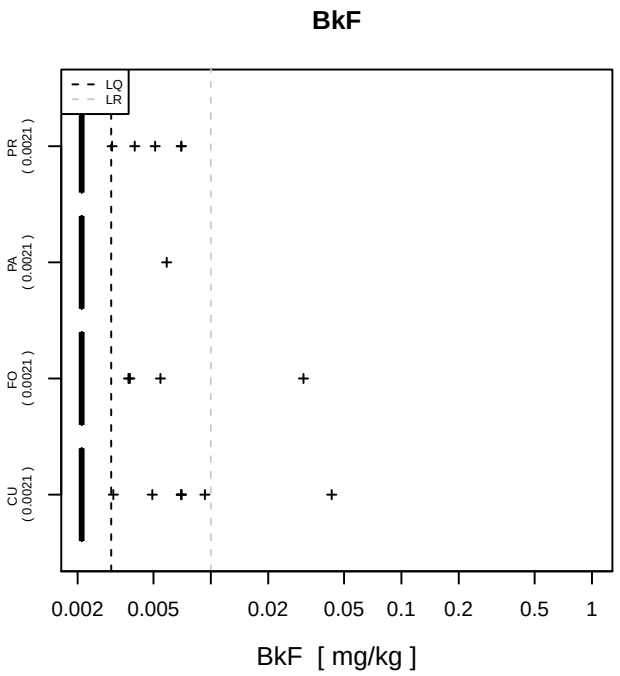

Chrys
LQ
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.002
0.005
Chrys [mg/kg]
CU (n 47)
FO (n 60)
PA (n 9)
PR (n 69)

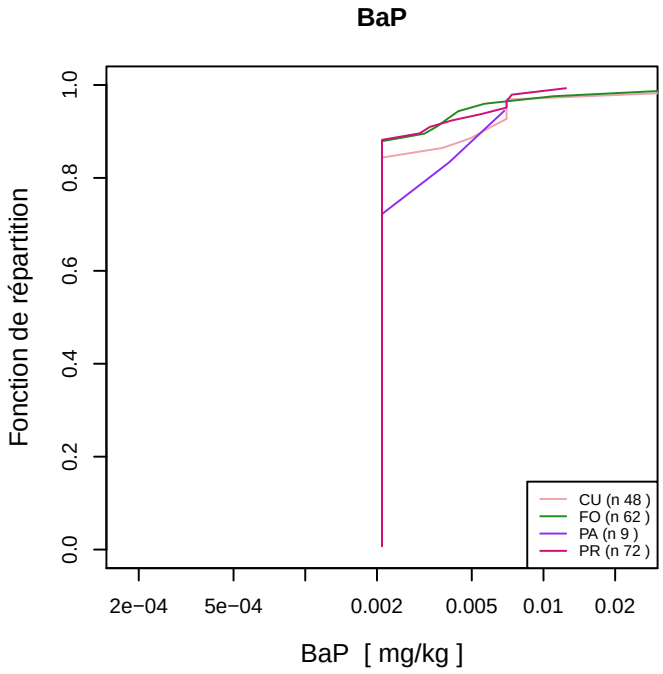

Chrys
LQ
LR
PR (0.0021)
PA (0.0038)
FO (0.0021)
CU (0.0021)
0.002
0.005
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
Chrys [mg/kg]

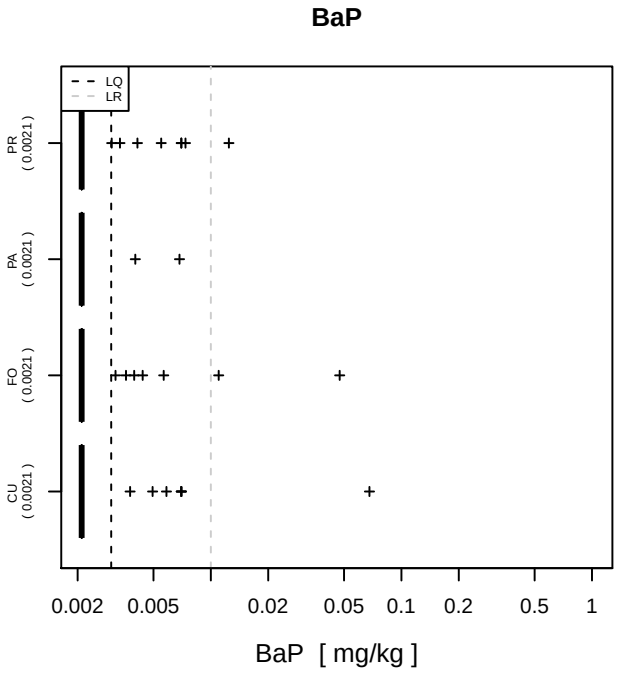

BbF
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
2e−04
5e−04
0.002
0.005
0.01
0.02
BbF [mg/kg]
CU (n 44)
FO (n 60)
PA (n 9)
PR (n 70)

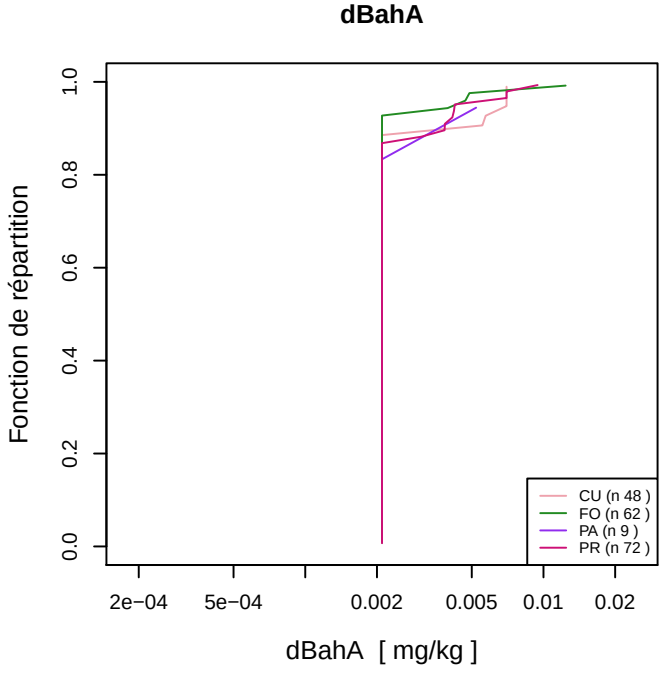

BbF
LQ
LR
PR (0.0021)
PA (0.0021)
FO (0.0021)
CU (0.0021)
0.002
0.005
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
BbF [mg/kg]

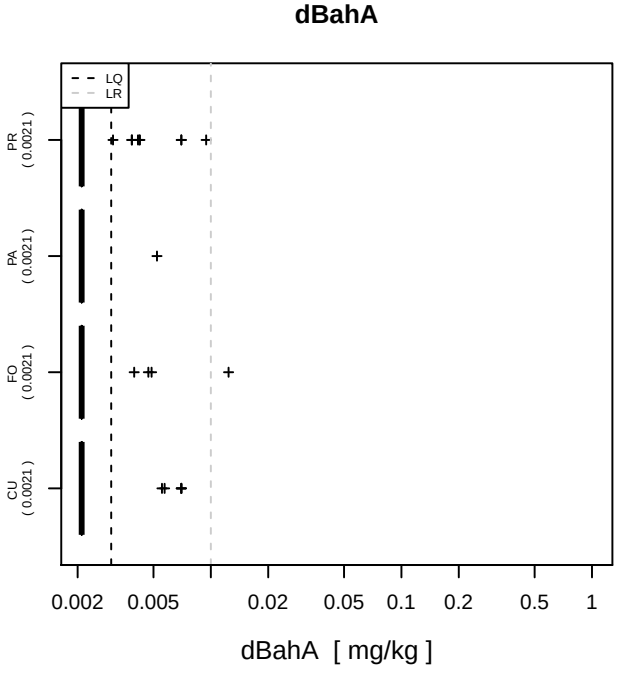

BkF
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
2e−04
5e−04
0.002
0.005
0.01
0.02
BkF [mg/kg]
CU (n 48)
FO (n 62)
PA (n 9)
PR (n 72)


BkF
LQ
LR
PR (0.0021)
PA (0.0021)
FO (0.0021)
CU (0.0021)
0.002
0.005
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
BkF [mg/kg]

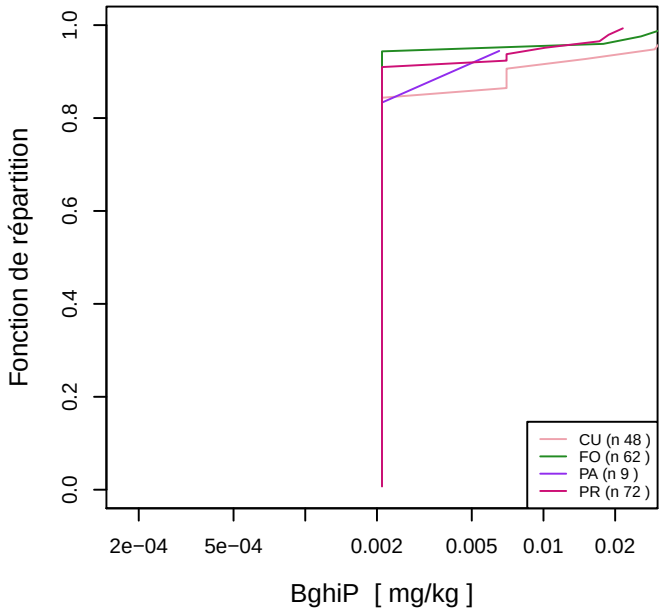

BaP
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
2e−04
5e−04
0.002
0.005
0.01
0.02
BaP [mg/kg]
CU (n 48)
FO (n 62)
PA (n 9)
PR (n 72)


BaP
LQ
LR
PR (0.0021)
PA (0.0021)
FO (0.0021)
CU (0.0021)
0.002
0.005
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
BaP [mg/kg]

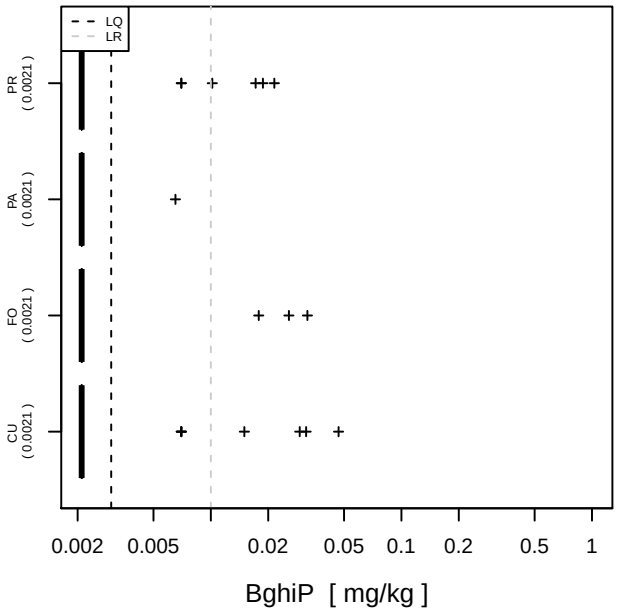

dBahA
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
2e−04
5e−04
0.002
0.005
0.01
0.02
dBahA [mg/kg]
CU (n 48)
FO (n 62)
PA (n 9)
PR (n 72)


dBahA
LQ
LR
PR (0.0021)
PA (0.0021)
FO (0.0021)
CU (0.0021)
0.002
0.005
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
dBahA [mg/kg]

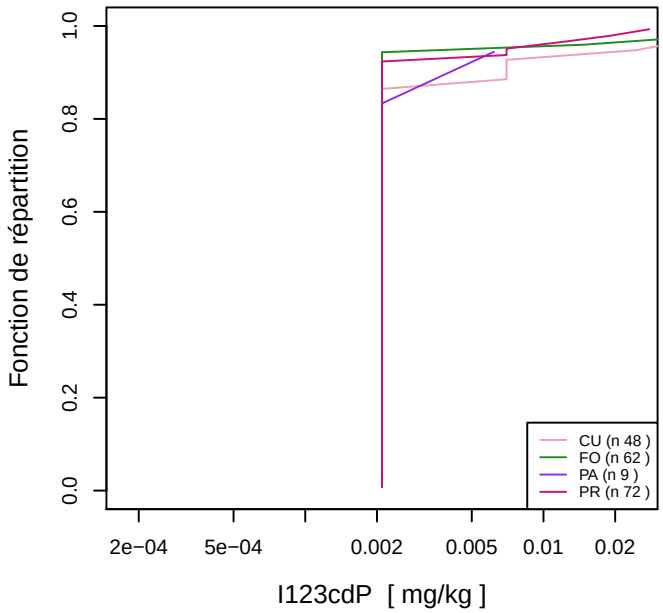
BghiP



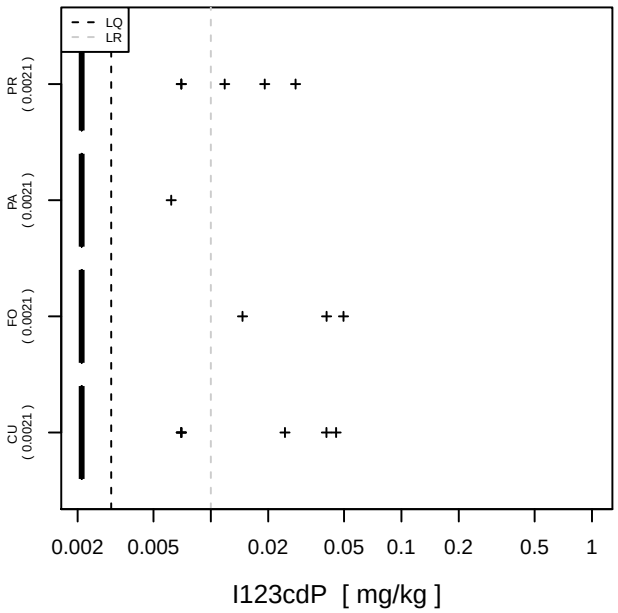
BghiP



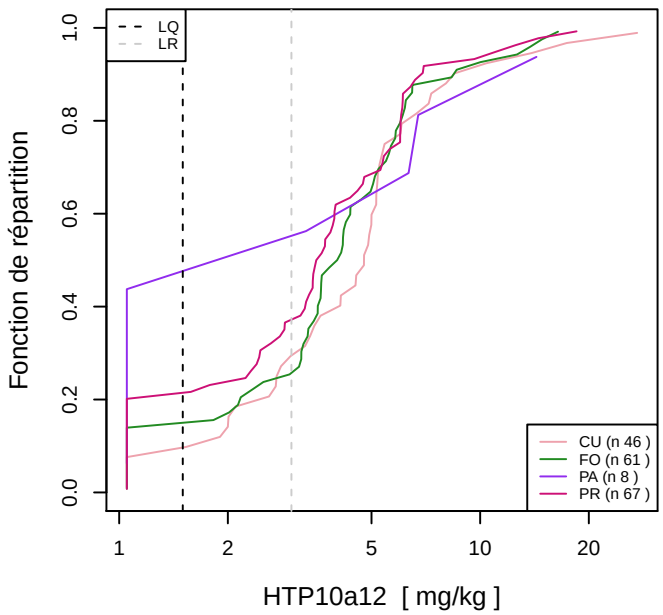
I123cdP



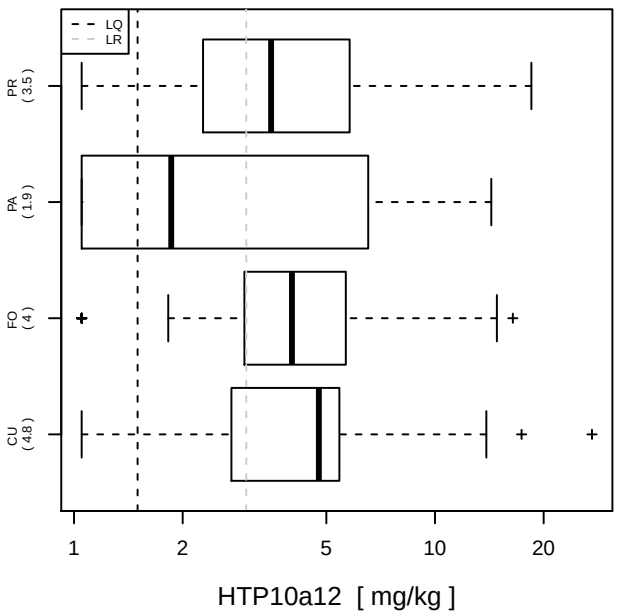
I123cdP



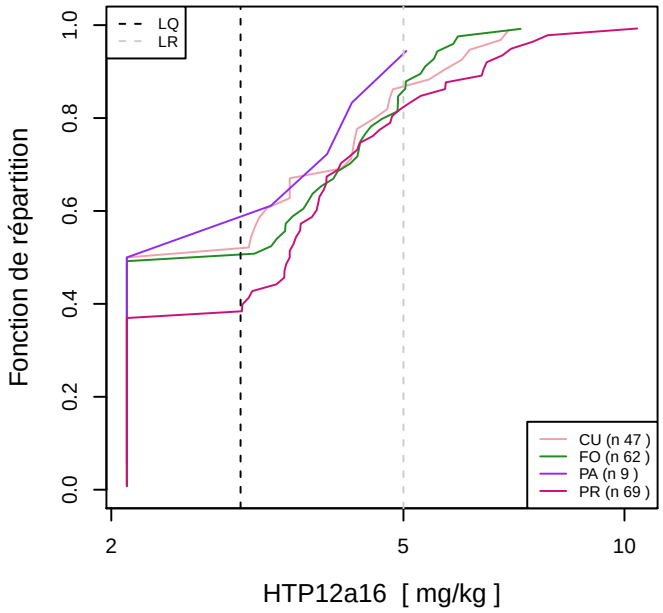
HTP10a12



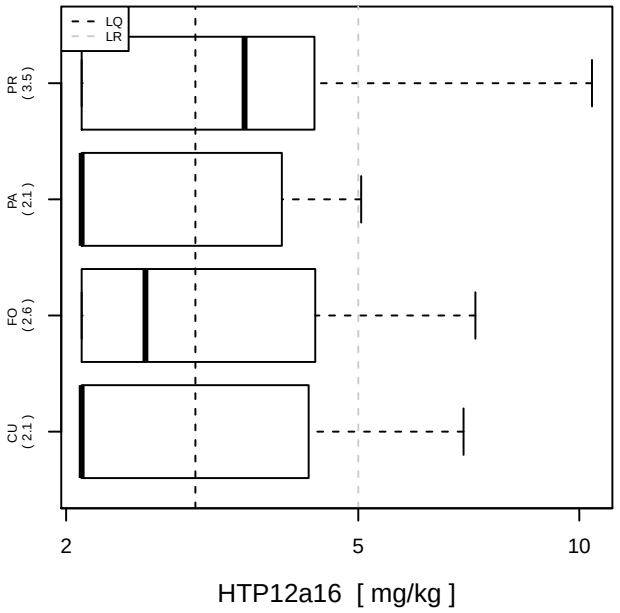
HTP10a12



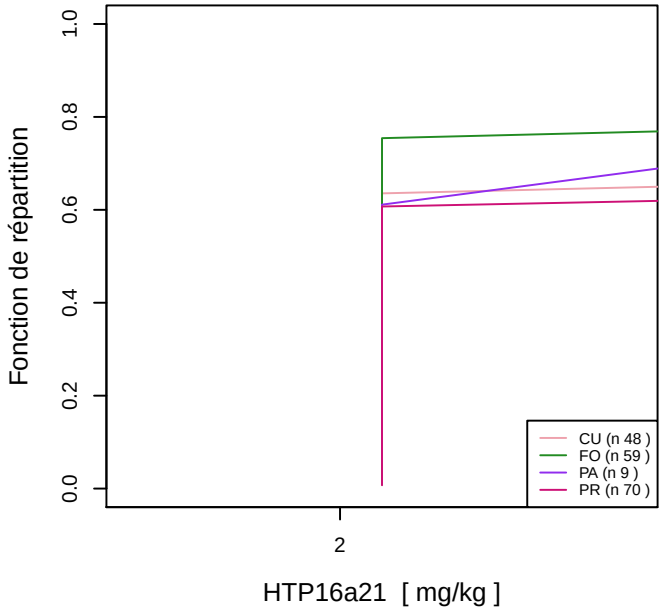
HTP12a16



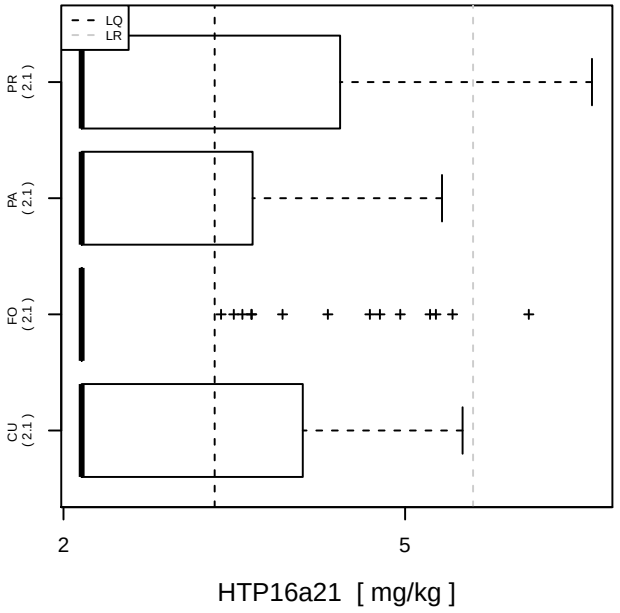
HTP12a16



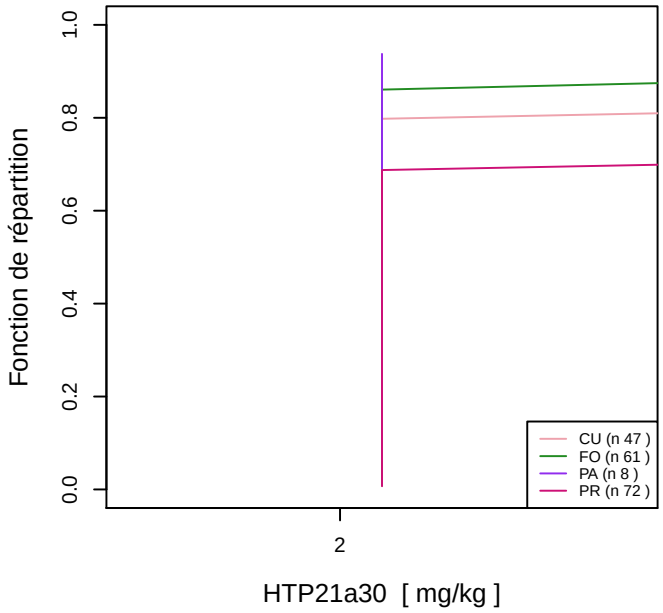
HTP16a21



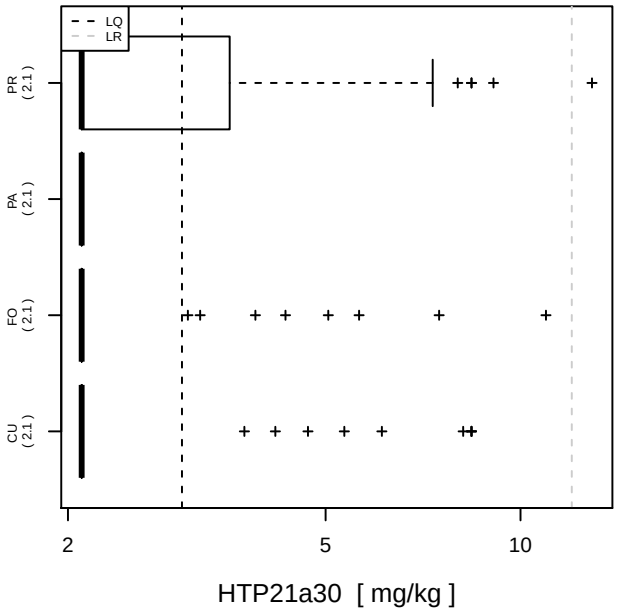
HTP16a21

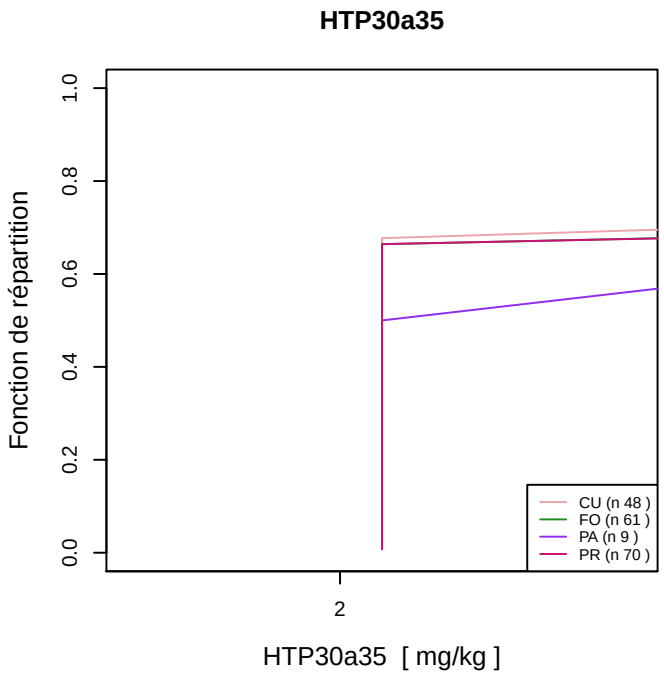


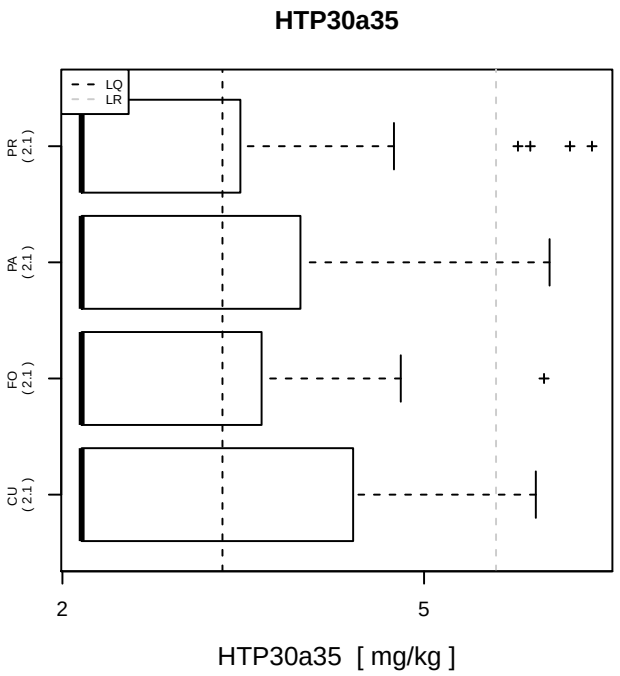
HTP21a30

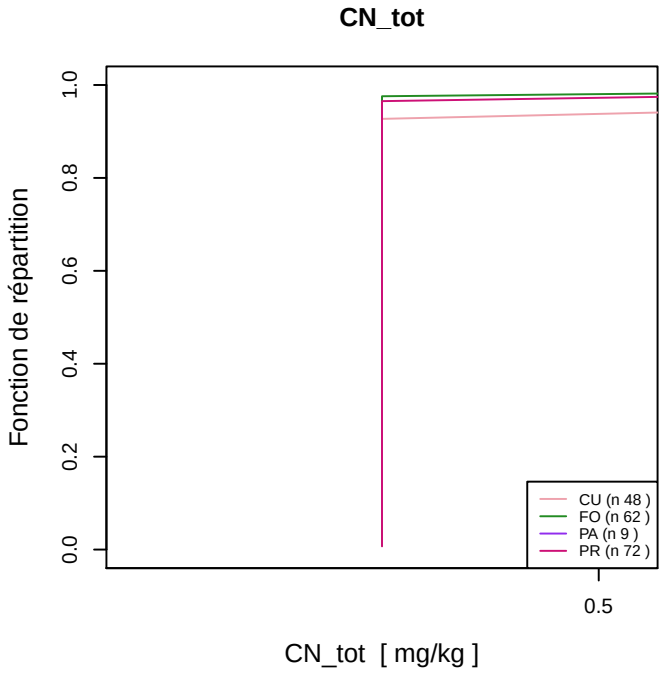


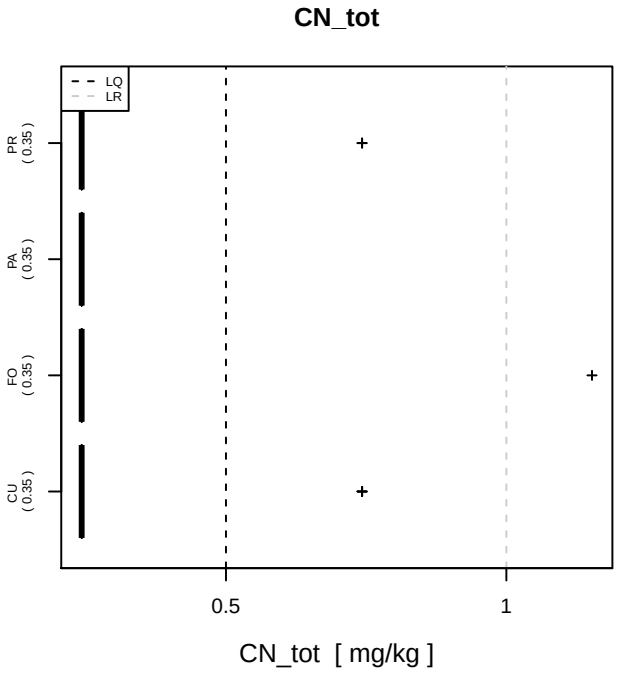
HTP21a30

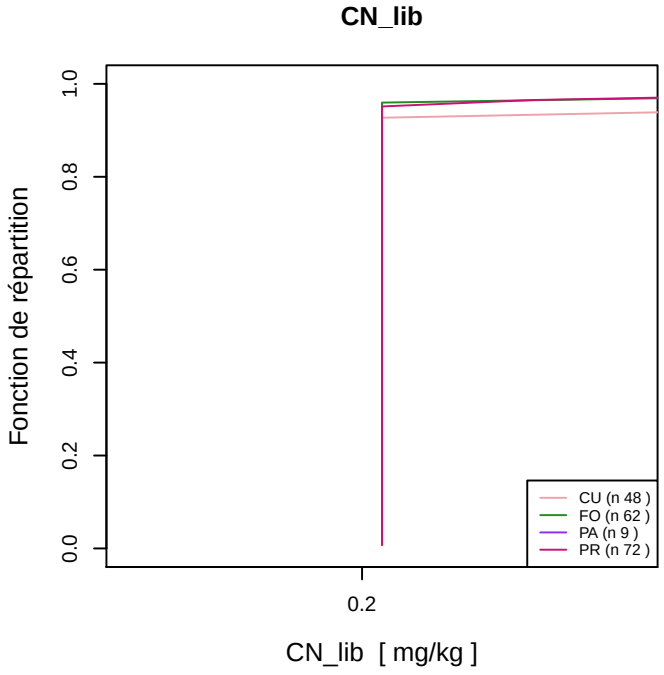


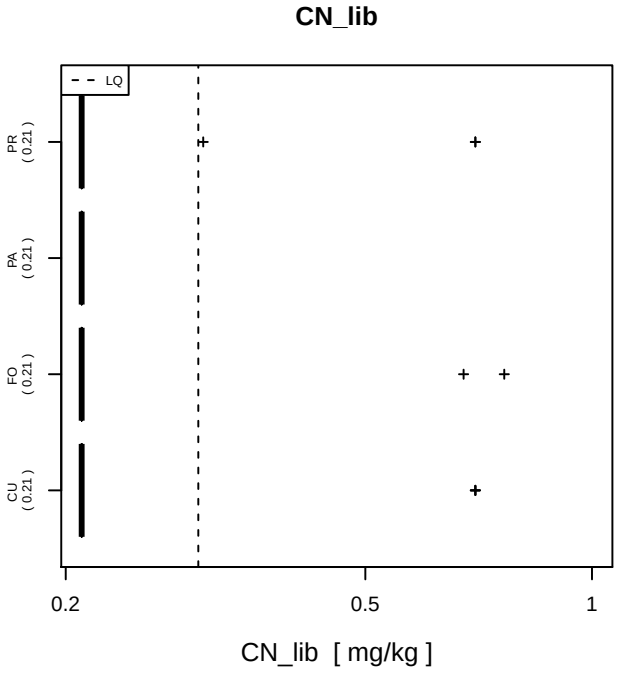

HTP30a35
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
2
HTP30a35 [mg/kg]
CU (n 48)
FO (n 61)
PA (n 9)
PR (n 70)

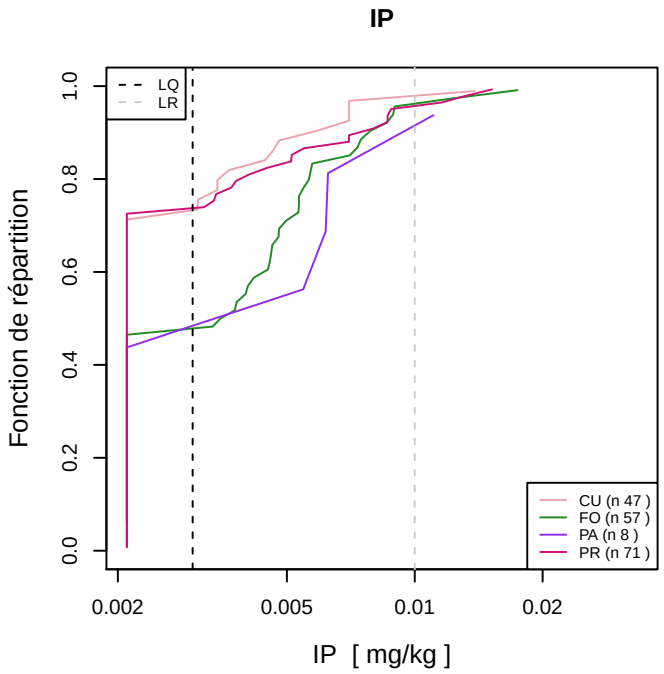

HTP30a35
LQ
LR
PR (2.1)
PA (2.1)
FO (2.1)
CU (2.1)
2
5
HTP30a35 [mg/kg]

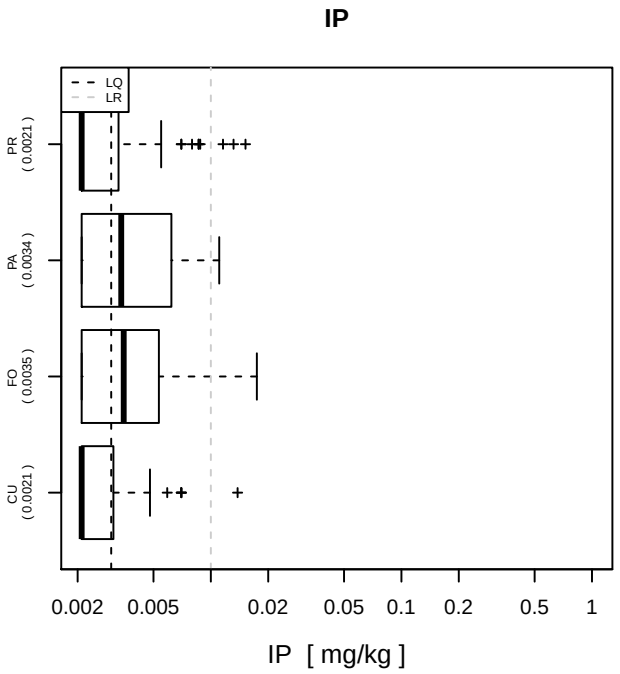

CN_tot
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.5
CN_tot [mg/kg]
CU (n 48)
FO (n 62)
PA (n 9)
PR (n 72)

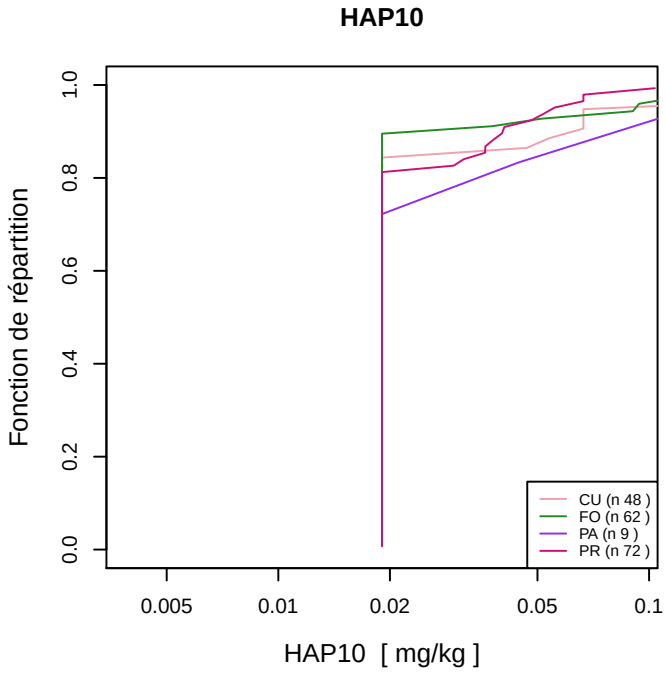

CN_tot
LQ
LR
PR (0.35)
PA (0.35)
FO (0.35)
CU (0.35)
0.5
1
CN_tot [mg/kg]

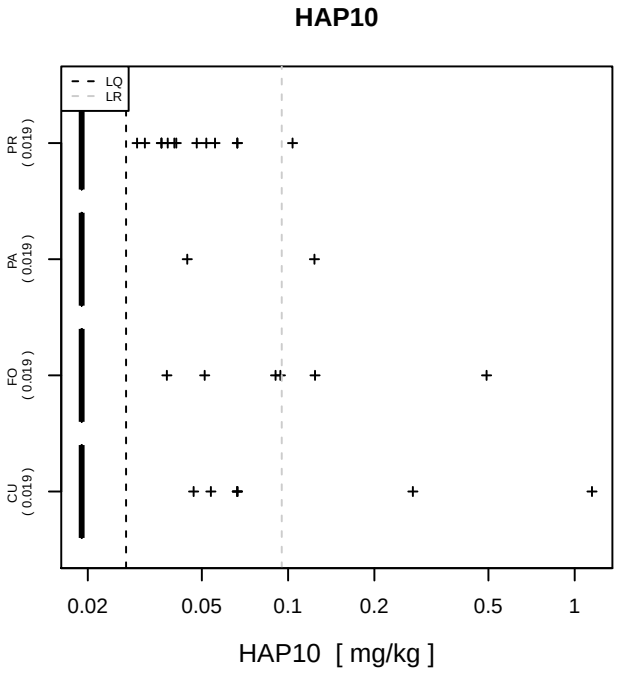

CN_lib
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.2
CN_lib [mg/kg]
CU (n 48)
FO (n 62)
PA (n 9)
PR (n 72)

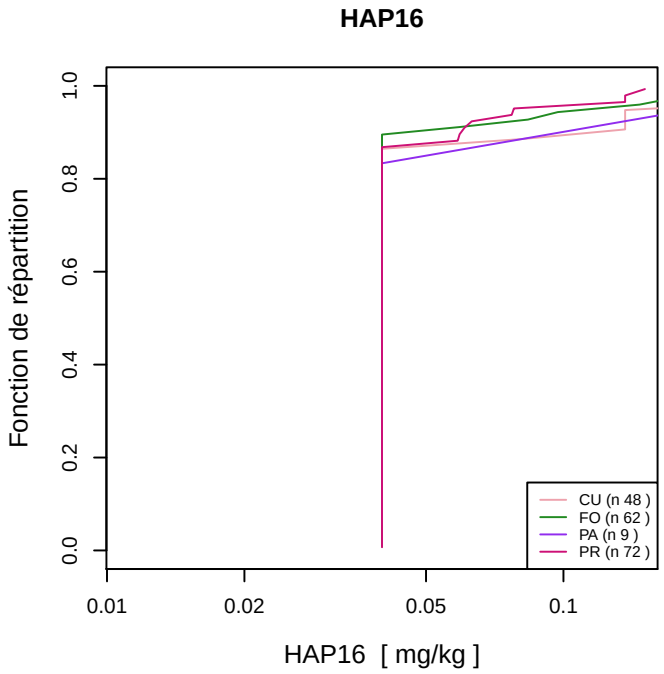

CN_lib
LQ
PR (0.21)
PA (0.21)
FO (0.21)
CU (0.21)
0.2
0.5
1
CN_lib [mg/kg]

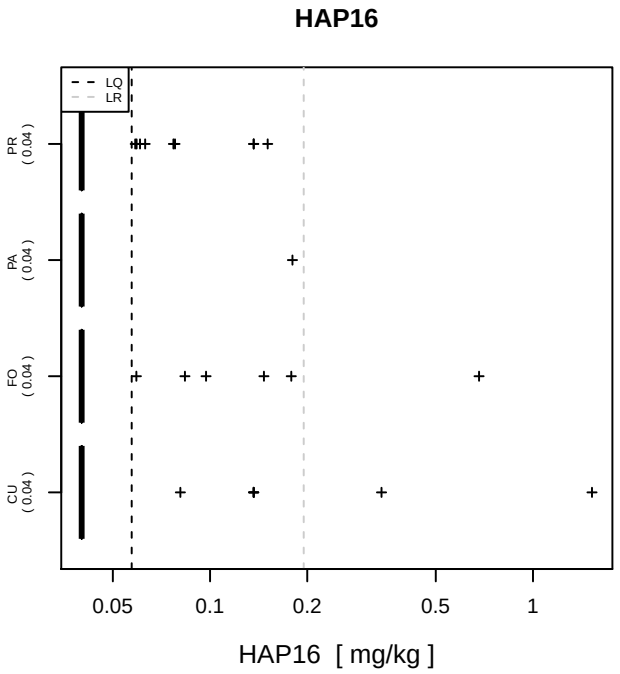

IP
Fonction de répartition
LQ
LR
CU (n 47)
FO (n 57)
PA (n 8)
PR (n 71)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.002
0.005
0.01
0.02
IP [mg/kg]

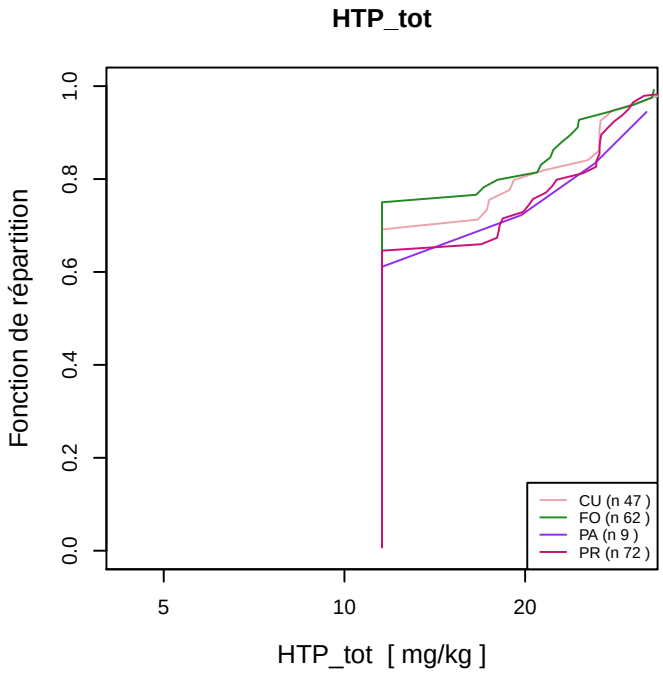

IP
LQ
LR
PR (0.0021)
PA (0.0034)
FO (0.0035)
CU (0.0021)
0.002
0.005
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
IP [mg/kg]

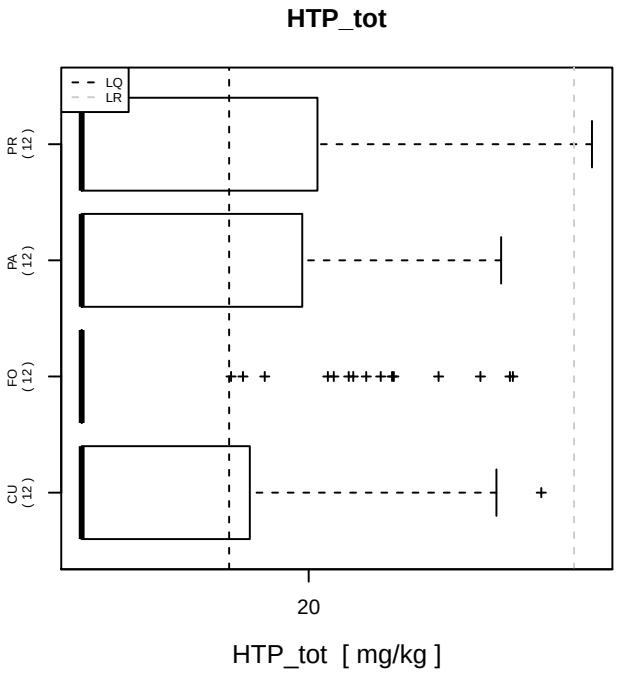

HAP10
Fonction de répartition
CU (n 48)
FO (n 62)
PA (n 9)
PR (n 72)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.005
0.01
0.02
0.05
0.1
HAP10 [mg/kg]


HAP10
LQ
LR
PR (0.019)
PA (0.019)
FO (0.019)
CU (0.019)
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
HAP10 [mg/kg]


HAP16
Fonction de répartition
CU (n 48)
FO (n 62)
PA (n 9)
PR (n 72)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.01
0.02
0.05
0.1
HAP16 [mg/kg]


HAP16
LQ
LR
PR (0.04)
PA (0.04)
FO (0.04)
CU (0.04)
0.05
0.1
0.2
0.5
1
HAP16 [mg/kg]


HTP_tot
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
5
10
20
HTP_tot [mg/kg]
CU (n 47)
FO (n 62)
PA (n 9)
PR (n 72)

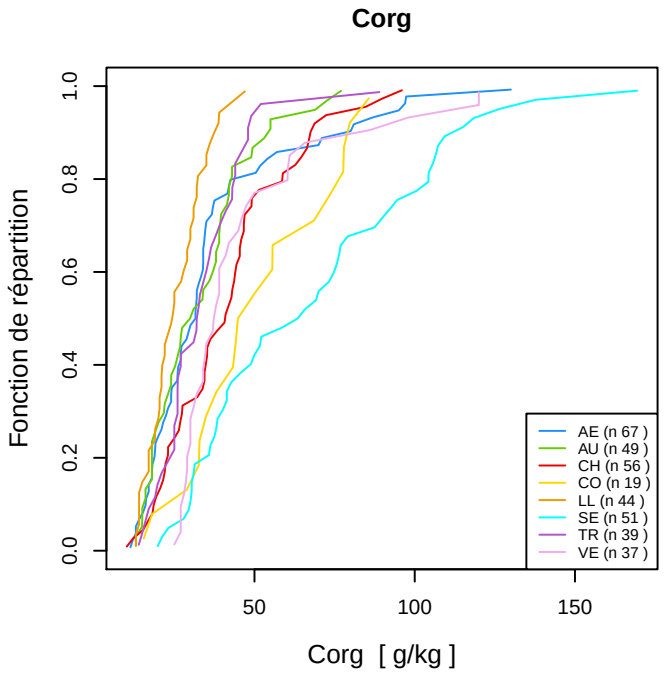

HTP_tot
LQ
LR
PR (12)
PA (12)
FO (12)
CU (12)
20
HTP_tot [mg/kg]

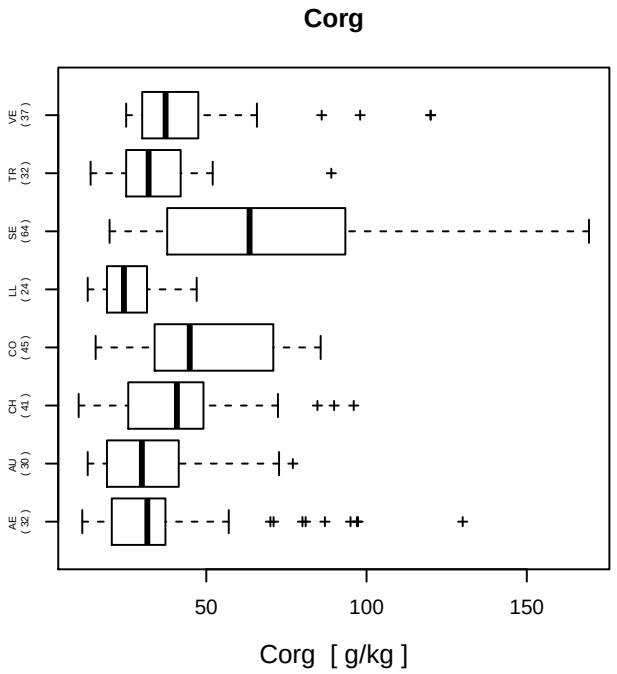
3e : Effet de la zone d'étude dans les horizons de surface des sols naturels

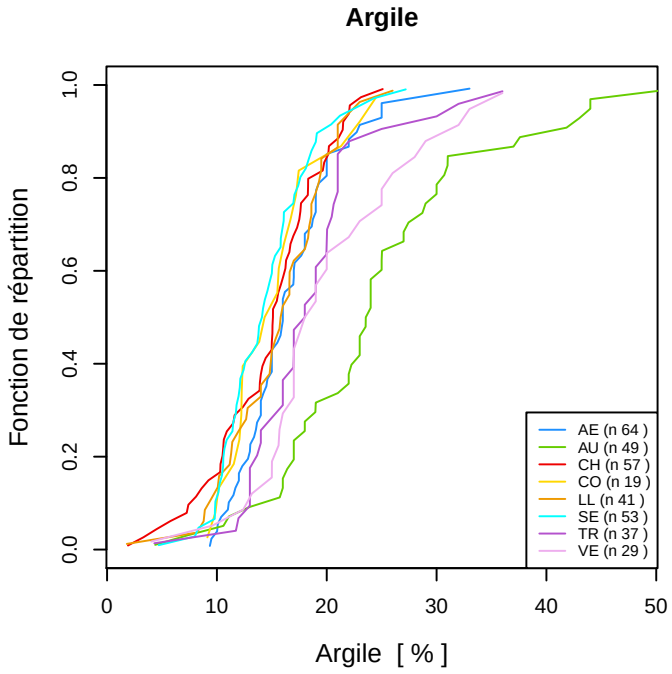
Légende :

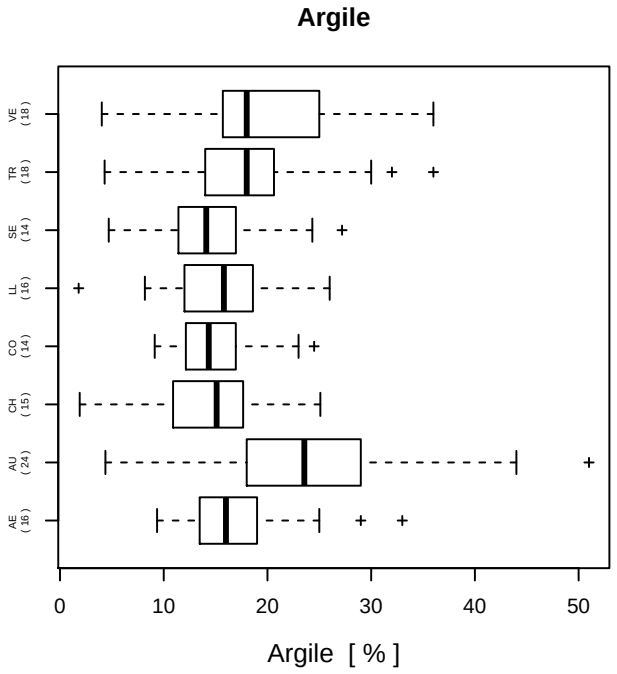
- AE : Amay-Engis ;
- AU : Aubange ;
- CH : Charleroi/Châtelet ;
- CO : Colfontaine ; LL : La Louvière ;
- SE : Seraing ;
- TR : Trooz ;
- VE : Verviers ;
- LR : limite de quantification de rapportage.

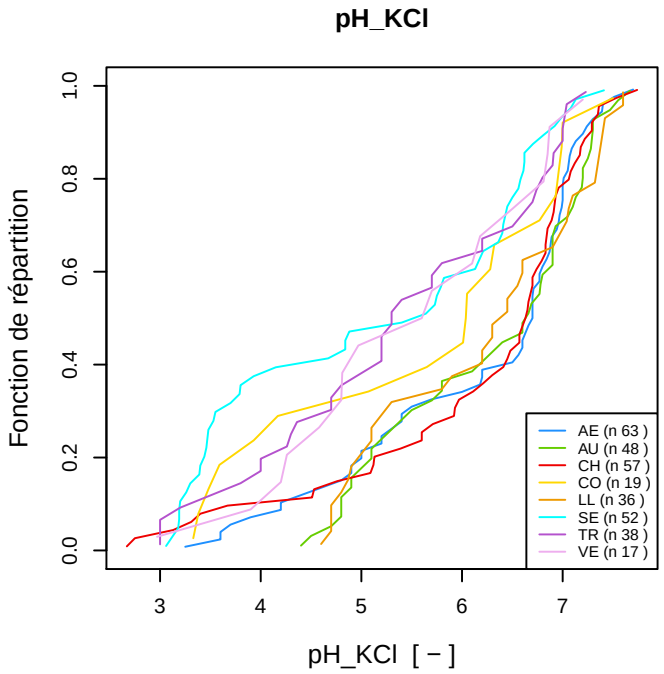
Les médianes par modalités sont indiquées entre parenthèses le long de l'axe vertical du graphe « box-plot ».

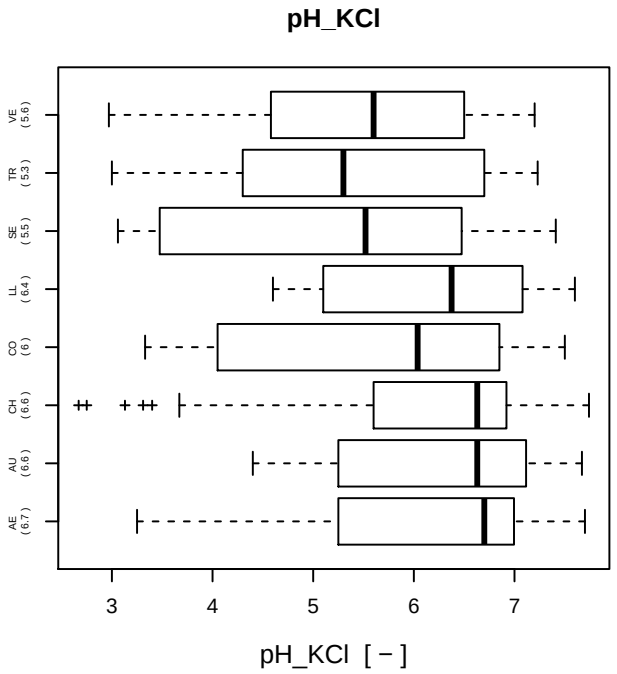

Corg
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
50
100
150
Corg [g/kg]
AE (n 67)
AU (n 49)
CH (n 56)
CO (n 19)
LL (n 44)
SE (n 51)
TR (n 39)
VE (n 37)

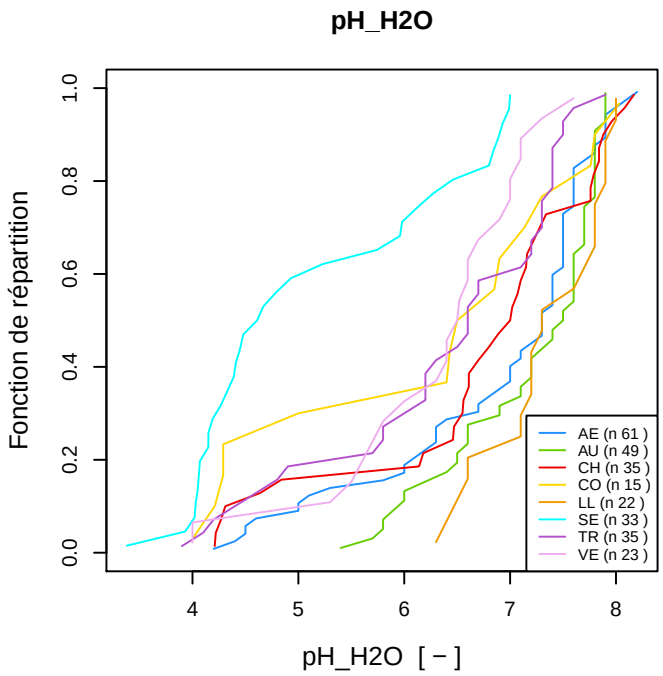

Corg
VE (37)
TR (32)
SE (64)
LL (24)
CO (45)
CH (41)
AU (30)
AE (32)
50
100
150
Corg [g/kg]

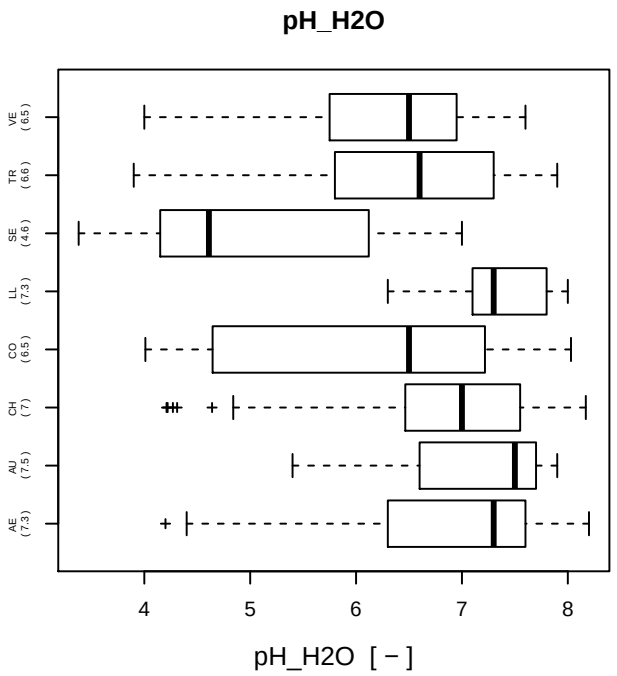

Argile
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
10
20
30
40
50
Argile [%]
AE (n 64)
AU (n 49)
CH (n 57)
CO (n 19)
LL (n 41)
SE (n 53)
TR (n 37)
VE (n 29)

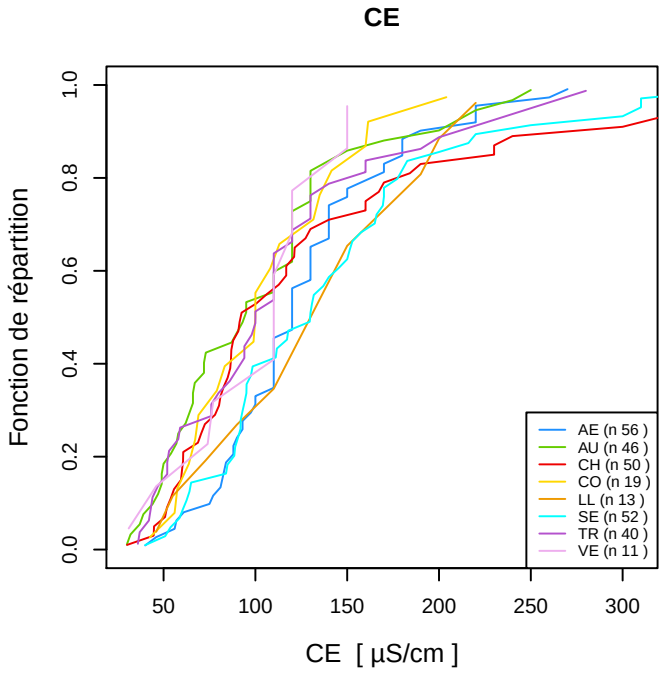

Argile
VE (18)
TR (18)
SE (14)
LL (16)
CO (14)
CH (15)
AU (24)
AE (16)
0
10
20
30
40
50
Argile [%]

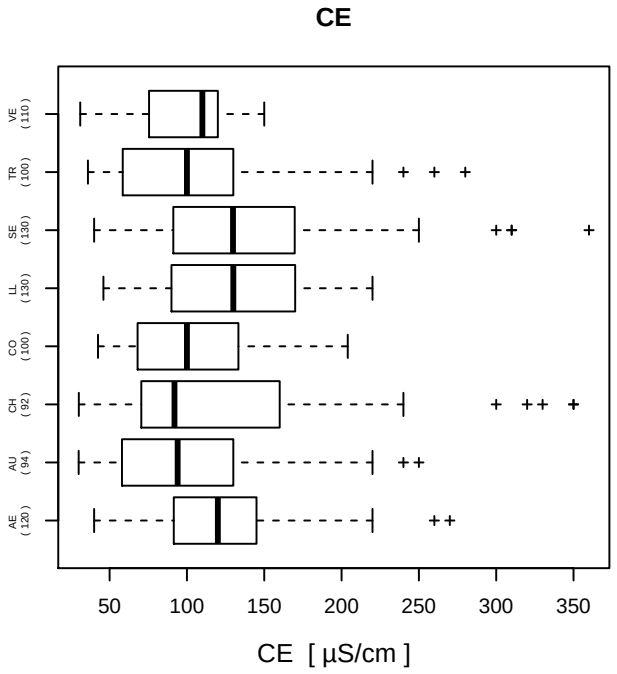

pH_KCl
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
3
4
5
6
7
pH_KCl [−]
AE (n 63)
AU (n 48)
CH (n 57)
CO (n 19)
LL (n 36)
SE (n 52)
TR (n 38)
VE (n 17)

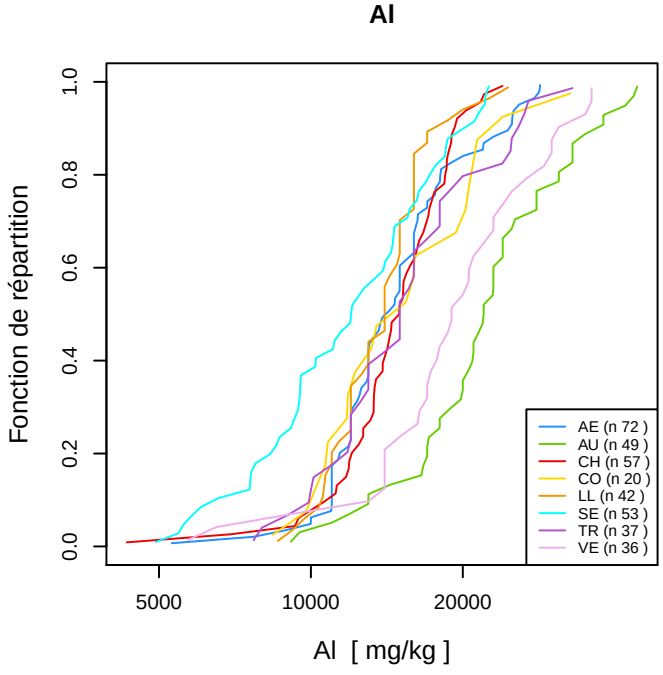

pH_KCl
VE (5.6)
TR (5.3)
SE (5.5)
LL (6.4)
CO (6)
CH (6.6)
AU (6.6)
AE (6.7)
3
4
5
6
7
pH_KCl [−]

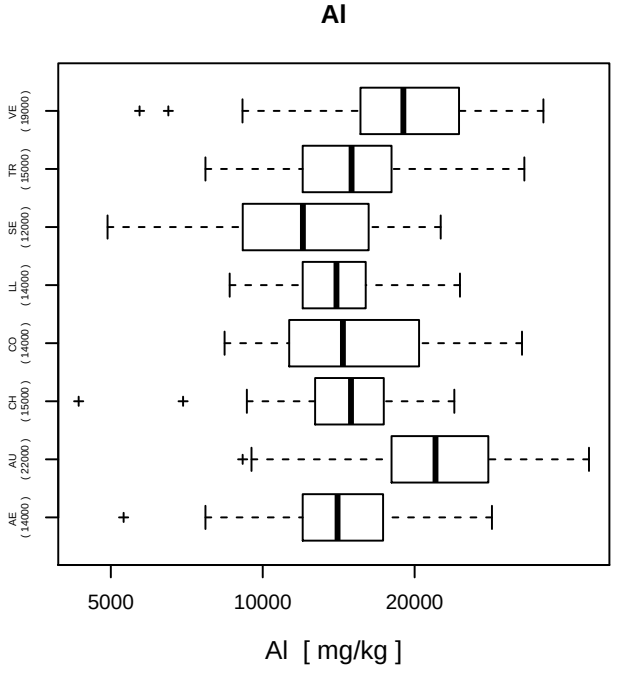

pH_H2O
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
4
5
6
7
8
pH_H2O [−]
AE (n 61)
AU (n 49)
CH (n 35)
CO (n 15)
LL (n 22)
SE (n 33)
TR (n 35)
VE (n 23)

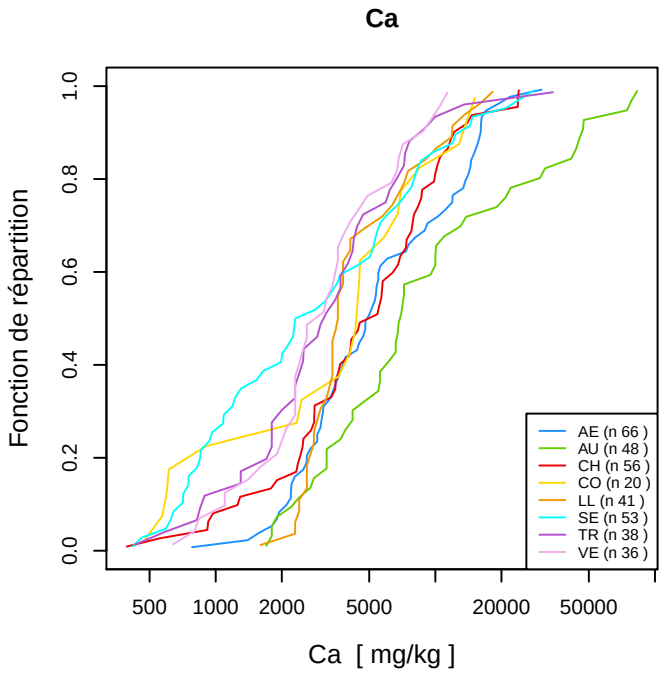

pH_H2O
VE (6.5)
TR (6.6)
SE (4.6)
LL (7.3)
CO (6.5)
CH (7)
AU (7.5)
AE (7.3)
4
5
6
7
8
pH_H2O [−]

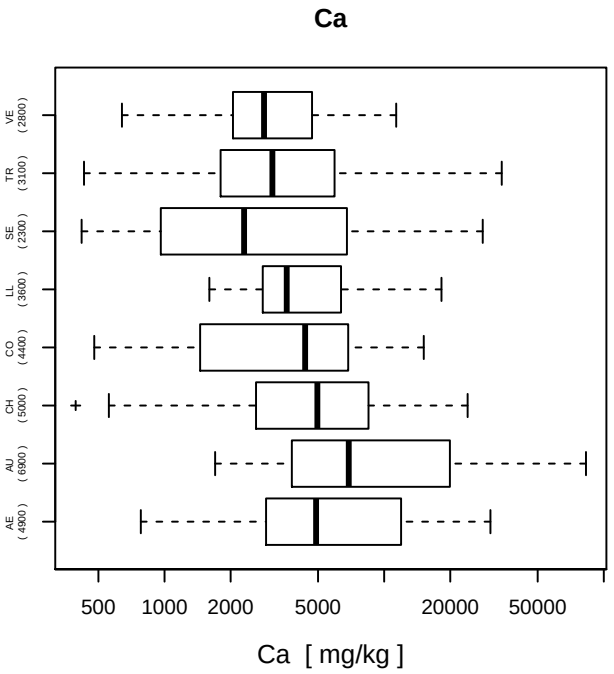

CE
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
50
100
150
200
250
300
CE [µS/cm]
AE (n 56)
AU (n 46)
CH (n 50)
CO (n 19)
LL (n 13)
SE (n 52)
TR (n 40)
VE (n 11)

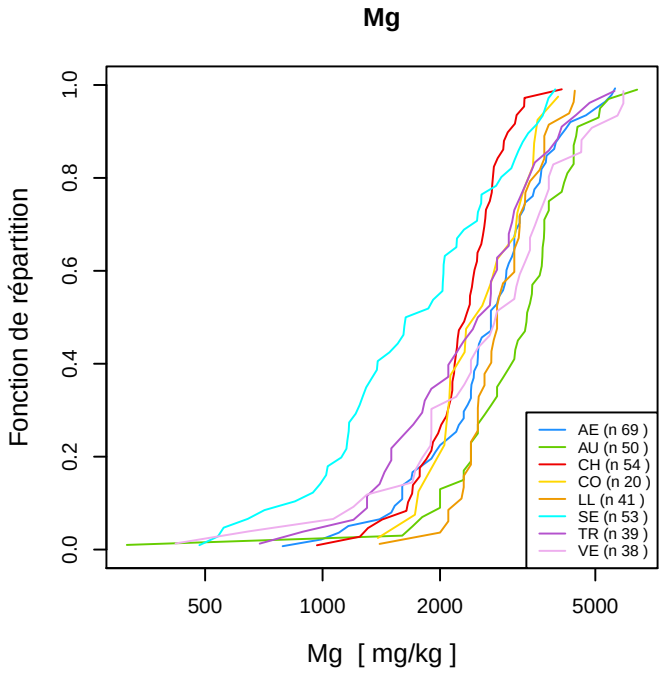

CE
VE (110)
TR (100)
SE (130)
LL (130)
CO (100)
CH (92)
AU (94)
AE (120)
50
100
150
200
250
300
350
CE [µS/cm]

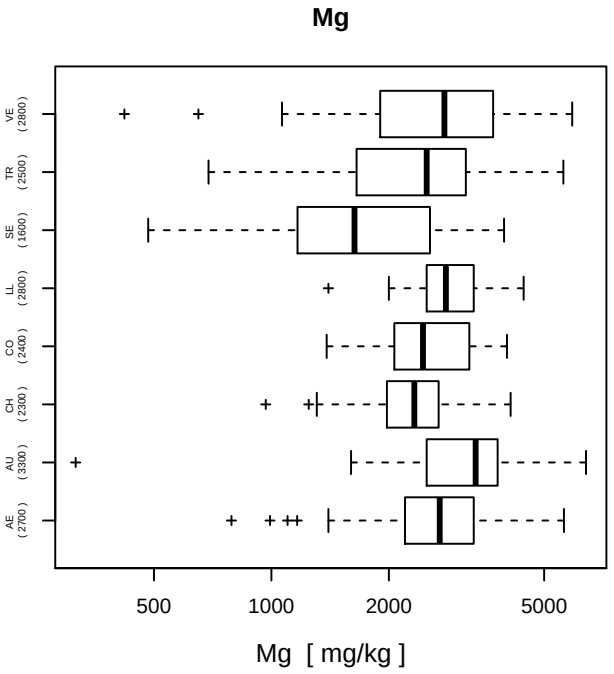

Al
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
5000
10000
20000
Al [mg/kg]
AE (n 72)
AU (n 49)
CH (n 57)
CO (n 20)
LL (n 42)
SE (n 53)
TR (n 37)
VE (n 36)

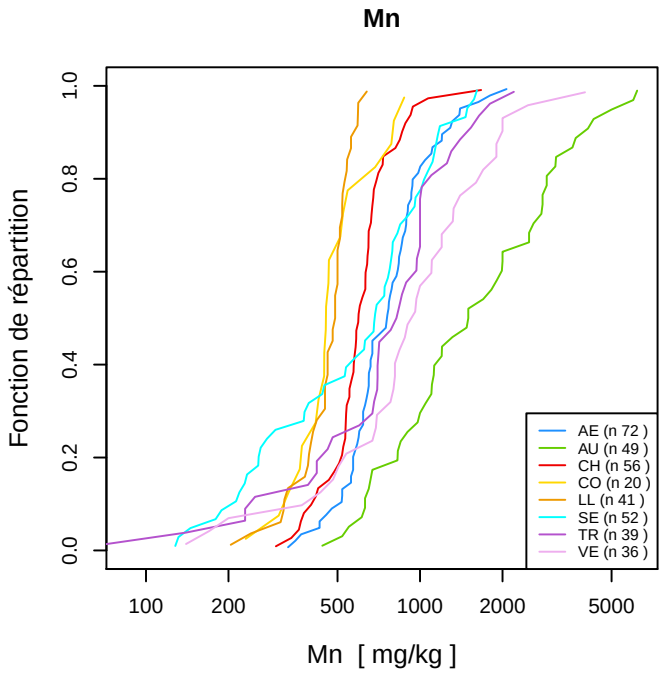

Al
VE (19000)
TR (15000)
SE (12000)
LL (14000)
CO (14000)
CH (15000)
AU (22000)
AE (14000)
5000
10000
20000
Al [mg/kg]

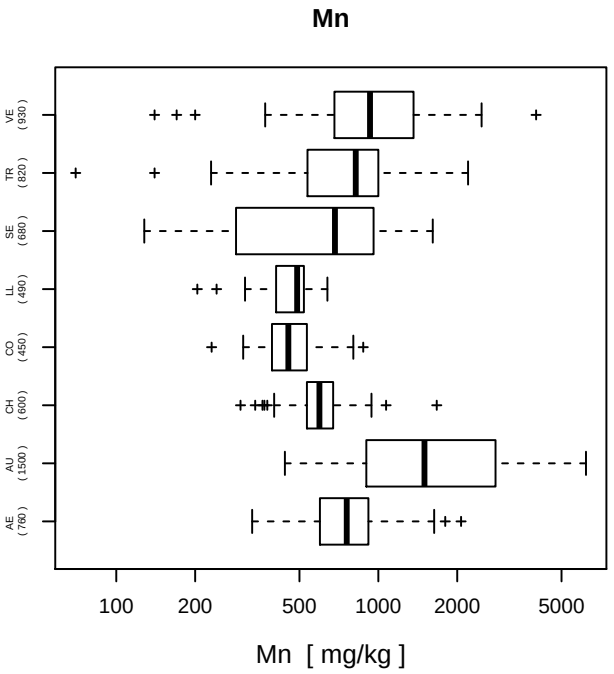

Ca
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
500
1000
2000
5000
20000
50000
Ca [mg/kg]
AE (n 66)
AU (n 48)
CH (n 56)
CO (n 20)
LL (n 41)
SE (n 53)
TR (n 38)
VE (n 36)

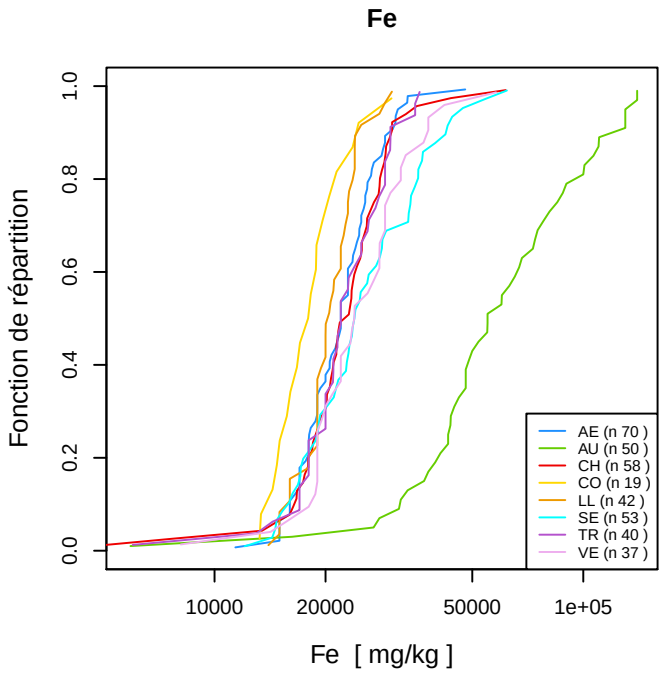

Ca
VE (2800)
TR (3100)
SE (2300)
LL (3600)
CO (4400)
CH (5000)
AU (6900)
AE (4900)
500
1000
2000
5000
20000
50000
Ca [mg/kg]

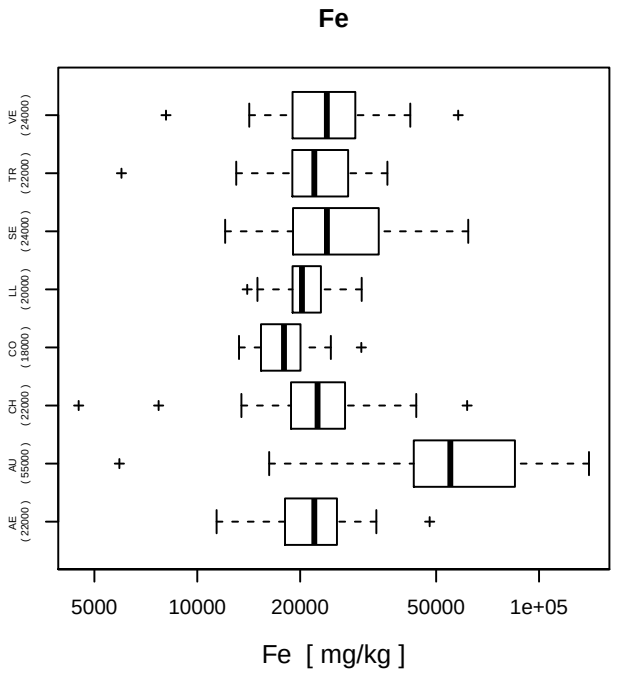

Mg
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
500
1000
2000
5000
Mg [mg/kg]
AE (n 69)
AU (n 50)
CH (n 54)
CO (n 20)
LL (n 41)
SE (n 53)
TR (n 39)
VE (n 38)

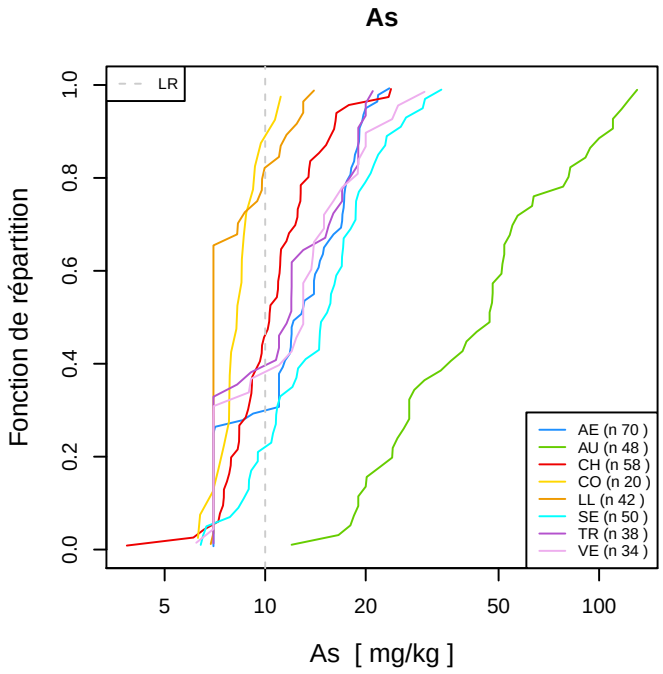

Mg
VE (2800)
TR (2500)
SE (1600)
LL (2800)
CO (2400)
CH (2300)
AU (3300)
AE (2700)
500
1000
2000
5000
Mg [mg/kg]

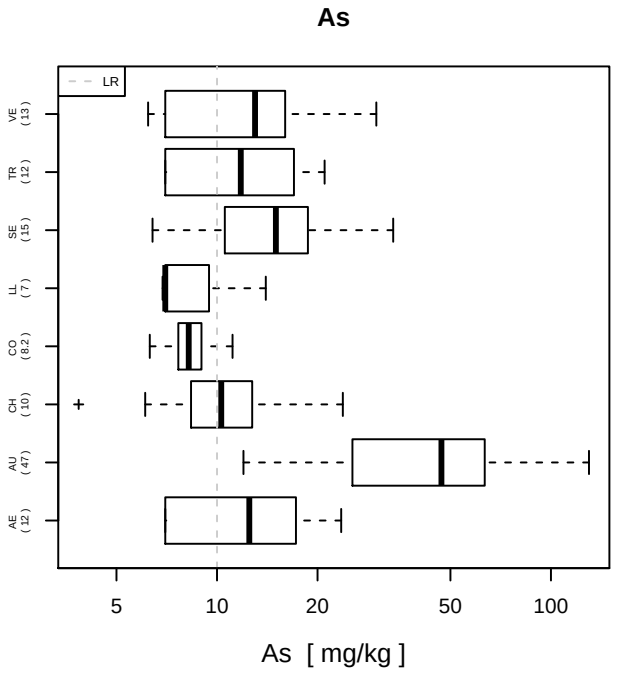

Mn
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
100
200
500
1000
2000
5000
Mn [mg/kg]
AE (n 72)
AU (n 49)
CH (n 56)
CO (n 20)
LL (n 41)
SE (n 52)
TR (n 39)
VE (n 36)

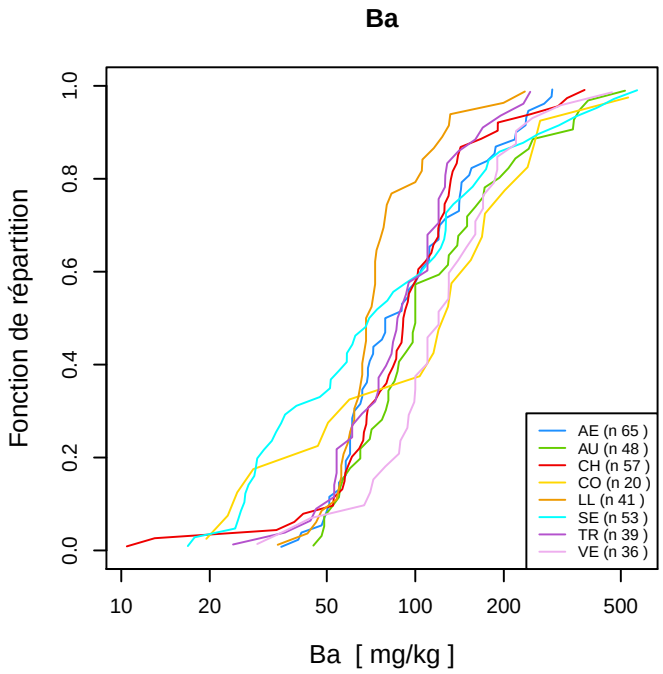

Mn
VE (930)
TR (820)
SE (680)
LL (490)
CO (450)
CH (600)
AU (1500)
AE (760)
100
200
500
1000
2000
5000
Mn [mg/kg]

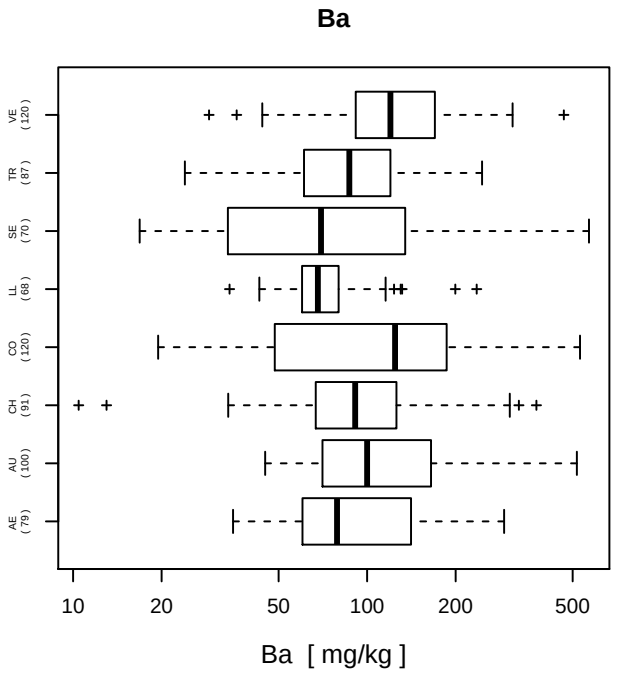

Fe
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
10000
20000
50000
1e+05
Fe [mg/kg]
AE (n 70)
AU (n 50)
CH (n 58)
CO (n 19)
LL (n 42)
SE (n 53)
TR (n 40)
VE (n 37)

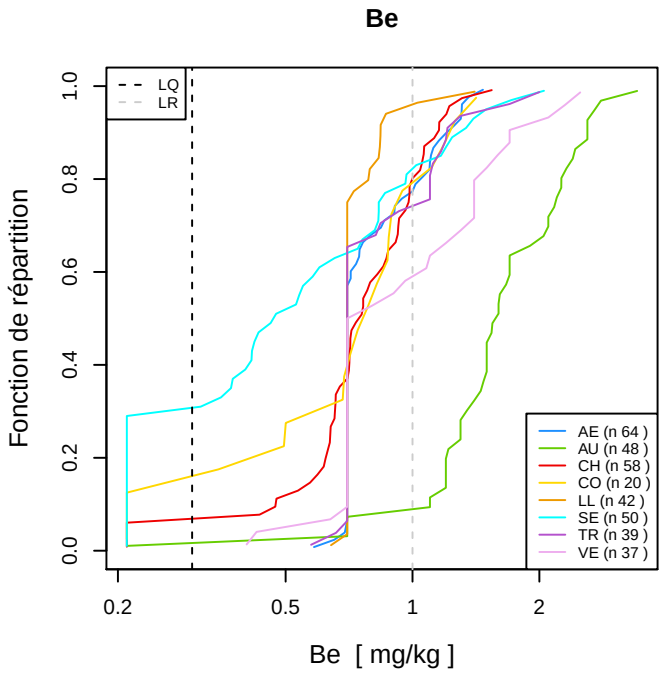

Fe
VE (24000)
TR (22000)
SE (24000)
LL (20000)
CO (18000)
CH (22000)
AU (55000)
AE (22000)
5000
10000
20000
50000
1e+05
Fe [mg/kg]

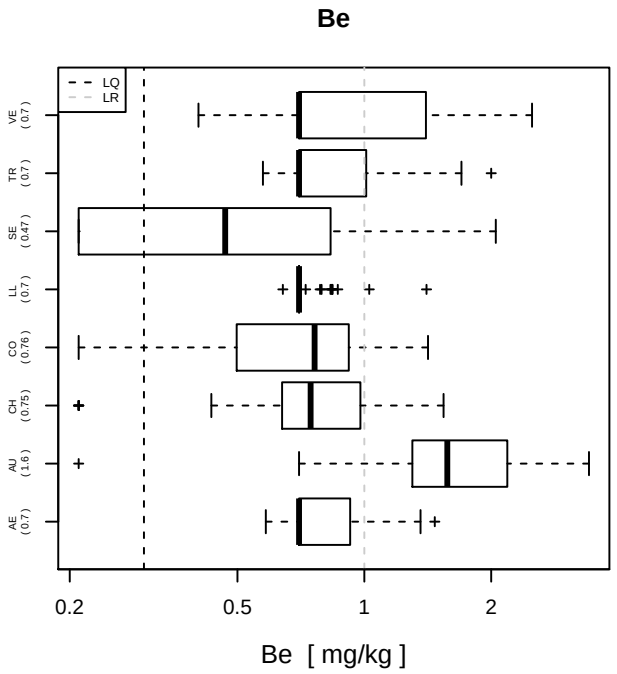

As
LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
5
10
20
50
100
As [mg/kg]
AE (n 70)
AU (n 48)
CH (n 58)
CO (n 20)
LL (n 42)
SE (n 50)
TR (n 38)
VE (n 34)

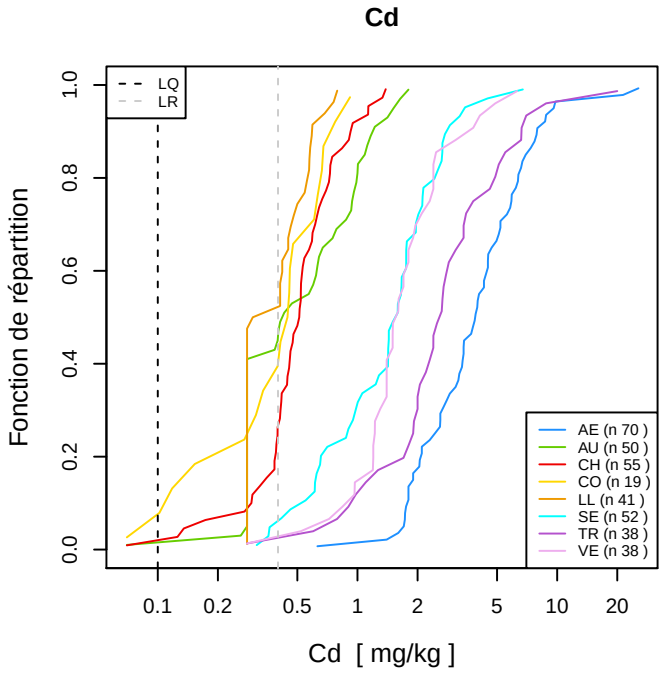

As
LR
VE (13)
TR (12)
SE (15)
LL (7)
CO (8.2)
CH (10)
AU (47)
AE (12)
5
10
20
50
100
As [mg/kg]

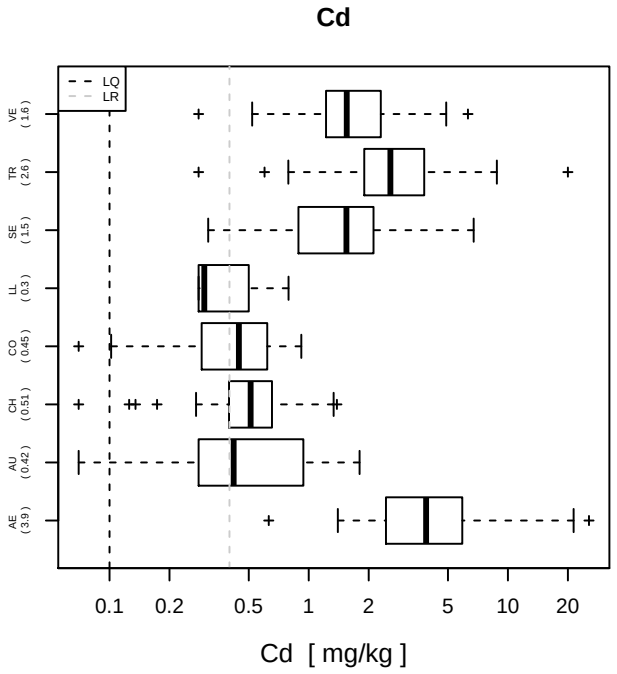

Ba
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
10
20
50
100
200
500
Ba [mg/kg]
AE (n 65)
AU (n 48)
CH (n 57)
CO (n 20)
LL (n 41)
SE (n 53)
TR (n 39)
VE (n 36)

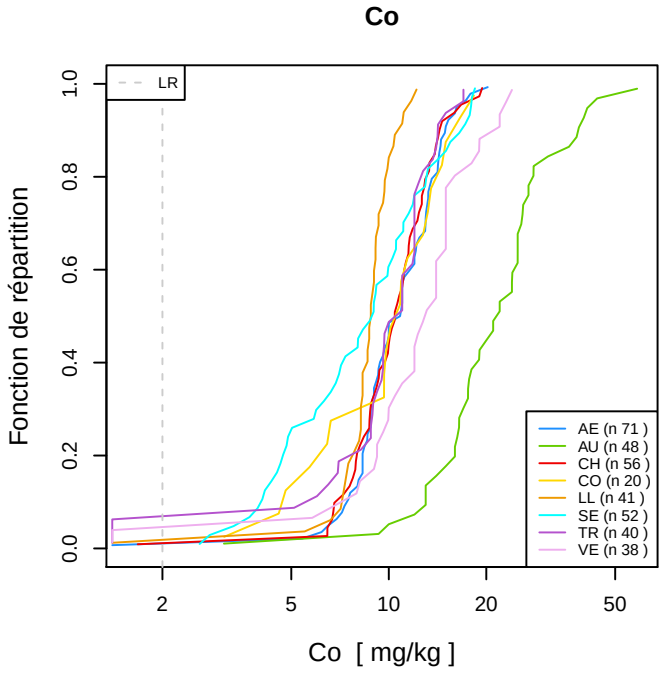

Ba
VE (120)
TR (87)
SE (70)
LL (68)
CO (120)
CH (91)
AU (100)
AE (79)
10
20
50
100
200
500
Ba [mg/kg]

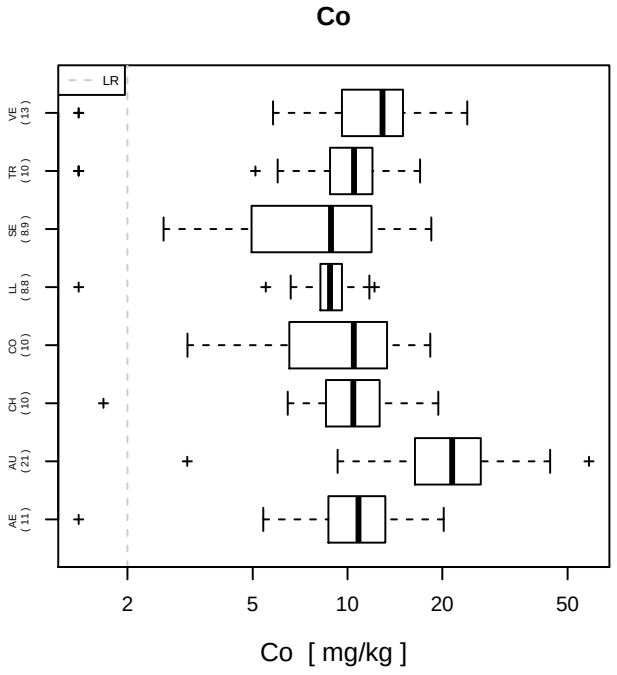

Be
LQ
LR
AE (n 64)
AU (n 48)
CH (n 58)
CO (n 20)
LL (n 42)
SE (n 50)
TR (n 39)
VE (n 37)
Fonction de répartition
Be [mg/kg]

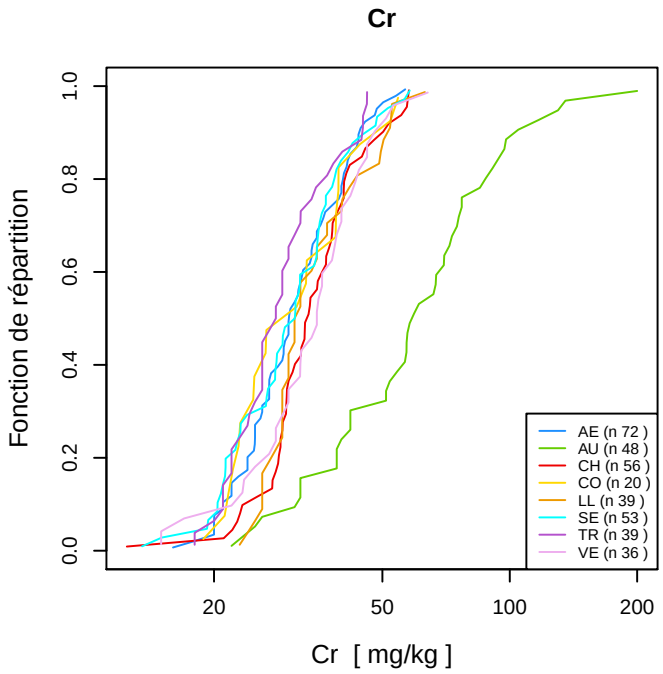

Be
LQ
LR
Be [mg/kg]

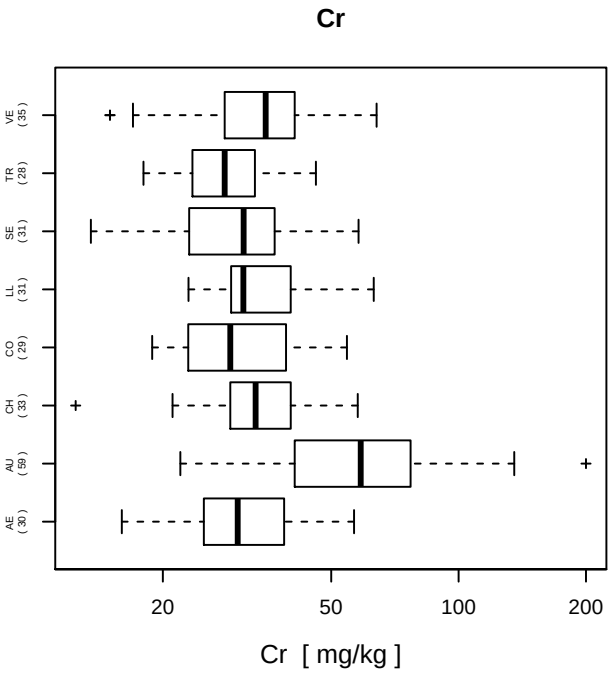

Cd
LQ
LR
AE (n 70)
AU (n 50)
CH (n 55)
CO (n 19)
LL (n 41)
SE (n 52)
TR (n 38)
VE (n 38)
Fonction de répartition
Cd [mg/kg]

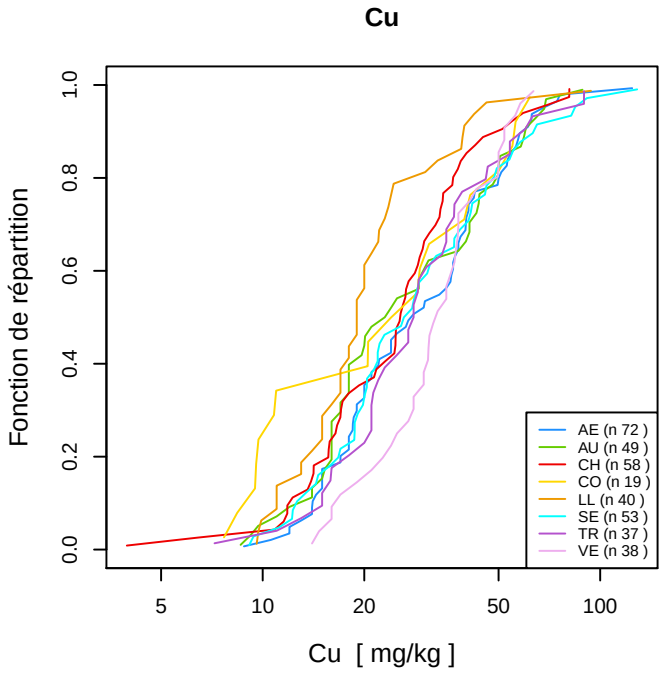

Cd
LQ
LR
Cd [mg/kg]

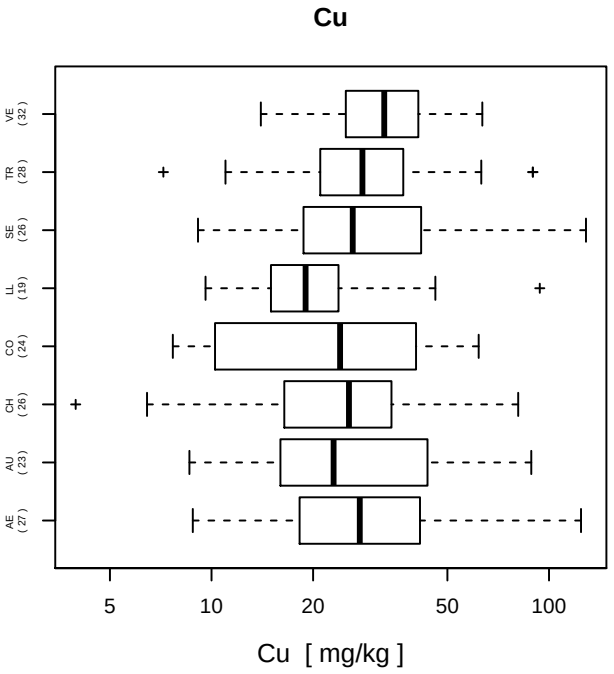

Co
LR
AE (n 71)
AU (n 48)
CH (n 56)
CO (n 20)
LL (n 41)
SE (n 52)
TR (n 40)
VE (n 38)
Fonction de répartition
Co [mg/kg]

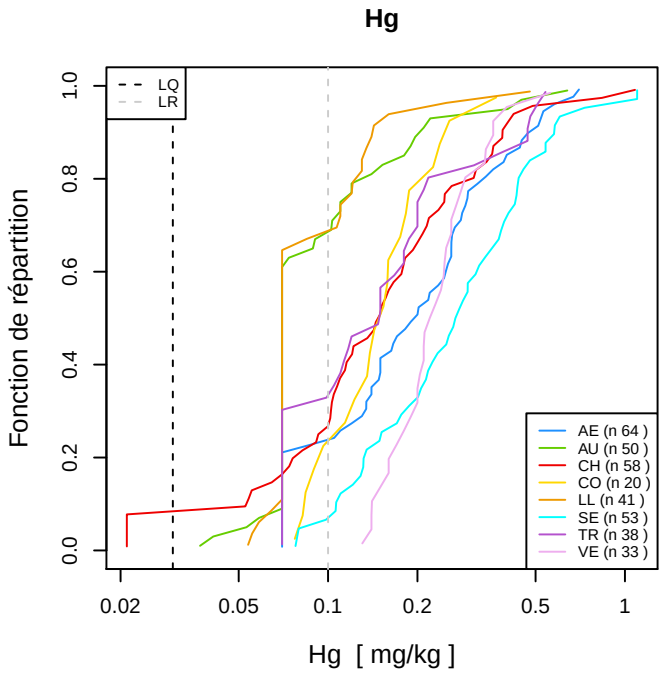

Co
LR
Co [mg/kg]

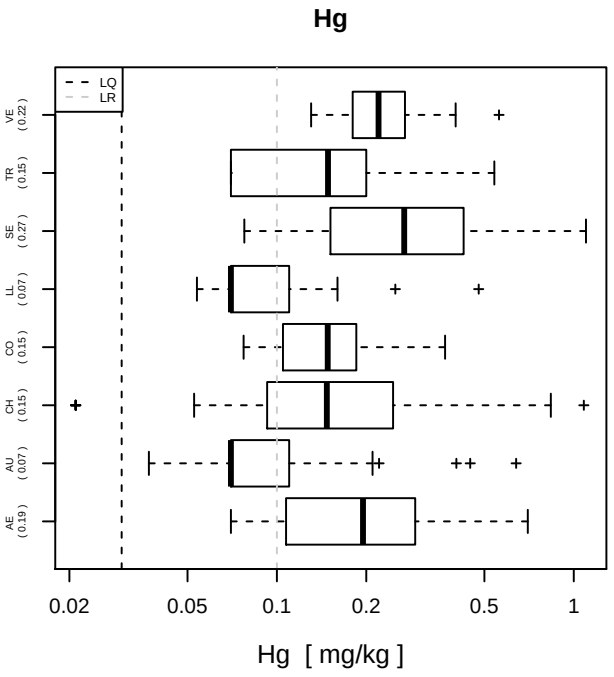

Cr
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
20
50
100
200
Cr [mg/kg]
AE (n 72)
AU (n 48)
CH (n 56)
CO (n 20)
LL (n 39)
SE (n 53)
TR (n 39)
VE (n 36)

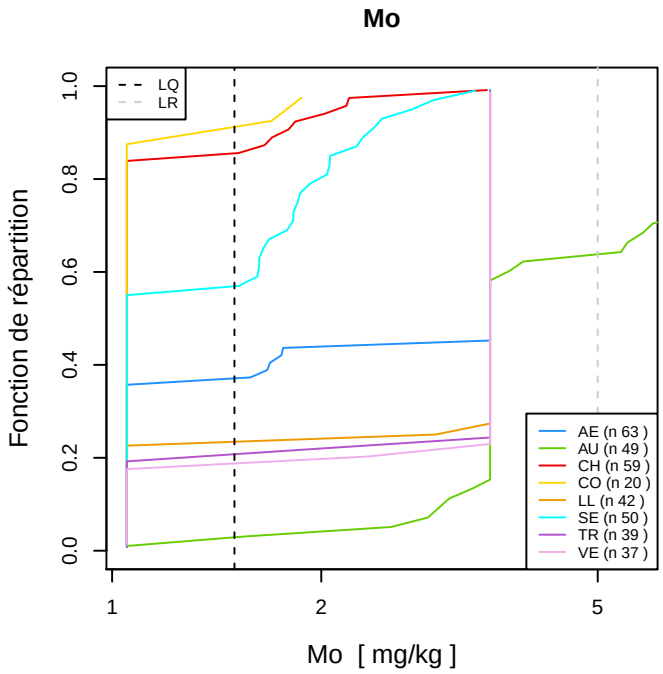

Cr
VE (35)
TR (28)
SE (31)
LL (31)
CO (29)
CH (33)
AU (39)
AE (30)
20
50
100
200
Cr [mg/kg]

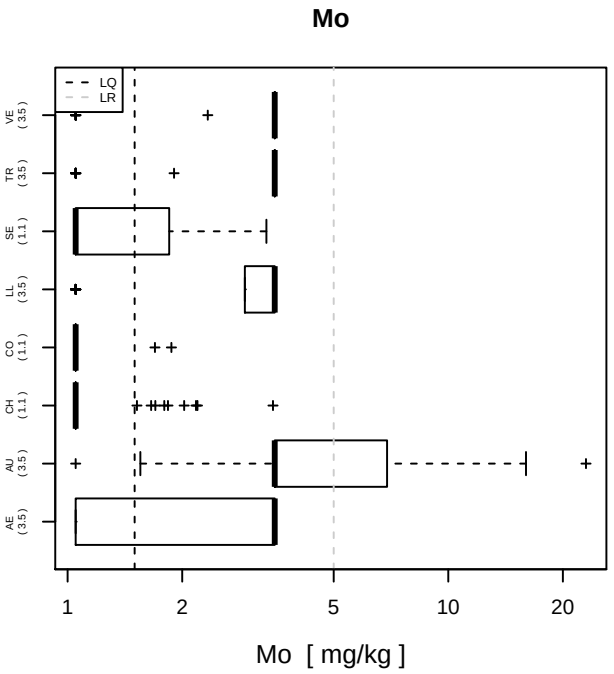

Cu
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
5
10
20
50
100
Cu [mg/kg]
AE (n 72)
AU (n 49)
CH (n 58)
CO (n 19)
LL (n 40)
SE (n 53)
TR (n 37)
VE (n 38)

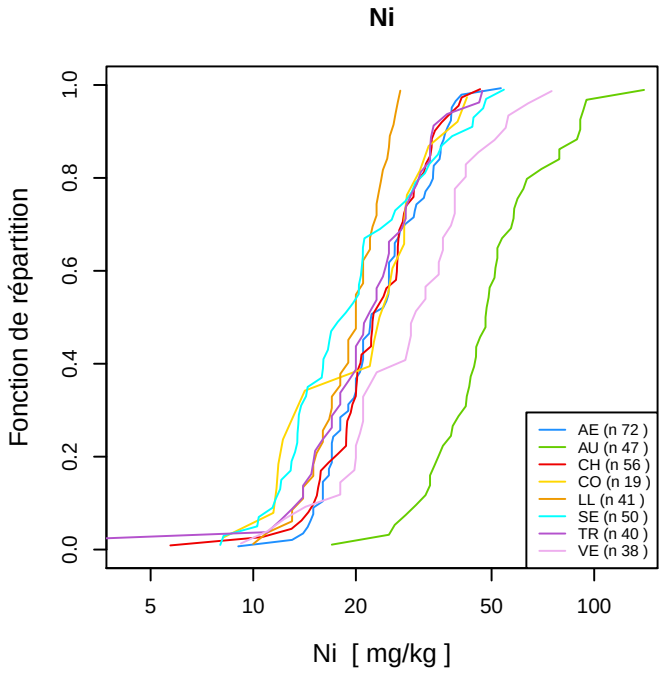

Cu
VE (32)
TR (28)
SE (26)
LL (19)
CO (24)
CH (26)
AU (23)
AE (27)
5
10
20
50
100
Cu [mg/kg]

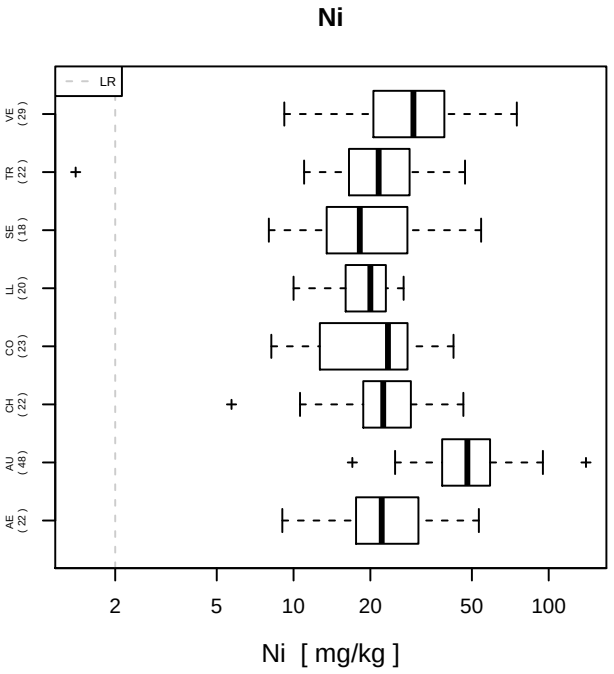

Hg
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
LQ
LR
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
Hg [mg/kg]
AE (n 64)
AU (n 50)
CH (n 58)
CO (n 20)
LL (n 41)
SE (n 53)
TR (n 38)
VE (n 33)

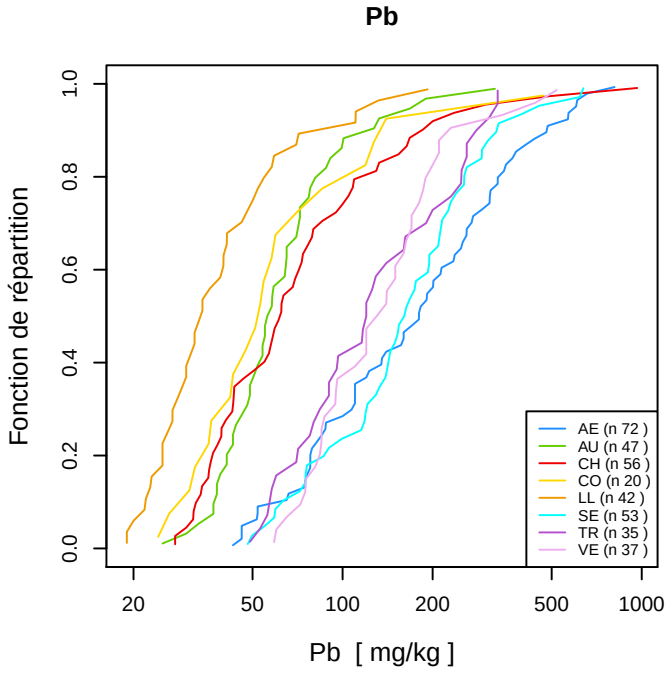

Hg
LQ
LR
VE (0.22)
TR (0.15)
SE (0.27)
LL (0.07)
CO (0.15)
CH (0.15)
AU (0.07)
AE (0.19)
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
Hg [mg/kg]

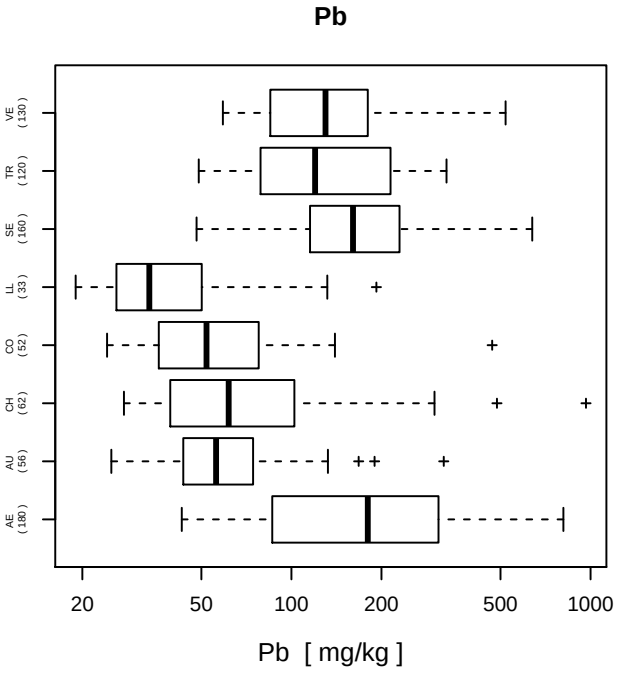

Mo
LQ
LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
1
2
5
Mo [mg/kg]
AE (n 63)
AU (n 49)
CH (n 59)
CO (n 20)
LL (n 42)
SE (n 50)
TR (n 39)
VE (n 37)

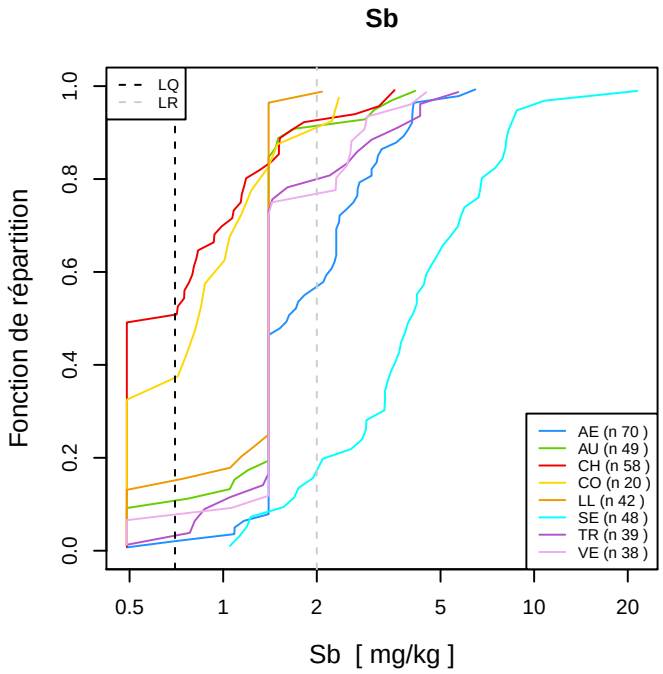

Mo
LQ
LR
VE (35)
TR (35)
SE (111)
LL (35)
CO (111)
CH (111)
AU (35)
AE (35)
1
2
5
10
20
Mo [mg/kg]

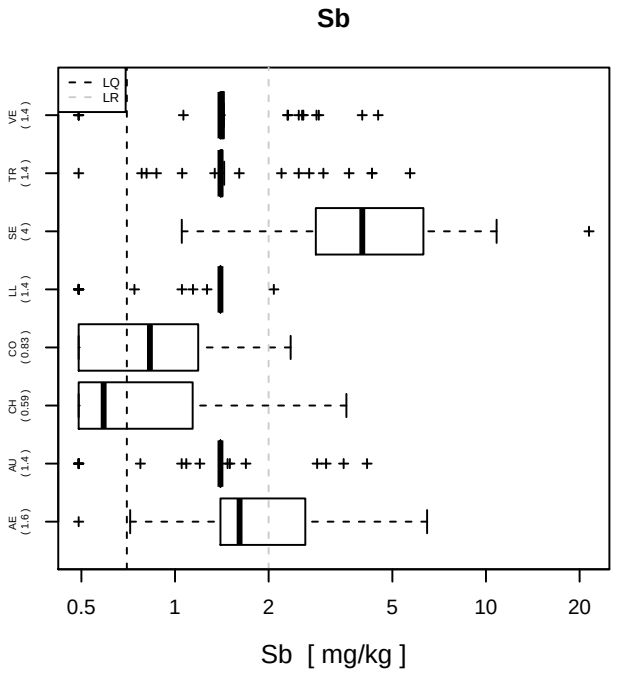

Ni
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
5
10
20
50
100
Ni [mg/kg]
AE (n 72)
AU (n 47)
CH (n 56)
CO (n 19)
LL (n 41)
SE (n 50)
TR (n 40)
VE (n 38)

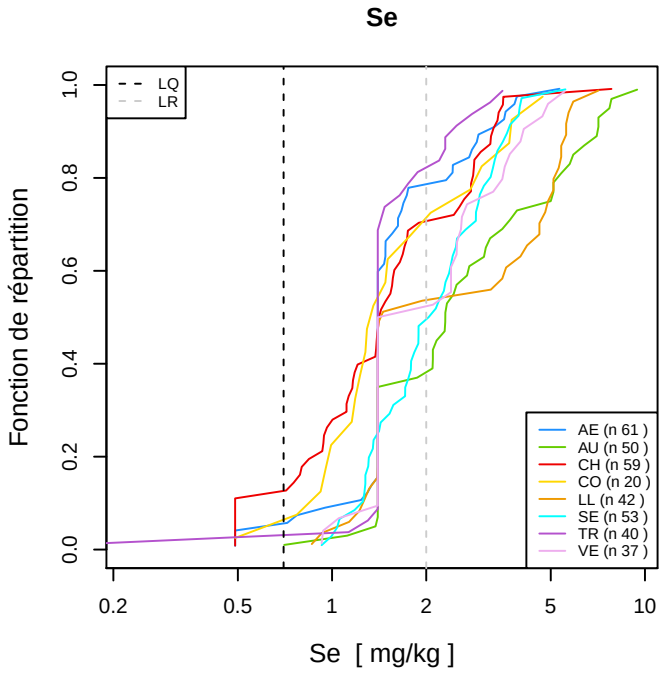

Ni
LR
VE (29)
TR (22)
SE (18)
LL (20)
CO (23)
CH (22)
AU (48)
AE (22)
2
5
10
20
50
100
Ni [mg/kg]

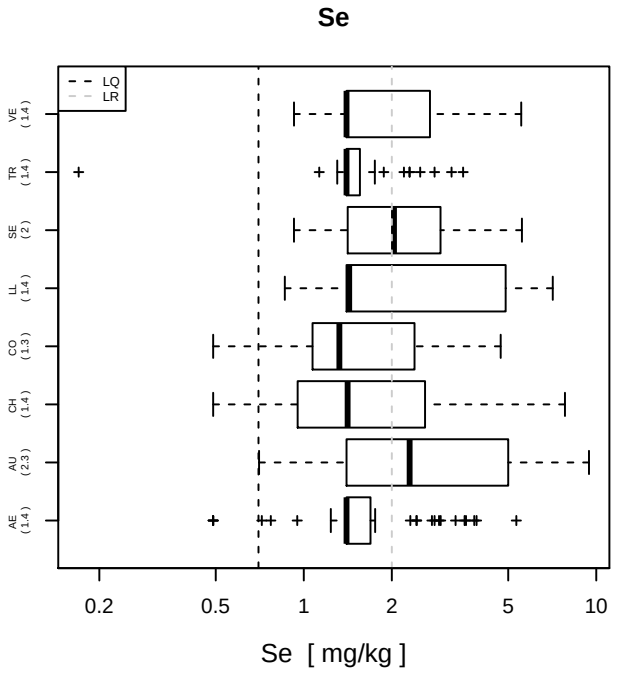

Pb
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
20
50
100
200
500
1000
Pb [mg/kg]
AE (n 72)
AU (n 47)
CH (n 56)
CO (n 20)
LL (n 42)
SE (n 53)
TR (n 35)
VE (n 37)

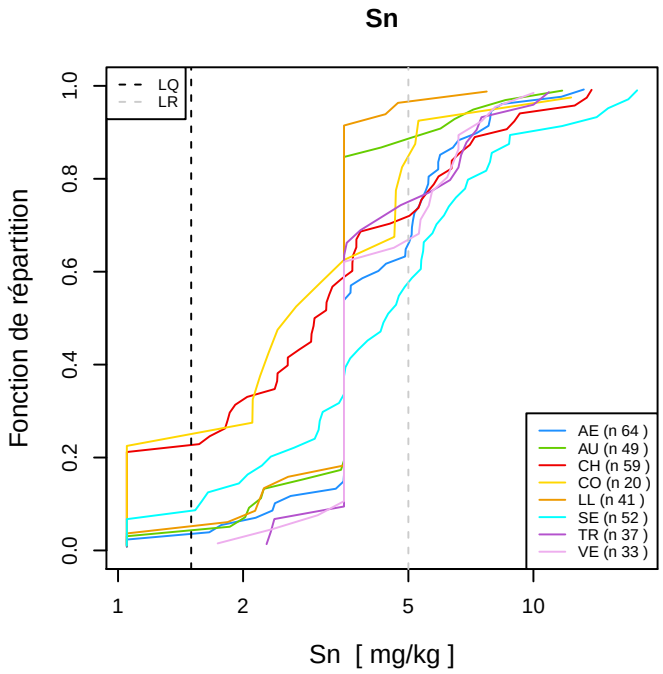

Pb
VE (130)
TR (120)
SE (160)
LL (33)
CO (52)
CH (62)
AU (56)
AE (180)
20
50
100
200
500
1000
Pb [mg/kg]

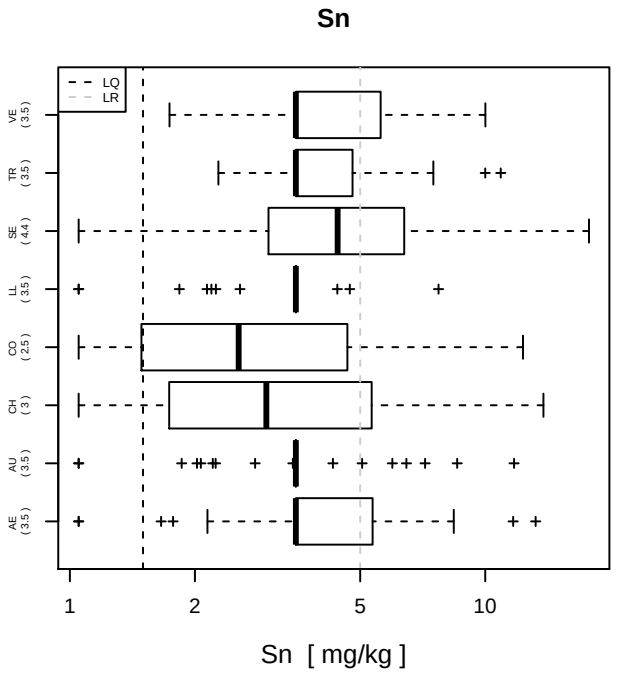

Sb
LQ
LR
AE (n 70)
AU (n 49)
CH (n 58)
CO (n 20)
LL (n 42)
SE (n 48)
TR (n 39)
VE (n 38)
Fonction de répartition
Sb [mg/kg]

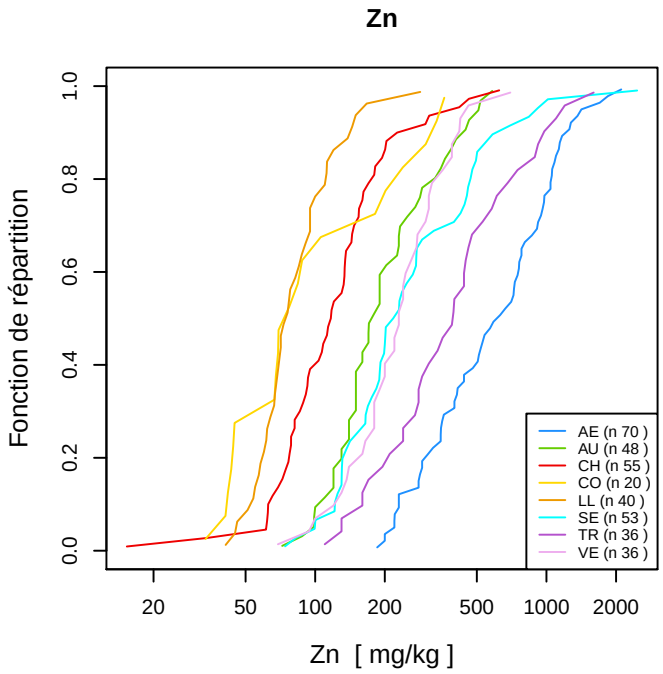

Sb
LQ
LR
VE (14)
TR (14)
SE (4)
LL (14)
CO (0.83)
CH (0.59)
AU (14)
AE (16)
Sb [mg/kg]

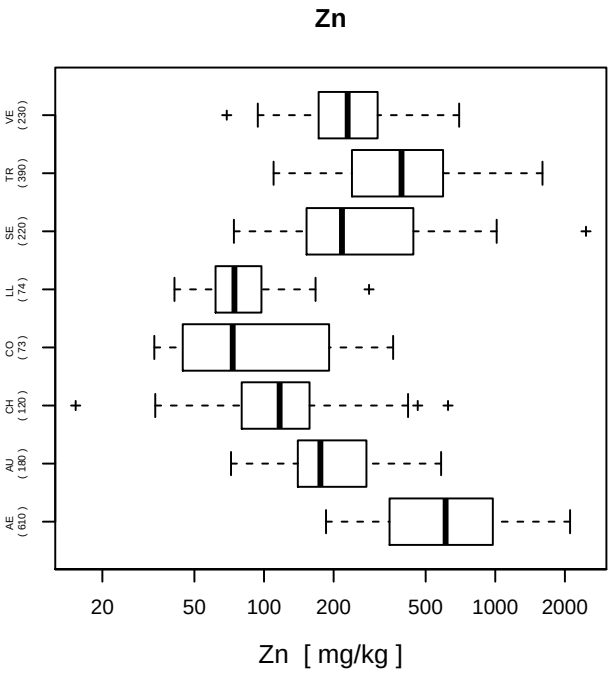

Se
LQ
LR
AE (n 61)
AU (n 50)
CH (n 59)
CO (n 20)
LL (n 42)
SE (n 53)
TR (n 40)
VE (n 37)
Fonction de répartition
Se [mg/kg]

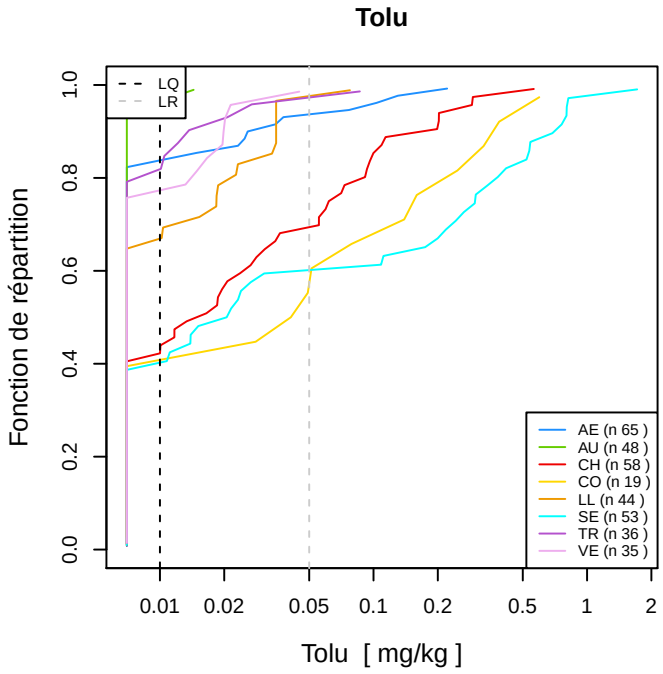

Se
LQ
LR
VE (14)
TR (14)
SE (2)
LL (14)
CO (13)
CH (14)
AU (23)
AE (14)
Se [mg/kg]

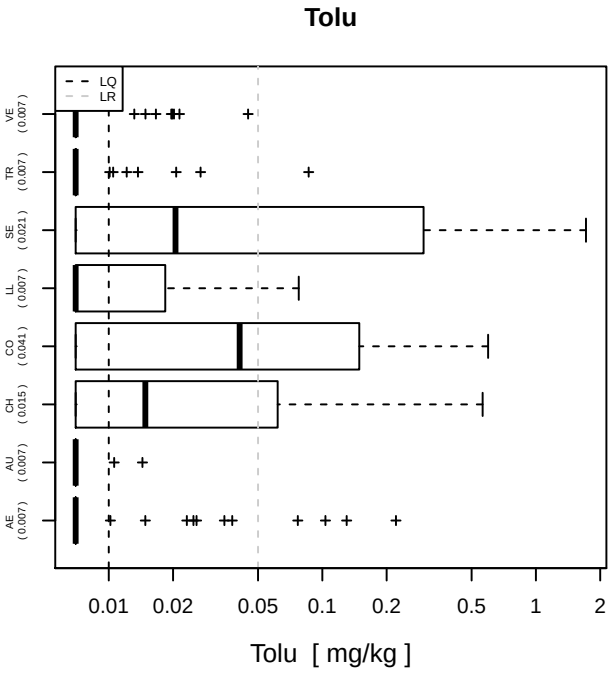

Sn
LQ
LR
AE (n 64)
AU (n 49)
CH (n 59)
CO (n 20)
LL (n 41)
SE (n 52)
TR (n 37)
VE (n 33)
Fonction de répartition
Sn [mg/kg]

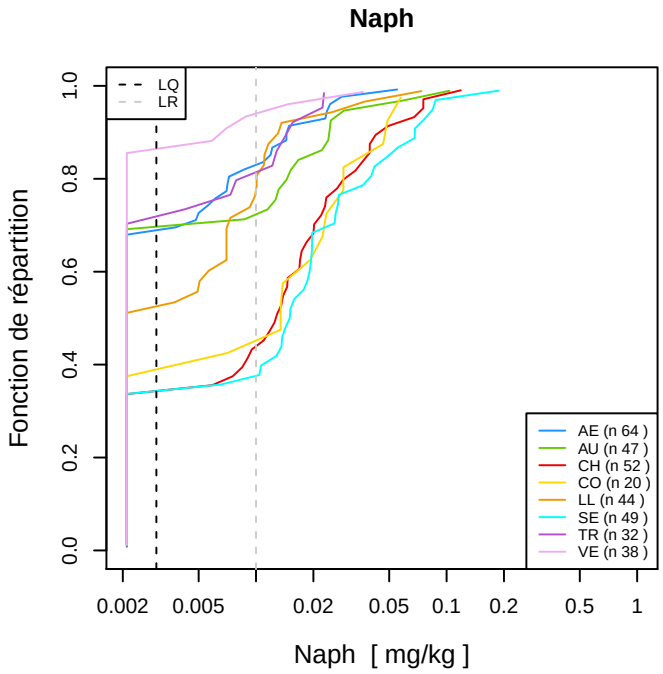

Sn
LQ
LR
VE (3.5)
TR (3.5)
SE (4.4)
LL (3.5)
CO (2.5)
CH (3)
AU (3.5)
AE (3.5)
Sn [mg/kg]

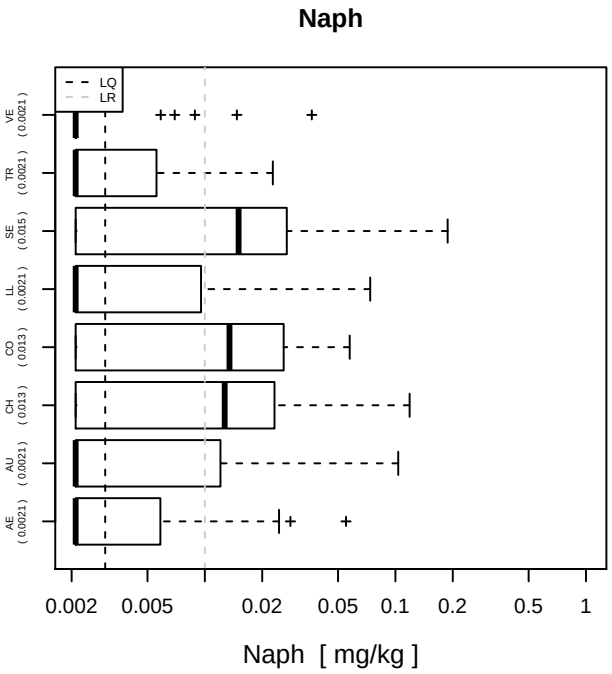

Zn
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
20
50
100
200
500
1000
2000
Zn [mg/kg]
AE (n 70)
AU (n 48)
CH (n 55)
CO (n 20)
LL (n 40)
SE (n 53)
TR (n 36)
VE (n 36)

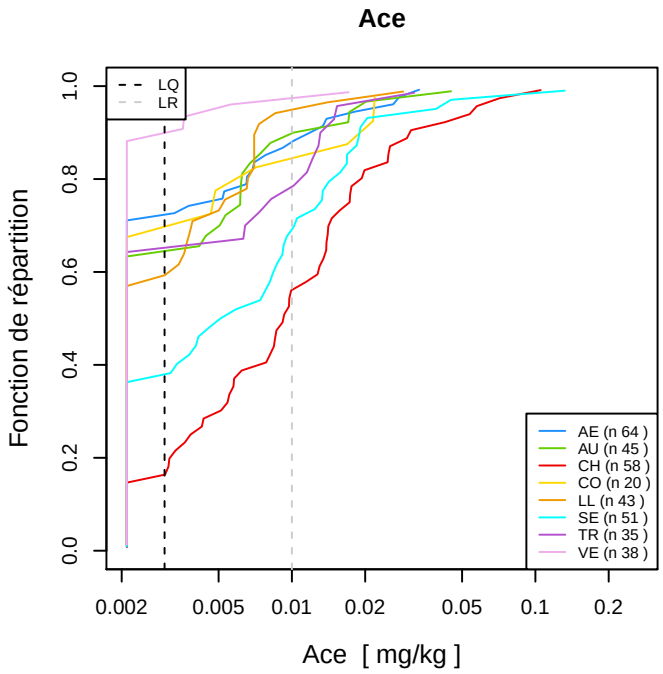

Zn
VE (250)
TR (390)
SE (220)
LL (74)
CO (73)
CH (120)
AU (190)
AE (610)
20
50
100
200
500
1000
2000
Zn [mg/kg]

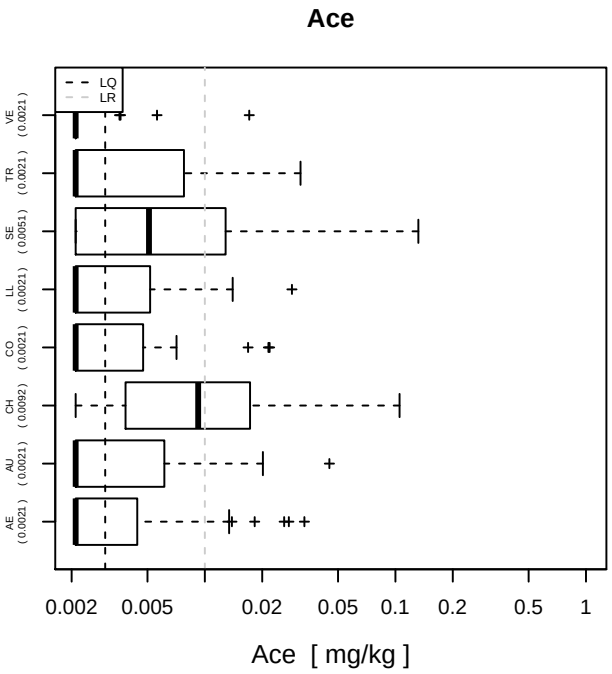

Tolu
LQ
LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.01
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
2
Tolu [mg/kg]
AE (n 65)
AU (n 48)
CH (n 58)
CO (n 19)
LL (n 44)
SE (n 53)
TR (n 36)
VE (n 35)

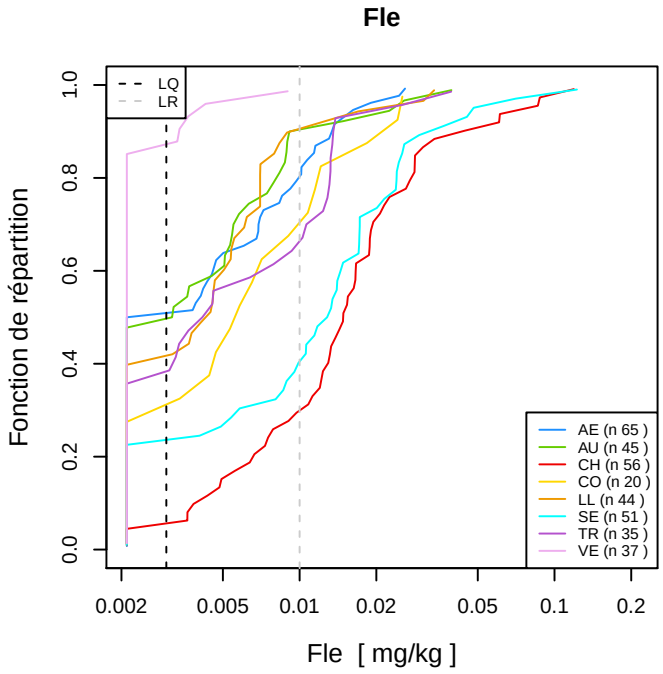

Tolu
LQ
LR
VE (0.007)
TR (0.007)
SE (0.021)
LL (0.007)
CO (0.041)
CH (0.015)
AU (0.007)
AE (0.007)
0.01
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
2
Tolu [mg/kg]

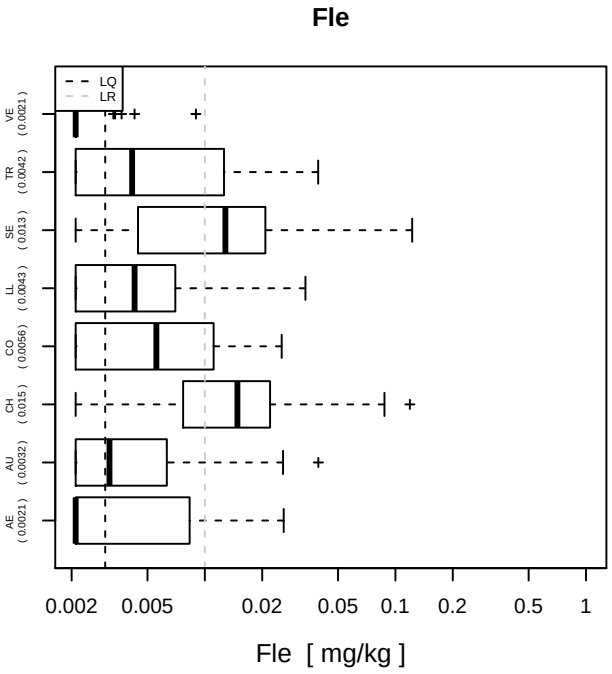

Naph
LQ
LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.002
0.005
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
Naph [mg/kg]
AE (n 64)
AU (n 47)
CH (n 52)
CO (n 20)
LL (n 44)
SE (n 49)
TR (n 32)
VE (n 38)

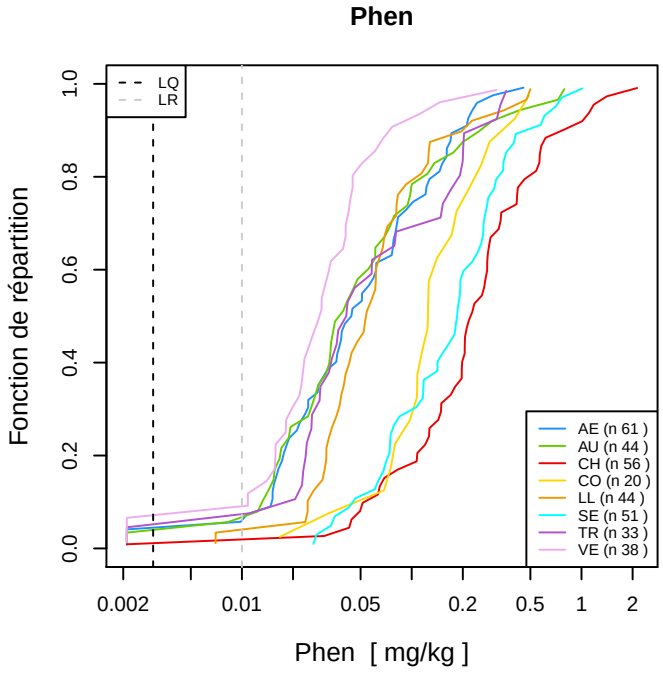

Naph
LQ
LR
VE (0.0021)
TR (0.0021)
SE (0.015)
LL (0.0021)
CO (0.013)
CH (0.013)
AU (0.0021)
AE (0.0021)
0.002
0.005
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
Naph [mg/kg]

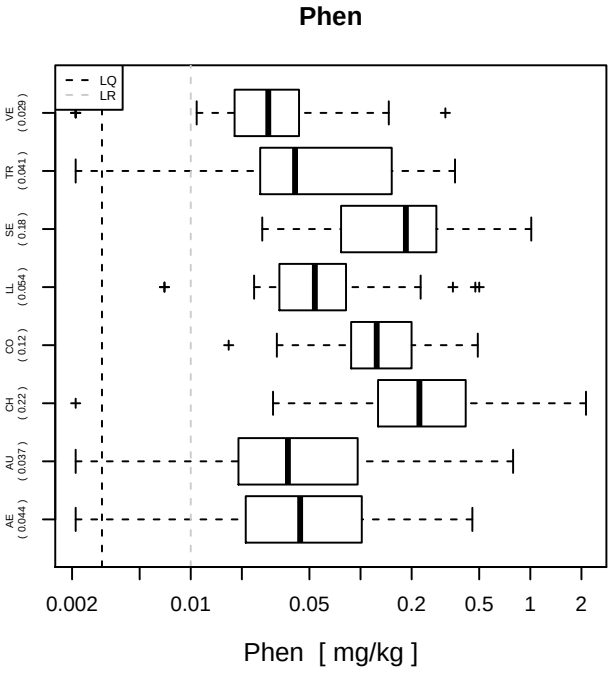

Ace
LQ
LR
AE (n 64)
AU (n 45)
CH (n 58)
CO (n 20)
LL (n 43)
SE (n 51)
TR (n 35)
VE (n 38)
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.002
0.005
0.01
0.02
0.05
0.1
0.2
Ace [mg/kg]

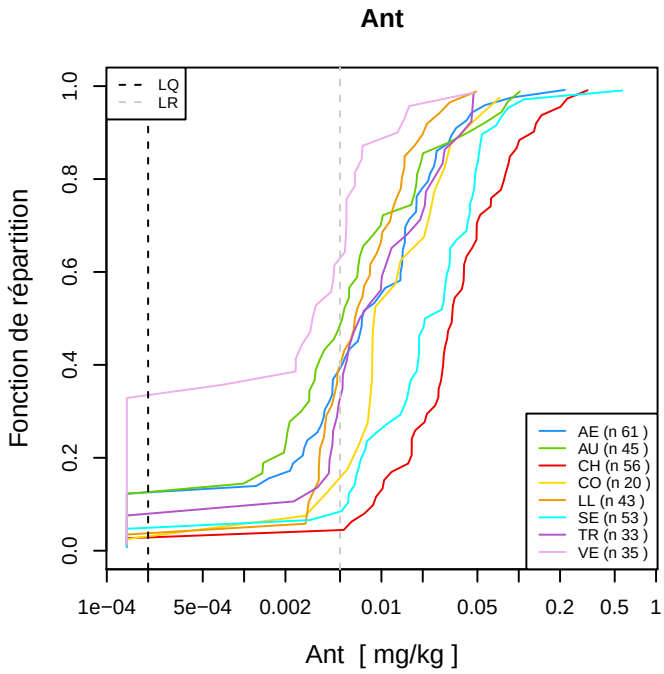

Ace
LQ
LR
VE (0.0021)
TR (0.0021)
SE (0.0051)
LL (0.0021)
CO (0.0021)
CH (0.0092)
AU (0.0021)
AE (0.0021)
0.002
0.005
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
Ace [mg/kg]

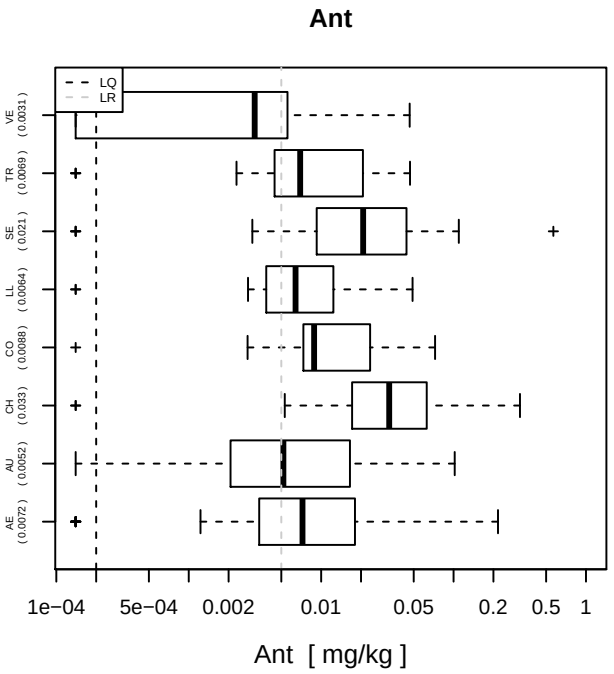

Fle
LQ
LR
AE (n 65)
AU (n 45)
CH (n 56)
CO (n 20)
LL (n 44)
SE (n 51)
TR (n 35)
VE (n 37)
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.002
0.005
0.01
0.02
0.05
0.1
0.2
Fle [mg/kg]

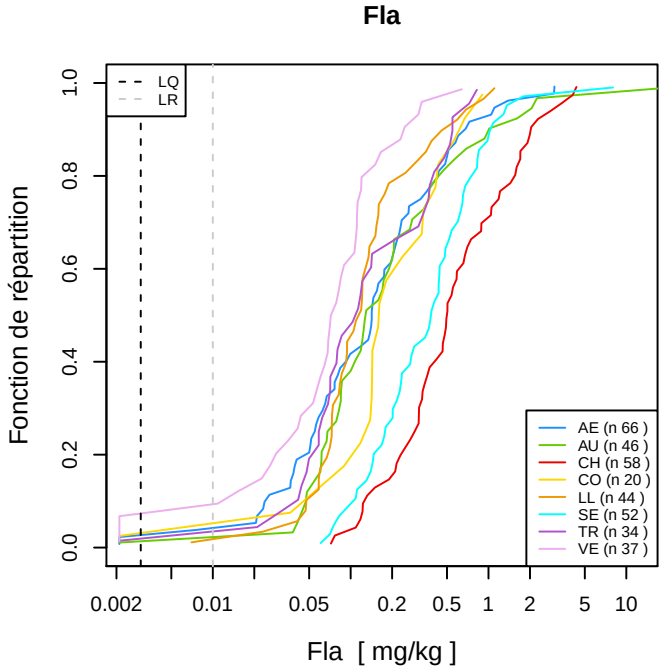

Fle
LQ
LR
VE (0.0021)
TR (0.0042)
SE (0.013)
LL (0.0043)
CO (0.00056)
CH (0.015)
AU (0.0032)
AE (0.0021)
0.002
0.005
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
Fle [mg/kg]

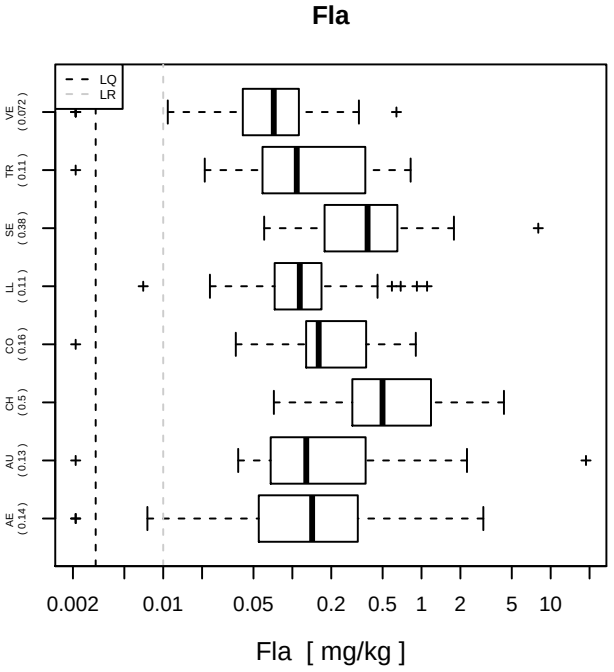

Phen
LQ
LR
AE (n 61)
AU (n 44)
CH (n 56)
CO (n 20)
LL (n 44)
SE (n 51)
TR (n 33)
VE (n 38)
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.002
0.01
0.05
0.2
0.5
1
2
Phen [mg/kg]

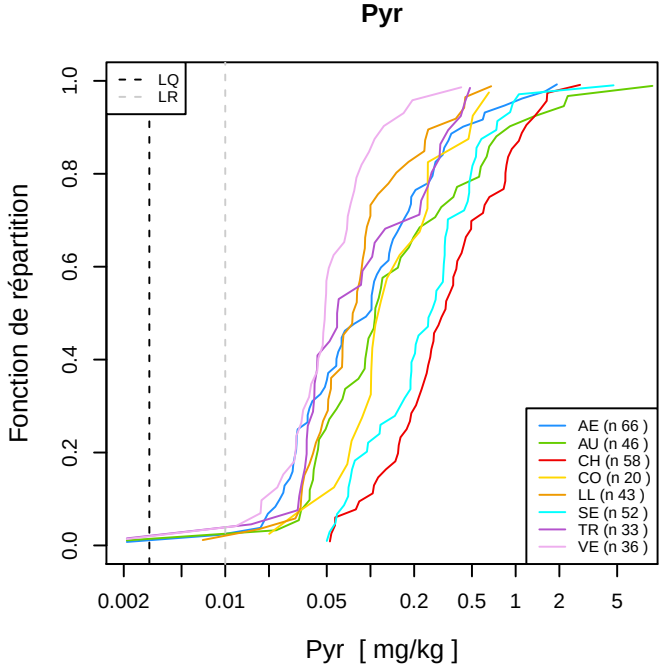

Phen
LQ
LR
VE (0.029)
TR (0.041)
SE (0.18)
LL (0.054)
CO (0.12)
CH (0.22)
AU (0.037)
AE (0.044)
0.002
0.01
0.05
0.2
0.5
1
2
Phen [mg/kg]

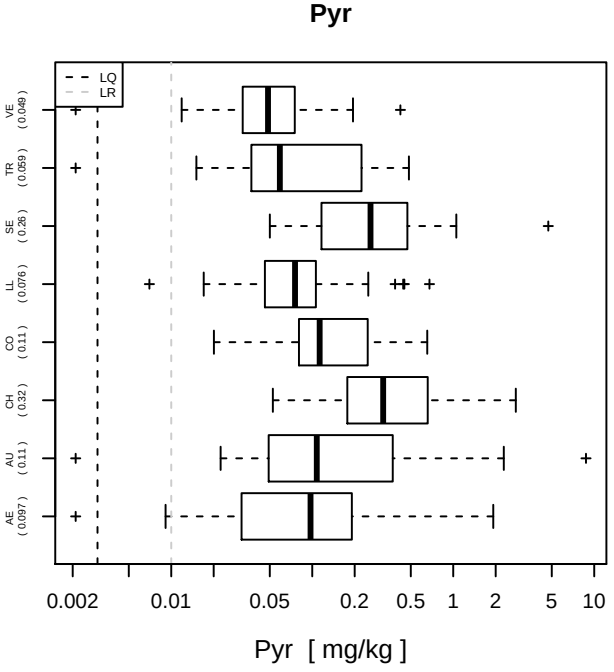

Ant
LQ
LR
AE (n 61)
AU (n 45)
CH (n 56)
CO (n 20)
LL (n 43)
SE (n 53)
TR (n 33)
VE (n 35)
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
1e−04
5e−04
0.002
0.01
0.05
0.2
0.5
1
Ant [mg/kg]

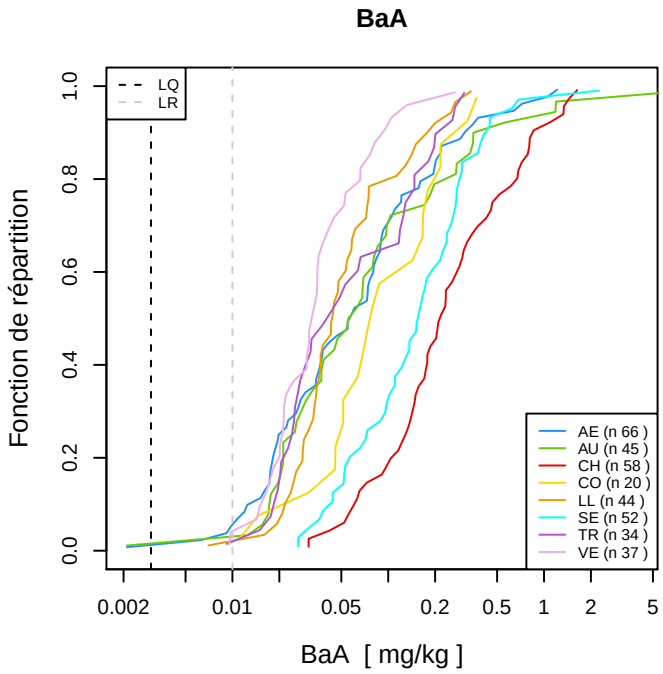

Ant
LQ
LR
VE (0.0031)
TR (0.0069)
SE (0.021)
LL (0.0064)
CO (0.0088)
CH (0.033)
AU (0.0052)
AE (0.0072)
1e−04
5e−04
0.002
0.01
0.05
0.2
0.5
1
Ant [mg/kg]

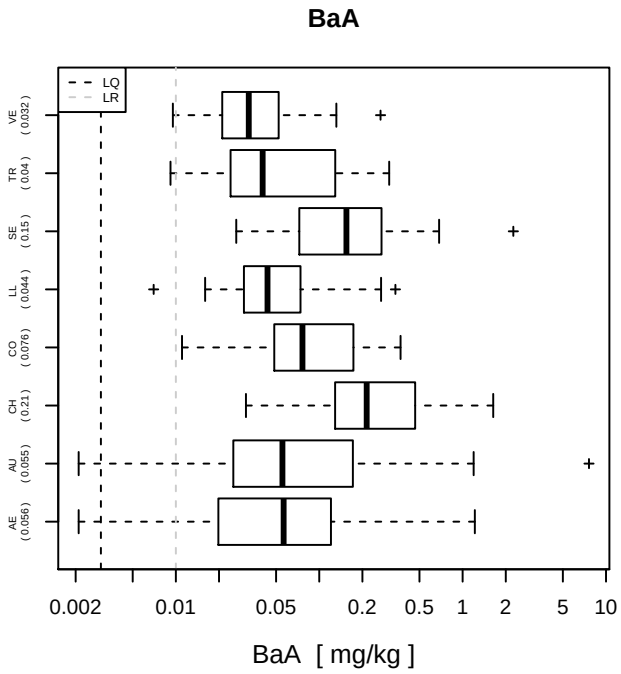

Fla
LQ
LR
AE (n 66)
AU (n 46)
CH (n 58)
CO (n 20)
LL (n 44)
SE (n 52)
TR (n 34)
VE (n 37)
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.002
0.01
0.05
0.2
0.5
1
2
5
10
Fla [mg/kg]

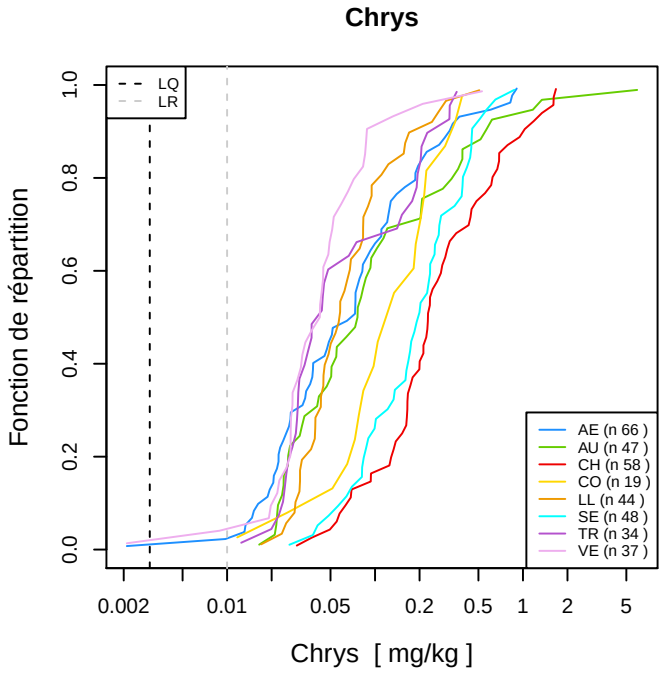

Fla
LQ
LR
VE (0.072)
TR (0.11)
SE (0.38)
LL (0.11)
CO (0.16)
CH (0.5)
AU (0.13)
AE (0.14)
0.002
0.01
0.05
0.2
0.5
1
2
5
10
Fla [mg/kg]

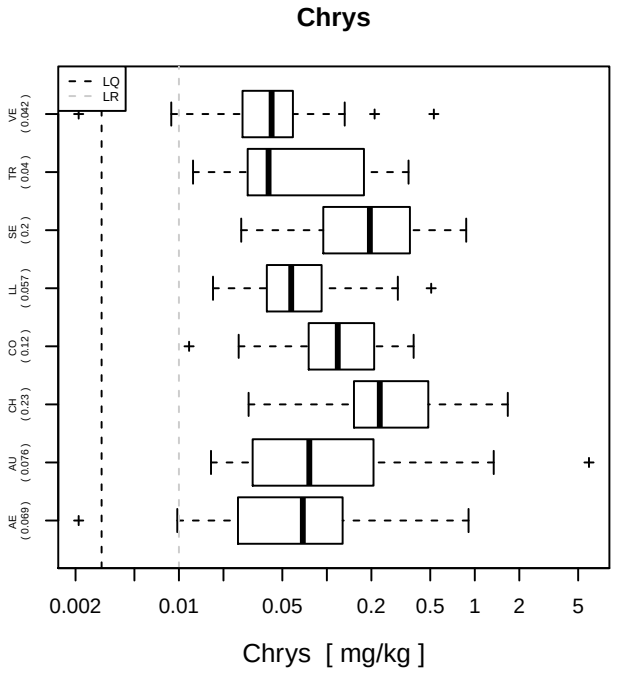

Pyr
LQ
LR
AE (n 66)
AU (n 46)
CH (n 58)
CO (n 20)
LL (n 43)
SE (n 52)
TR (n 33)
VE (n 36)
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.002
0.01
0.05
0.2
0.5
1
2
5
Pyr [mg/kg]

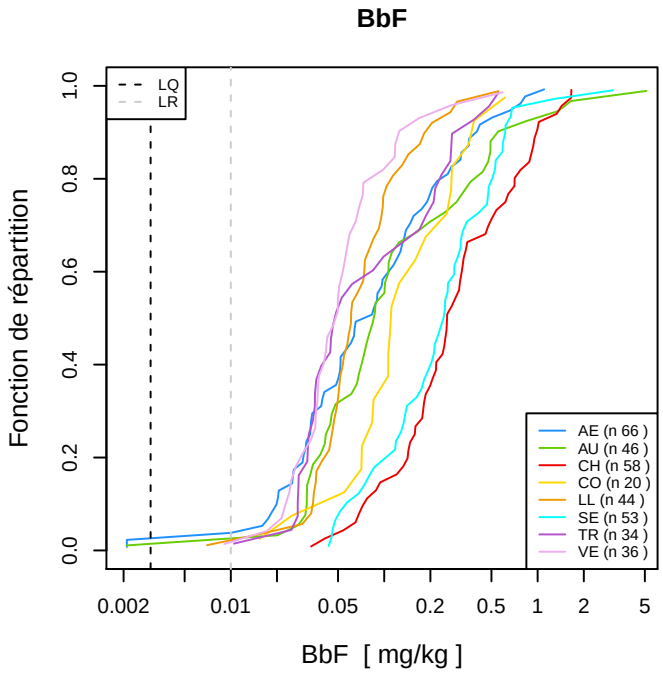

Pyr
LQ
LR
VE (0.048)
TR (0.059)
SE (0.26)
LL (0.076)
CO (0.11)
CH (0.32)
AU (0.11)
AE (0.097)
0.002
0.01
0.05
0.2
0.5
1
2
5
10
Pyr [mg/kg]

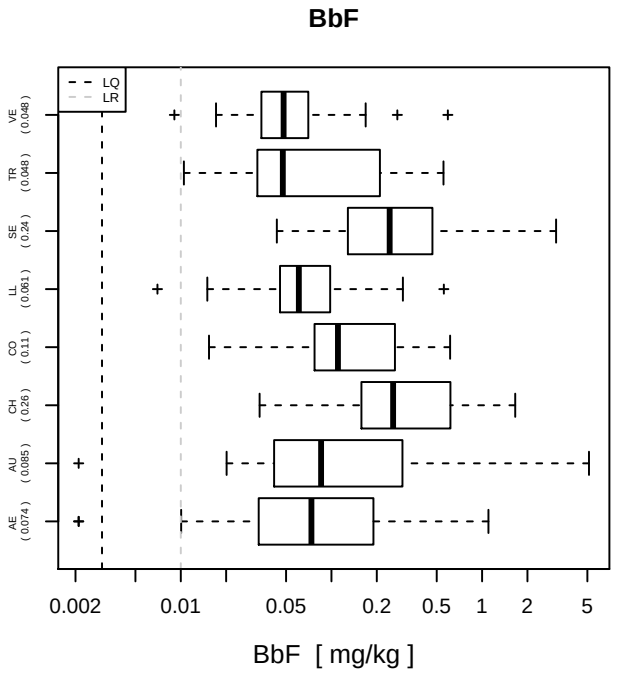

BaA
Fonction de répartition
LQ
LR
AE (n 66)
AU (n 45)
CH (n 58)
CO (n 20)
LL (n 44)
SE (n 52)
TR (n 34)
VE (n 37)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.002
0.01
0.05
0.2
0.5
1
2
5
BaA [mg/kg]

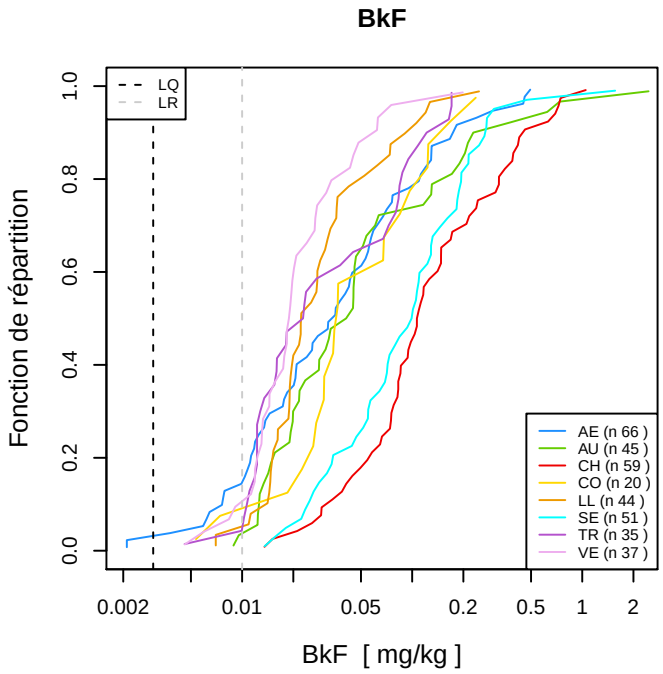

BaA
LQ
LR
VE (0.032)
TR (0.04)
SE (0.15)
LL (0.044)
CO (0.076)
CH (0.21)
AU (0.055)
AE (0.056)
0.002
0.01
0.05
0.2
0.5
1
2
5
10
BaA [mg/kg]

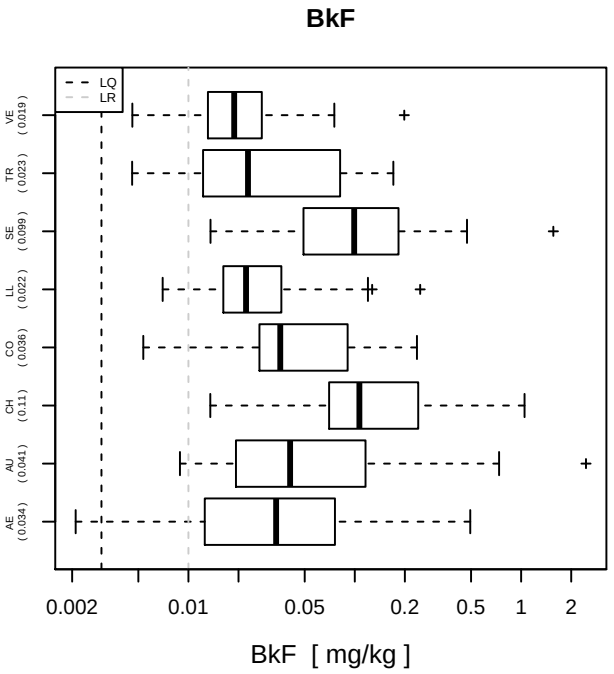

Chrys
Fonction de répartition
LQ
LR
AE (n 66)
AU (n 47)
CH (n 58)
CO (n 19)
LL (n 44)
SE (n 48)
TR (n 34)
VE (n 37)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.002
0.01
0.05
0.2
0.5
1
2
5
Chrys [mg/kg]

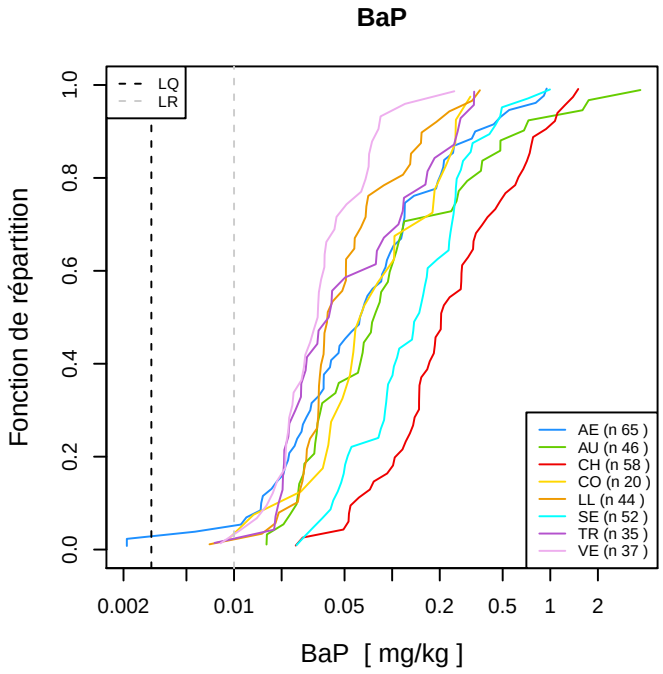

Chrys
LQ
LR
VE (0.042)
TR (0.04)
SE (0.2)
LL (0.057)
CO (0.12)
CH (0.23)
AU (0.076)
AE (0.069)
0.002
0.01
0.05
0.2
0.5
1
2
5
Chrys [mg/kg]

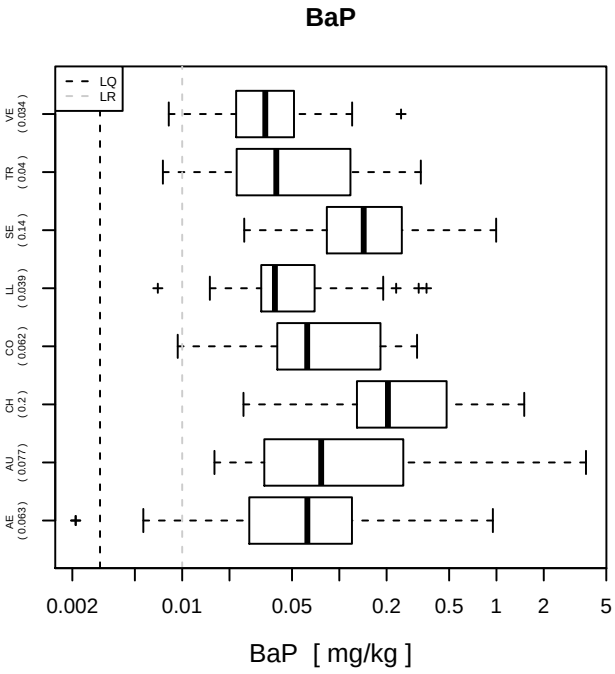

BbF
Fonction de répartition
LQ
LR
AE (n 66)
AU (n 46)
CH (n 58)
CO (n 20)
LL (n 44)
SE (n 53)
TR (n 34)
VE (n 36)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.002
0.01
0.05
0.2
0.5
1
2
5
BbF [mg/kg]

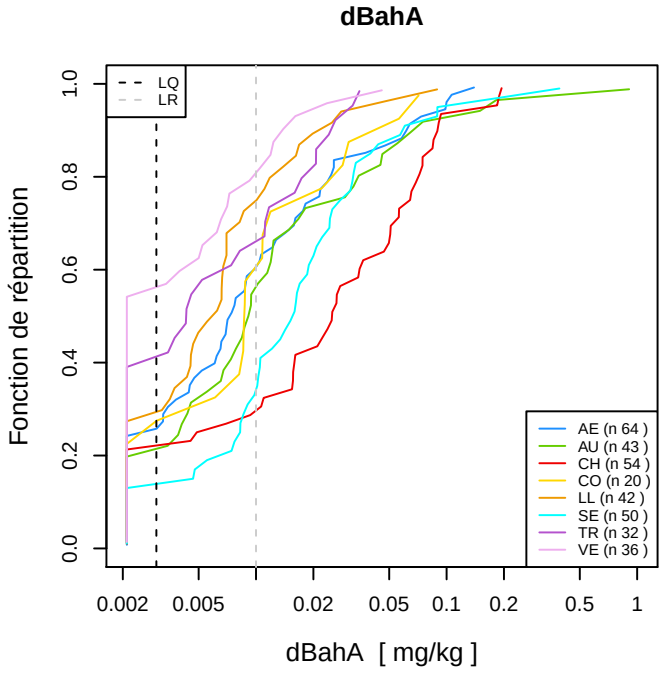

BbF
LQ
LR
VE (0.048)
TR (0.048)
SE (0.24)
LL (0.061)
CO (0.11)
CH (0.26)
AU (0.085)
AE (0.074)
0.002
0.01
0.05
0.2
0.5
1
2
5
BbF [mg/kg]

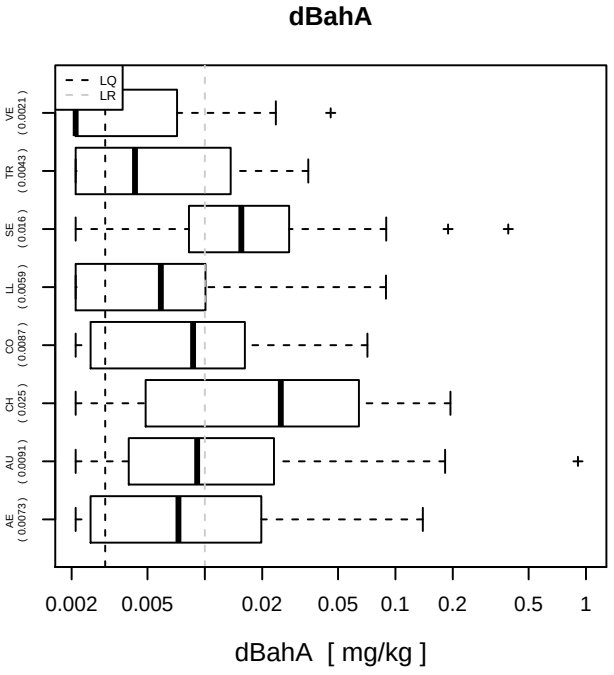

BkF
LQ
LR
AE (n 66)
AU (n 45)
CH (n 59)
CO (n 20)
LL (n 44)
SE (n 51)
TR (n 35)
VE (n 37)
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.002
0.01
0.05
0.2
0.5
1
2
BkF [mg/kg]


BkF
LQ
LR
VE (0.019)
TR (0.023)
SE (0.099)
LL (0.022)
CO (0.036)
CH (0.11)
AU (0.041)
AE (0.054)
0.002
0.01
0.05
0.2
0.5
1
2
BkF [mg/kg]

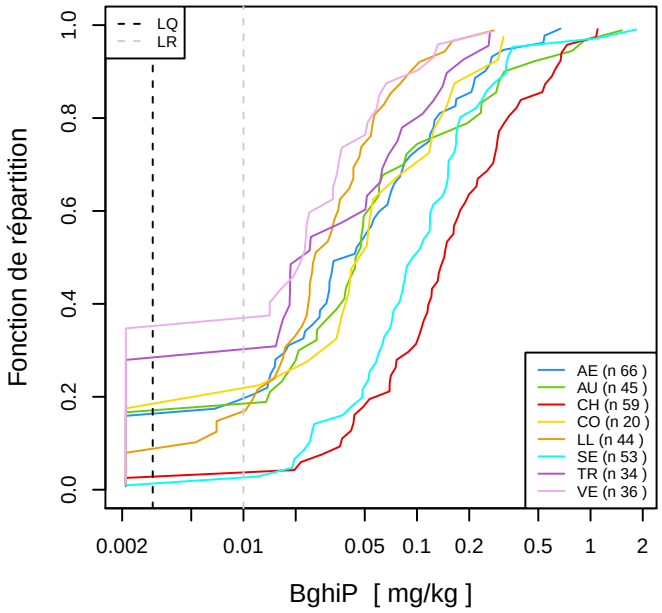

BaP
LQ
LR
AE (n 65)
AU (n 46)
CH (n 58)
CO (n 20)
LL (n 44)
SE (n 52)
TR (n 35)
VE (n 37)
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.002
0.01
0.05
0.2
0.5
1
2
BaP [mg/kg]


BaP
LQ
LR
VE (0.034)
TR (0.04)
SE (0.14)
LL (0.039)
CO (0.062)
CH (0.2)
AU (0.077)
AE (0.063)
0.002
0.01
0.05
0.2
0.5
1
2
5
BaP [mg/kg]

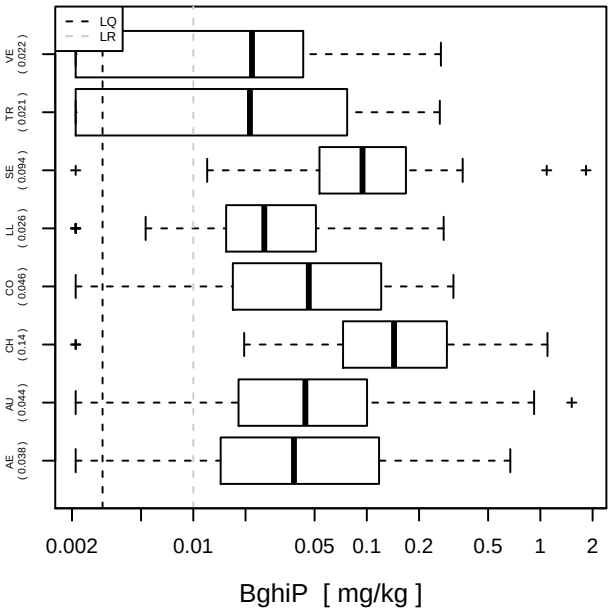

dBahA
LQ
LR
AE (n 64)
AU (n 43)
CH (n 54)
CO (n 20)
LL (n 42)
SE (n 50)
TR (n 32)
VE (n 36)
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.002
0.005
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
dBahA [mg/kg]


dBahA
LQ
LR
VE (0.0021)
TR (0.0043)
SE (0.016)
LL (0.0059)
CO (0.0087)
CH (0.025)
AU (0.0091)
AE (0.0073)
0.002
0.005
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
dBahA [mg/kg]

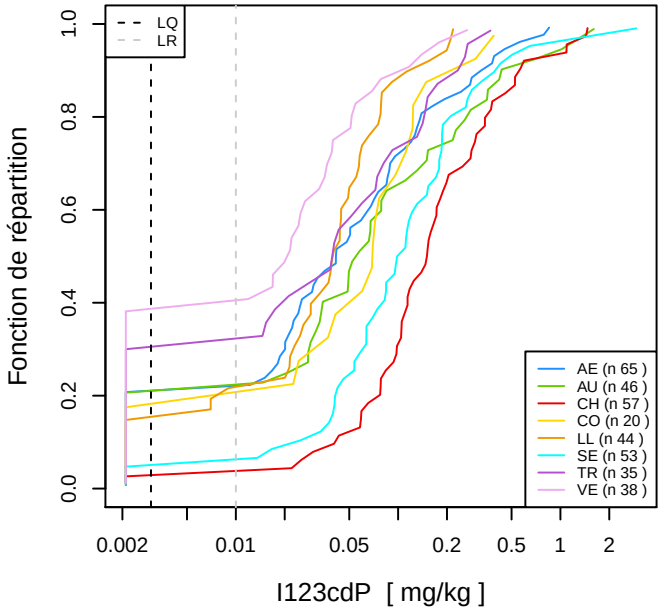
BghiP



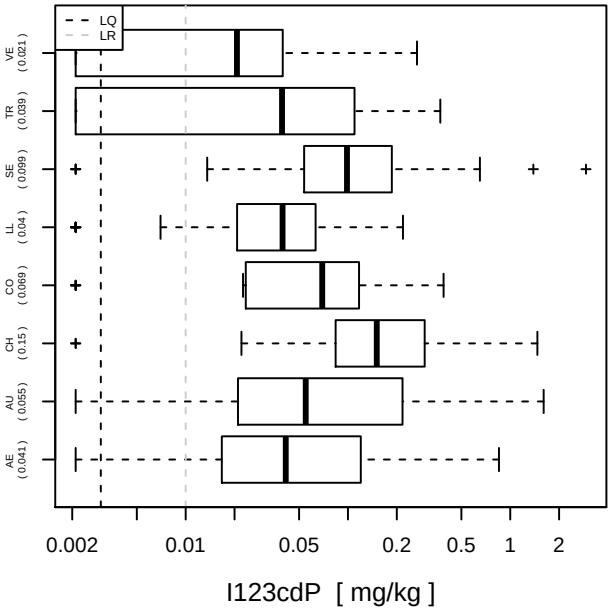
BghiP



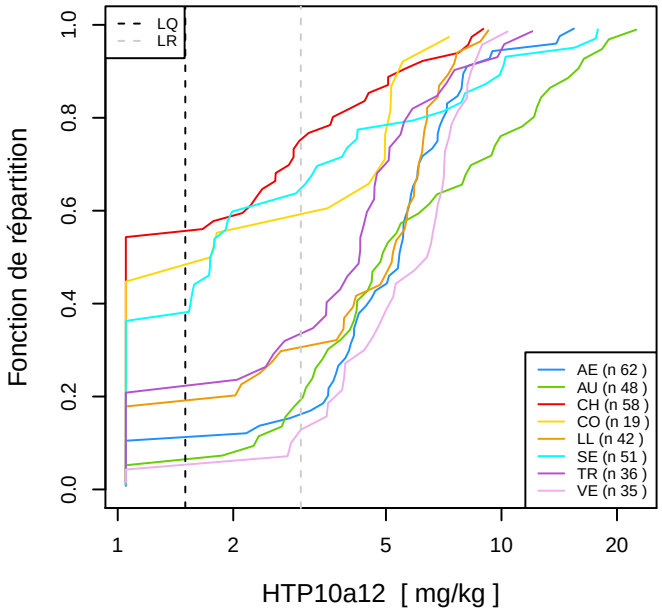
I123cdP



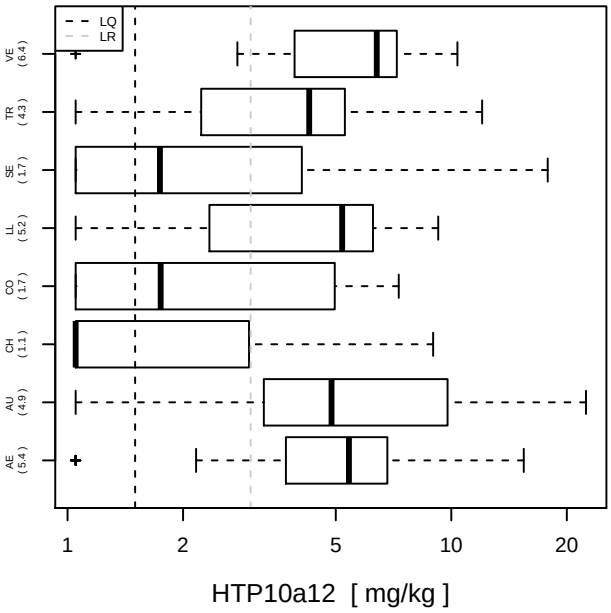
I123cdP



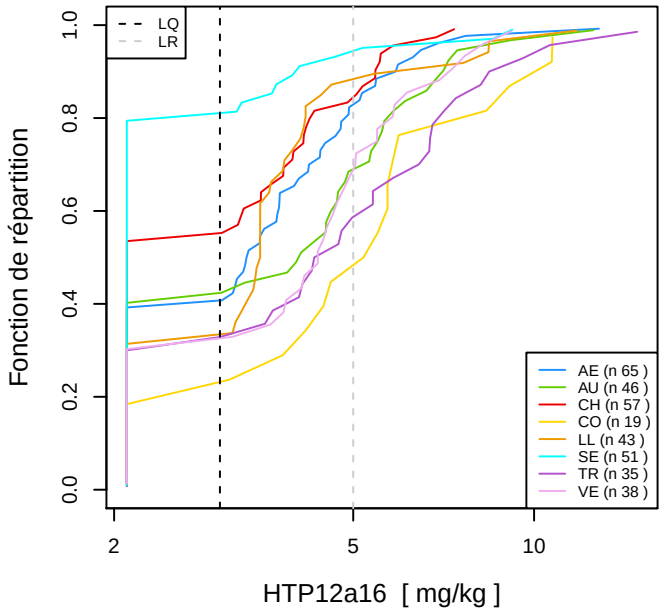
HTP10a12



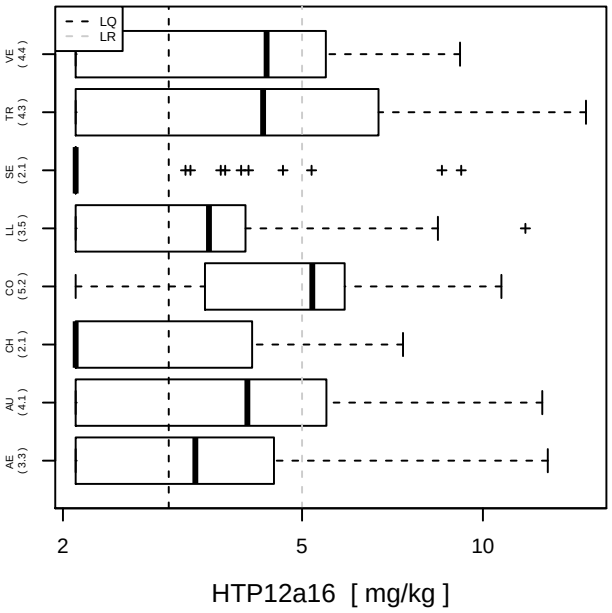
HTP10a12



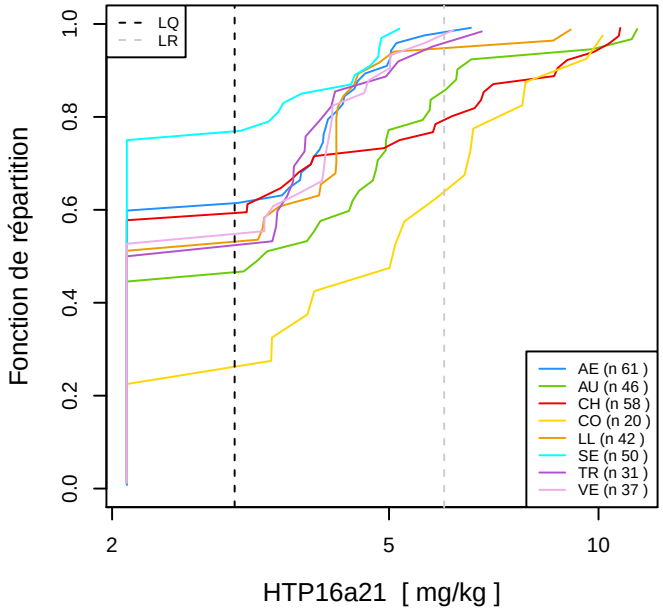
HTP12a16



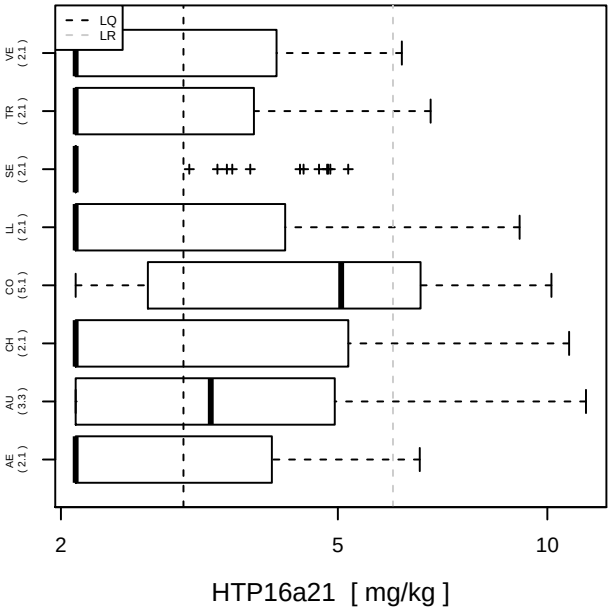
HTP12a16



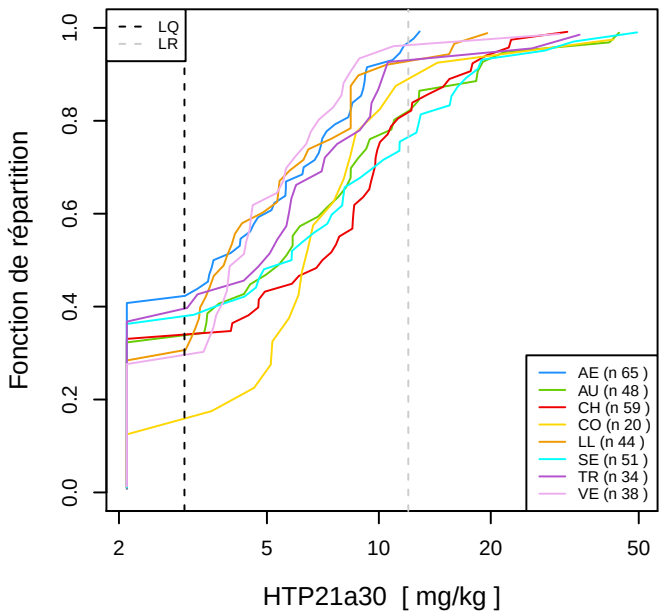
HTP16a21



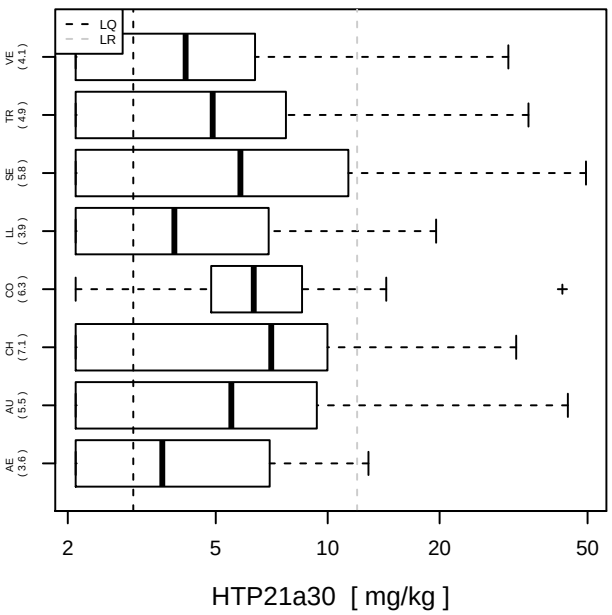
HTP16a21

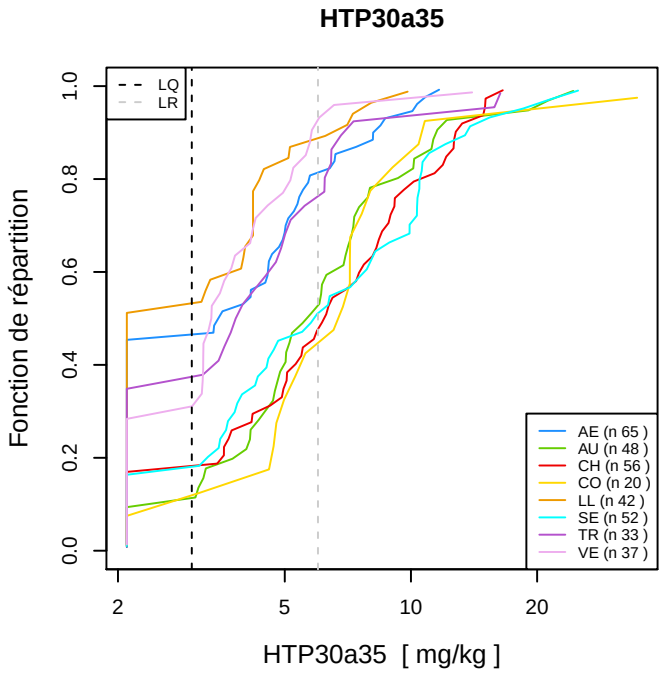


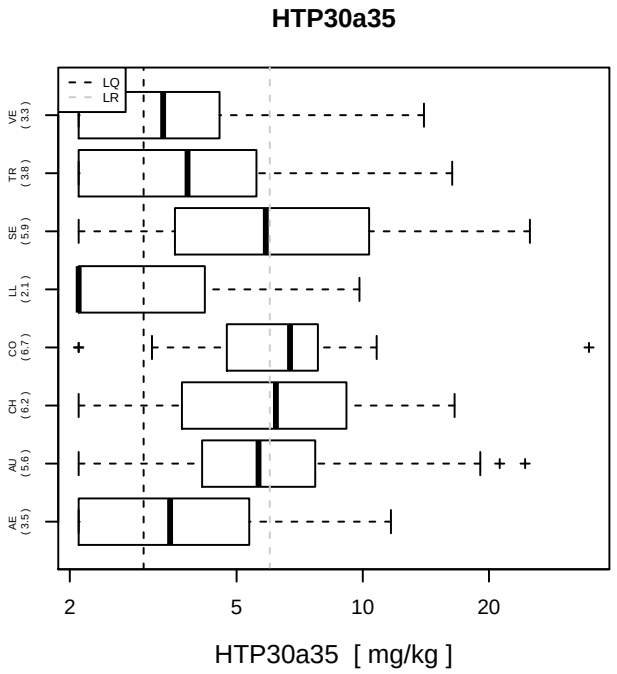
HTP21a30

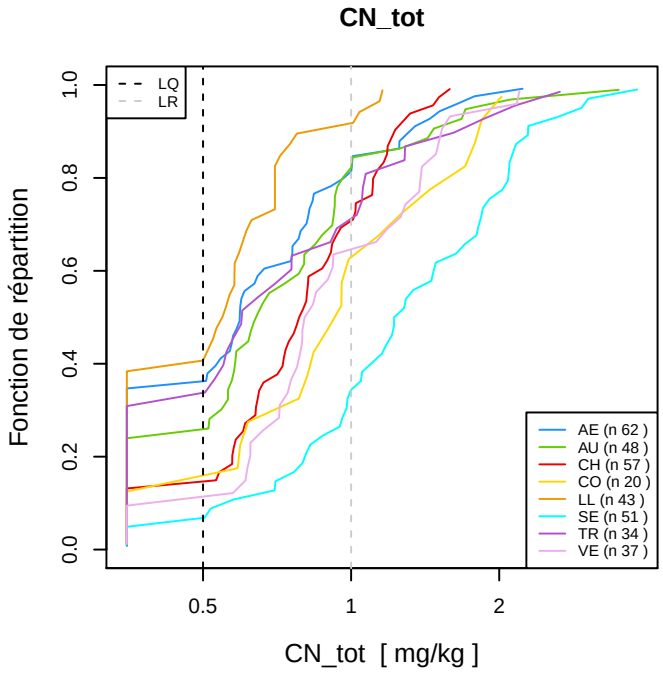


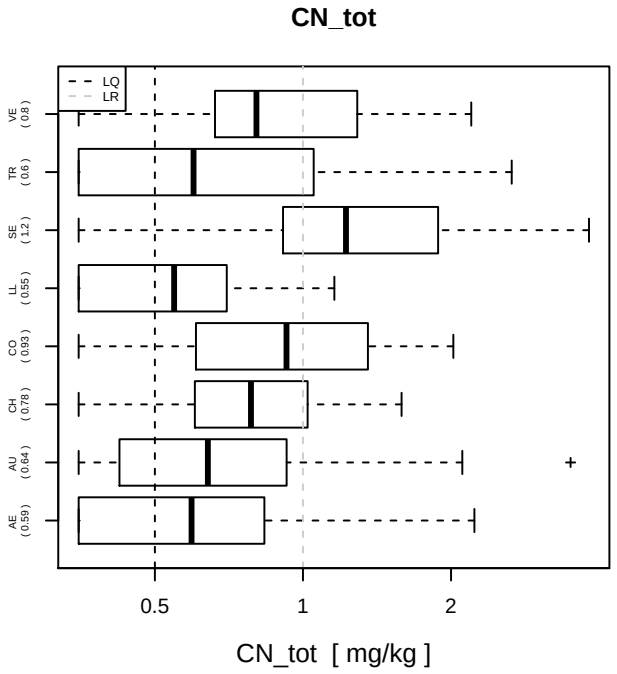
HTP21a30

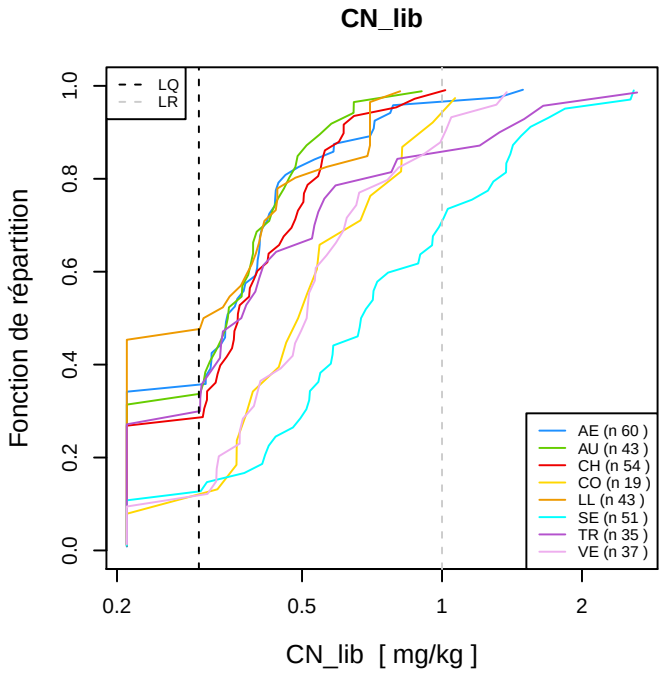


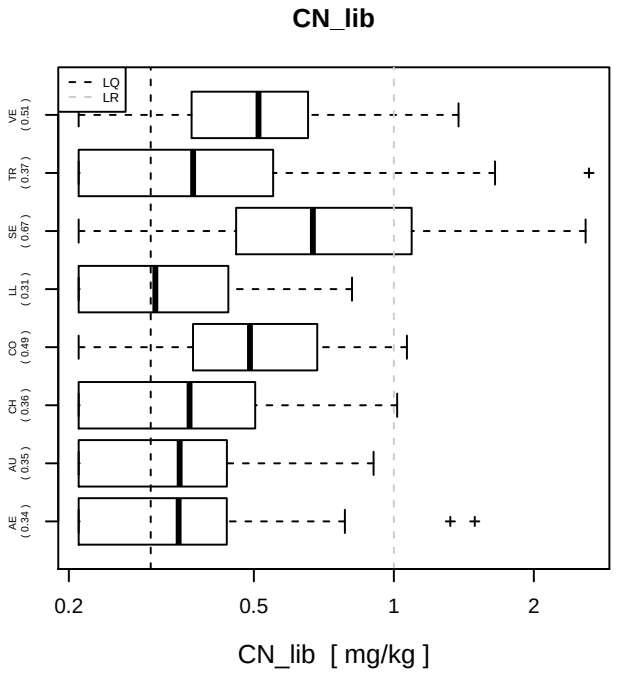

HTP30a35
Fonction de répartition
LQ
LR
AE (n 65)
AU (n 48)
CH (n 56)
CO (n 20)
LL (n 42)
SE (n 52)
TR (n 33)
VE (n 37)
HTP30a35 [mg/kg]


HTP30a35
LQ
LR
HTP30a35 [mg/kg]

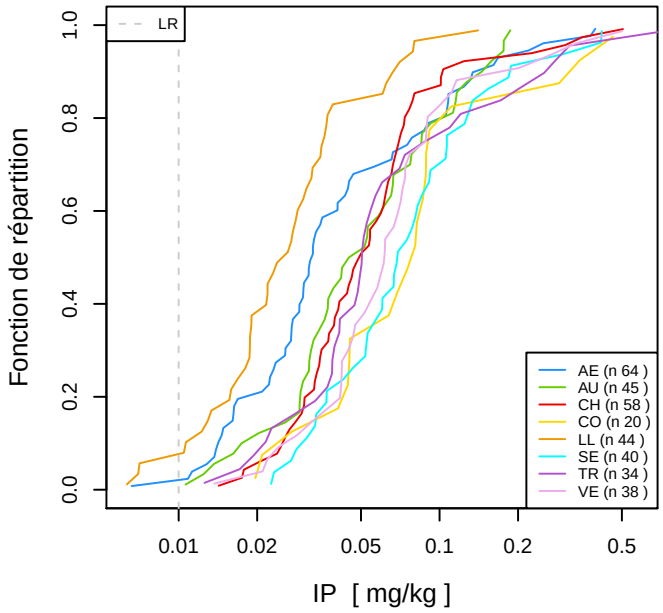

CN_tot
Fonction de répartition
LQ
LR
AE (n 62)
AU (n 48)
CH (n 57)
CO (n 20)
LL (n 43)
SE (n 51)
TR (n 34)
VE (n 37)
CN_tot [mg/kg]


CN_tot
LQ
LR
CN_tot [mg/kg]

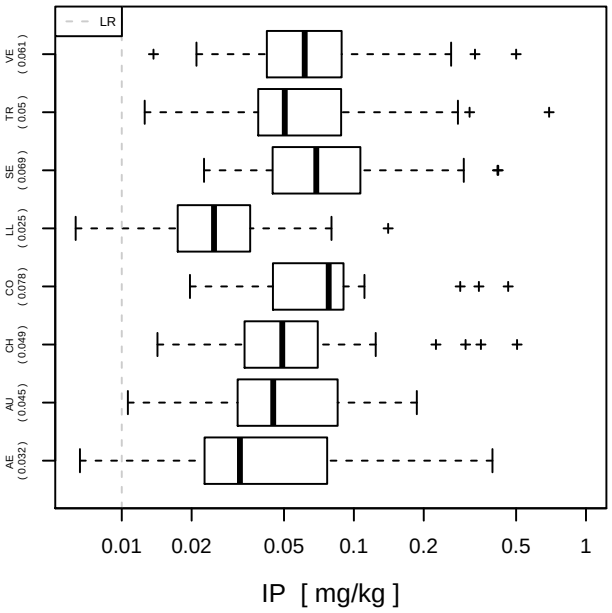

CN_lib
Fonction de répartition
LQ
LR
AE (n 60)
AU (n 43)
CH (n 54)
CO (n 19)
LL (n 43)
SE (n 51)
TR (n 35)
VE (n 37)
CN_lib [mg/kg]


CN_lib
LQ
LR
CN_lib [mg/kg]

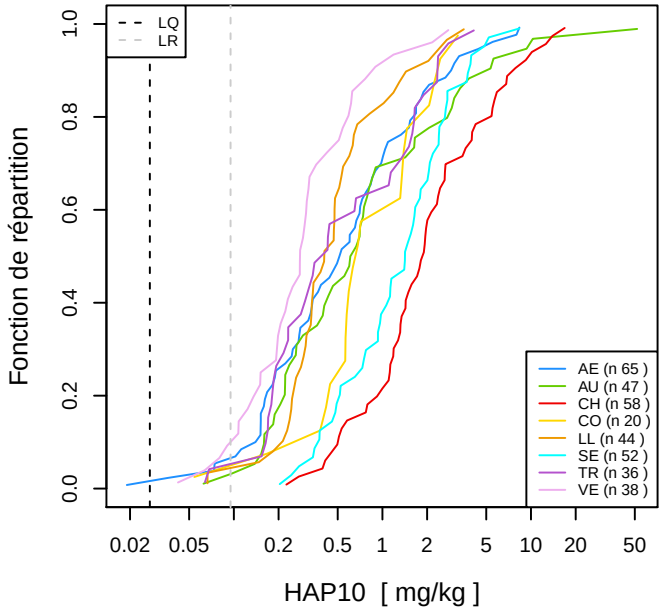
IP



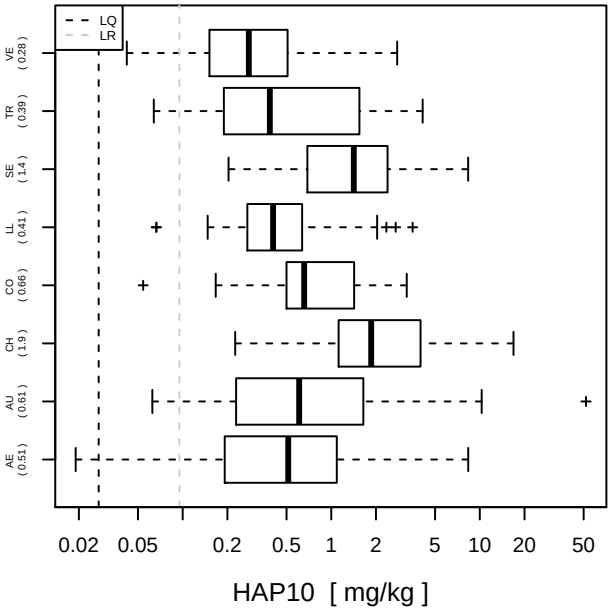
IP



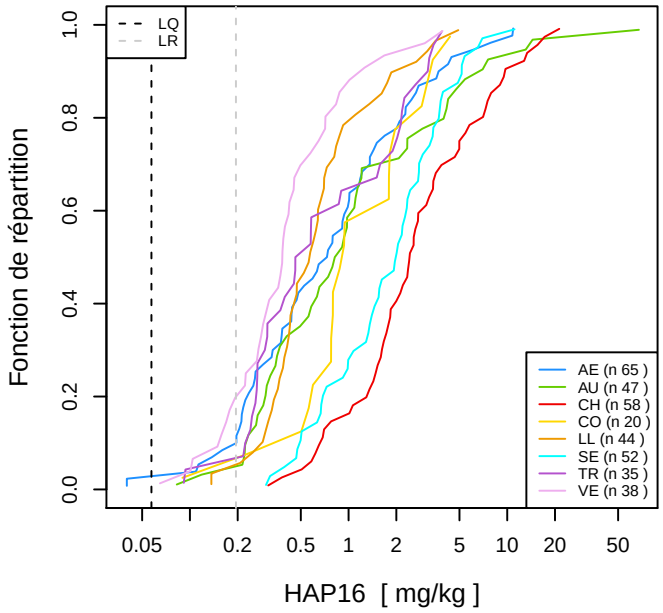
HAP10



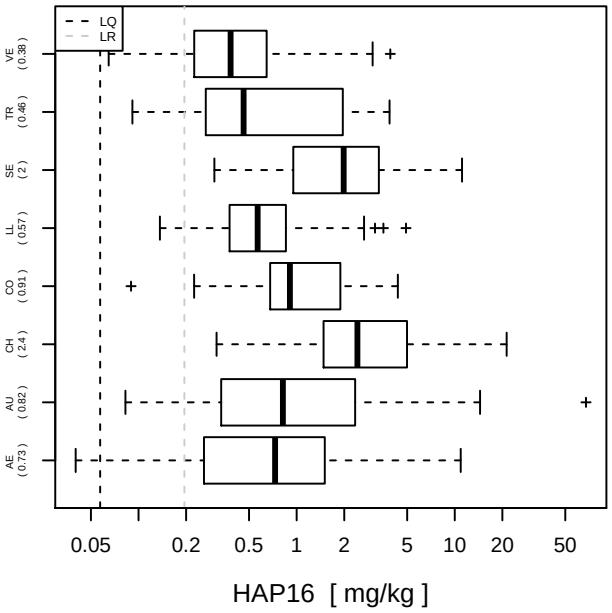
HAP10

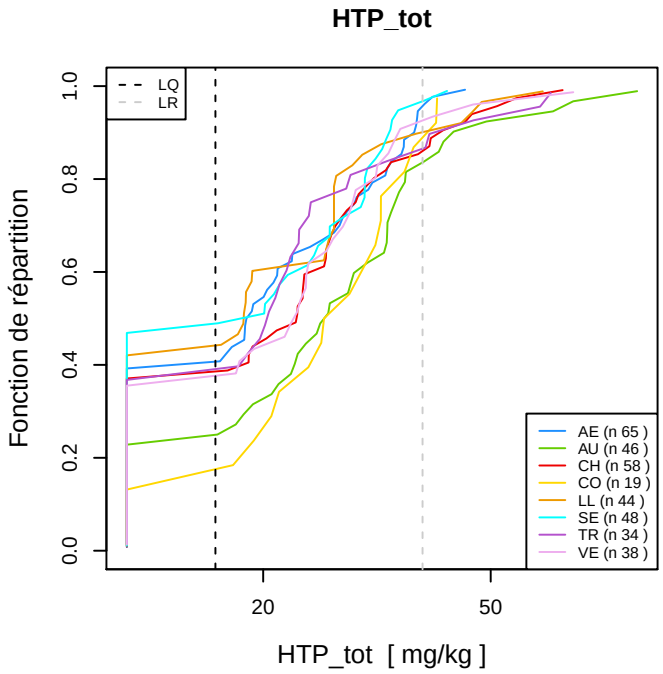


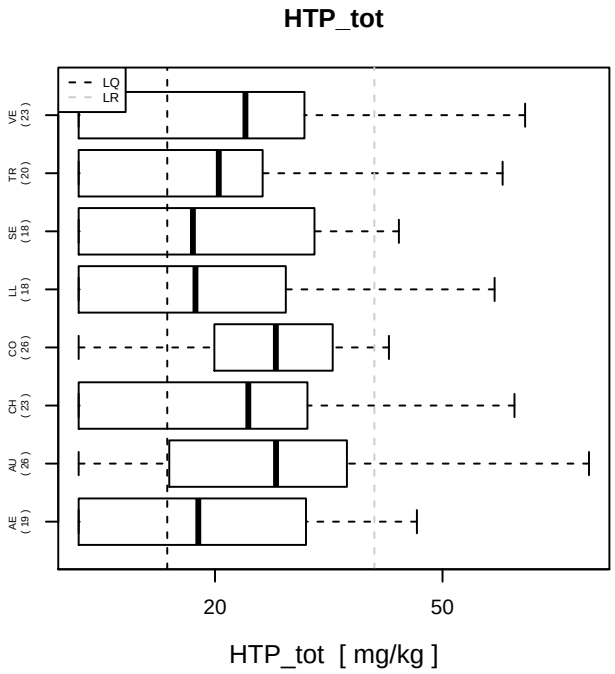
HAP16



HAP16




HTP_tot
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
LQ
LR
AE (n 65)
AU (n 46)
CH (n 58)
CO (n 19)
LL (n 44)
SE (n 48)
TR (n 34)
VE (n 38)
20
50
HTP_tot [mg/kg]

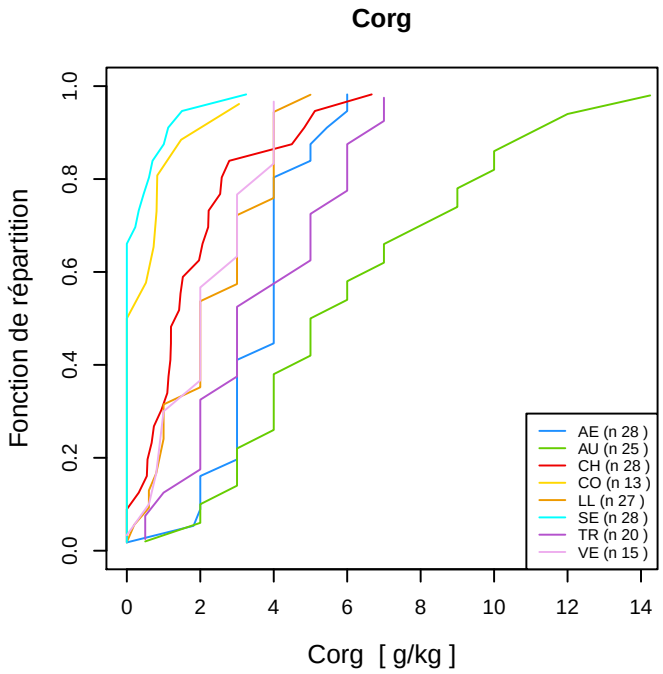

HTP_tot
LQ
LR
VE (23)
TR (20)
SE (18)
LL (18)
CO (26)
CH (25)
AU (26)
AE (19)
20
50
HTP_tot [mg/kg]

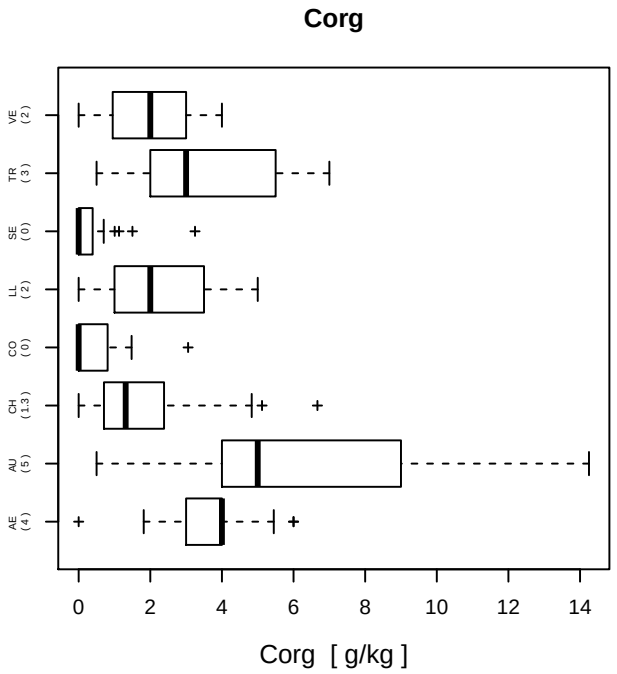
3f : Effet de la zone d'étude dans les horizons de surface agricoles et forestier des sols naturels, par rapport à POLLUSOL 1

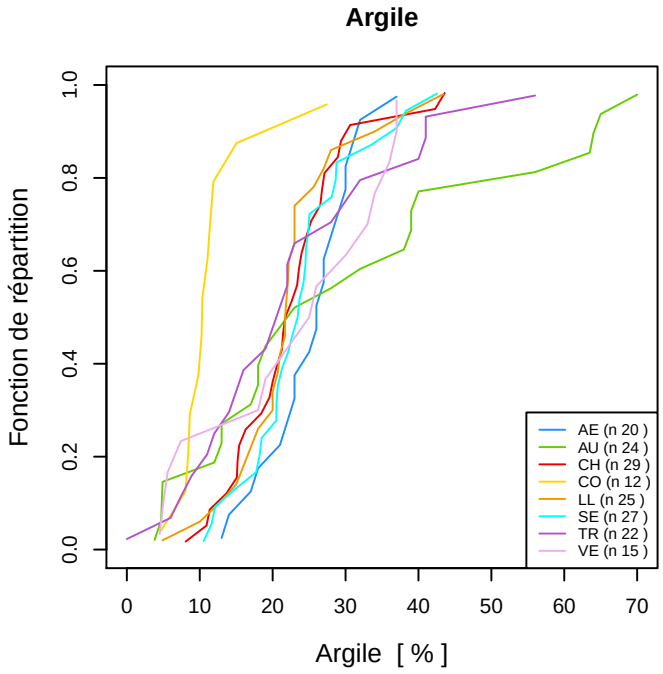
Légende :

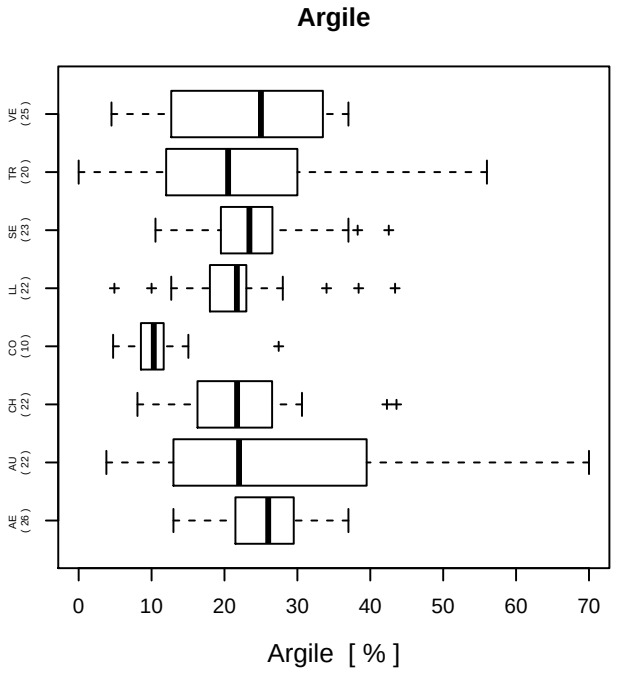
- AE : Amay-Engis ;
- AU : Aubange ;
- CH : Charleroi/Châtelet ;
- CO : Colfontaine ; LL : La Louvière ;
- SE : Seraing ;
- TR : Trooz ;
- VE : Verviers ;
- LR : limite de quantification de rapportage.

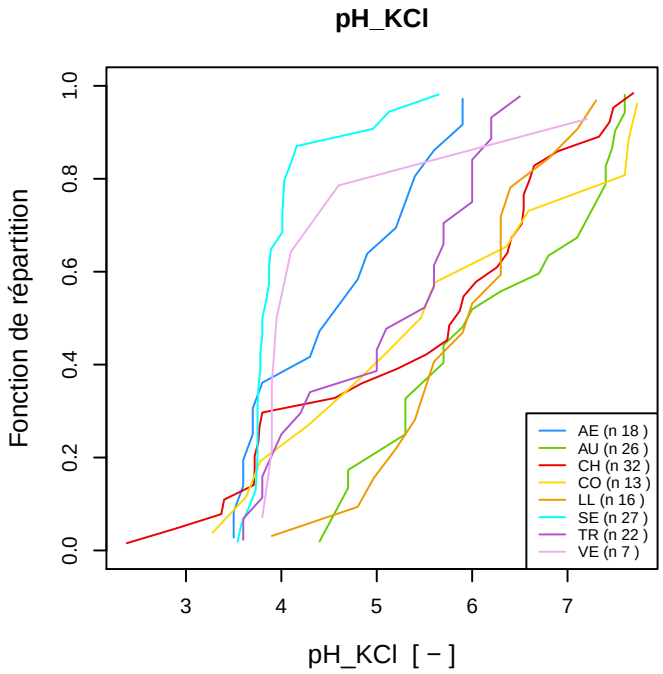
Les médianes par modalités sont indiquées entre parenthèses le long de l'axe vertical du graphe « box-plot ».

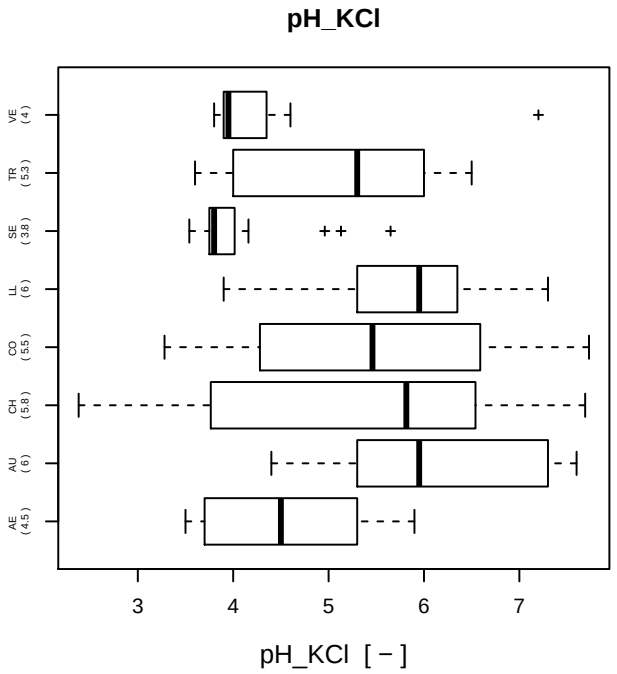

Corg
Fonction de répartition
Corg [g/kg]
AE (n 28)
AU (n 25)
CH (n 28)
CO (n 13)
LL (n 27)
SE (n 28)
TR (n 20)
VE (n 15)

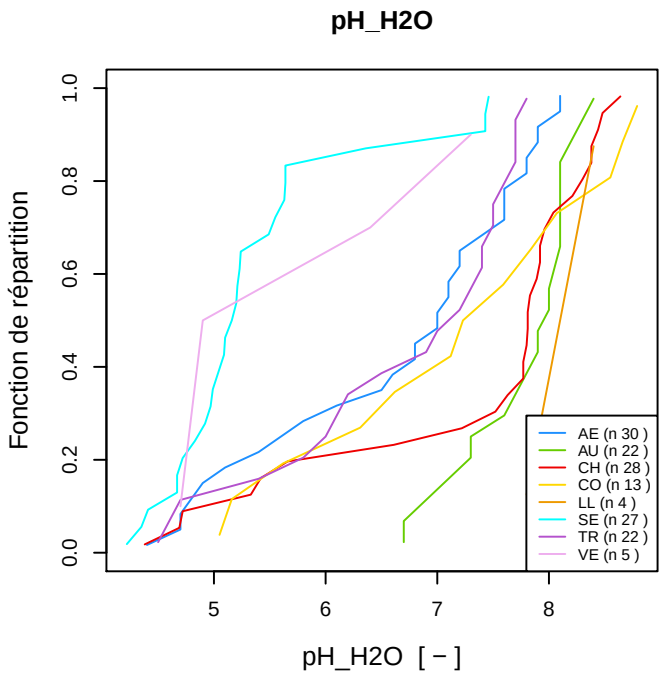

Corg
VE (2)
TR (3)
SE (0)
LL (2)
CO (0)
CH (13)
AU (5)
AE (4)
Corg [g/kg]

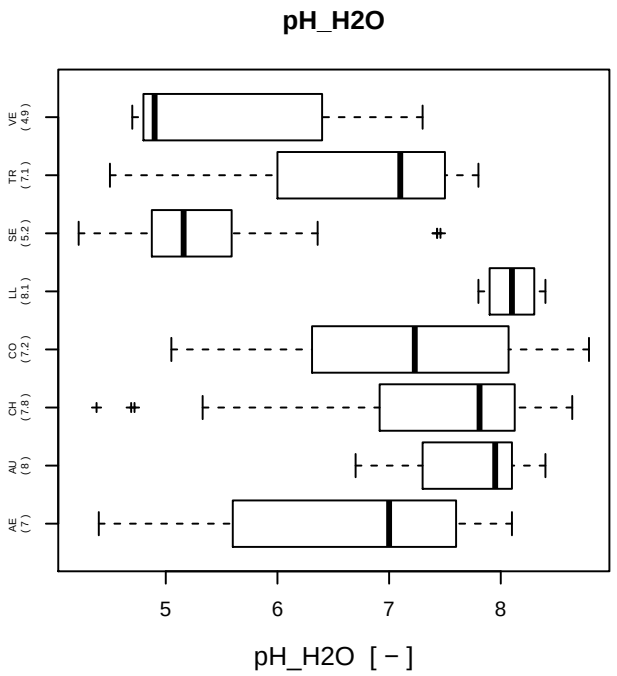

Argile
Fonction de répartition
Argile [%]
AE (n 20)
AU (n 24)
CH (n 29)
CO (n 12)
LL (n 25)
SE (n 27)
TR (n 22)
VE (n 15)

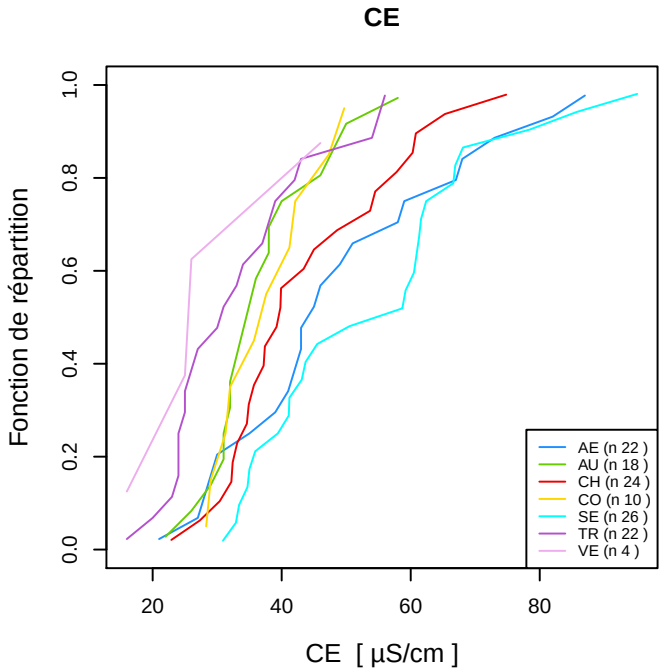

Argile
VE (25)
TR (20)
SE (25)
LL (22)
CO (10)
CH (22)
AU (22)
AE (26)
Argile [%]

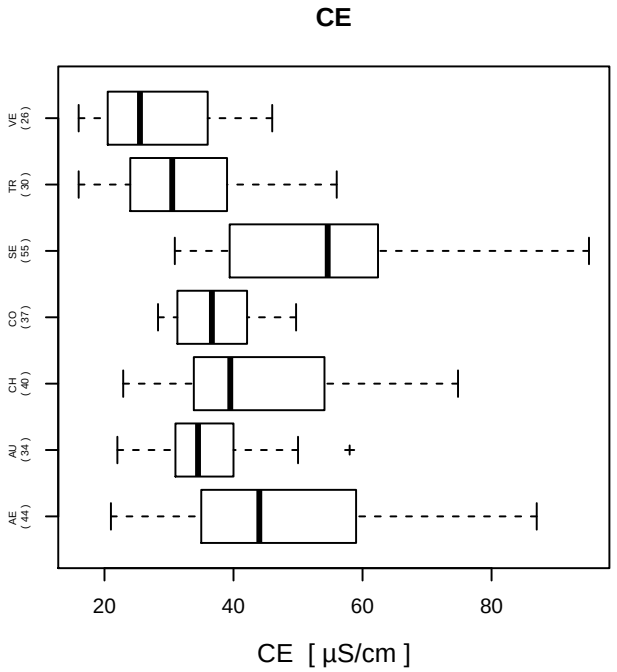

pH_KCl
Fonction de répartition
pH_KCl [−]
AE (n 18)
AU (n 26)
CH (n 32)
CO (n 13)
LL (n 16)
SE (n 27)
TR (n 22)
VE (n 7)

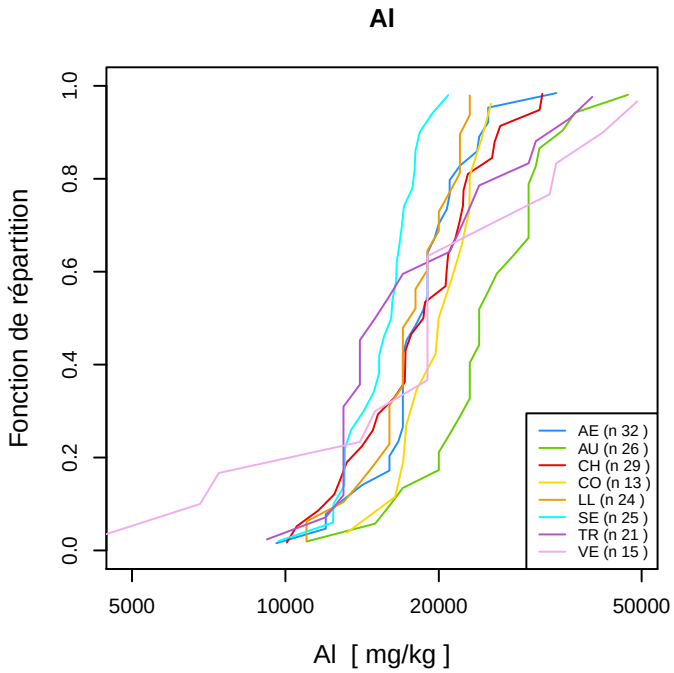

pH_KCl
VE (4)
TR (5.3)
SE (3.8)
LL (6)
CO (5.5)
CH (5.8)
AU (6)
AE (4.5)
pH_KCl [−]

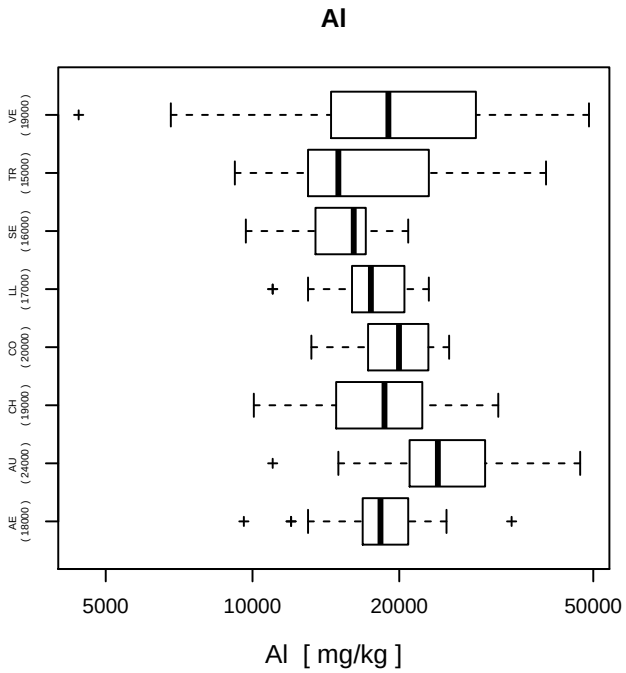

pH_H2O
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
5
6
7
8
pH_H2O [−]
AE (n 30)
AU (n 22)
CH (n 28)
CO (n 13)
LL (n 4)
SE (n 27)
TR (n 22)
VE (n 5)

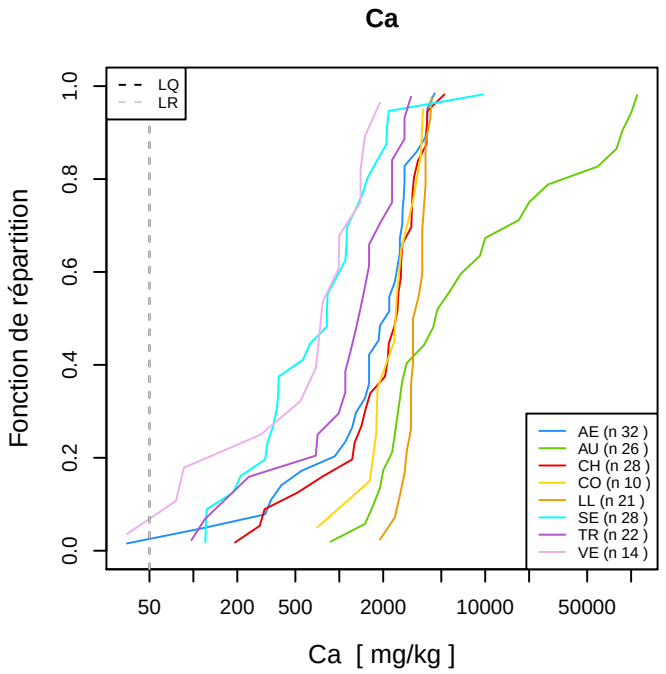

pH_H2O
VE (4.9)
TR (7.1)
SE (5.2)
LL (8.1)
CO (7.2)
CH (7.8)
AU (8)
AE (7)
5
6
7
8
pH_H2O [−]

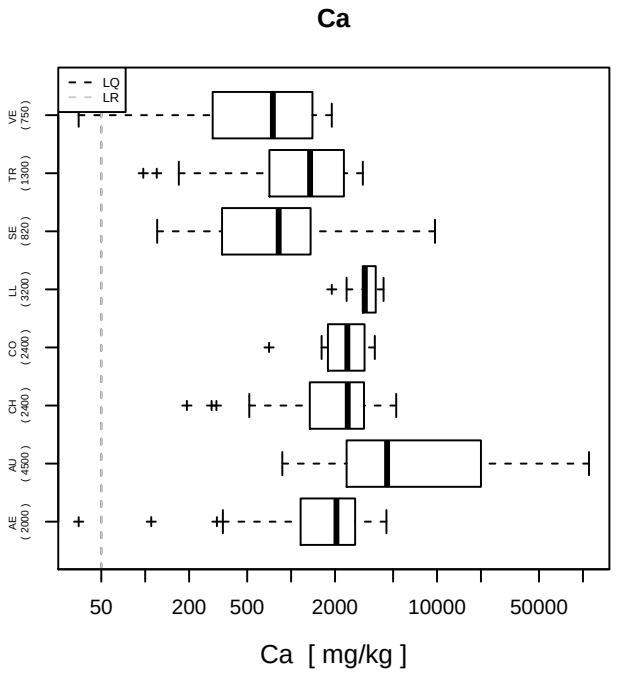

CE
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
20
40
60
80
CE [µS/cm]
AE (n 22)
AU (n 18)
CH (n 24)
CO (n 10)
SE (n 26)
TR (n 22)
VE (n 4)

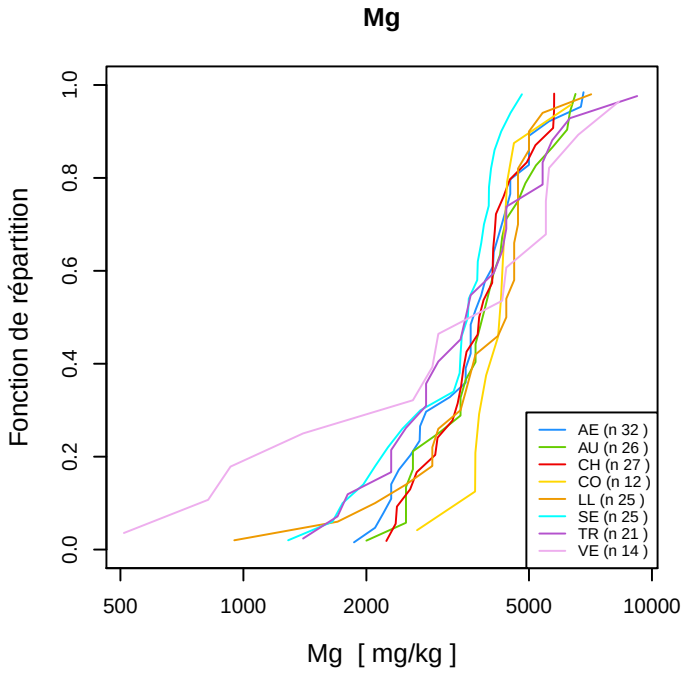

CE
VE (26)
TR (30)
SE (55)
CO (37)
CH (40)
AU (34)
AE (44)
20
40
60
80
CE [µS/cm]

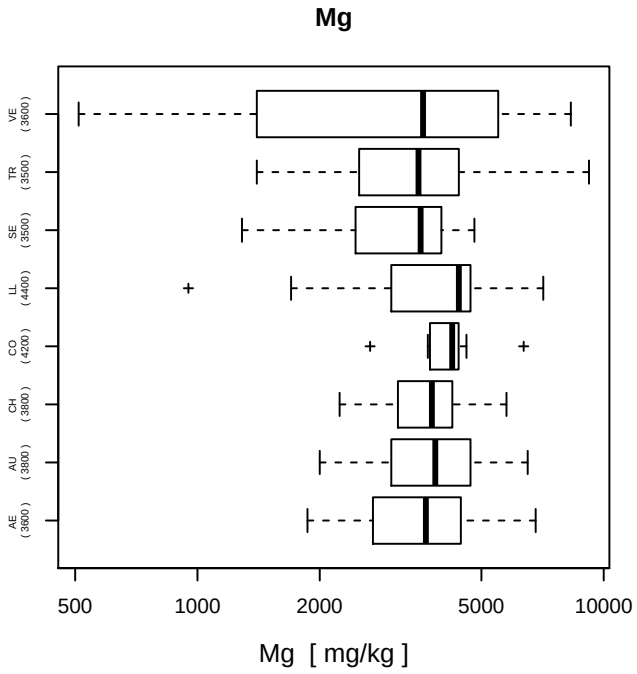

Al
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
5000
10000
20000
50000
Al [mg/kg]
AE (n 32)
AU (n 26)
CH (n 29)
CO (n 13)
LL (n 24)
SE (n 25)
TR (n 21)
VE (n 15)

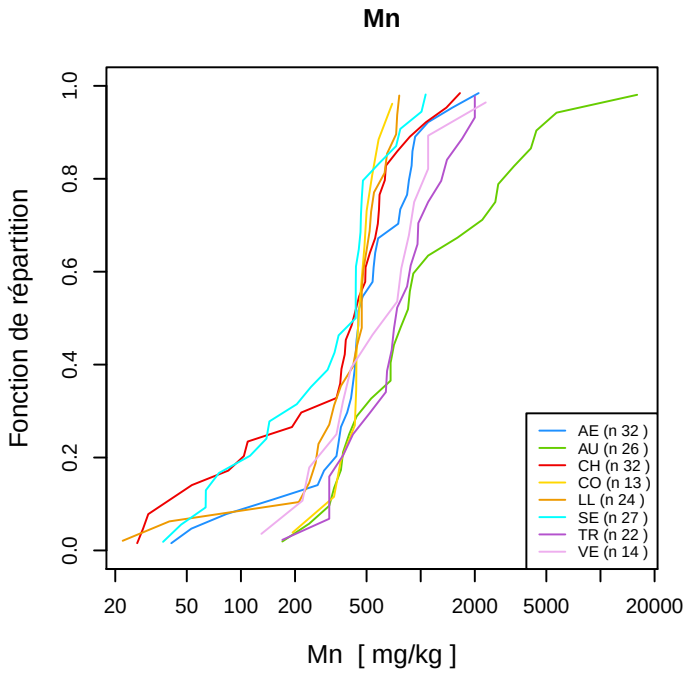

Al
VE (19600)
TR (15000)
SE (16000)
LL (17000)
CO (20000)
CH (19000)
AU (24000)
AE (18600)
5000
10000
20000
50000
Al [mg/kg]

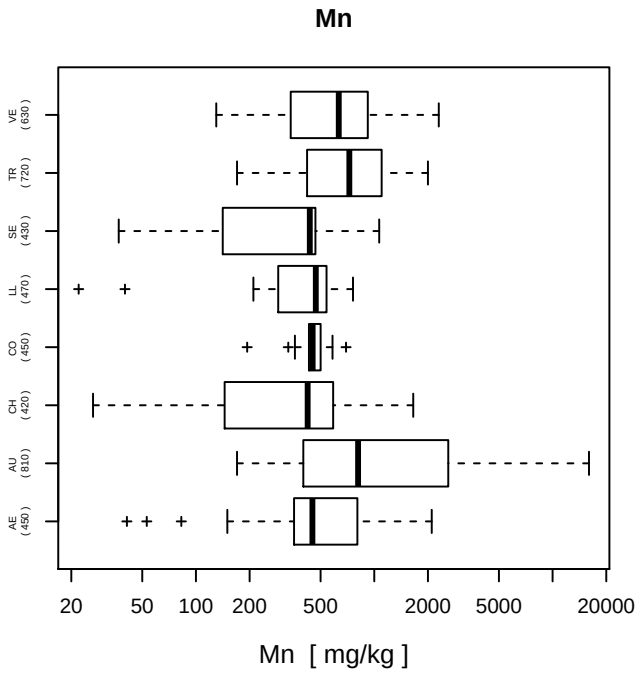

Ca
LQ
LR
AE (n 32)
AU (n 26)
CH (n 28)
CO (n 10)
LL (n 21)
SE (n 28)
TR (n 22)
VE (n 14)
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
50
200
500
2000
10000
50000
Ca [mg/kg]

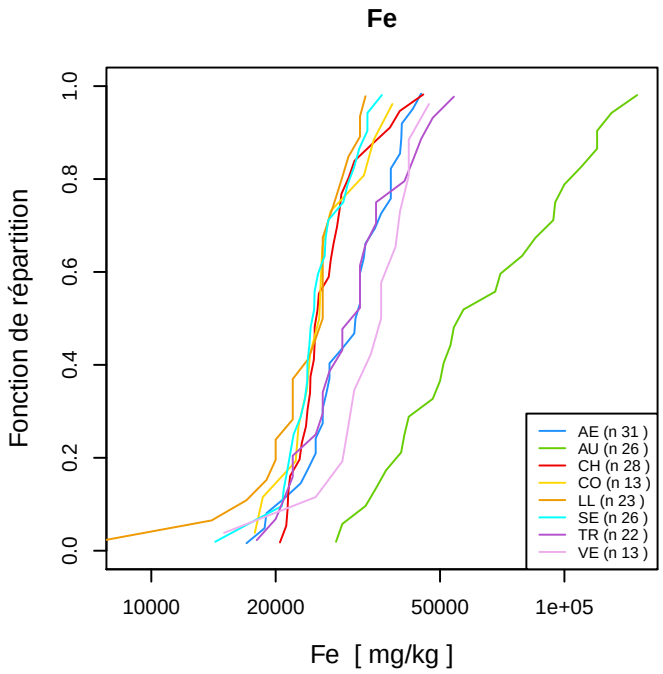

Ca
LQ
LR
VE (750)
TR (1300)
SE (820)
LL (3200)
CO (2400)
CH (2400)
AU (4500)
AE (2000)
50
200
500
2000
10000
50000
Ca [mg/kg]

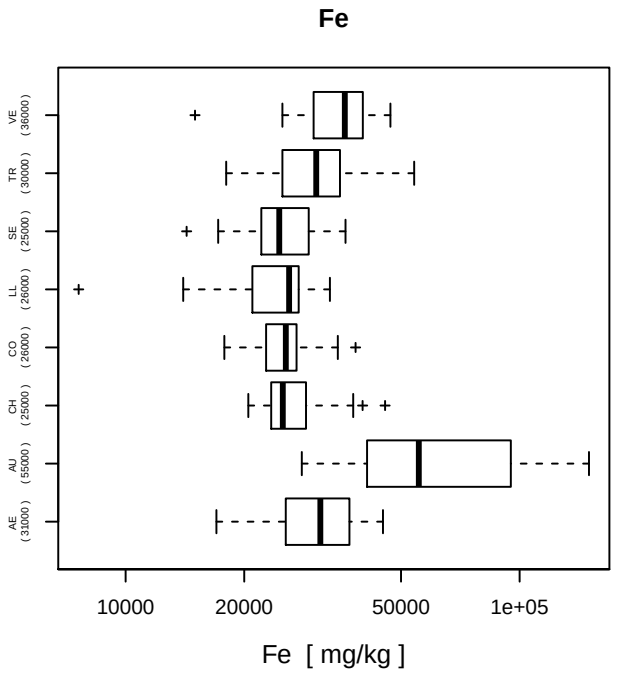

Mg
AE (n 32)
AU (n 26)
CH (n 27)
CO (n 12)
LL (n 25)
SE (n 25)
TR (n 21)
VE (n 14)
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
500
1000
2000
5000
10000
Mg [mg/kg]

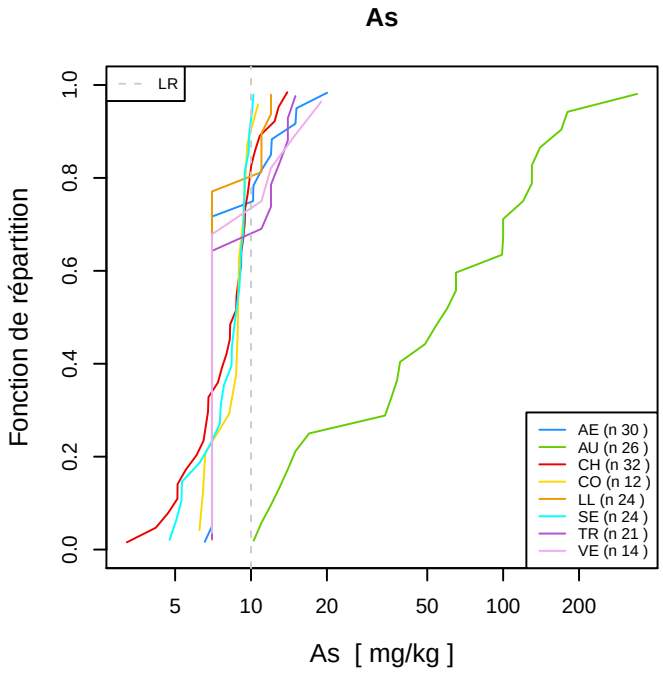

Mg
VE (3600)
TR (3500)
SE (3500)
LL (4400)
CO (4200)
CH (3900)
AU (3800)
AE (3600)
500
1000
2000
5000
10000
Mg [mg/kg]

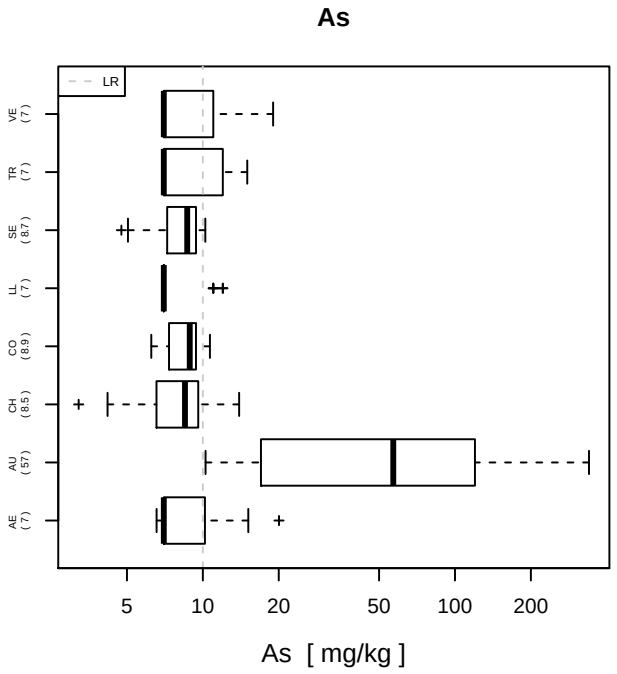

Mn
AE (n 32)
AU (n 26)
CH (n 32)
CO (n 13)
LL (n 24)
SE (n 27)
TR (n 22)
VE (n 14)
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
20
50
100
200
500
2000
5000
20000
Mn [mg/kg]

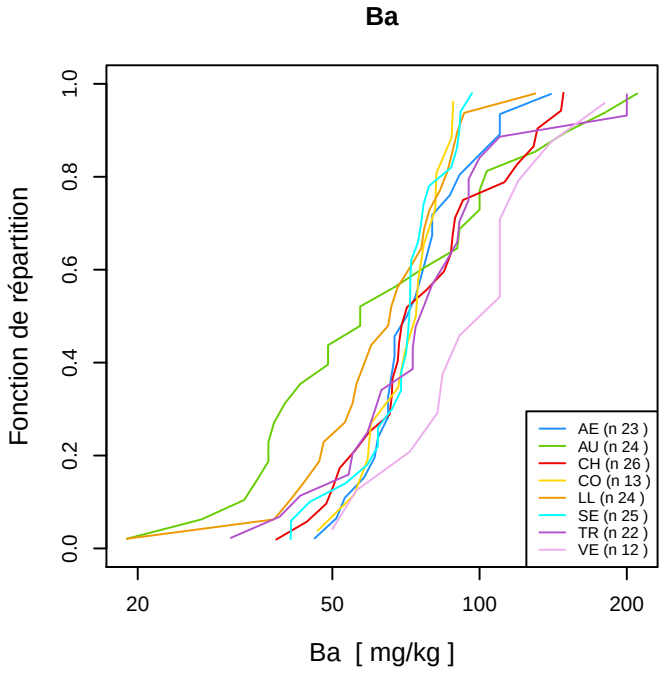

Mn
VE (630)
TR (720)
SE (430)
LL (470)
CO (450)
CH (420)
AU (910)
AE (450)
20
50
100
200
500
2000
5000
20000
Mn [mg/kg]

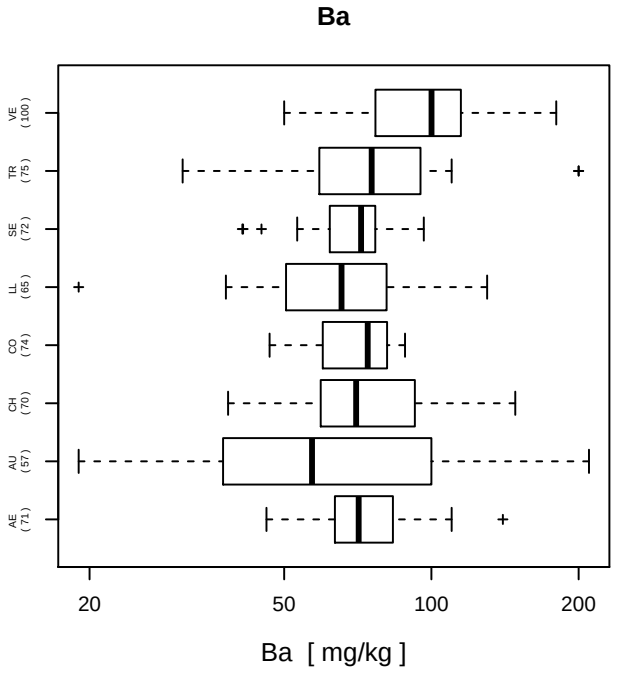

Fe
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
10000
20000
50000
1e+05
Fe [mg/kg]
AE (n 31)
AU (n 26)
CH (n 28)
CO (n 13)
LL (n 23)
SE (n 26)
TR (n 22)
VE (n 13)

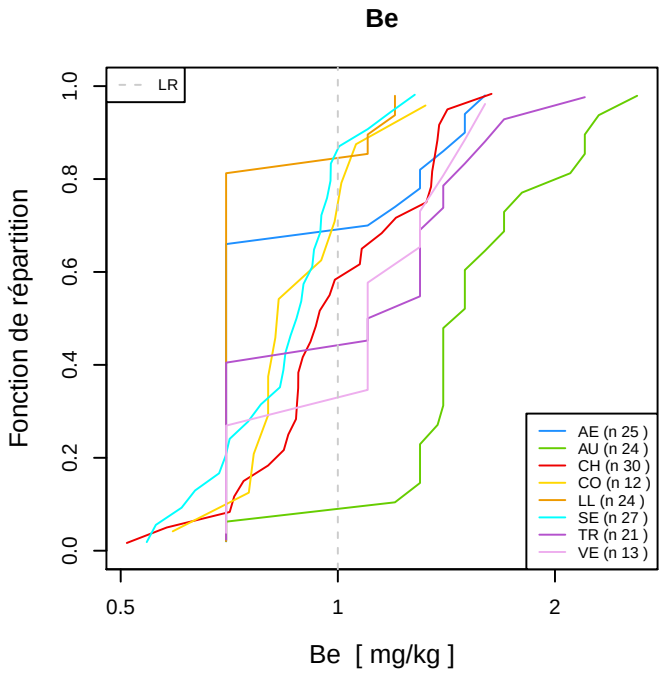

Fe
VE (36000)
TR (30000)
SE (25000)
LL (26000)
CO (26000)
CH (25000)
AU (55000)
AE (31000)
10000
20000
50000
1e+05
Fe [mg/kg]

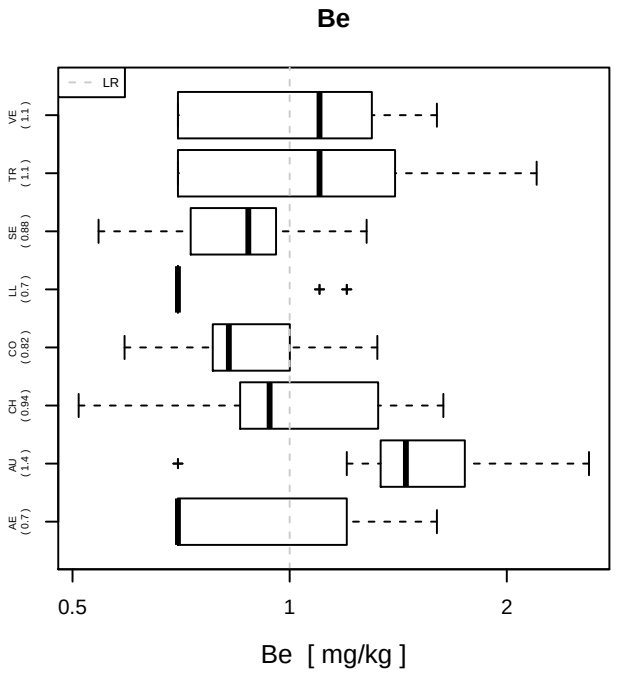

As
LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
5
10
20
50
100
200
As [mg/kg]
AE (n 30)
AU (n 26)
CH (n 32)
CO (n 12)
LL (n 24)
SE (n 24)
TR (n 21)
VE (n 14)

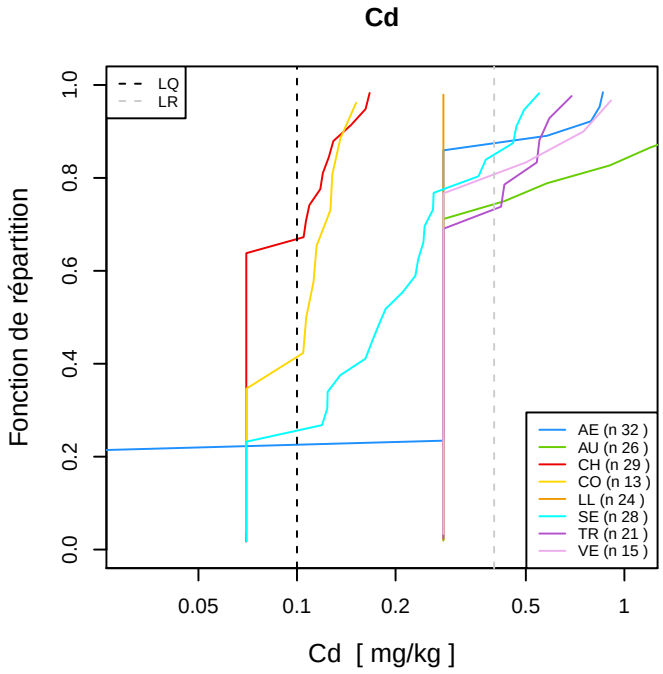

As
LR
VE (7)
TR (7)
SE (8.7)
LL (7)
CO (8.9)
CH (8.5)
AU (57)
AE (7)
5
10
20
50
100
200
As [mg/kg]

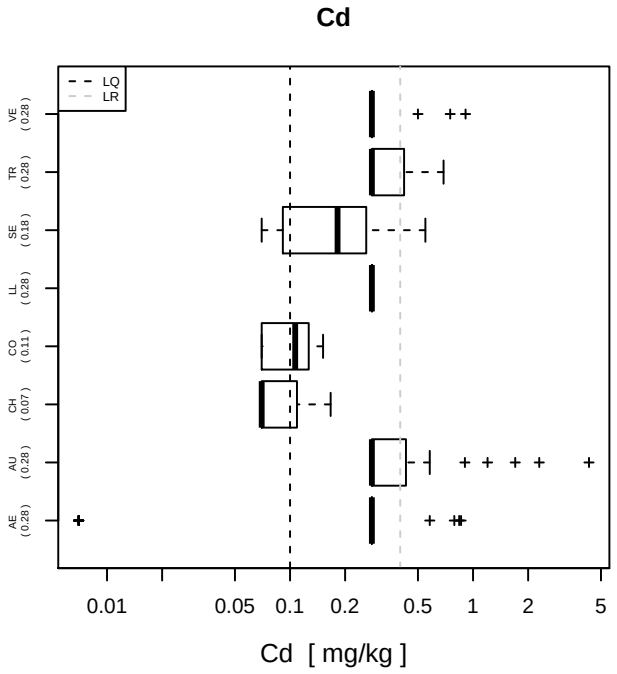

Ba
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
20
50
100
200
Ba [mg/kg]
AE (n 23)
AU (n 24)
CH (n 26)
CO (n 13)
LL (n 24)
SE (n 25)
TR (n 22)
VE (n 12)

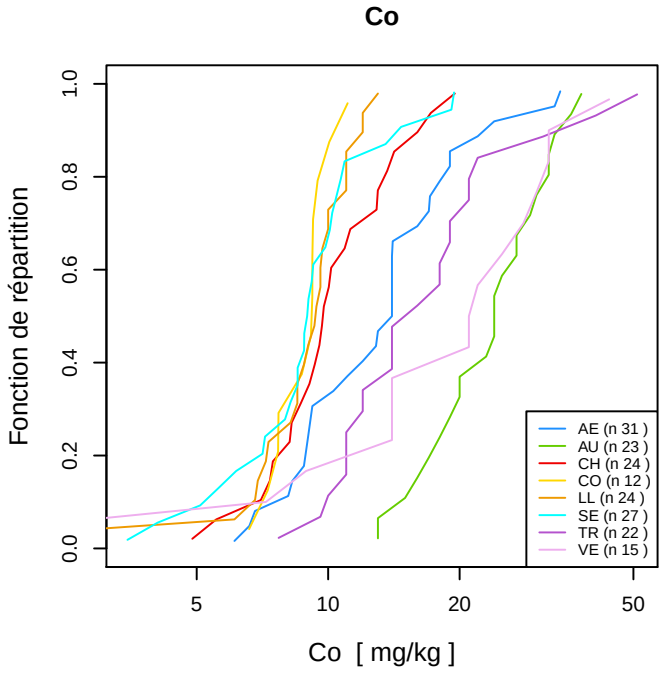

Ba
VE (100)
TR (75)
SE (72)
LL (65)
CO (74)
CH (70)
AU (57)
AE (71)
20
50
100
200
Ba [mg/kg]

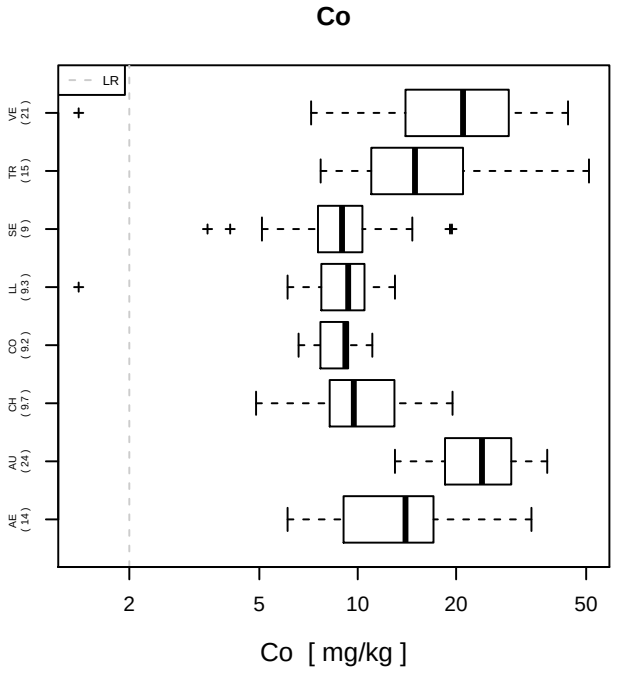

Be
Fonction de répartition
Be [mg/kg]
LR
AE (n 25)
AU (n 24)
CH (n 30)
CO (n 12)
LL (n 24)
SE (n 27)
TR (n 21)
VE (n 13)

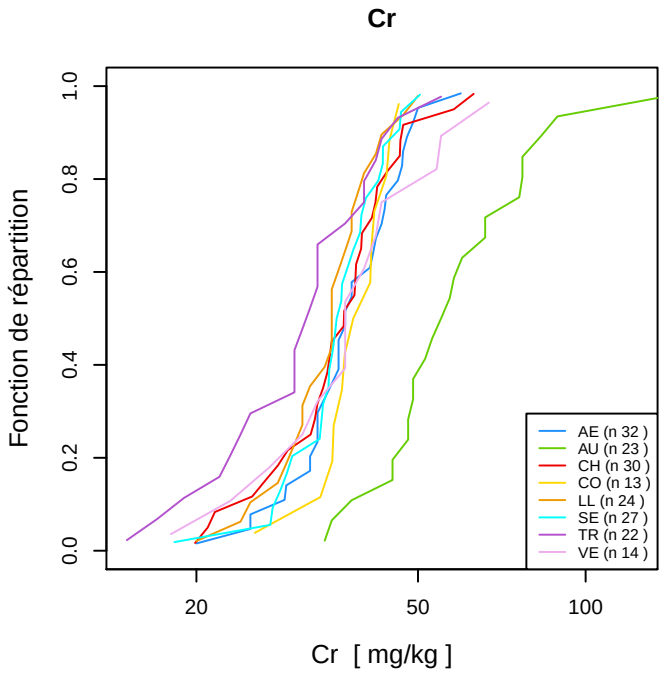

Be
Be [mg/kg]
LR

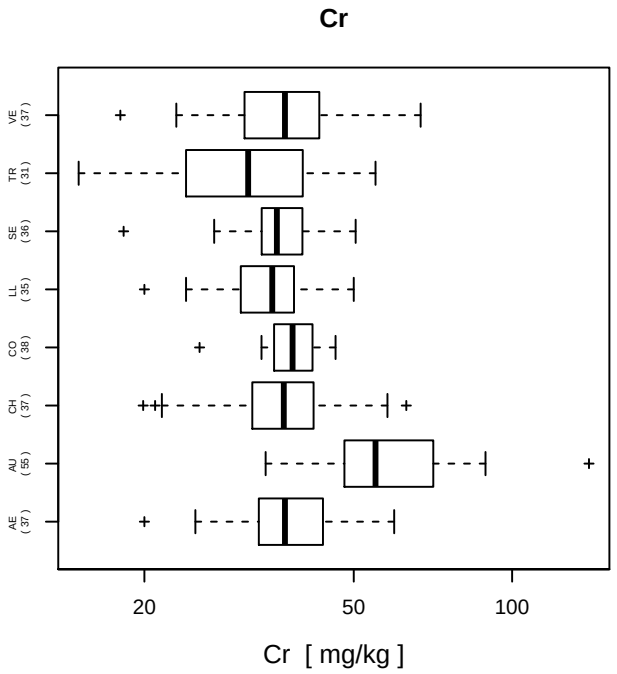

Cd
Fonction de répartition
Cd [mg/kg]
LQ
LR
AE (n 32)
AU (n 26)
CH (n 29)
CO (n 13)
LL (n 24)
SE (n 28)
TR (n 21)
VE (n 15)

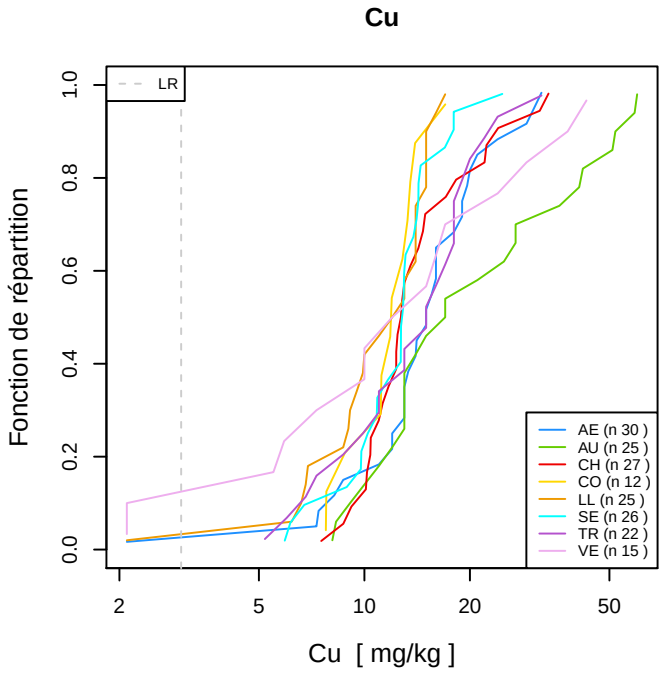

Cd
Cd [mg/kg]
LQ
LR

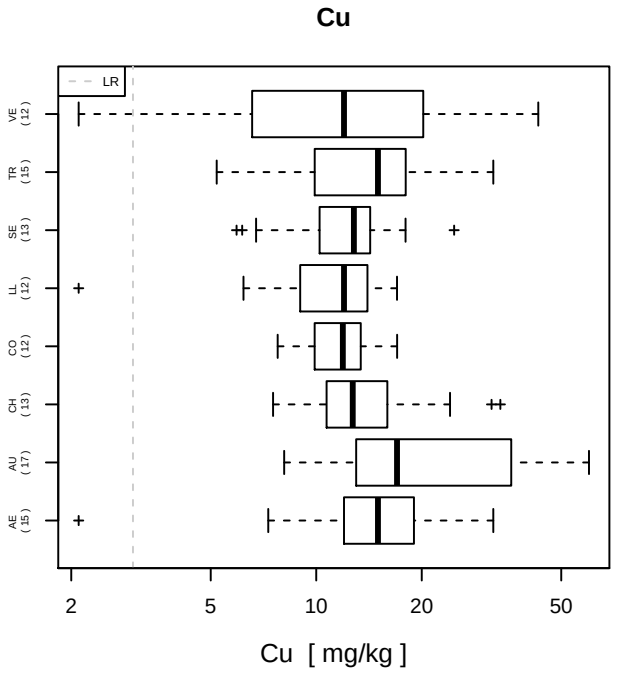

Co
Fonction de répartition
Co [mg/kg]
AE (n 31)
AU (n 23)
CH (n 24)
CO (n 12)
LL (n 24)
SE (n 27)
TR (n 22)
VE (n 15)

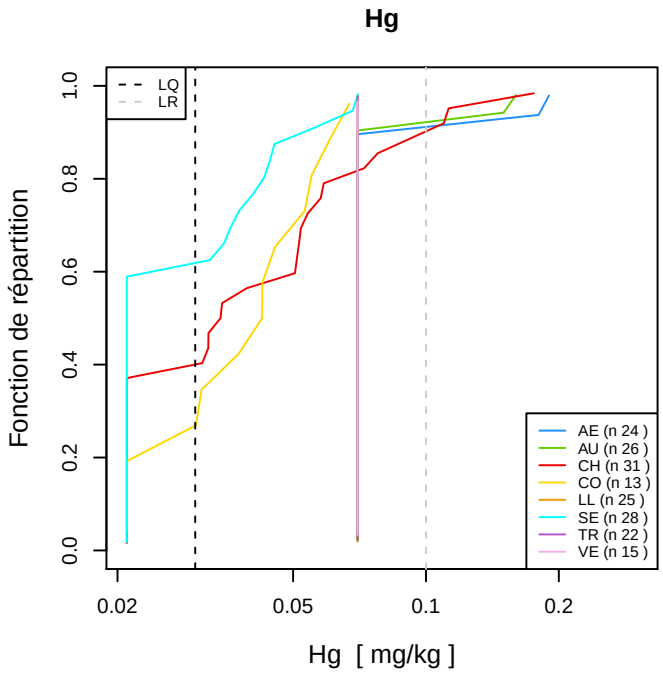

Co
Co [mg/kg]
LR

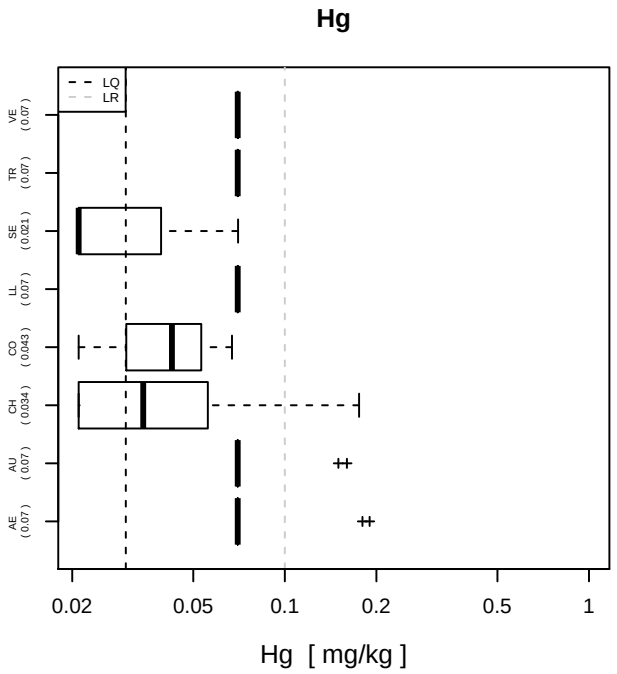

Cr
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
20
50
100
Cr [mg/kg]
AE (n 32)
AU (n 23)
CH (n 30)
CO (n 13)
LL (n 24)
SE (n 27)
TR (n 22)
VE (n 14)

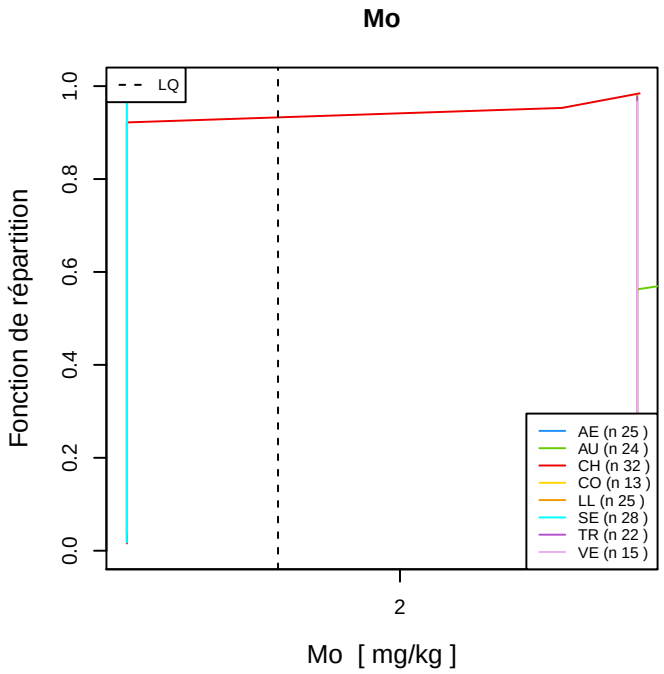

Cr
VE (37)
TR (31)
SE (36)
LL (35)
CO (38)
CH (37)
AU (35)
AE (37)
20
50
100
Cr [mg/kg]

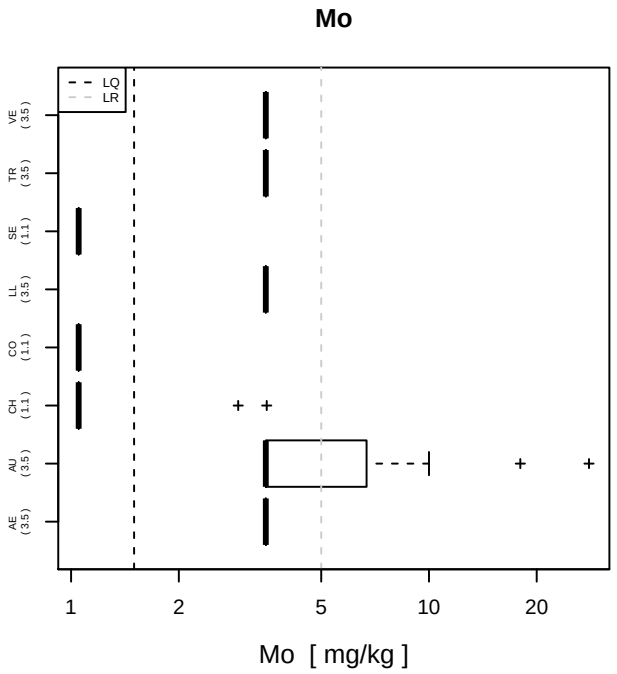

Cu
LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
2
5
10
20
50
Cu [mg/kg]
AE (n 30)
AU (n 25)
CH (n 27)
CO (n 12)
LL (n 25)
SE (n 26)
TR (n 22)
VE (n 15)

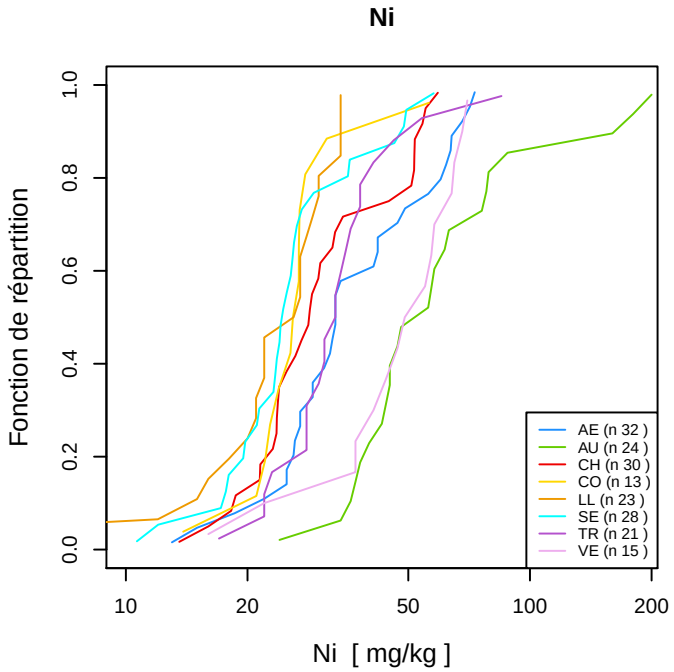

Cu
LR
VE (12)
TR (15)
SE (13)
LL (12)
CO (12)
CH (13)
AU (17)
AE (15)
2
5
10
20
50
Cu [mg/kg]

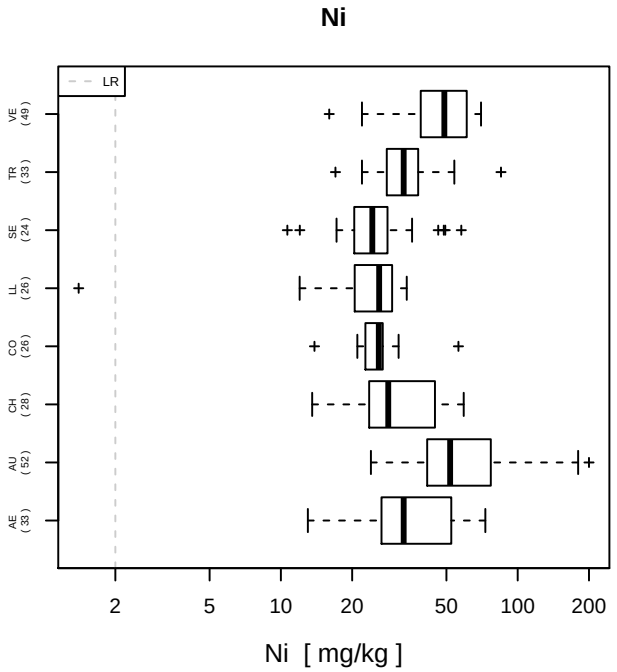

Hg
LQ
LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.02
0.05
0.1
0.2
Hg [mg/kg]
AE (n 24)
AU (n 26)
CH (n 31)
CO (n 13)
LL (n 25)
SE (n 28)
TR (n 22)
VE (n 15)

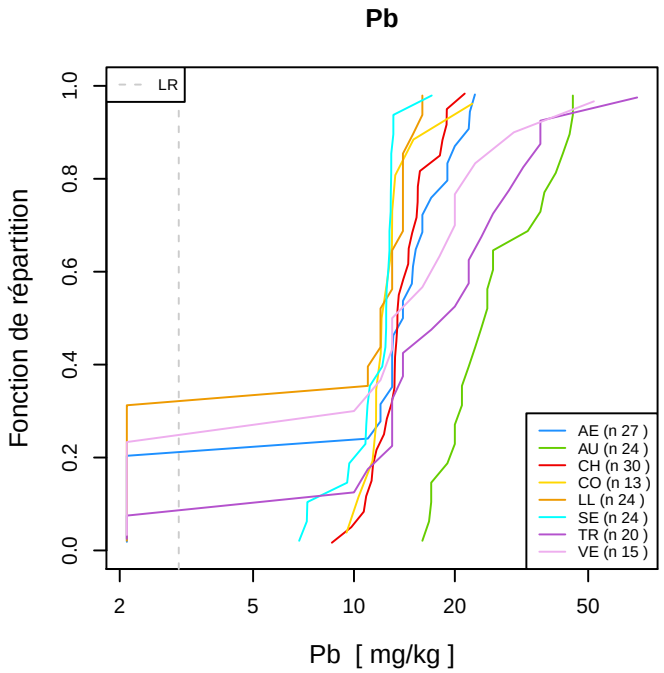

Hg
LQ
LR
VE (0.07)
TR (0.07)
SE (0.021)
LL (0.07)
CO (0.043)
CH (0.034)
AU (0.07)
AE (0.07)
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
Hg [mg/kg]

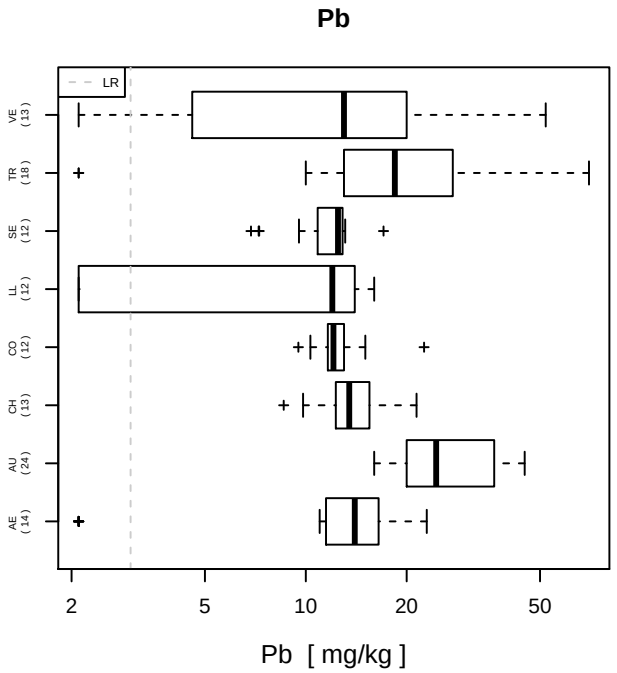

Mo
LQ
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
2
Mo [mg/kg]
AE (n 25)
AU (n 24)
CH (n 32)
CO (n 13)
LL (n 25)
SE (n 28)
TR (n 22)
VE (n 15)

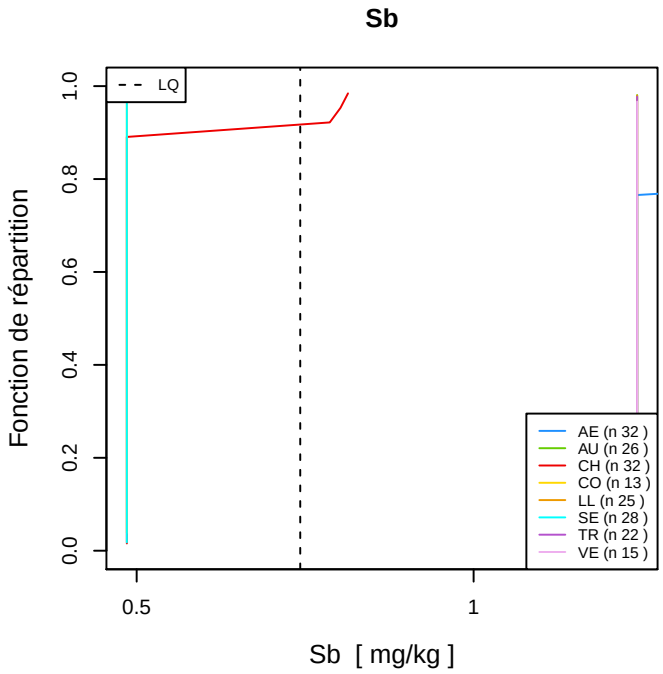

Mo
LQ
LR
VE (35)
TR (35)
SE (11)
LL (35)
CO (11)
CH (11)
AU (35)
AE (35)
1
2
5
10
20
Mo [mg/kg]

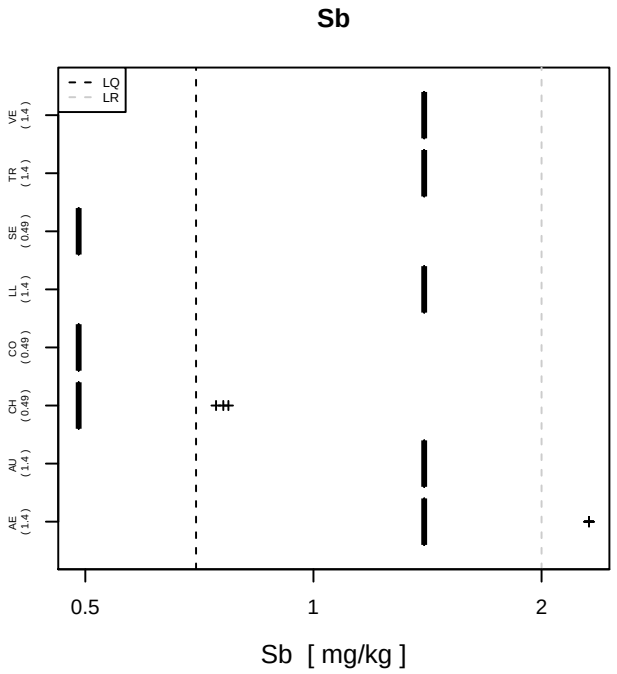

Ni
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
10
20
50
100
200
Ni [mg/kg]
AE (n 32)
AU (n 24)
CH (n 30)
CO (n 13)
LL (n 23)
SE (n 28)
TR (n 21)
VE (n 15)

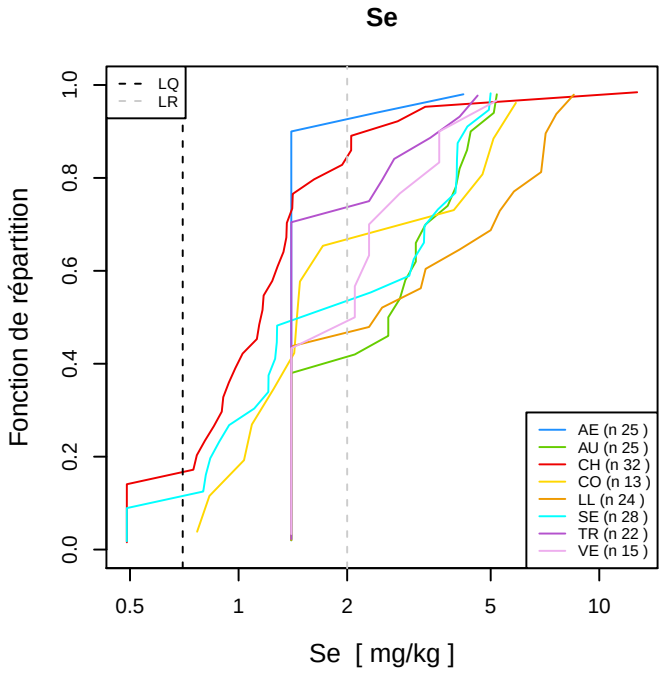

Ni
LR
VE (49)
TR (33)
SE (24)
LL (26)
CO (26)
CH (28)
AU (52)
AE (38)
2
5
10
20
50
100
200
Ni [mg/kg]

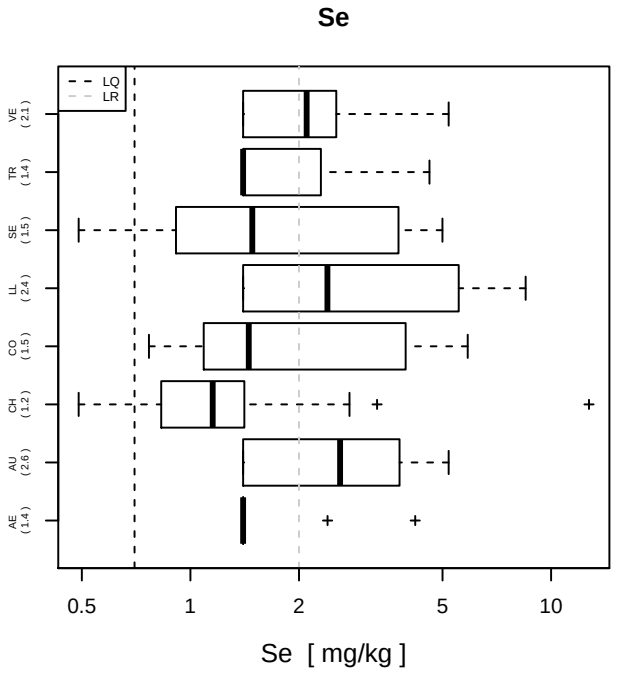

Pb
LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
2
5
10
20
50
Pb [mg/kg]
AE (n 27)
AU (n 24)
CH (n 30)
CO (n 13)
LL (n 24)
SE (n 24)
TR (n 20)
VE (n 15)

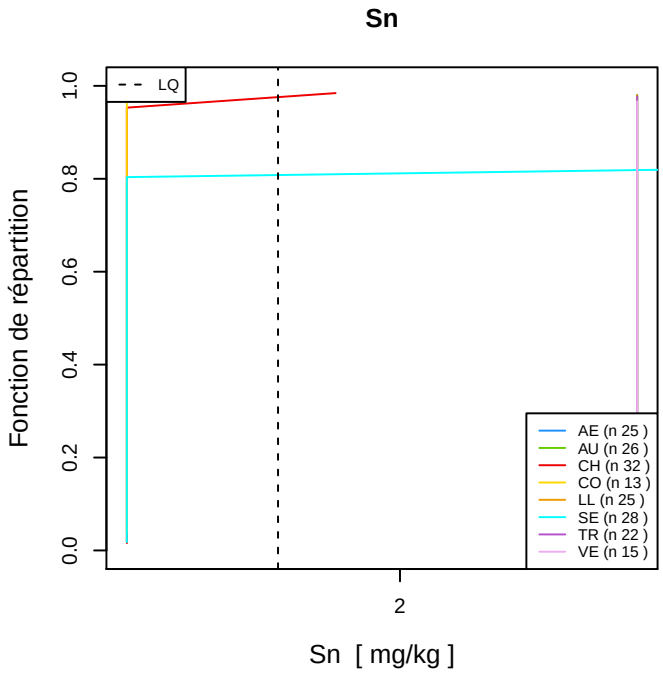

Pb
LR
VE (13)
TR (18)
SE (12)
LL (12)
CO (12)
CH (13)
AU (24)
AE (14)
2
5
10
20
50
Pb [mg/kg]

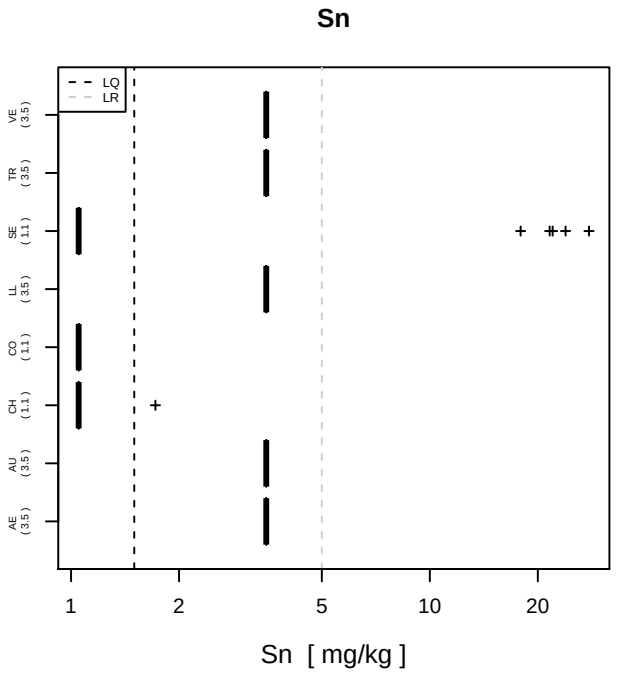

Sb
LQ
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.5
1
Sb [mg/kg]
AE (n 32)
AU (n 26)
CH (n 32)
CO (n 13)
LL (n 25)
SE (n 28)
TR (n 22)
VE (n 15)

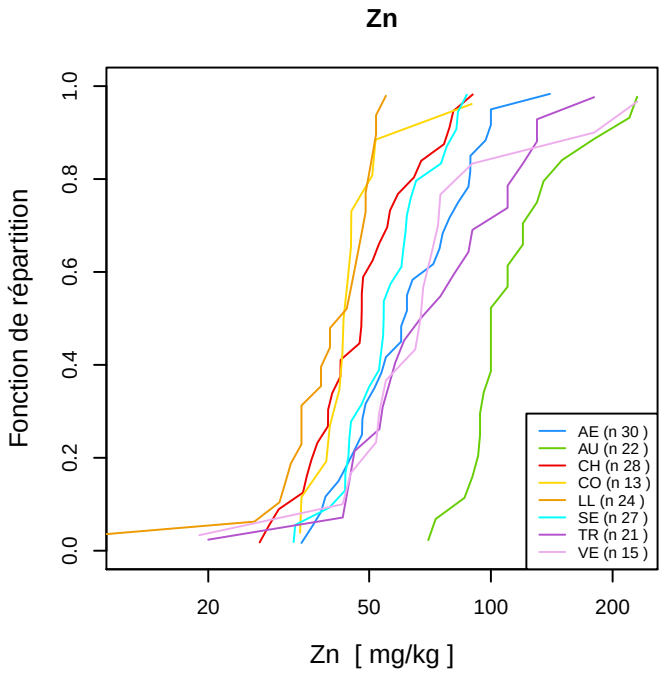

Sb
LQ
LR
VE (1.4)
TR (1.4)
SE (0.49)
LL (1.4)
CO (0.49)
CH (0.49)
AU (1.4)
AE (1.4)
0.5
1
2
Sb [mg/kg]

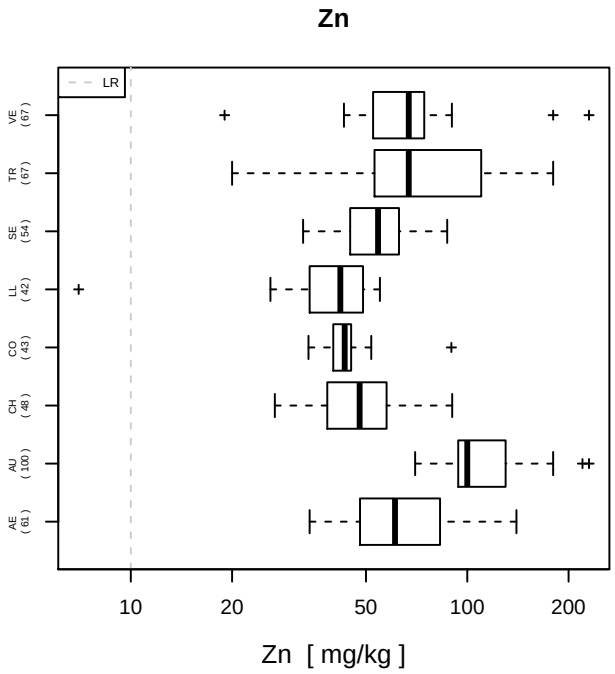

Se
LQ
LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.5
1
2
5
10
Se [mg/kg]
AE (n 25)
AU (n 25)
CH (n 32)
CO (n 13)
LL (n 24)
SE (n 28)
TR (n 22)
VE (n 15)

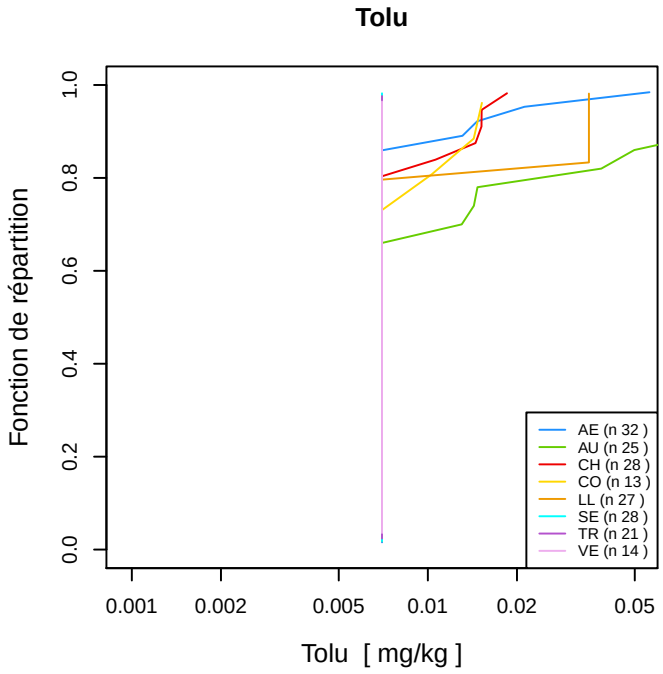

Se
LQ
LR
VE (2.1)
TR (1.4)
SE (1.5)
LL (2.4)
CO (1.5)
CH (1.2)
AU (2.6)
AE (1.4)
0.5
1
2
5
10
Se [mg/kg]

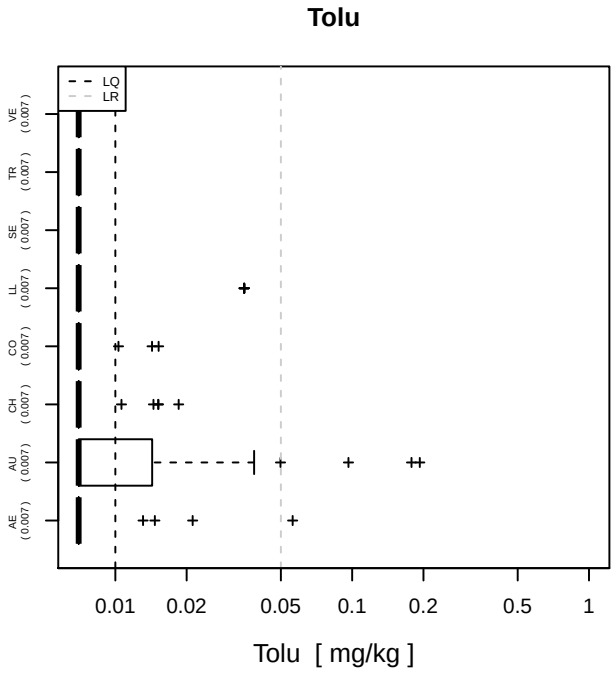

Sn
LQ
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
2
Sn [mg/kg]
AE (n 25)
AU (n 26)
CH (n 32)
CO (n 13)
LL (n 25)
SE (n 28)
TR (n 22)
VE (n 15)

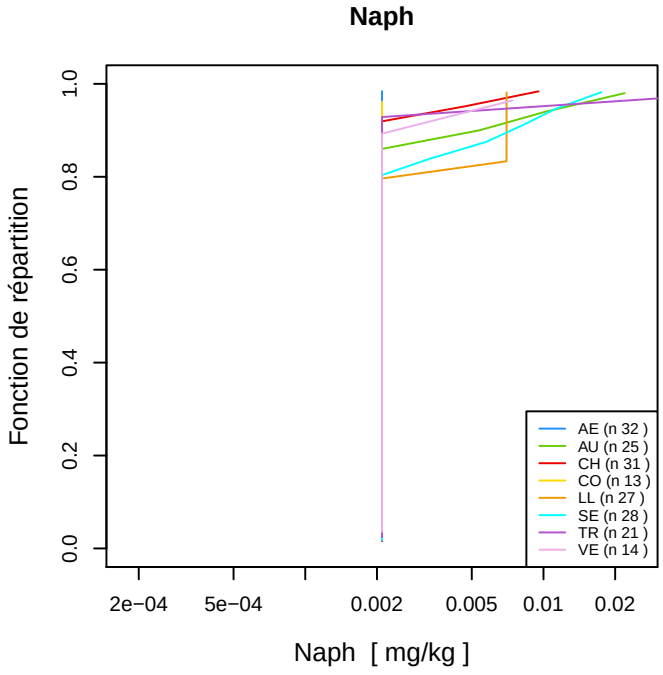

Sn
LQ
LR
VE (3.5)
TR (3.5)
SE (1.1)
LL (3.5)
CO (1.1)
CH (1.1)
AU (3.5)
AE (3.5)
1
2
5
10
20
Sn [mg/kg]

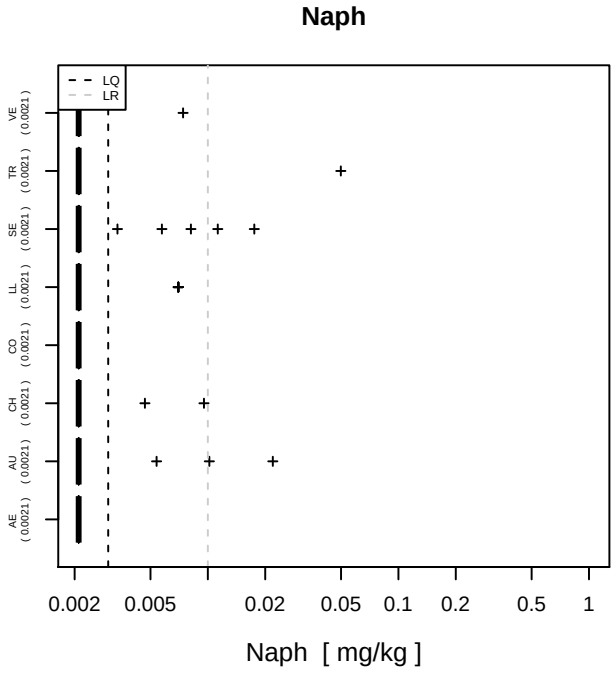

Zn
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
20
50
100
200
Zn [mg/kg]
AE (n 30)
AU (n 22)
CH (n 28)
CO (n 13)
LL (n 24)
SE (n 27)
TR (n 21)
VE (n 15)

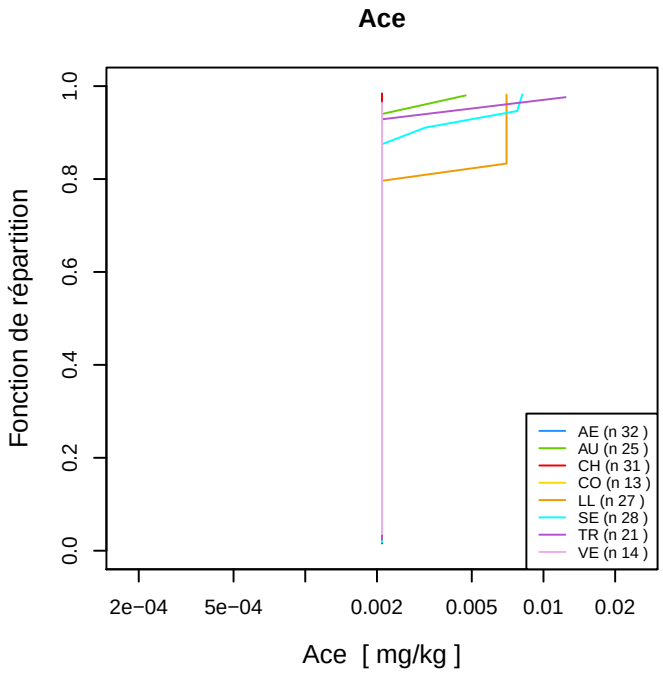

Zn
LR
VE (67)
TR (67)
SE (54)
LL (42)
CO (43)
CH (48)
AU (100)
AE (61)
10
20
50
100
200
Zn [mg/kg]

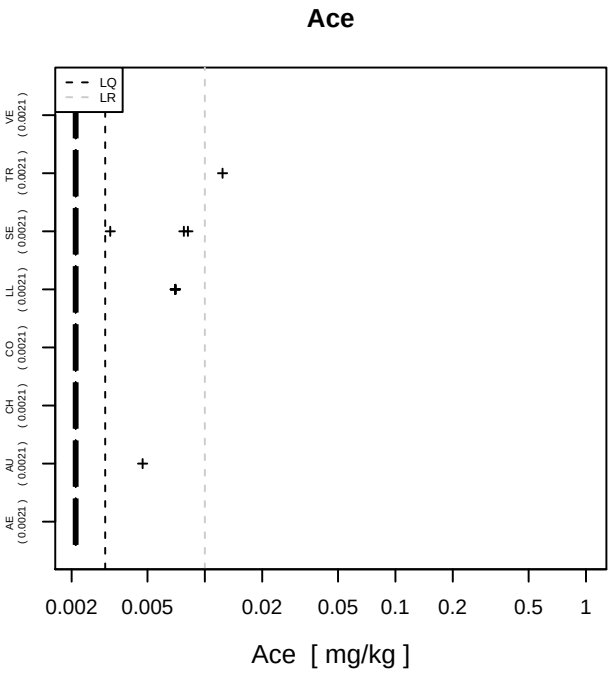

Tolu
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.001
0.002
0.005
0.01
0.02
0.05
Tolu [mg/kg]
AE (n 32)
AU (n 25)
CH (n 28)
CO (n 13)
LL (n 27)
SE (n 28)
TR (n 21)
VE (n 14)

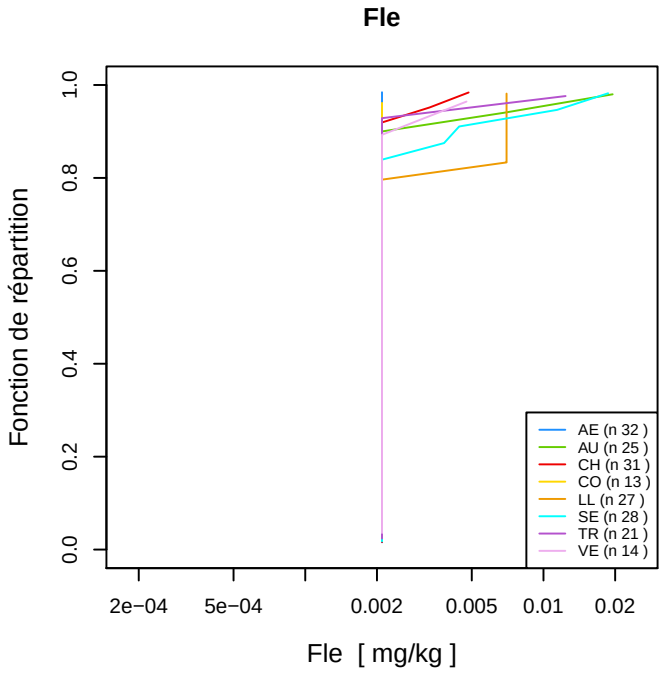

Tolu
LQ
LR
VE (0.007)
TR (0.007)
SE (0.007)
LL (0.007)
CO (0.007)
CH (0.007)
AU (0.007)
AE (0.007)
0.01
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
Tolu [mg/kg]

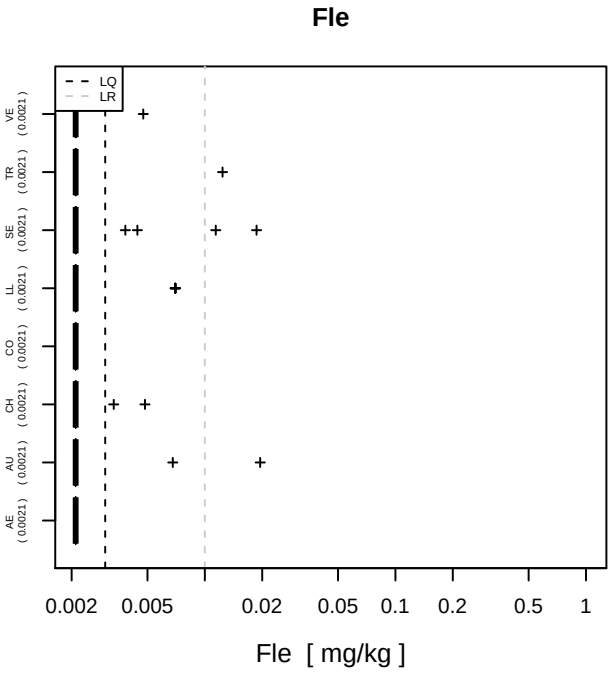

Naph
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
2e−04
5e−04
0.002
0.005
0.01
0.02
Naph [mg/kg]
AE (n 32)
AU (n 25)
CH (n 31)
CO (n 13)
LL (n 27)
SE (n 28)
TR (n 21)
VE (n 14)

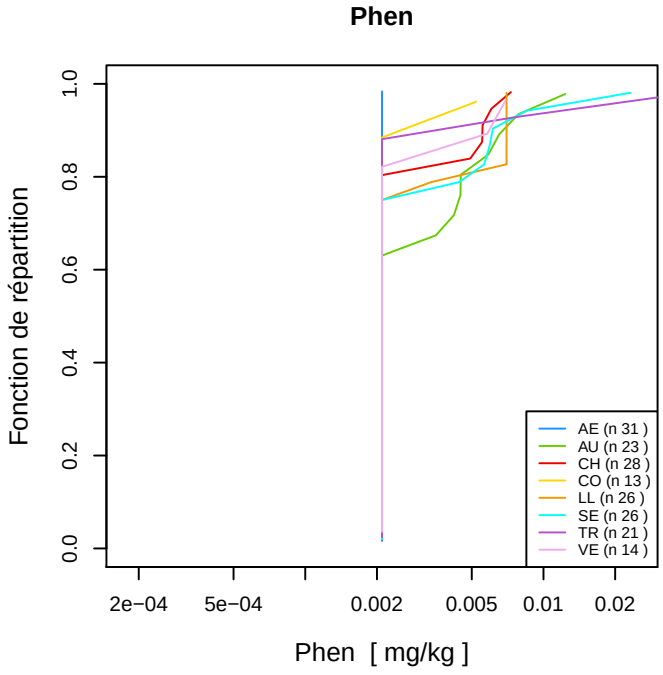

Naph
LQ
LR
VE (0.0021)
TR (0.0021)
SE (0.0021)
LL (0.0021)
CO (0.0021)
CH (0.0021)
AU (0.0021)
AE (0.0021)
0.002
0.005
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
Naph [mg/kg]

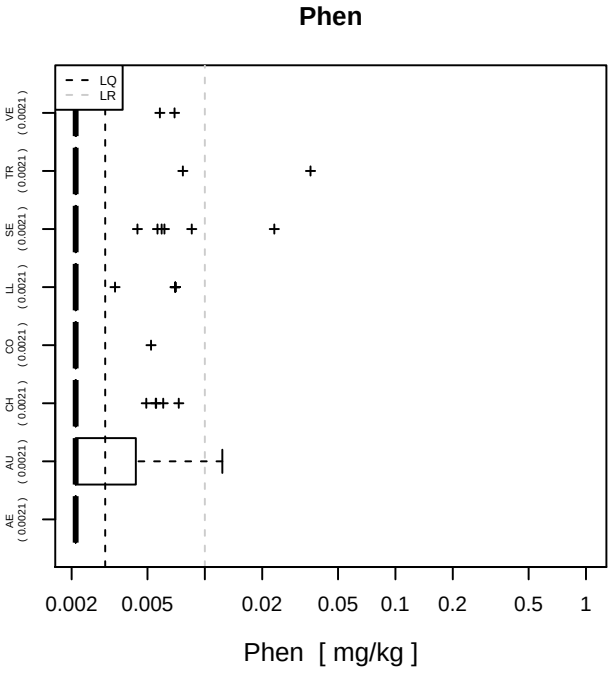

Ace
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
2e−04
5e−04
0.002
0.005
0.01
0.02
Ace [mg/kg]
AE (n 32)
AU (n 25)
CH (n 31)
CO (n 13)
LL (n 27)
SE (n 28)
TR (n 21)
VE (n 14)

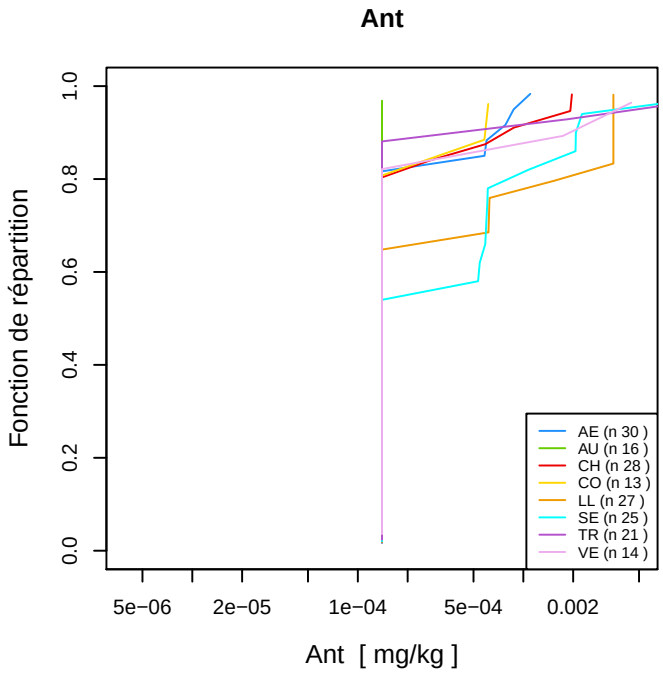

Ace
LQ
LR
VE (0.0021)
TR (0.0021)
SE (0.0021)
LL (0.0021)
CO (0.0021)
CH (0.0021)
AU (0.0021)
AE (0.0021)
0.002
0.005
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
Ace [mg/kg]

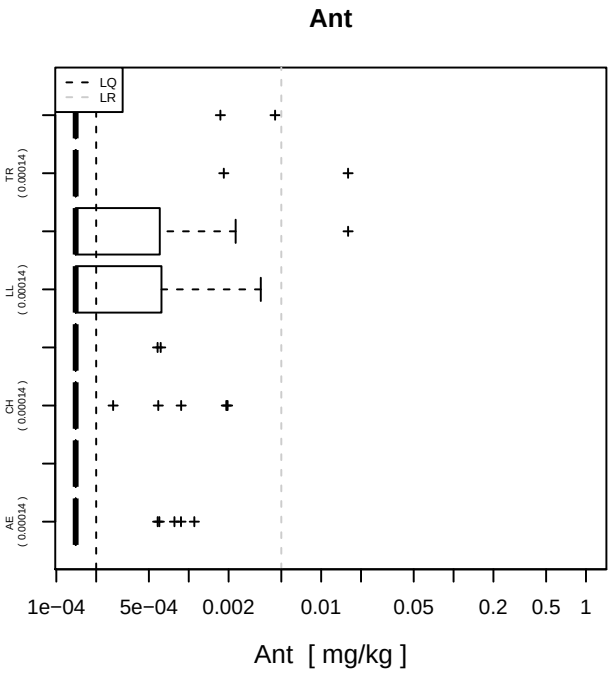

Fle
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
2e−04
5e−04
0.002
0.005
0.01
0.02
Fle [mg/kg]
AE (n 32)
AU (n 25)
CH (n 31)
CO (n 13)
LL (n 27)
SE (n 28)
TR (n 21)
VE (n 14)

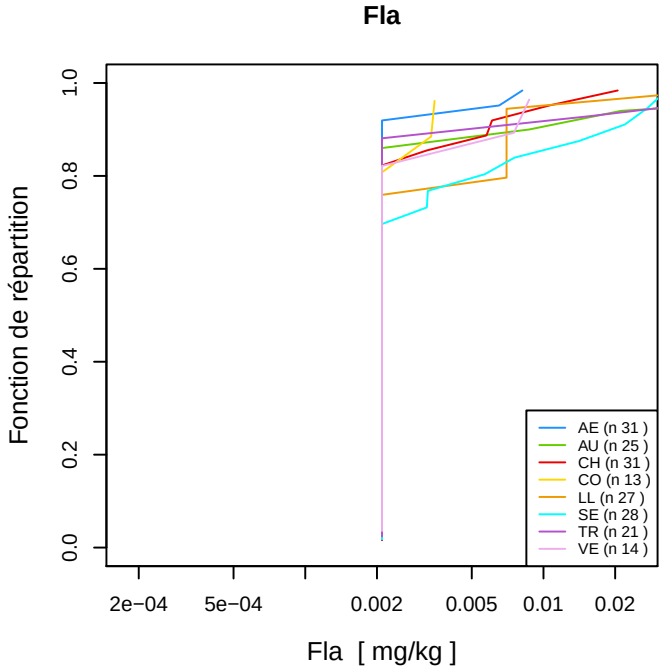

Fle
LQ
LR
VE (0.0021)
TR (0.0021)
SE (0.0021)
LL (0.0021)
CO (0.0021)
CH (0.0021)
AU (0.0021)
AE (0.0021)
0.002
0.005
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
Fle [mg/kg]

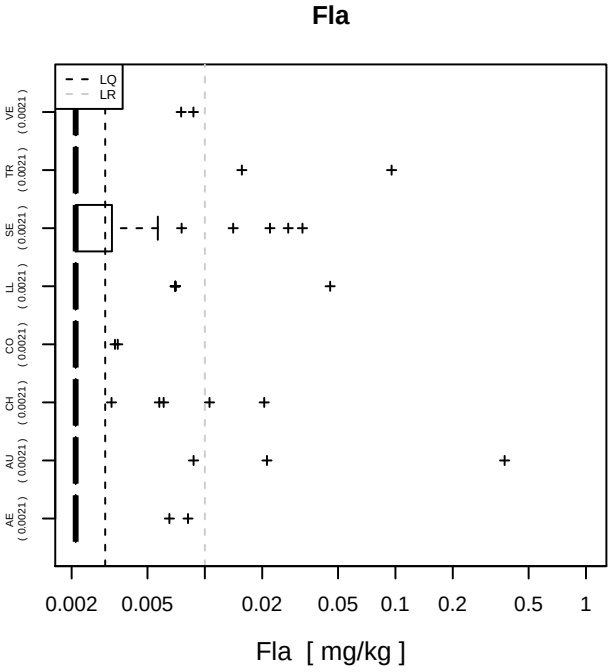

Phen
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
2e−04
5e−04
0.002
0.005
0.01
0.02
Phen [mg/kg]
AE (n 31)
AU (n 23)
CH (n 28)
CO (n 13)
LL (n 26)
SE (n 26)
TR (n 21)
VE (n 14)

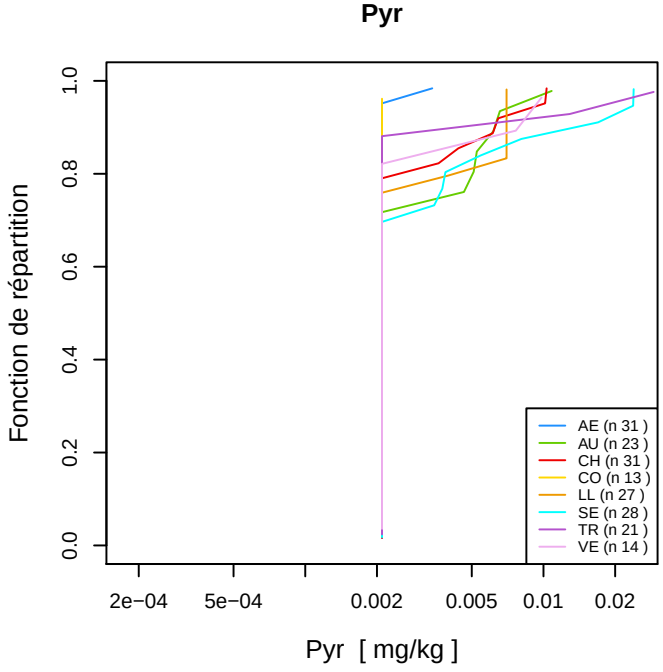

Phen
LQ
LR
VE (0.0021)
TR (0.0021)
SE (0.0021)
LL (0.0021)
CO (0.0021)
CH (0.0021)
AU (0.0021)
AE (0.0021)
0.002
0.005
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
Phen [mg/kg]

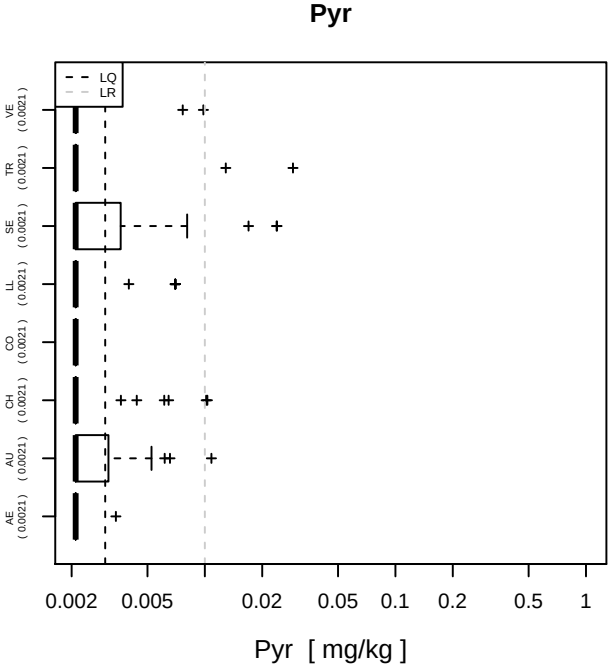

Ant
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
5e−06
2e−05
1e−04
5e−04
0.002
Ant [mg/kg]
AE (n 30)
AU (n 16)
CH (n 28)
CO (n 13)
LL (n 27)
SE (n 25)
TR (n 21)
VE (n 14)


Ant
LQ
LR
TR (0.00014)
LL (0.00014)
CH (0.00014)
AE (0.00014)
1e−04
5e−04
0.002
0.01
0.05
0.2
0.5
1
Ant [mg/kg]

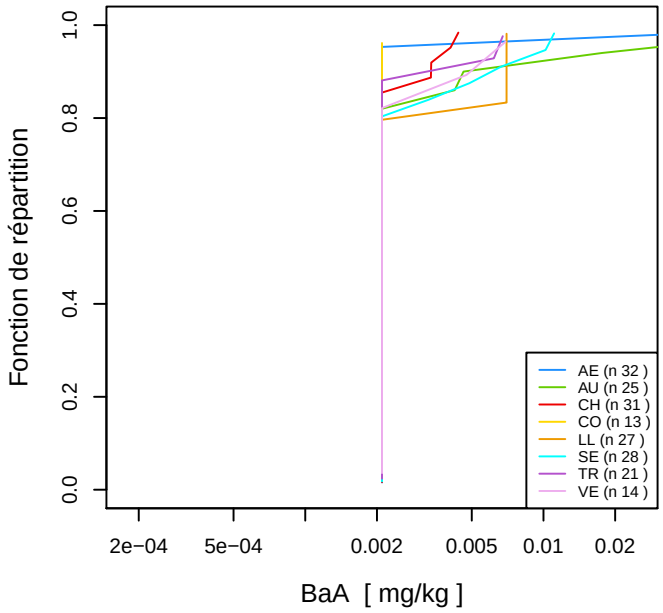

Fla
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
2e−04
5e−04
0.002
0.005
0.01
0.02
Fla [mg/kg]
AE (n 31)
AU (n 25)
CH (n 31)
CO (n 13)
LL (n 27)
SE (n 28)
TR (n 21)
VE (n 14)


Fla
LQ
LR
VE (0.0021)
TR (0.0021)
SE (0.0021)
LL (0.0021)
CO (0.0021)
CH (0.0021)
AU (0.0021)
AE (0.0021)
0.002
0.005
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
Fla [mg/kg]

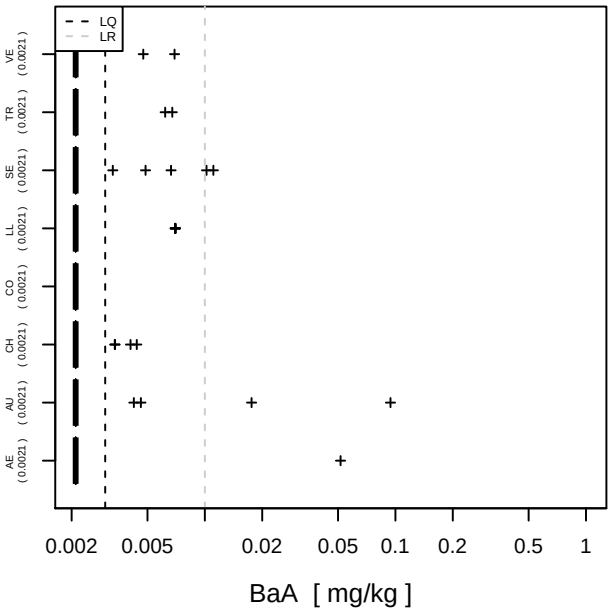

Pyr
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
2e−04
5e−04
0.002
0.005
0.01
0.02
Pyr [mg/kg]
AE (n 31)
AU (n 23)
CH (n 31)
CO (n 13)
LL (n 27)
SE (n 28)
TR (n 21)
VE (n 14)


Pyr
LQ
LR
VE (0.0021)
TR (0.0021)
SE (0.0021)
LL (0.0021)
CO (0.0021)
CH (0.0021)
AU (0.0021)
AE (0.0021)
0.002
0.005
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
Pyr [mg/kg]

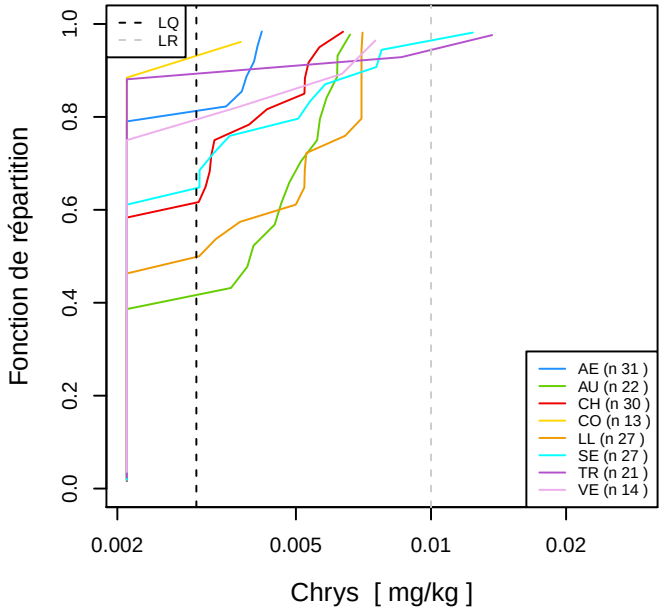
BaA



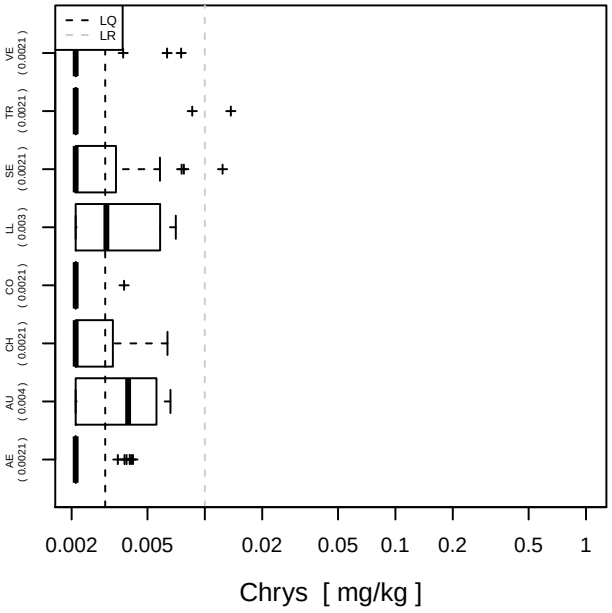
BaA



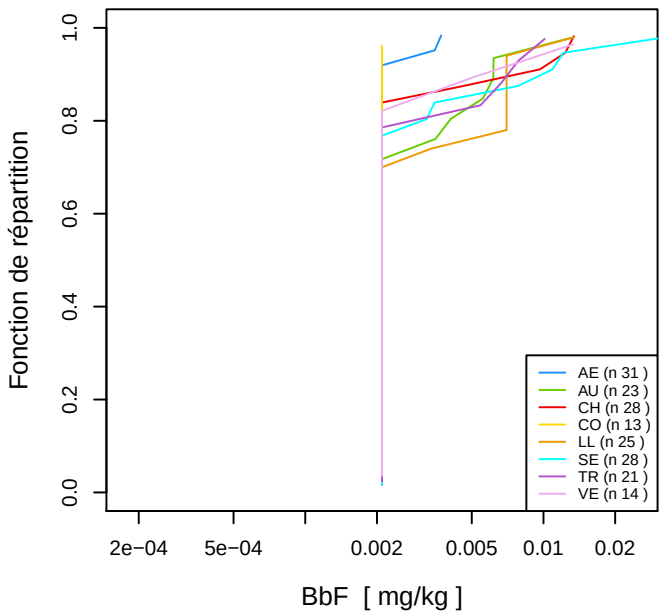
Chrys



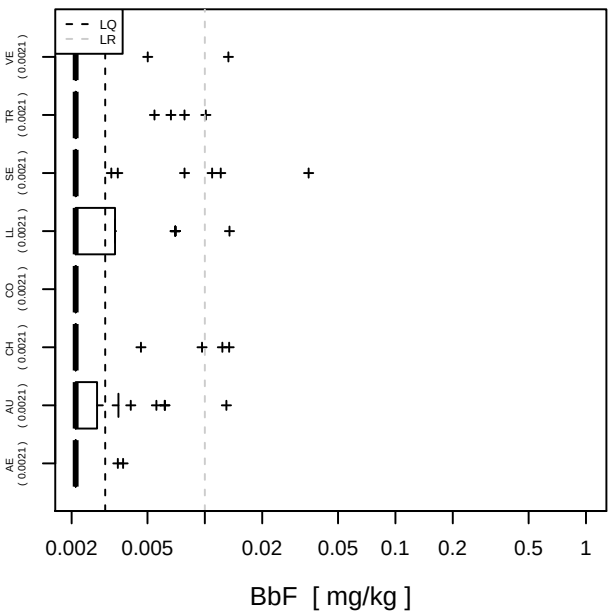
Chrys

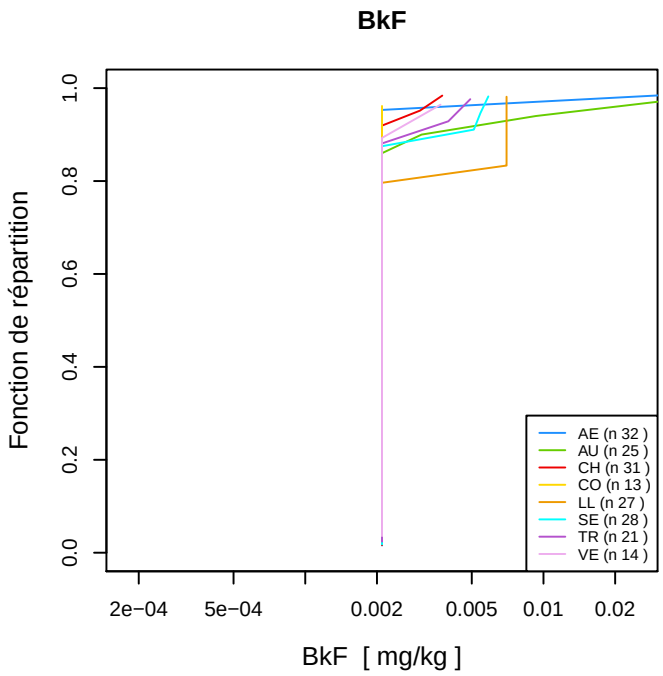


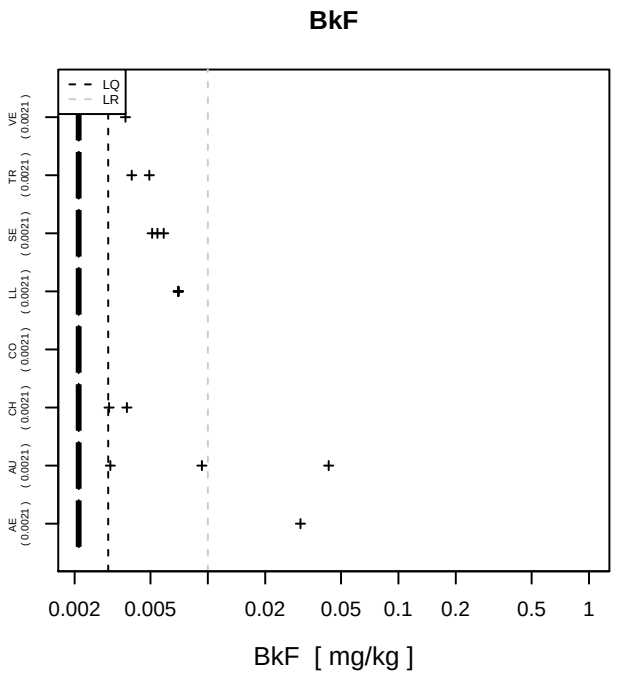
BbF

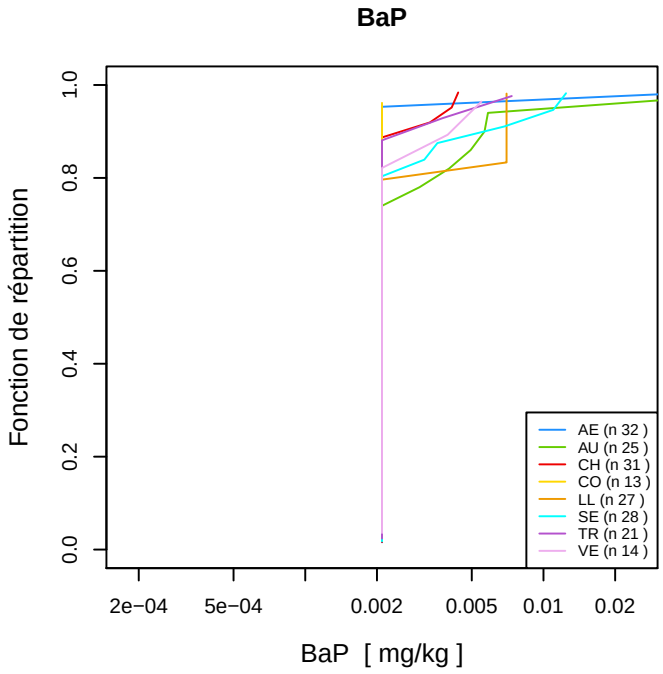


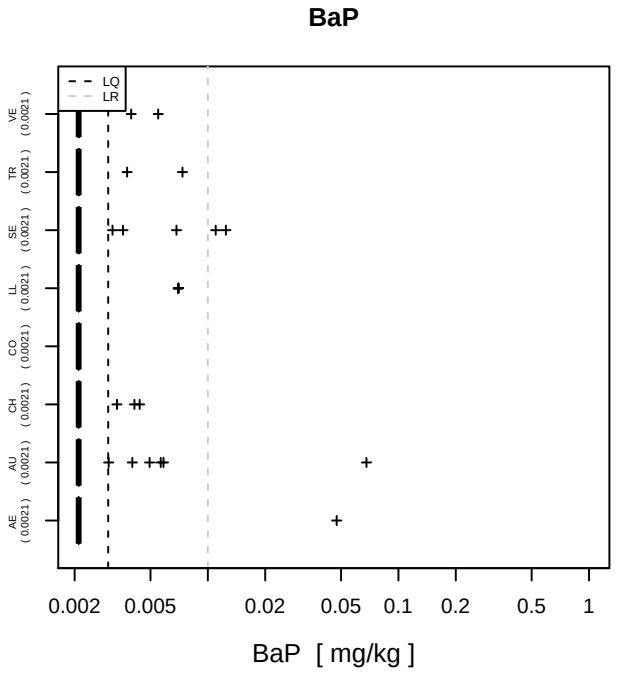
BbF

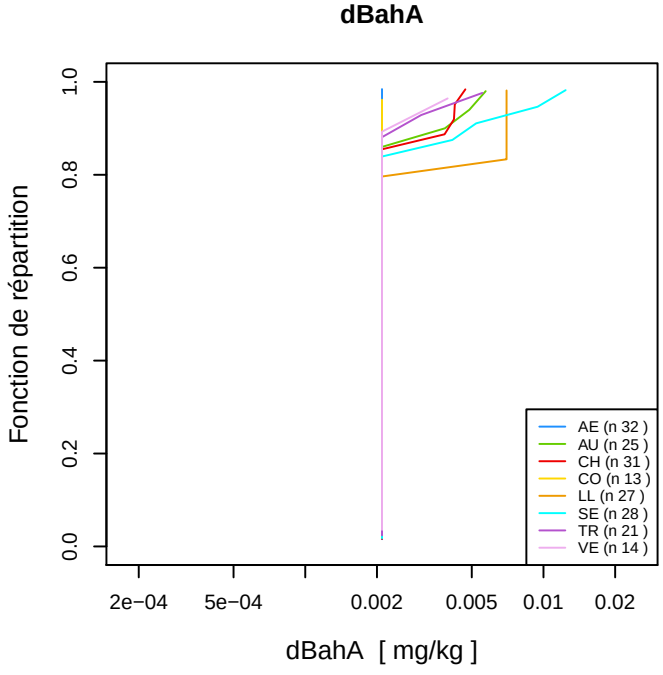


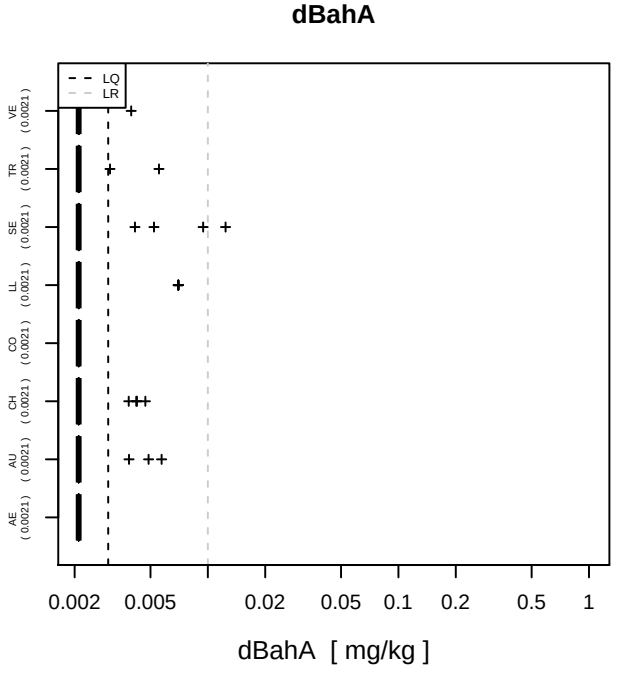

BkF
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
2e−04
5e−04
0.002
0.005
0.01
0.02
BkF [mg/kg]
AE (n 32)
AU (n 25)
CH (n 31)
CO (n 13)
LL (n 27)
SE (n 28)
TR (n 21)
VE (n 14)

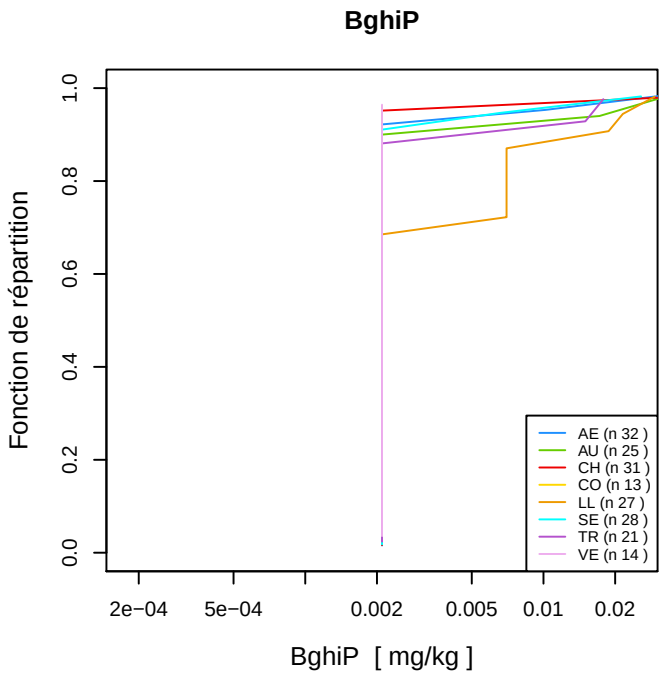

BkF
LQ
LR
VE (0.0021)
TR (0.0021)
SE (0.0021)
LL (0.0021)
CO (0.0021)
CH (0.0021)
AU (0.0021)
AE (0.0021)
0.002
0.005
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
BkF [mg/kg]

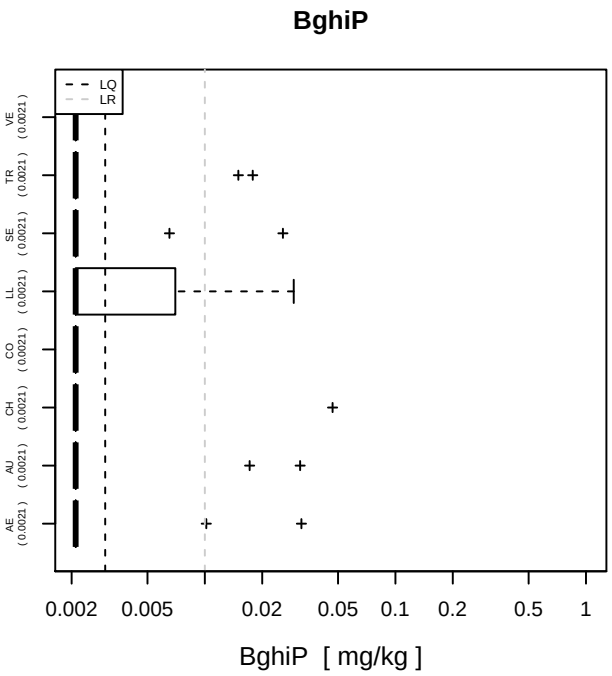

BaP
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
2e−04
5e−04
0.002
0.005
0.01
0.02
BaP [mg/kg]
AE (n 32)
AU (n 25)
CH (n 31)
CO (n 13)
LL (n 27)
SE (n 28)
TR (n 21)
VE (n 14)

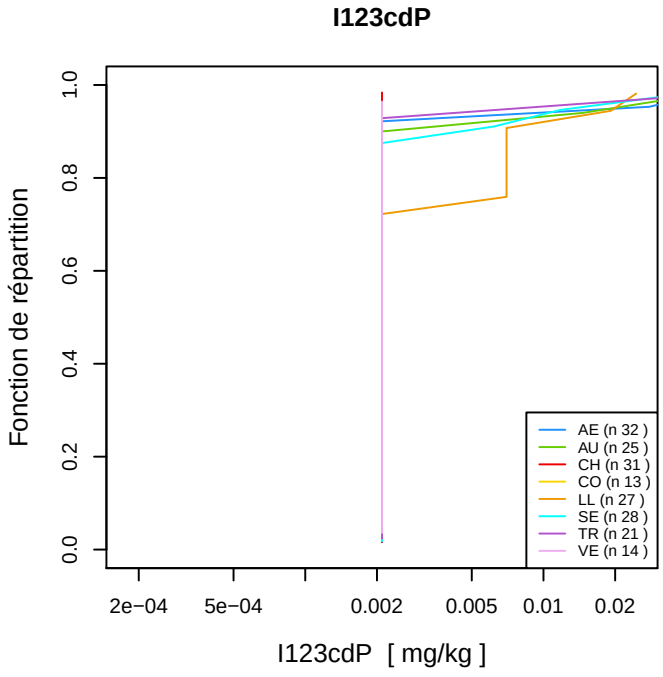

BaP
LQ
LR
VE (0.0021)
TR (0.0021)
SE (0.0021)
LL (0.0021)
CO (0.0021)
CH (0.0021)
AU (0.0021)
AE (0.0021)
0.002
0.005
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
BaP [mg/kg]

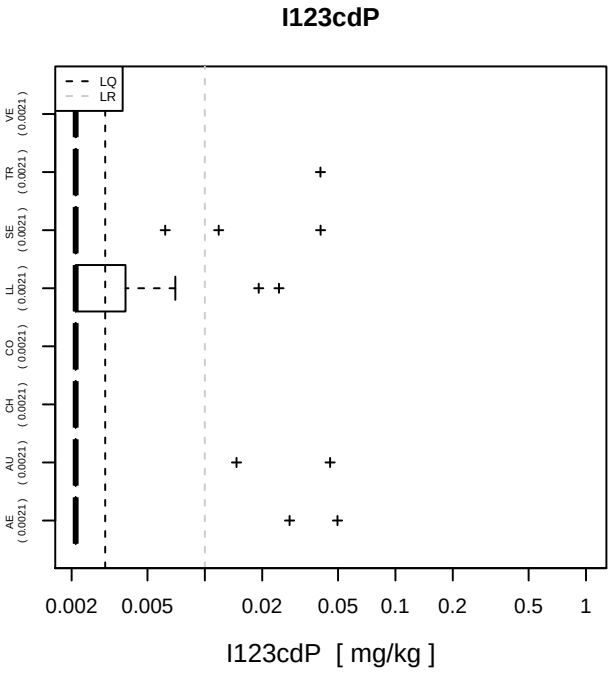

dBahA
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
2e−04
5e−04
0.002
0.005
0.01
0.02
dBahA [mg/kg]
AE (n 32)
AU (n 25)
CH (n 31)
CO (n 13)
LL (n 27)
SE (n 28)
TR (n 21)
VE (n 14)

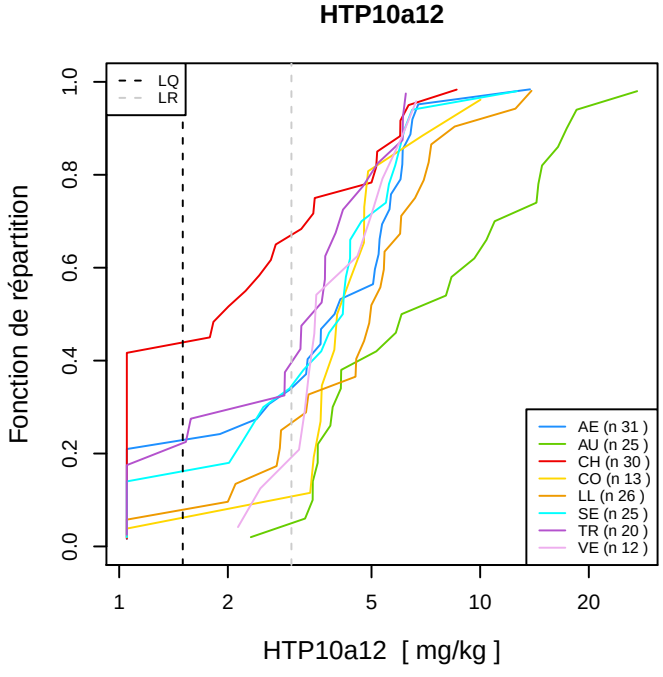

dBahA
LQ
LR
VE (0.0021)
TR (0.0021)
SE (0.0021)
LL (0.0021)
CO (0.0021)
CH (0.0021)
AU (0.0021)
AE (0.0021)
0.002
0.005
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
dBahA [mg/kg]

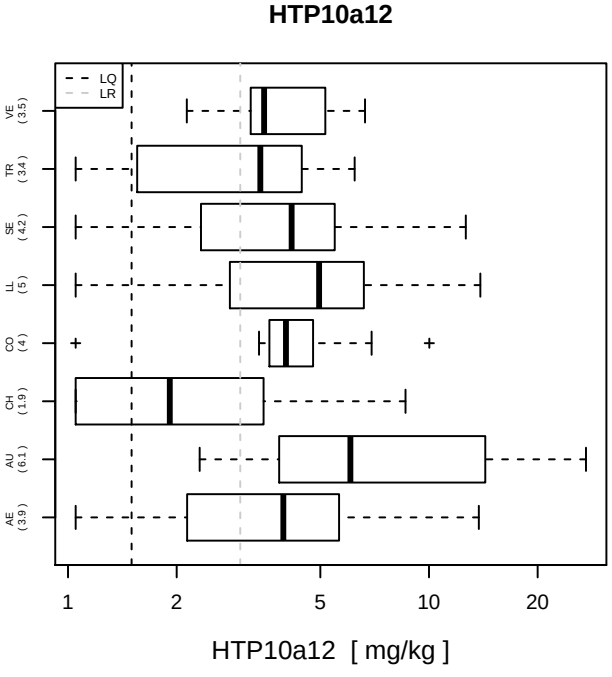

BghiP
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
2e−04
5e−04
0.002
0.005
0.01
0.02
BghiP [mg/kg]
AE (n 32)
AU (n 25)
CH (n 31)
CO (n 13)
LL (n 27)
SE (n 28)
TR (n 21)
VE (n 14)


BghiP
LQ
LR
VE (0.0021)
TR (0.0021)
SE (0.0021)
LL (0.0021)
CO (0.0021)
CH (0.0021)
AU (0.0021)
AE (0.0021)
0.002
0.005
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
BghiP [mg/kg]

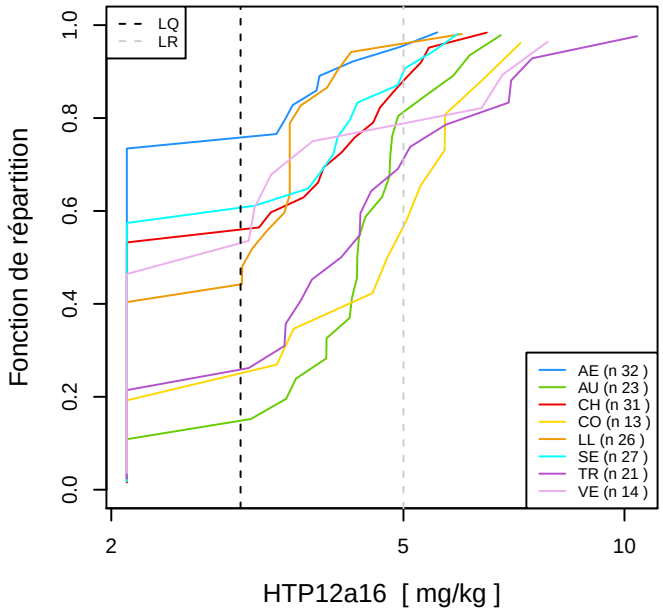

I123cdP
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
2e−04
5e−04
0.002
0.005
0.01
0.02
I123cdP [mg/kg]
AE (n 32)
AU (n 25)
CH (n 31)
CO (n 13)
LL (n 27)
SE (n 28)
TR (n 21)
VE (n 14)


I123cdP
LQ
LR
VE (0.0021)
TR (0.0021)
SE (0.0021)
LL (0.0021)
CO (0.0021)
CH (0.0021)
AU (0.0021)
AE (0.0021)
0.002
0.005
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
I123cdP [mg/kg]

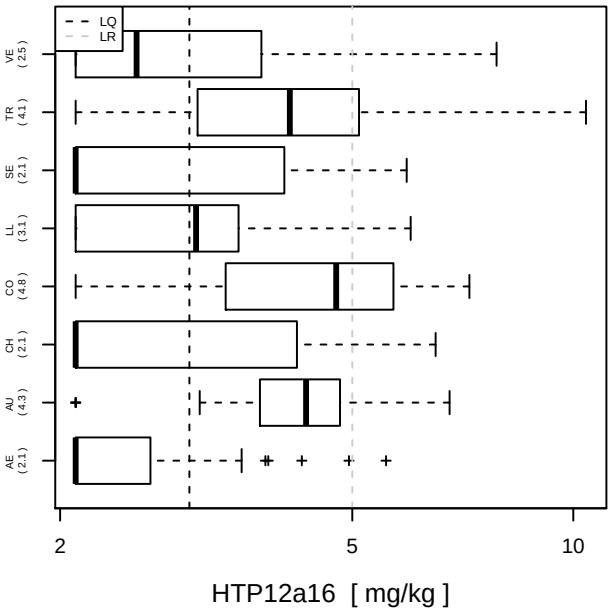

HTP10a12
LQ
LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
1
2
5
10
20
HTP10a12 [mg/kg]
AE (n 31)
AU (n 25)
CH (n 30)
CO (n 13)
LL (n 26)
SE (n 25)
TR (n 20)
VE (n 12)


HTP10a12
LQ
LR
VE (3.5)
TR (3.4)
SE (4.2)
LL (5)
CO (4)
CH (1.9)
AU (6.1)
AE (3.9)
1
2
5
10
20
HTP10a12 [mg/kg]

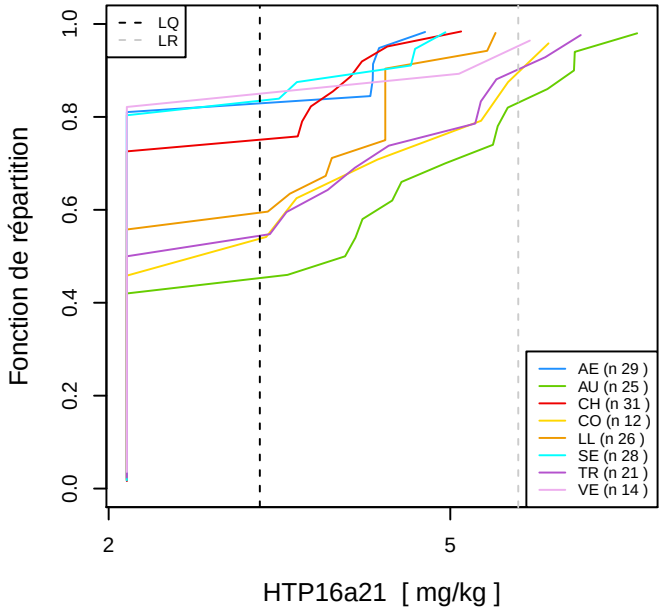
HTP12a16



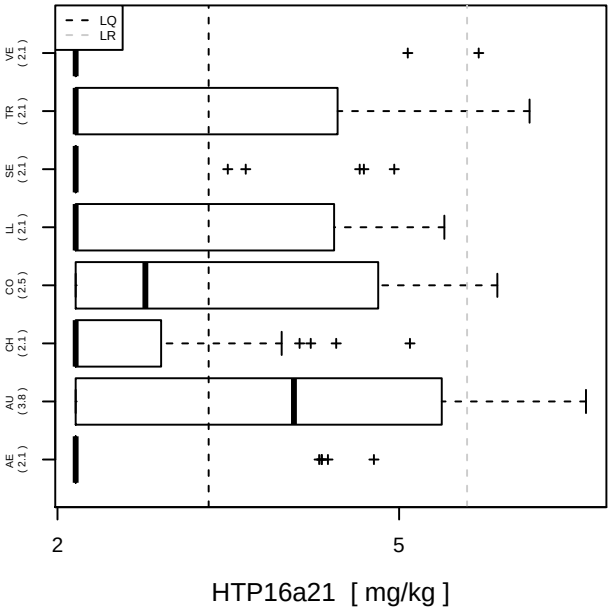
HTP12a16



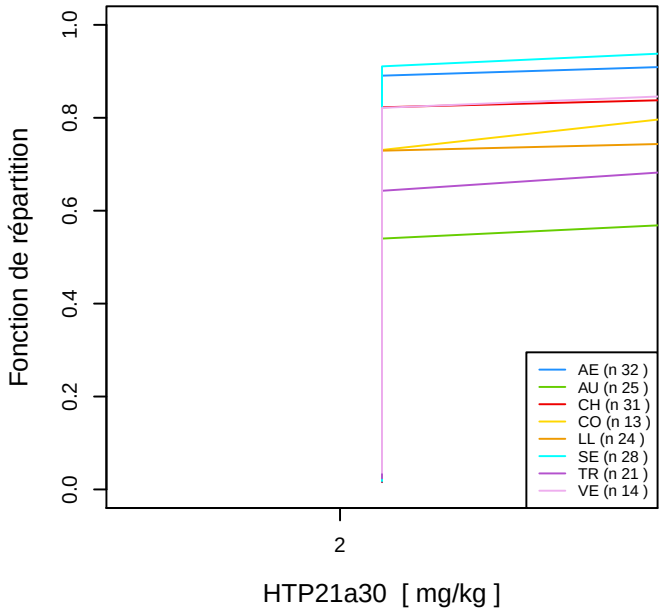
HTP16a21



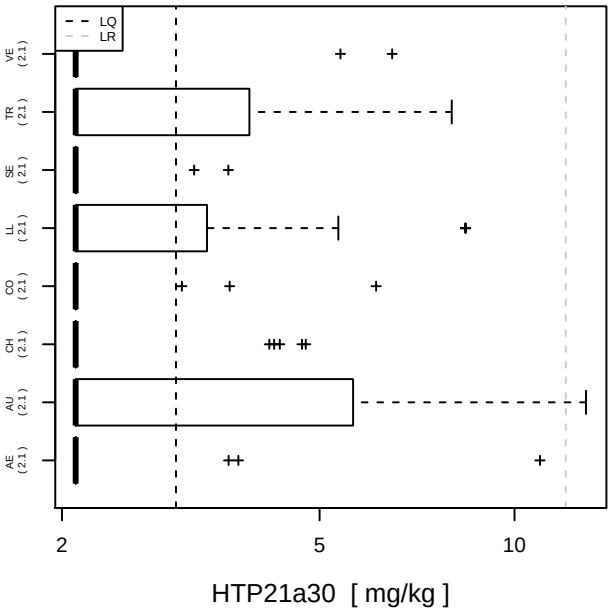
HTP16a21

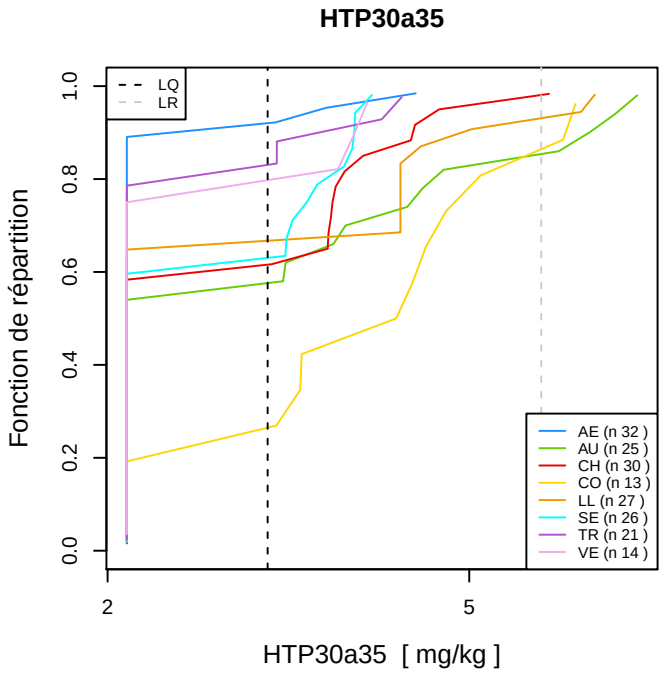


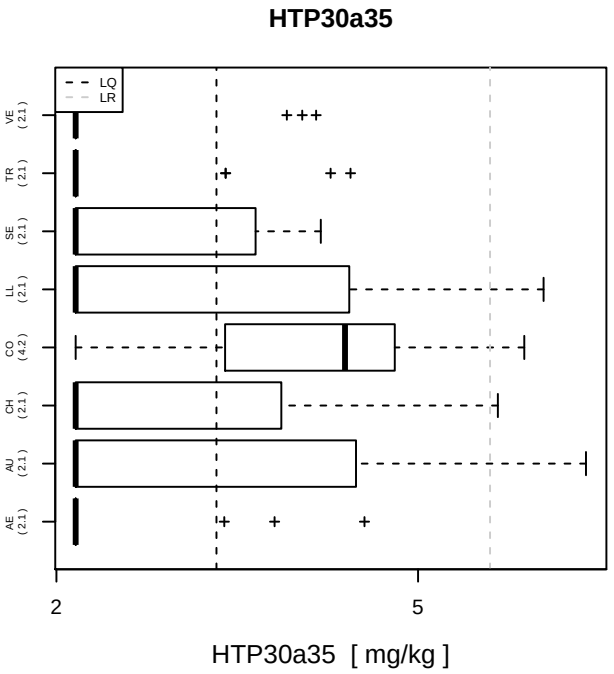
HTP21a30

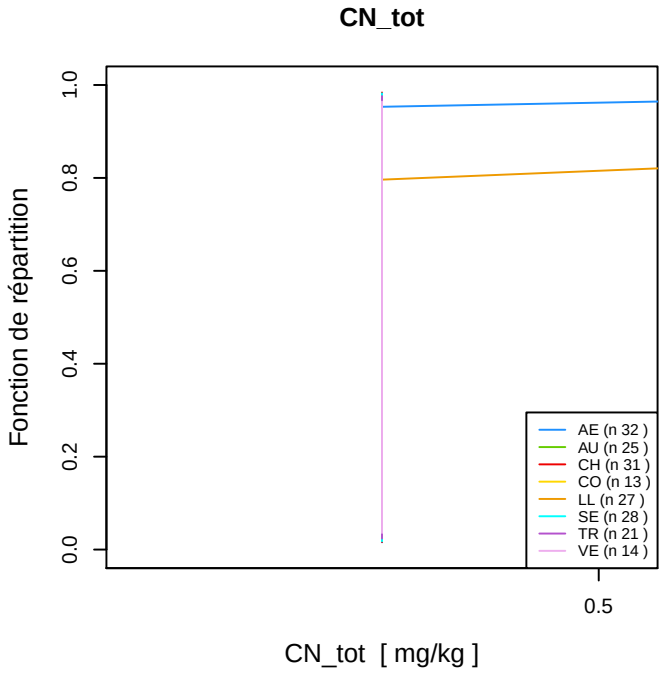


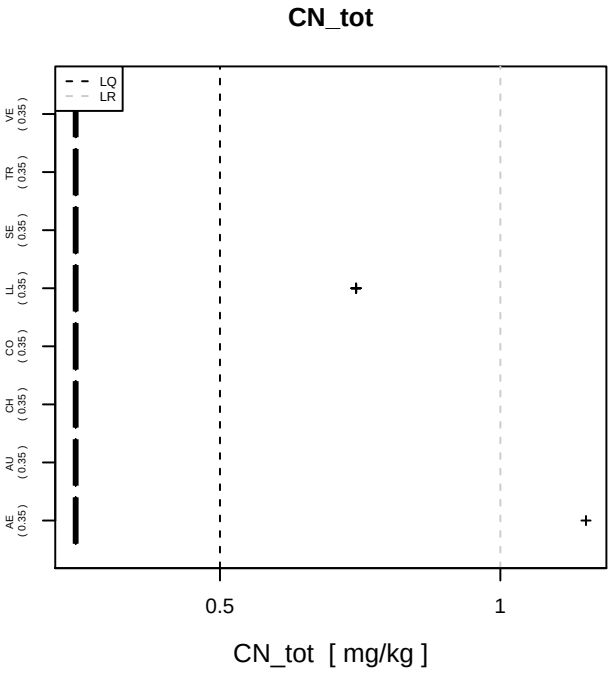
HTP21a30

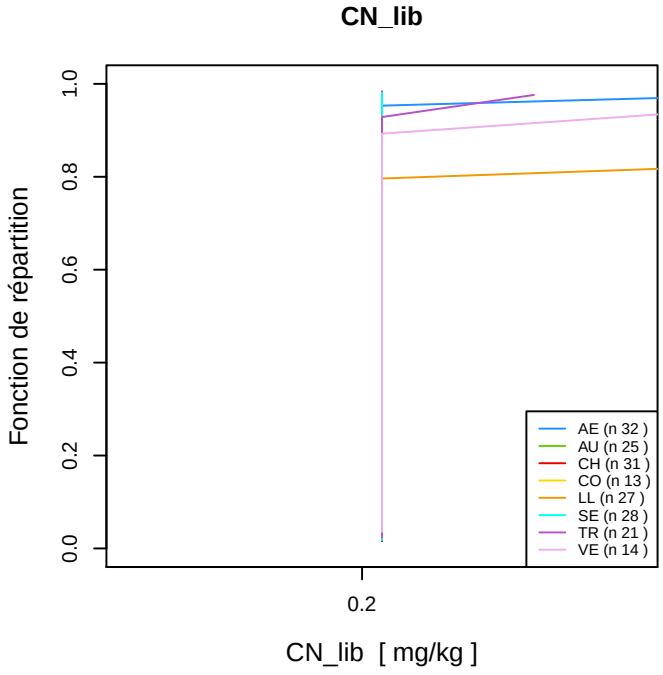


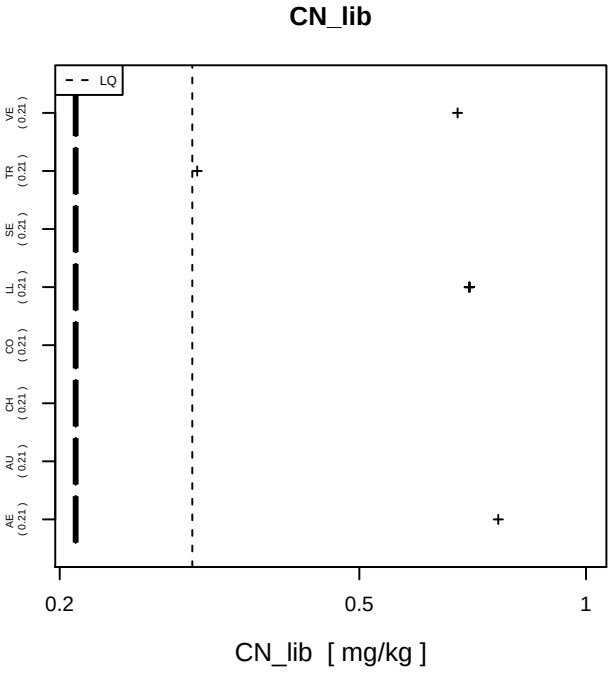

HTP30a35
Fonction de répartition
HTP30a35 [mg/kg]
LQ
LR
AE (n 32)
AU (n 25)
CH (n 30)
CO (n 13)
LL (n 27)
SE (n 26)
TR (n 21)
VE (n 14)

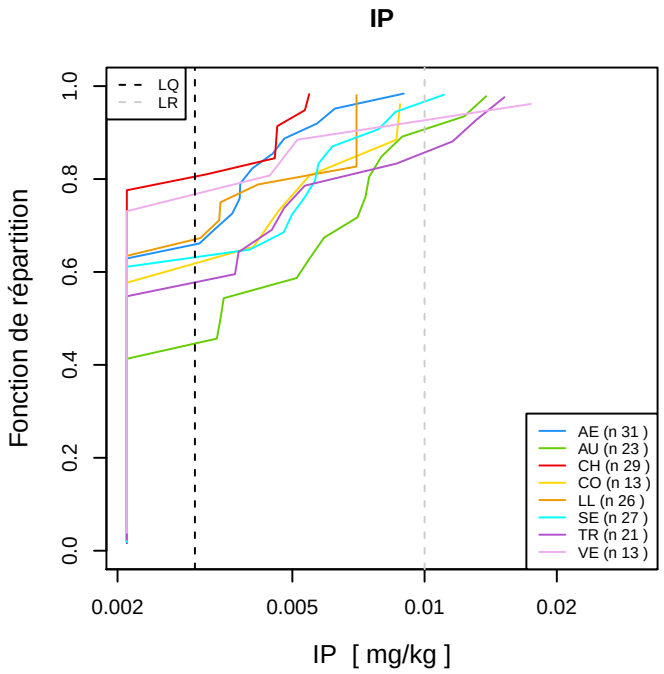

HTP30a35
HTP30a35 [mg/kg]
LQ
LR

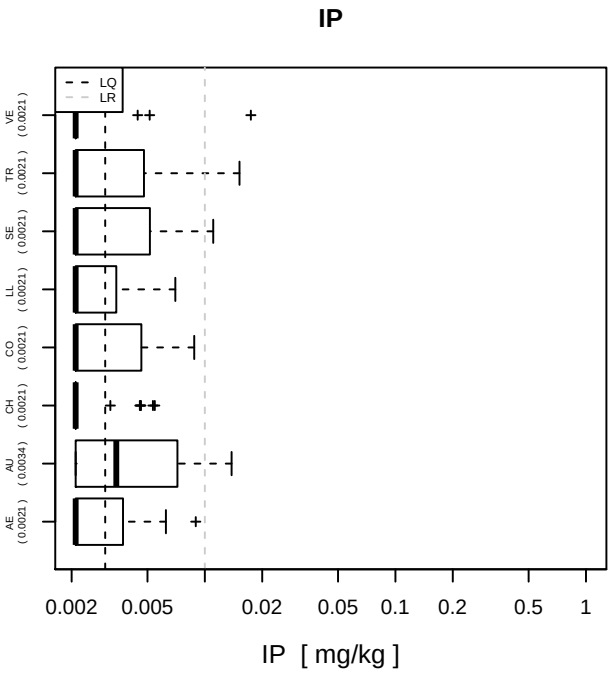

CN_tot
Fonction de répartition
CN_tot [mg/kg]
AE (n 32)
AU (n 25)
CH (n 31)
CO (n 13)
LL (n 27)
SE (n 28)
TR (n 21)
VE (n 14)

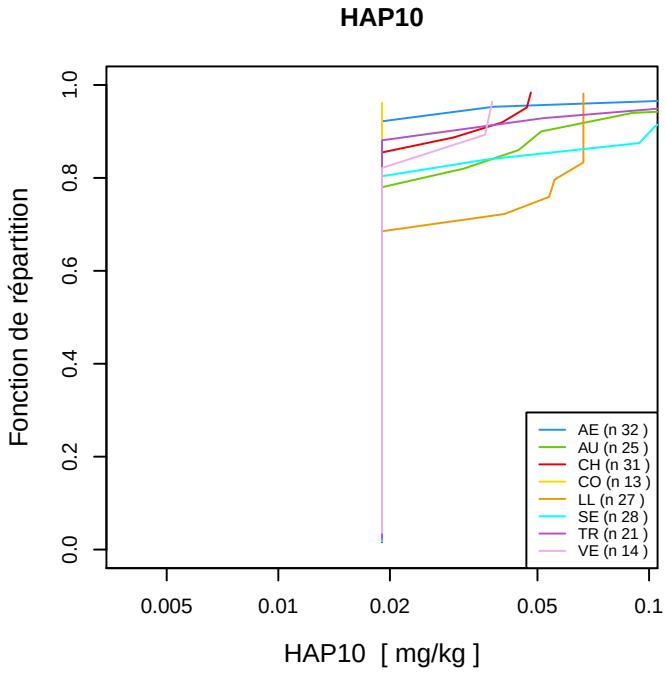

CN_tot
CN_tot [mg/kg]
LQ
LR

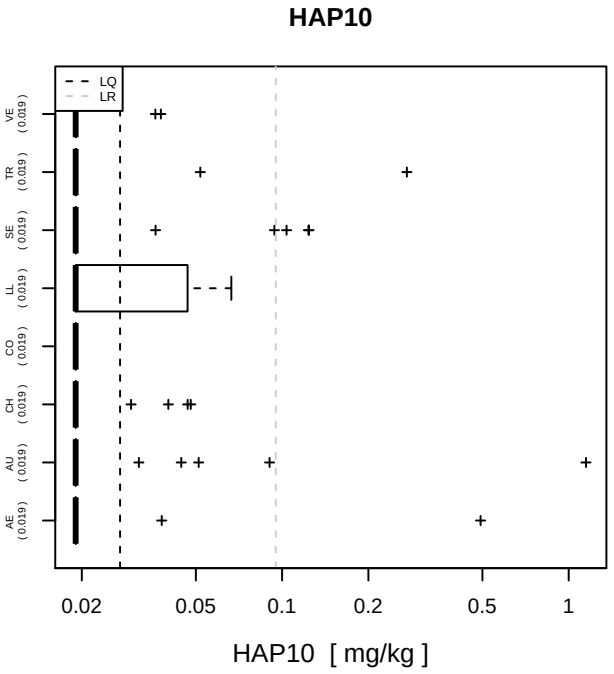

CN_lib
Fonction de répartition
CN_lib [mg/kg]
AE (n 32)
AU (n 25)
CH (n 31)
CO (n 13)
LL (n 27)
SE (n 28)
TR (n 21)
VE (n 14)

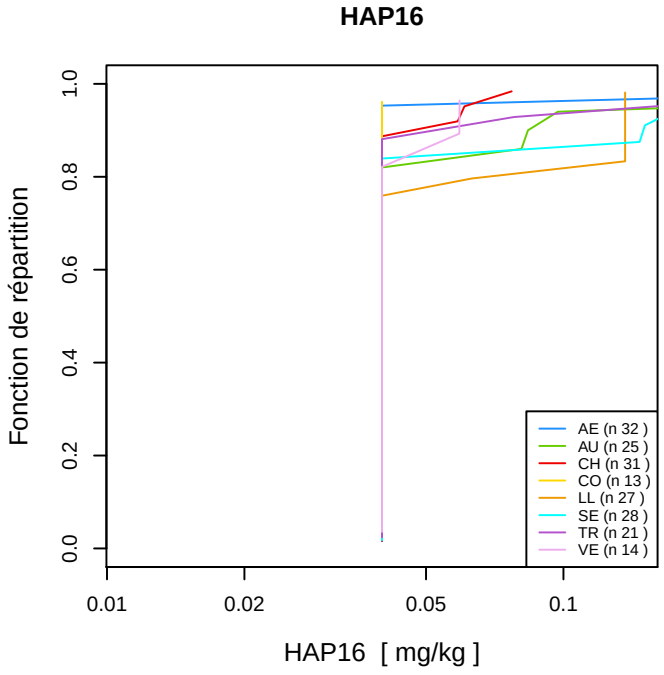

CN_lib
CN_lib [mg/kg]
LQ

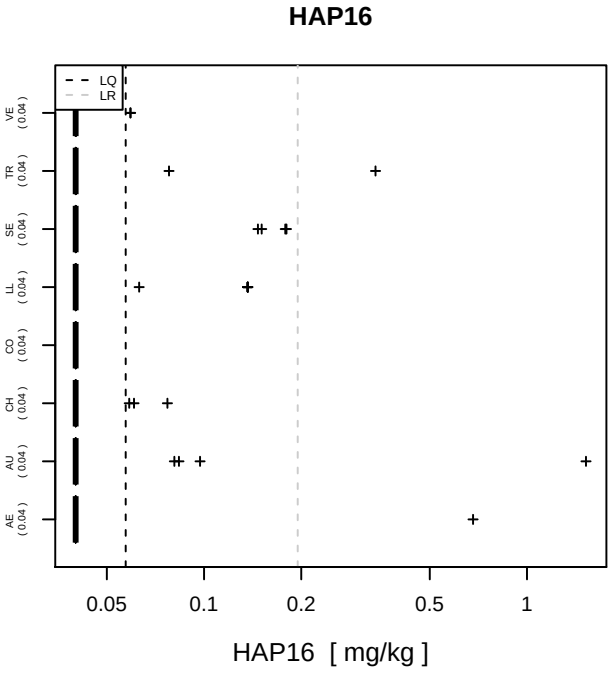

IP
Fonction de répartition
LQ
LR
AE (n 31)
AU (n 23)
CH (n 29)
CO (n 13)
LL (n 26)
SE (n 27)
TR (n 21)
VE (n 13)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.002
0.005
0.01
0.02
IP [mg/kg]

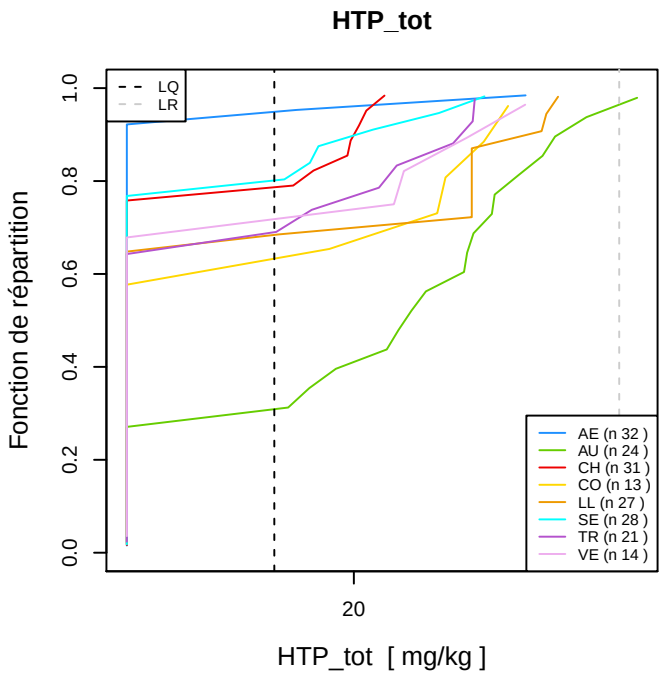

IP
LQ
LR
VE (0.0021)
TR (0.0021)
SE (0.0021)
LL (0.0021)
CO (0.0021)
CH (0.0021)
AU (0.0034)
AE (0.0021)
0.002
0.005
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
IP [mg/kg]

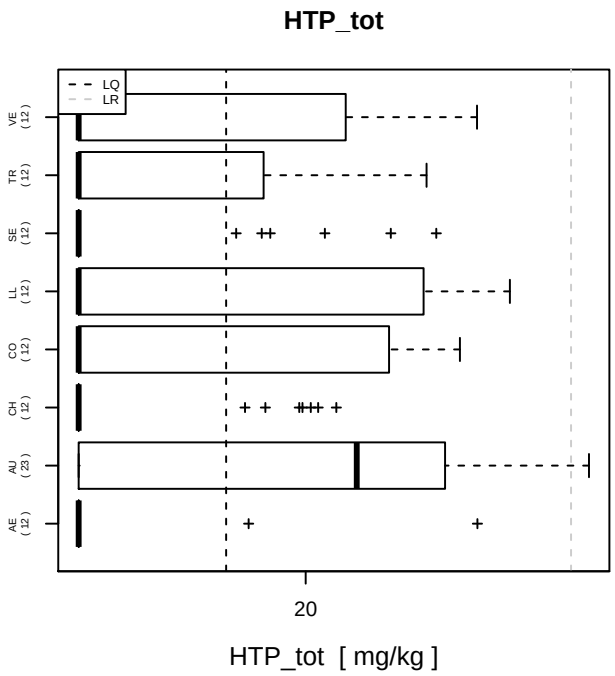

HAP10
Fonction de répartition
AE (n 32)
AU (n 25)
CH (n 31)
CO (n 13)
LL (n 27)
SE (n 28)
TR (n 21)
VE (n 14)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.005
0.01
0.02
0.05
0.1
HAP10 [mg/kg]


HAP10
LQ
LR
VE (0.019)
TR (0.019)
SE (0.019)
LL (0.019)
CO (0.019)
CH (0.019)
AU (0.019)
AE (0.019)
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
HAP10 [mg/kg]


HAP16
Fonction de répartition
AE (n 32)
AU (n 25)
CH (n 31)
CO (n 13)
LL (n 27)
SE (n 28)
TR (n 21)
VE (n 14)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.01
0.02
0.05
0.1
HAP16 [mg/kg]


HAP16
LQ
LR
VE (0.04)
TR (0.04)
SE (0.04)
LL (0.04)
CO (0.04)
CH (0.04)
AU (0.04)
AE (0.04)
0.05
0.1
0.2
0.5
1
HAP16 [mg/kg]


HTP_tot
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
LQ
LR
AE (n 32)
AU (n 24)
CH (n 31)
CO (n 13)
LL (n 27)
SE (n 28)
TR (n 21)
VE (n 14)
20
HTP_tot [mg/kg]

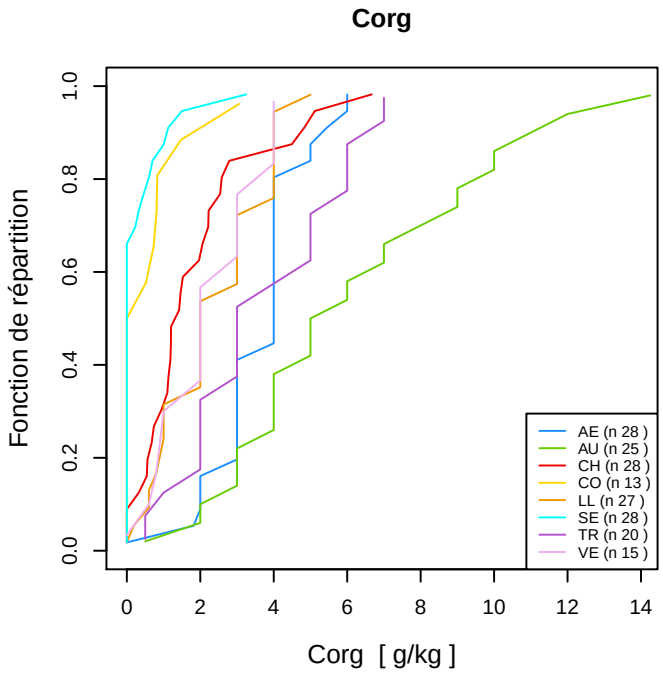

HTP_tot
LQ
LR
VE (12)
TR (12)
SE (12)
LL (12)
CO (12)
CH (12)
AU (24)
AE (12)
20
HTP_tot [mg/kg]

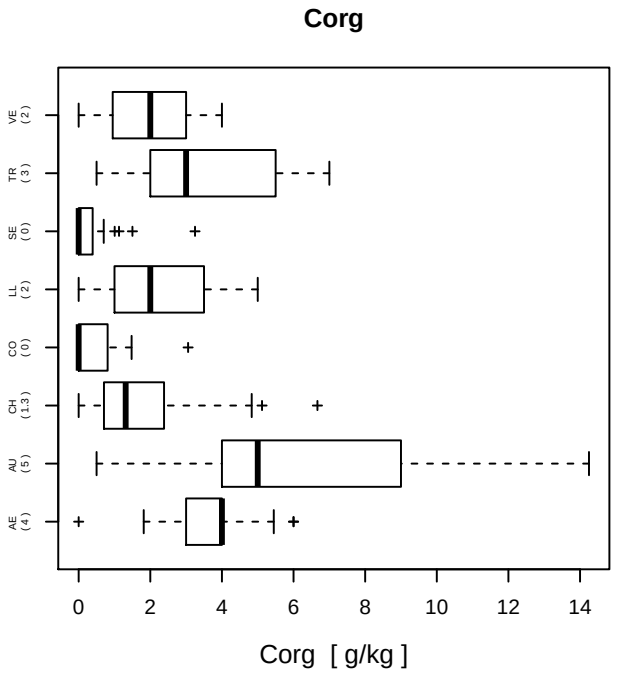
3g : Effet de la zone d'étude dans les horizons profonds des sols naturels

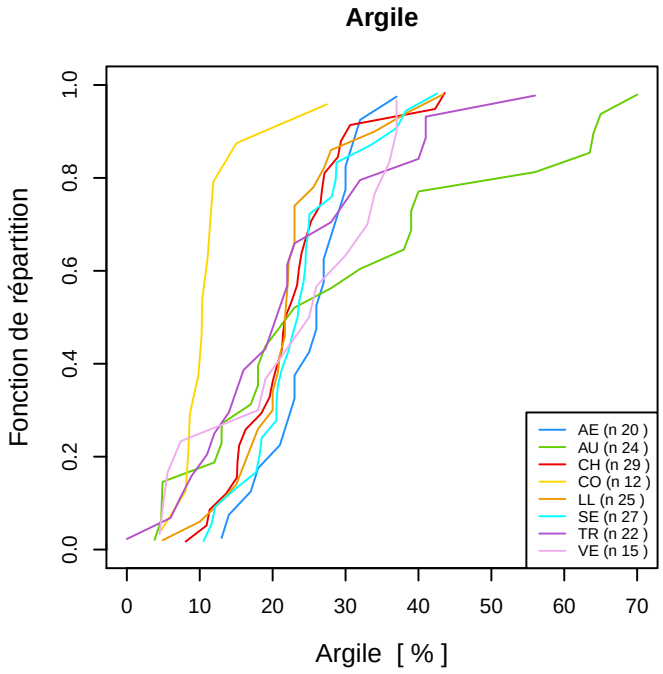
Légende :

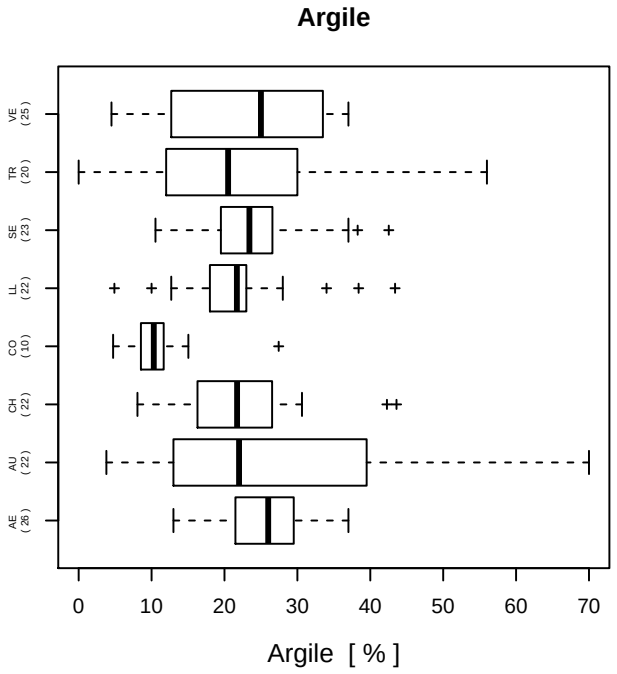
- AE : Amay-Engis ;
- AU : Aubange ;
- CH : Charleroi/Châtelet ;
- CO : Colfontaine ; LL : La Louvière ;
- SE : Seraing ;
- TR : Trooz ;
- VE : Verviers ;
- LR : limite de quantification de rapportage.

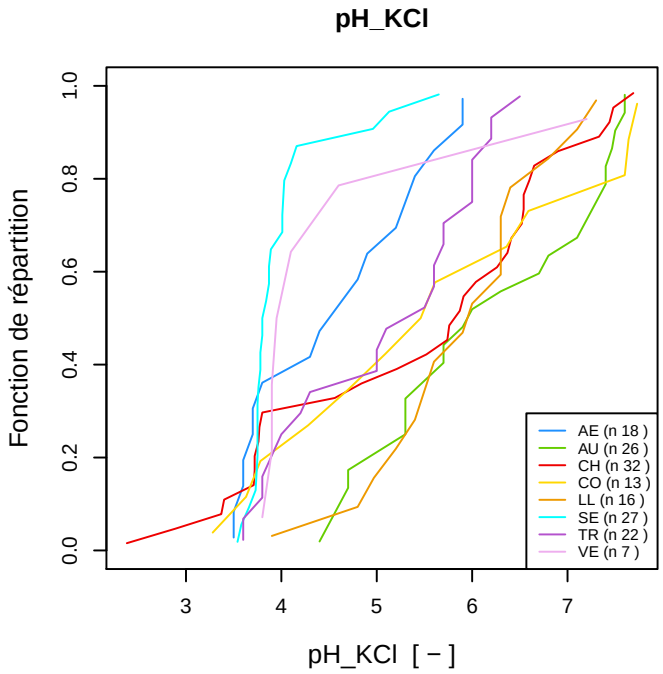
Les médianes par modalités sont indiquées entre parenthèses le long de l'axe vertical du graphe « box-plot ».

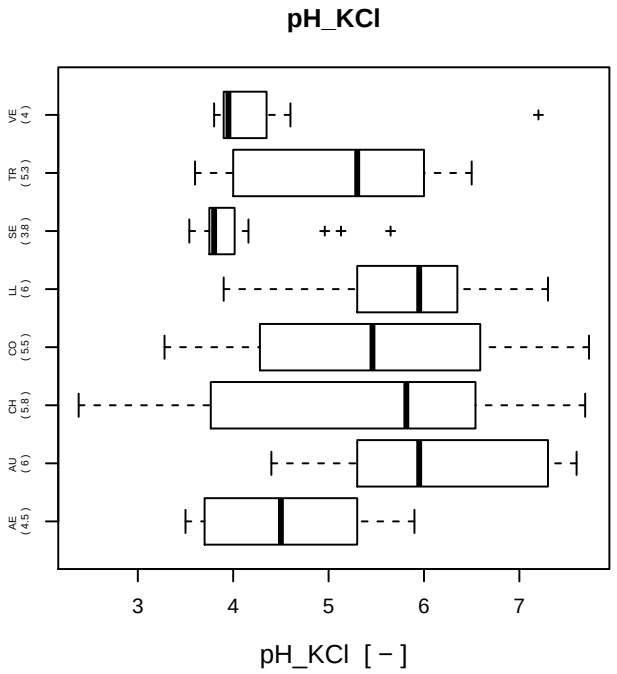

Corg
Fonction de répartition
Corg [g/kg]
AE (n 28)
AU (n 25)
CH (n 28)
CO (n 13)
LL (n 27)
SE (n 28)
TR (n 20)
VE (n 15)

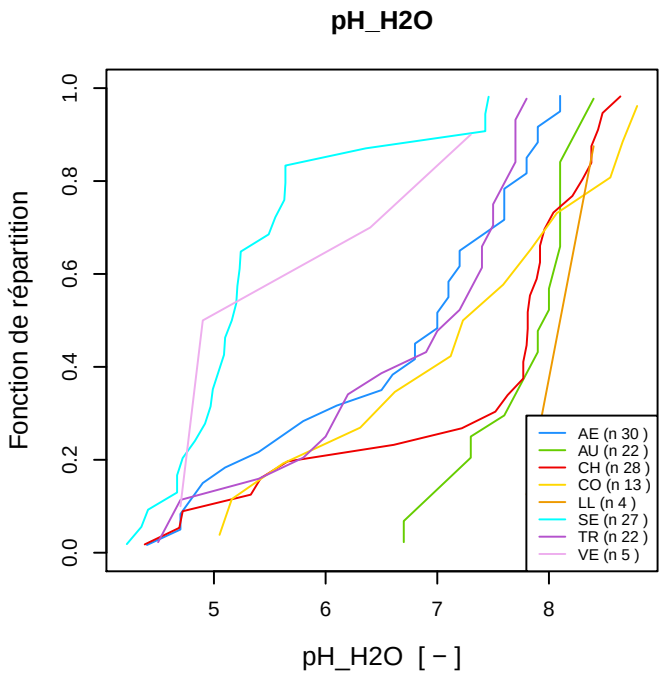

Corg
VE (2)
TR (3)
SE (0)
LL (2)
CO (0)
CH (13)
AU (5)
AE (4)
Corg [g/kg]

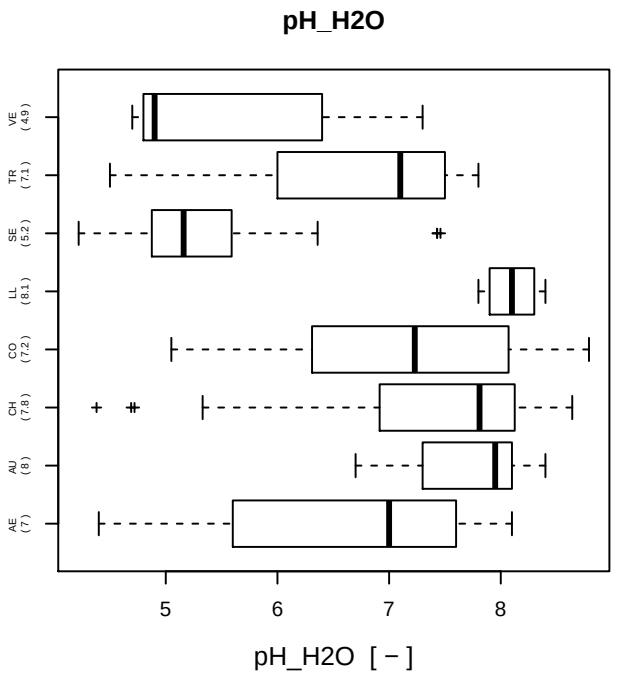

Argile
Fonction de répartition
Argile [%]
AE (n 20)
AU (n 24)
CH (n 29)
CO (n 12)
LL (n 25)
SE (n 27)
TR (n 22)
VE (n 15)

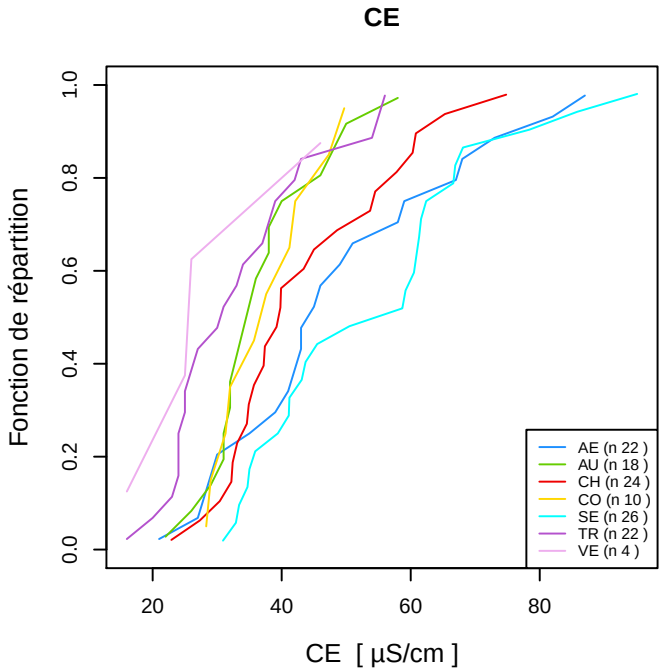

Argile
VE (25)
TR (20)
SE (25)
LL (22)
CO (10)
CH (22)
AU (22)
AE (26)
Argile [%]

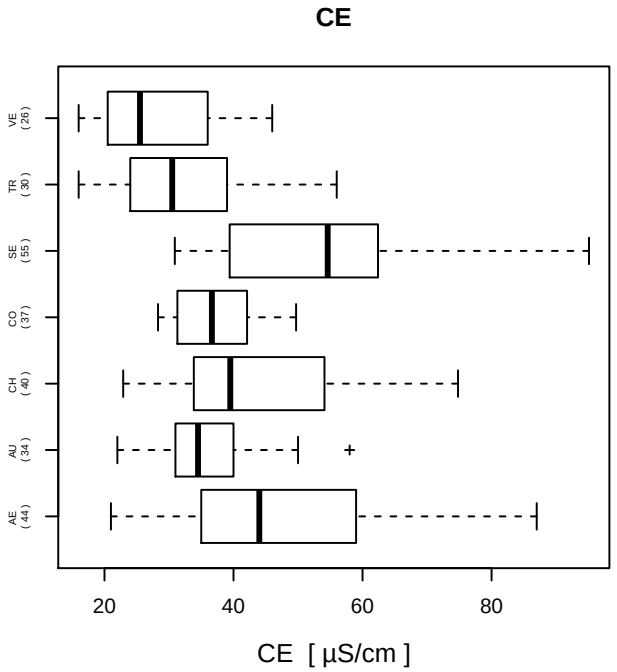

pH_KCl
Fonction de répartition
pH_KCl [−]
AE (n 18)
AU (n 26)
CH (n 32)
CO (n 13)
LL (n 16)
SE (n 27)
TR (n 22)
VE (n 7)

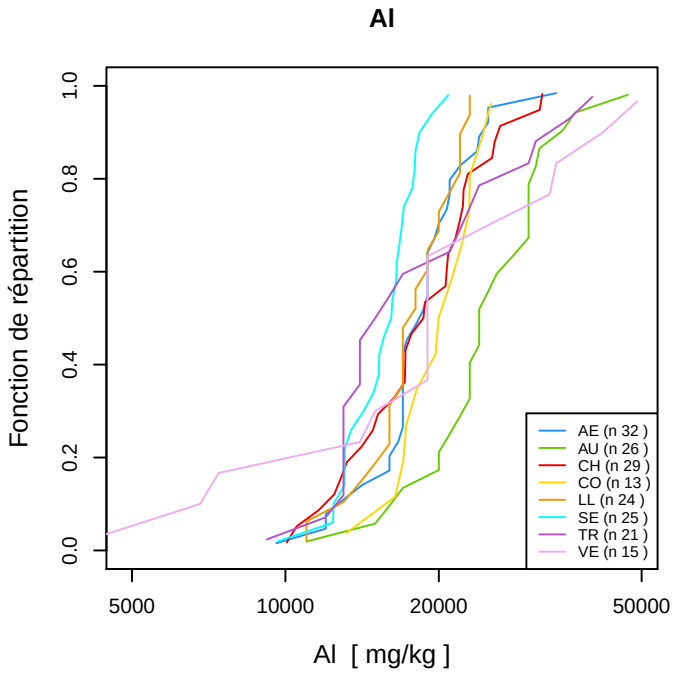

pH_KCl
VE (4)
TR (5.3)
SE (3.8)
LL (6)
CO (5.5)
CH (5.8)
AU (6)
AE (4.5)
pH_KCl [−]

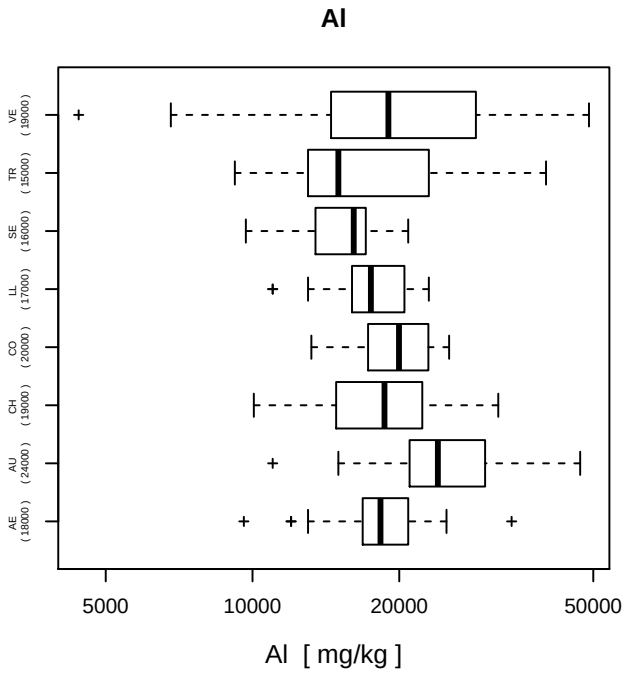

pH_H2O
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
5
6
7
8
pH_H2O [−]
AE (n 30)
AU (n 22)
CH (n 28)
CO (n 13)
LL (n 4)
SE (n 27)
TR (n 22)
VE (n 5)

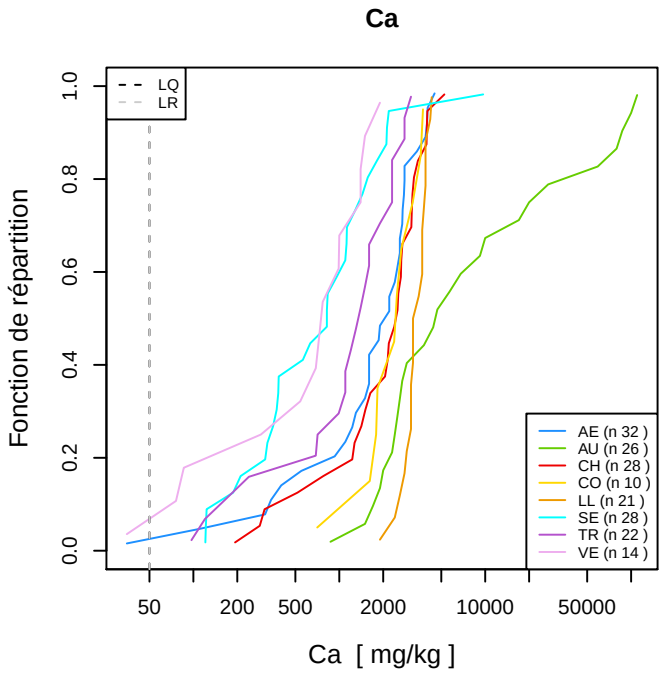

pH_H2O
VE (4.9)
TR (7.1)
SE (5.2)
LL (8.1)
CO (7.2)
CH (7.8)
AU (8)
AE (7)
5
6
7
8
pH_H2O [−]

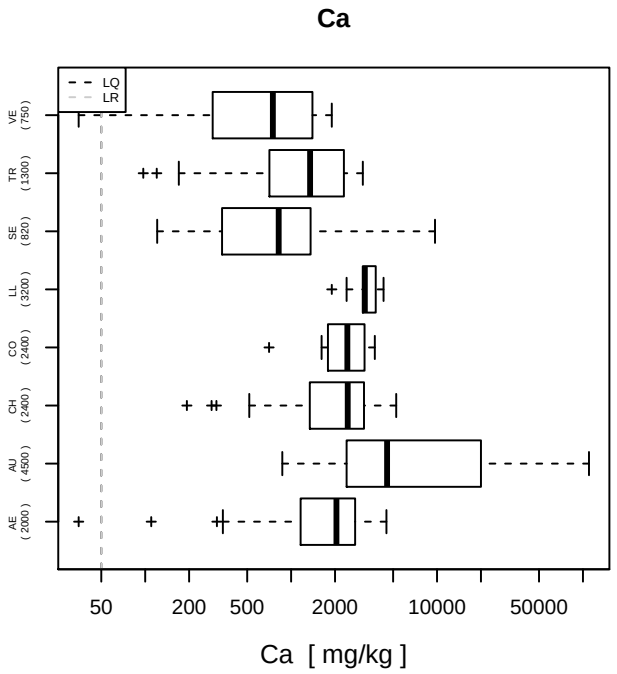

CE
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
20
40
60
80
CE [µS/cm]
AE (n 22)
AU (n 18)
CH (n 24)
CO (n 10)
SE (n 26)
TR (n 22)
VE (n 4)

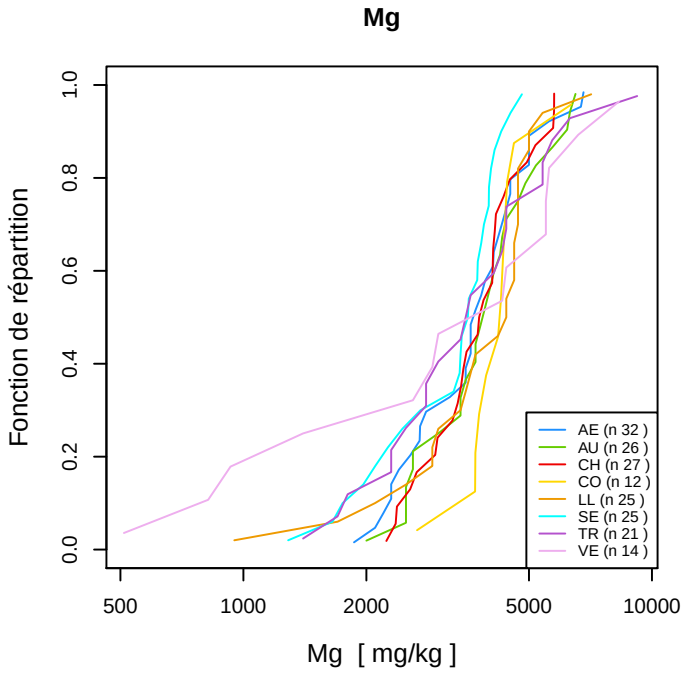

CE
VE (26)
TR (30)
SE (55)
CO (37)
CH (40)
AU (34)
AE (44)
20
40
60
80
CE [µS/cm]

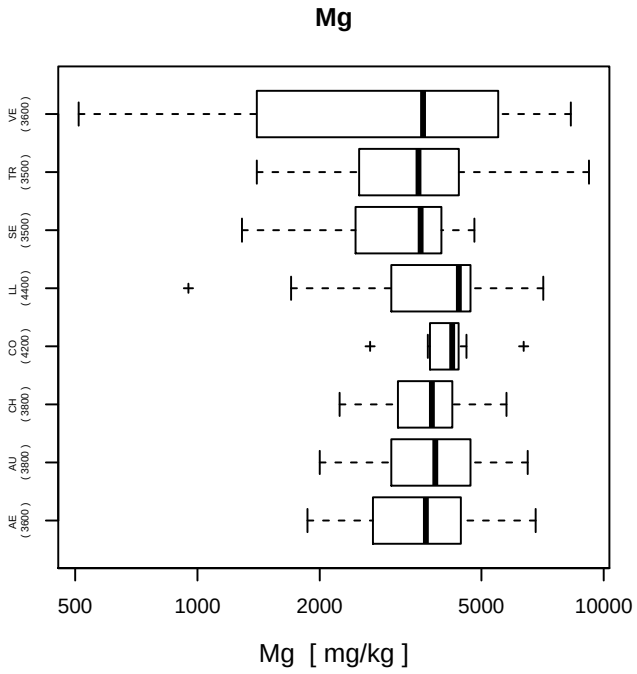

Al
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
5000
10000
20000
50000
Al [mg/kg]
AE (n 32)
AU (n 26)
CH (n 29)
CO (n 13)
LL (n 24)
SE (n 25)
TR (n 21)
VE (n 15)

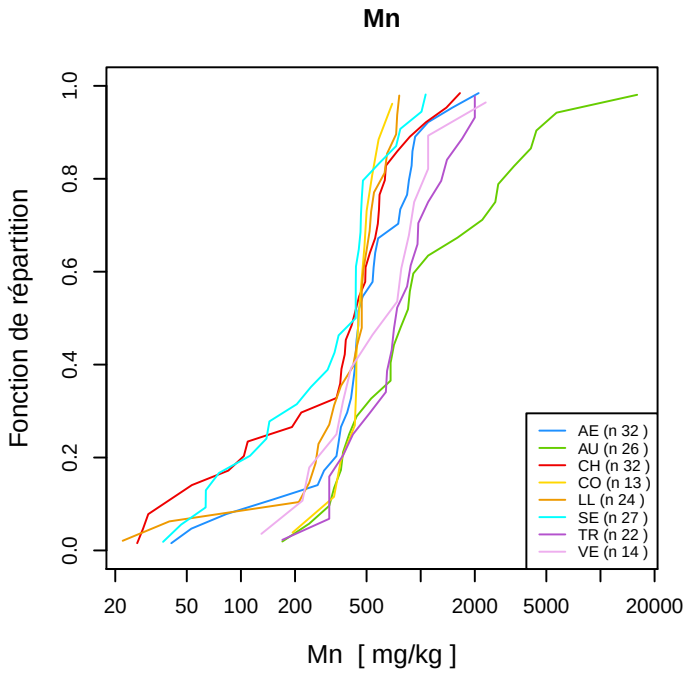

Al
VE (19600)
TR (15000)
SE (16000)
LL (17000)
CO (20000)
CH (19000)
AU (24000)
AE (18600)
5000
10000
20000
50000
Al [mg/kg]

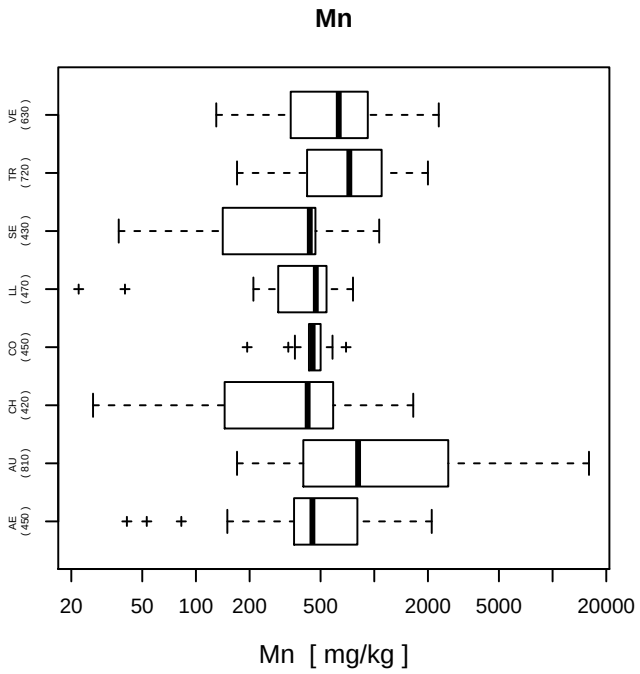

Ca
LQ
LR
AE (n 32)
AU (n 26)
CH (n 28)
CO (n 10)
LL (n 21)
SE (n 28)
TR (n 22)
VE (n 14)
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
50
200
500
2000
10000
50000
Ca [mg/kg]

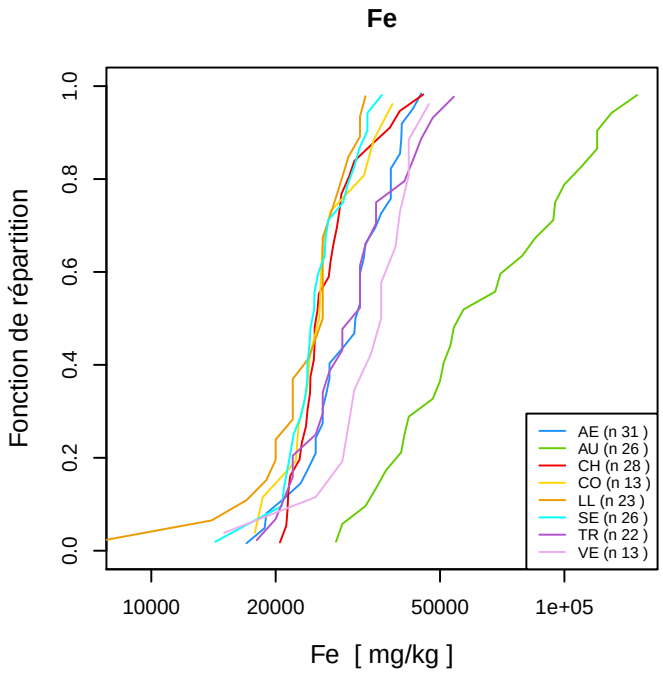

Ca
LQ
LR
VE (750)
TR (1300)
SE (820)
LL (3200)
CO (2400)
CH (2400)
AU (4500)
AE (2000)
50
200
500
2000
10000
50000
Ca [mg/kg]

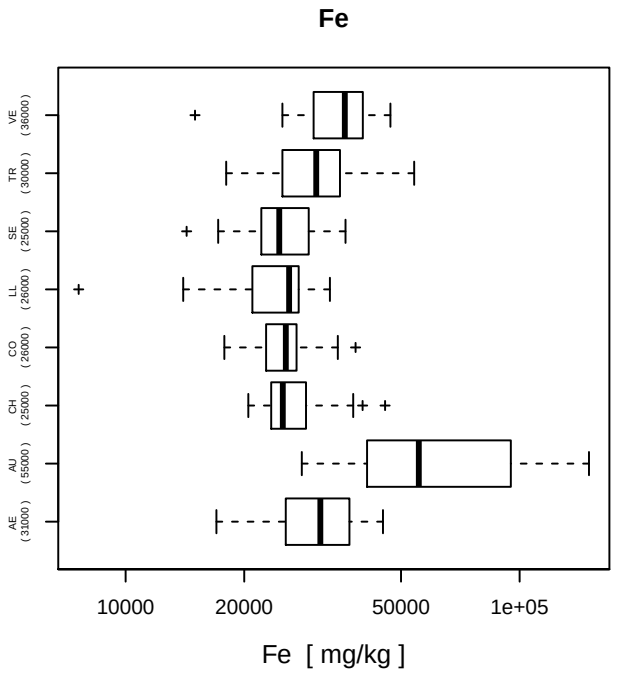

Mg
AE (n 32)
AU (n 26)
CH (n 27)
CO (n 12)
LL (n 25)
SE (n 25)
TR (n 21)
VE (n 14)
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
500
1000
2000
5000
10000
Mg [mg/kg]

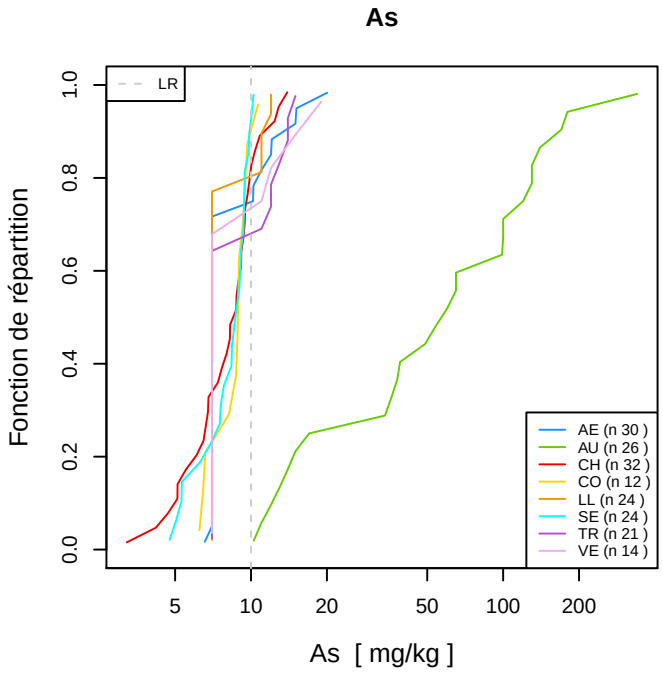

Mg
VE (3600)
TR (3500)
SE (3500)
LL (4400)
CO (4200)
CH (3900)
AU (3800)
AE (3600)
500
1000
2000
5000
10000
Mg [mg/kg]

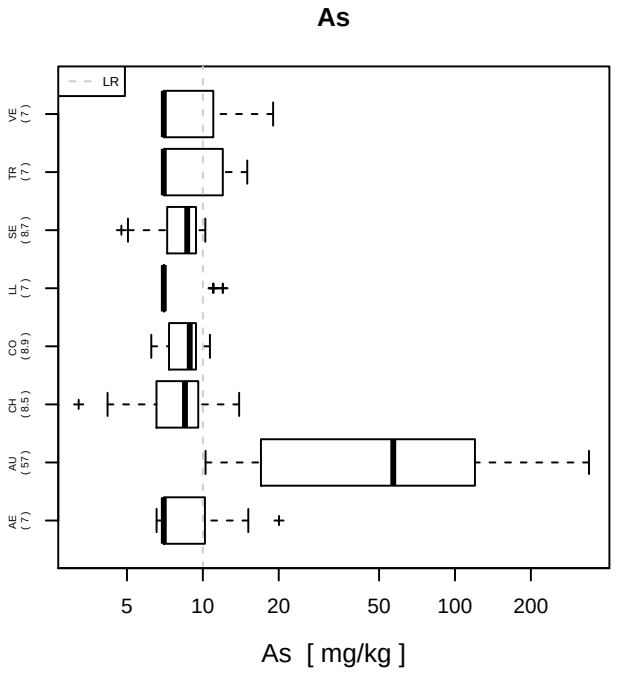

Mn
AE (n 32)
AU (n 26)
CH (n 32)
CO (n 13)
LL (n 24)
SE (n 27)
TR (n 22)
VE (n 14)
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
20
50
100
200
500
2000
5000
20000
Mn [mg/kg]

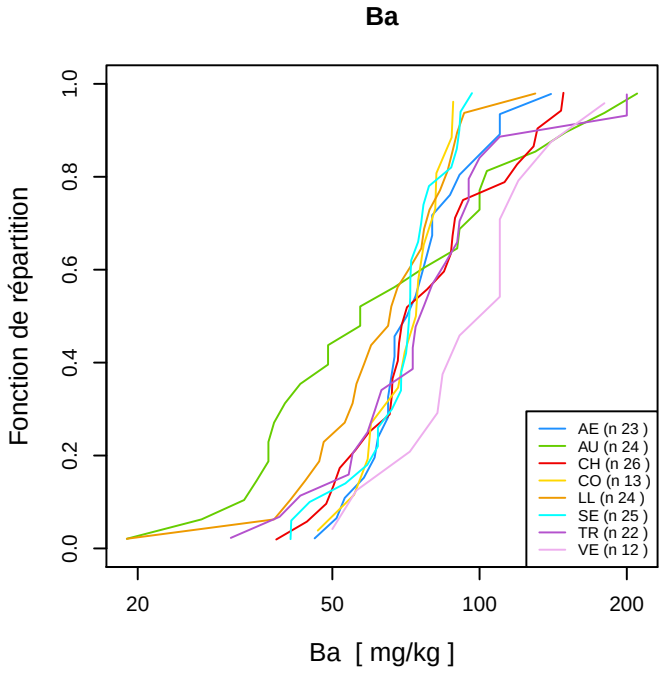

Mn
VE (630)
TR (720)
SE (430)
LL (470)
CO (450)
CH (420)
AU (910)
AE (450)
20
50
100
200
500
2000
5000
20000
Mn [mg/kg]

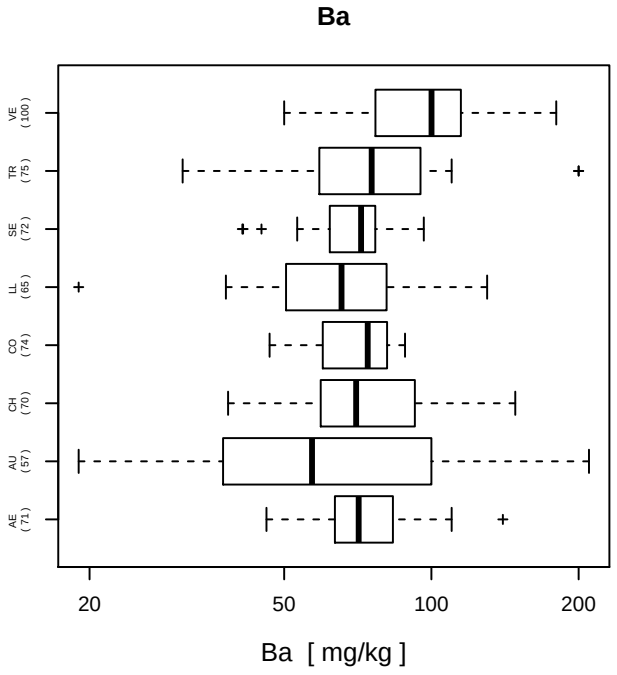

Fe
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
10000
20000
50000
1e+05
Fe [mg/kg]
AE (n 31)
AU (n 26)
CH (n 28)
CO (n 13)
LL (n 23)
SE (n 26)
TR (n 22)
VE (n 13)

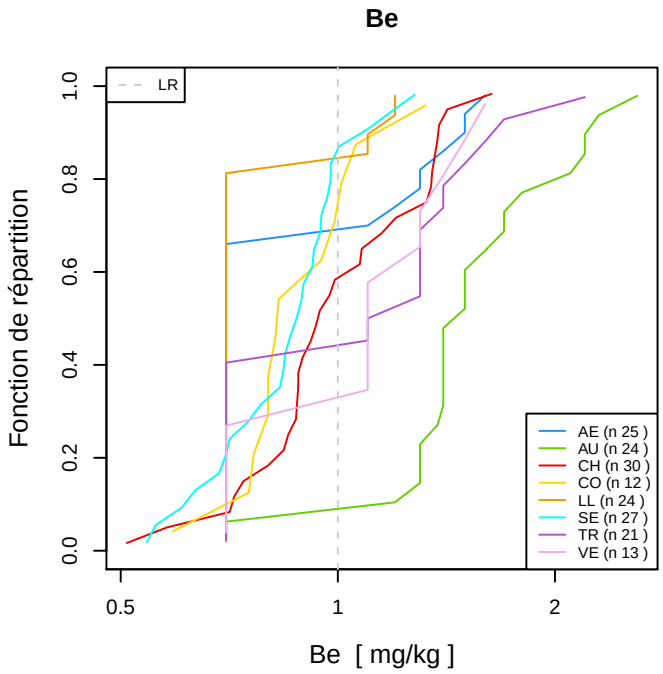

Fe
VE (36000)
TR (30000)
SE (25000)
LL (26000)
CO (26000)
CH (25000)
AU (55000)
AE (31000)
10000
20000
50000
1e+05
Fe [mg/kg]

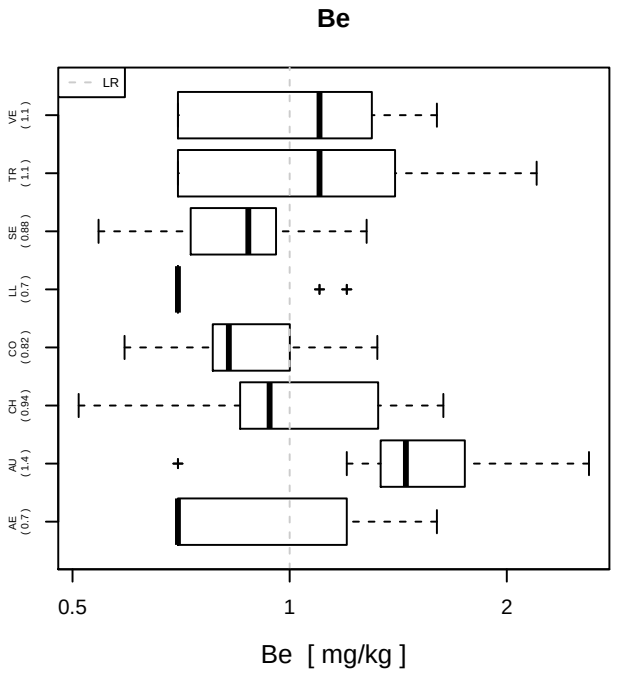

As
LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
5
10
20
50
100
200
As [mg/kg]
AE (n 30)
AU (n 26)
CH (n 32)
CO (n 12)
LL (n 24)
SE (n 24)
TR (n 21)
VE (n 14)

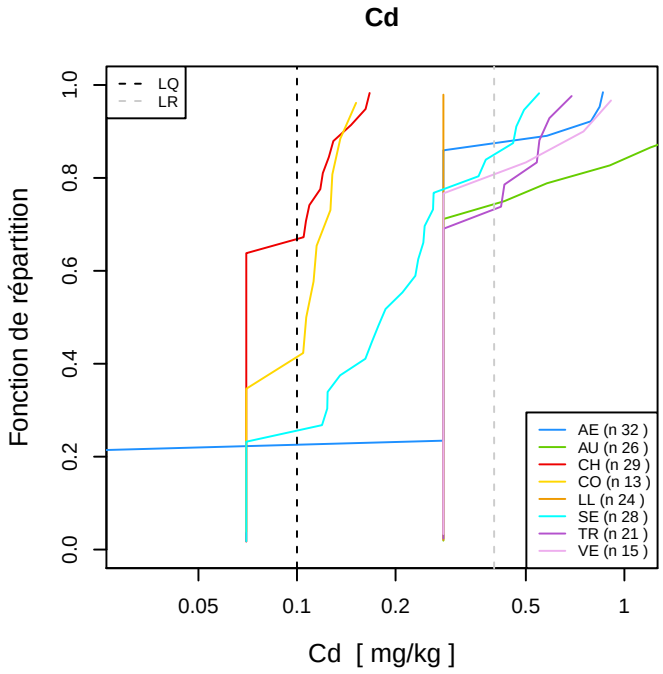

As
LR
VE (7)
TR (7)
SE (8.7)
LL (7)
CO (8.9)
CH (8.5)
AU (57)
AE (7)
5
10
20
50
100
200
As [mg/kg]

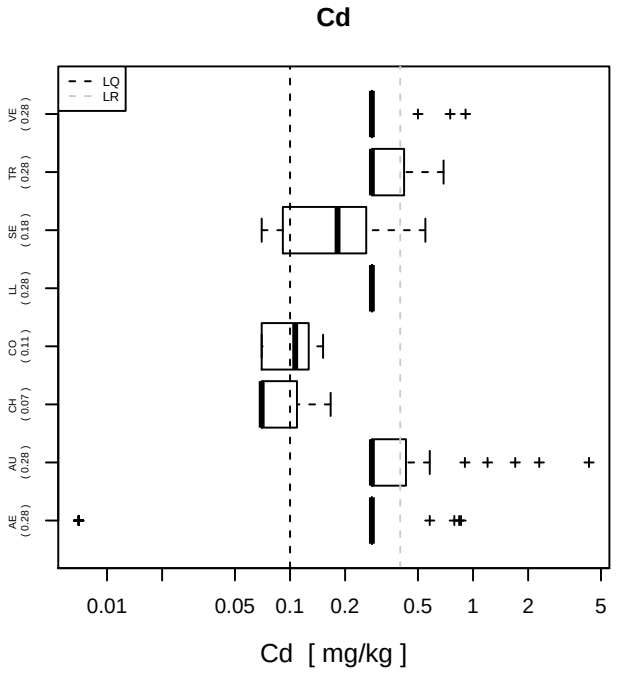

Ba
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
20
50
100
200
Ba [mg/kg]
AE (n 23)
AU (n 24)
CH (n 26)
CO (n 13)
LL (n 24)
SE (n 25)
TR (n 22)
VE (n 12)

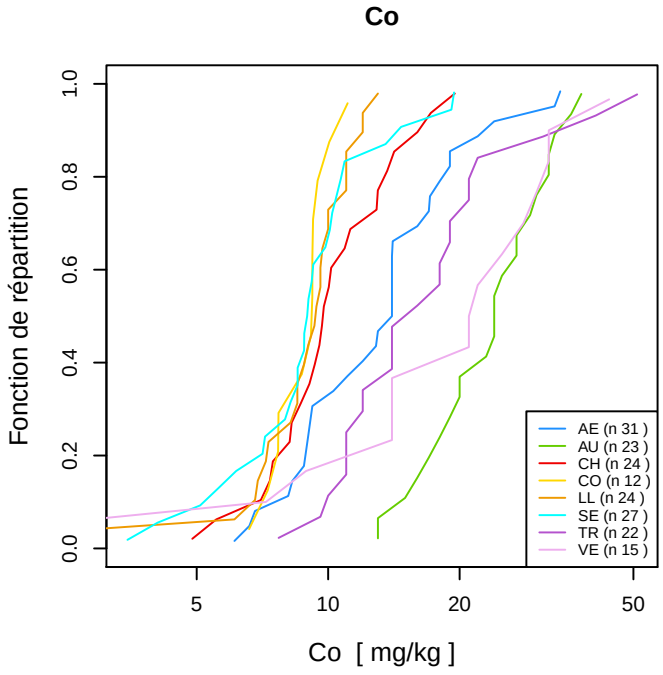

Ba
VE (100)
TR (75)
SE (72)
LL (65)
CO (74)
CH (70)
AU (57)
AE (71)
20
50
100
200
Ba [mg/kg]

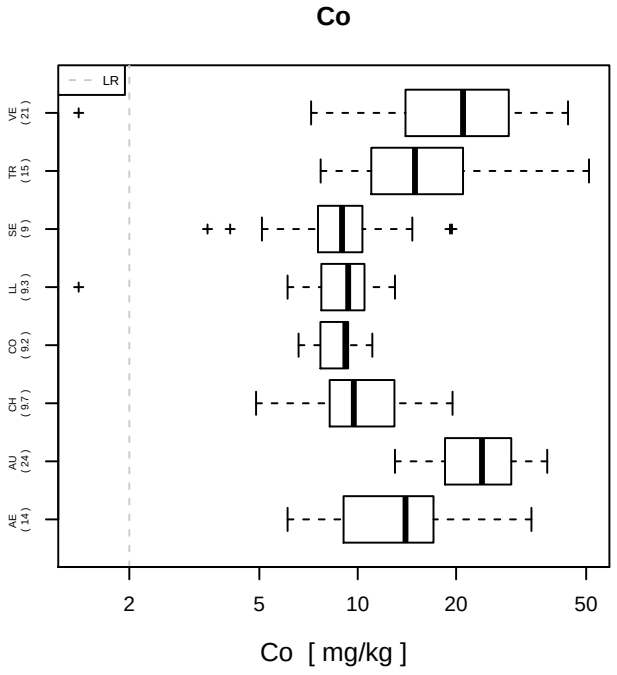

Be
Fonction de répartition
Be [mg/kg]
LR
AE (n 25)
AU (n 24)
CH (n 30)
CO (n 12)
LL (n 24)
SE (n 27)
TR (n 21)
VE (n 13)

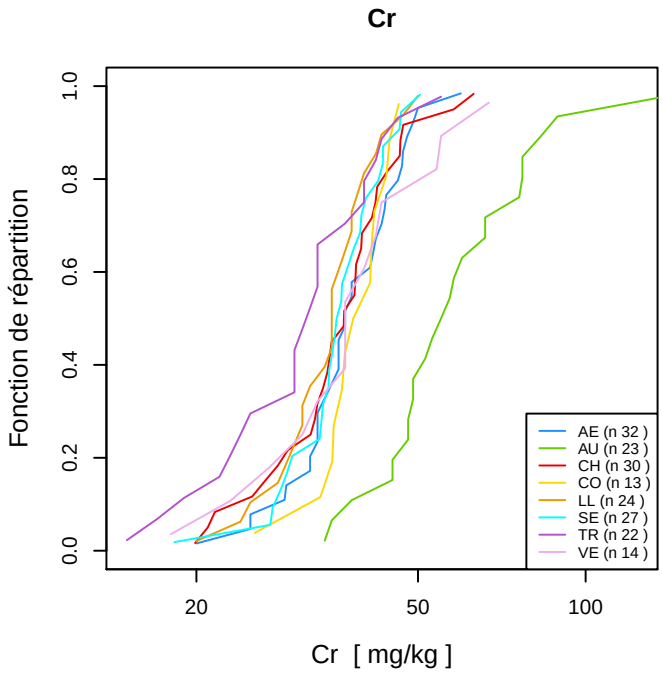

Be
Be [mg/kg]
LR

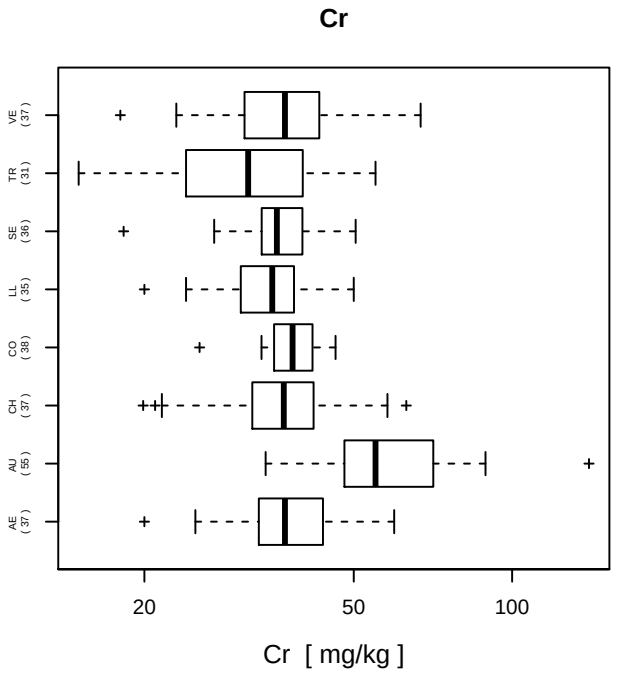

Cd
Fonction de répartition
Cd [mg/kg]
LQ
LR
AE (n 32)
AU (n 26)
CH (n 29)
CO (n 13)
LL (n 24)
SE (n 28)
TR (n 21)
VE (n 15)

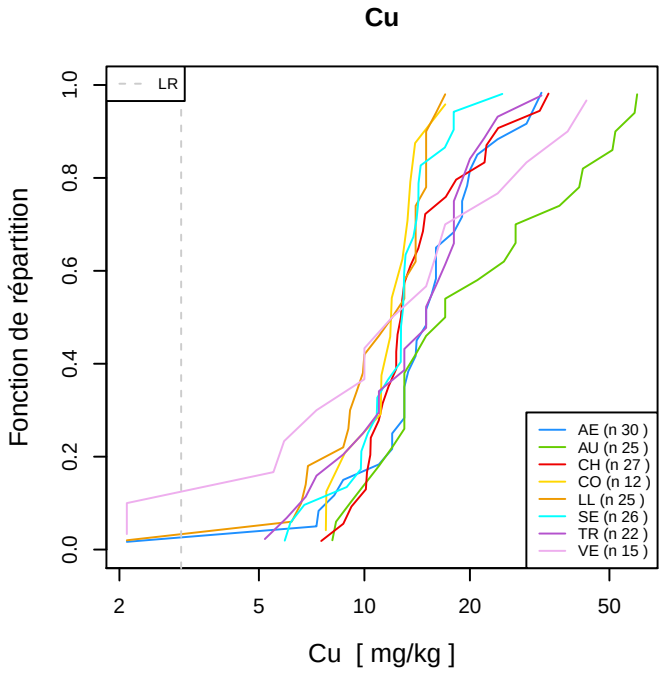

Cd
Cd [mg/kg]
LQ
LR

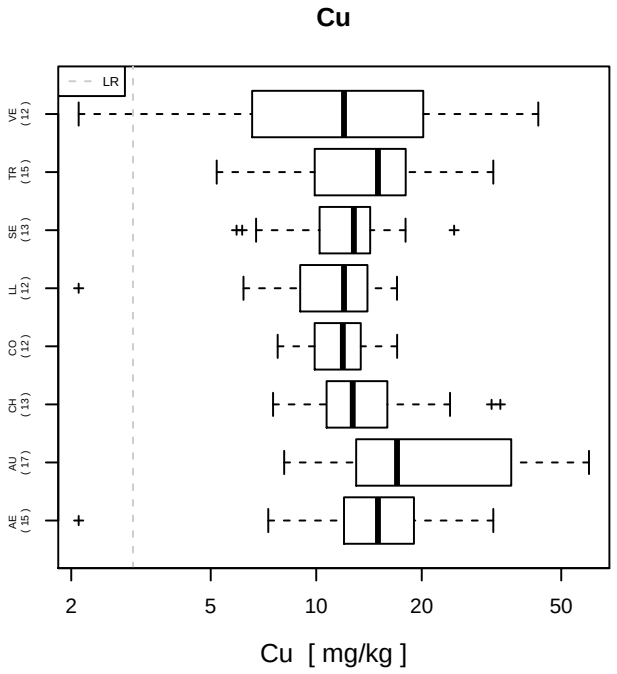

Co
Fonction de répartition
Co [mg/kg]
AE (n 31)
AU (n 23)
CH (n 24)
CO (n 12)
LL (n 24)
SE (n 27)
TR (n 22)
VE (n 15)

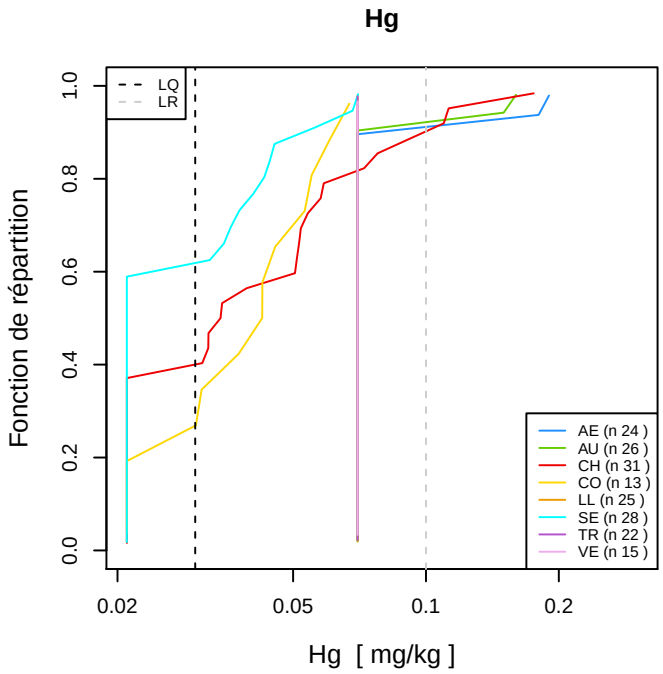

Co
Co [mg/kg]
LR

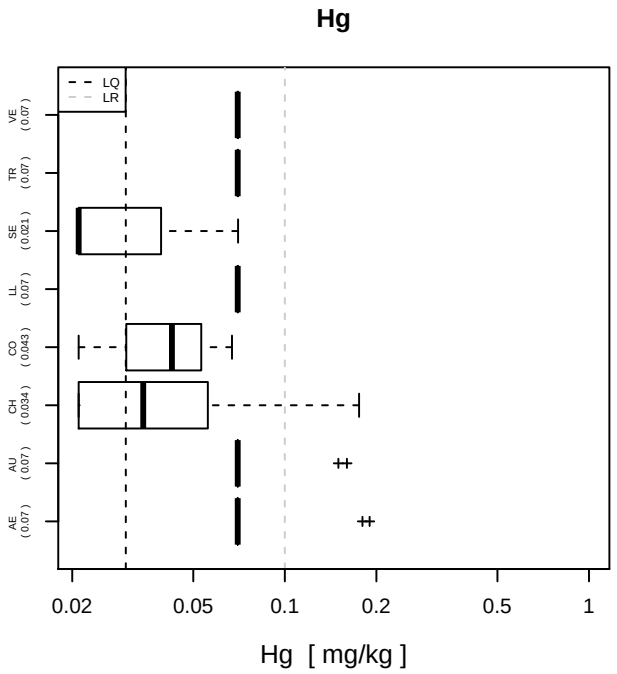

Cr
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
20
50
100
Cr [mg/kg]
AE (n 32)
AU (n 23)
CH (n 30)
CO (n 13)
LL (n 24)
SE (n 27)
TR (n 22)
VE (n 14)

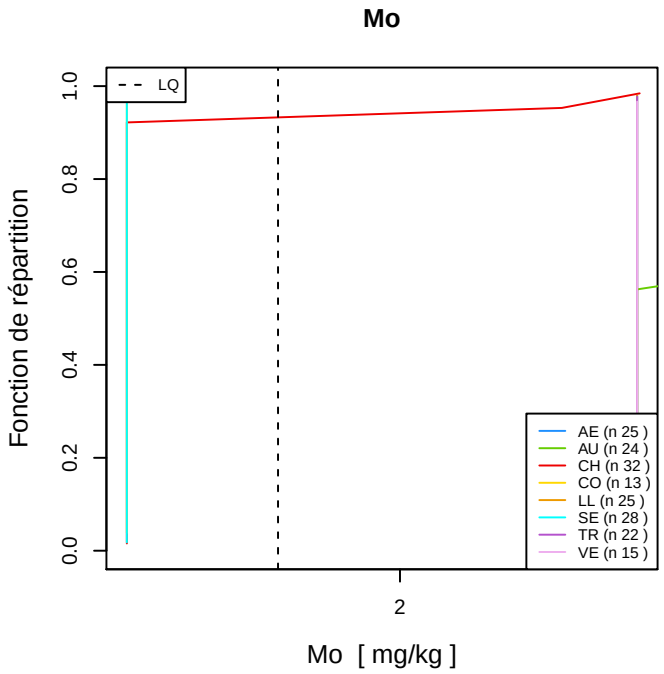

Cr
VE (37)
TR (31)
SE (36)
LL (35)
CO (38)
CH (37)
AU (35)
AE (37)
20
50
100
Cr [mg/kg]

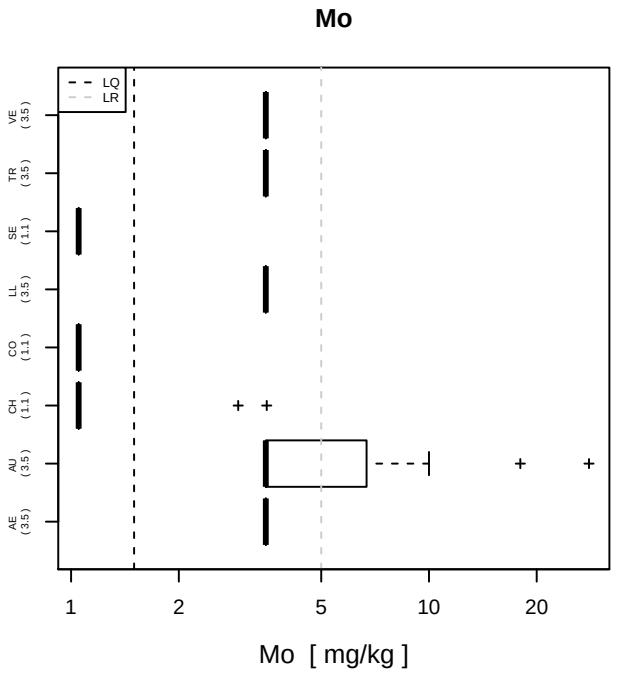

Cu
LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
2
5
10
20
50
Cu [mg/kg]
AE (n 30)
AU (n 25)
CH (n 27)
CO (n 12)
LL (n 25)
SE (n 26)
TR (n 22)
VE (n 15)

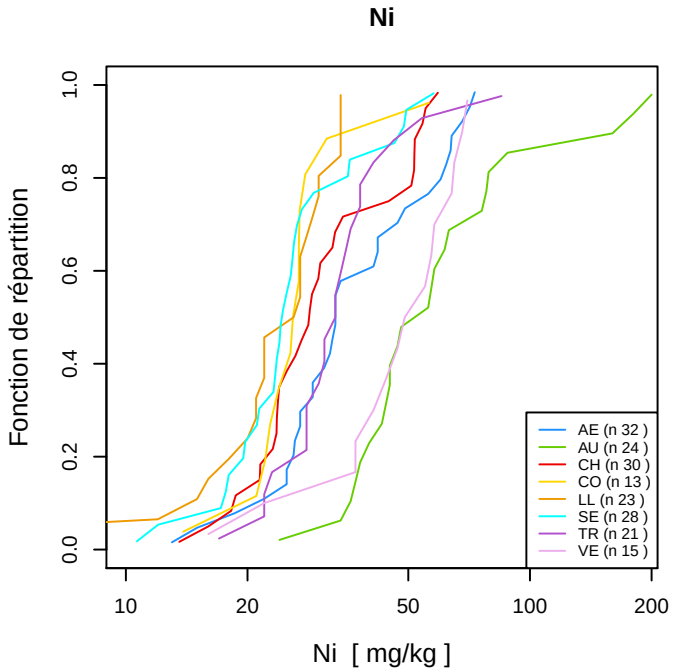

Cu
LR
VE (12)
TR (15)
SE (13)
LL (12)
CO (12)
CH (13)
AU (17)
AE (15)
2
5
10
20
50
Cu [mg/kg]

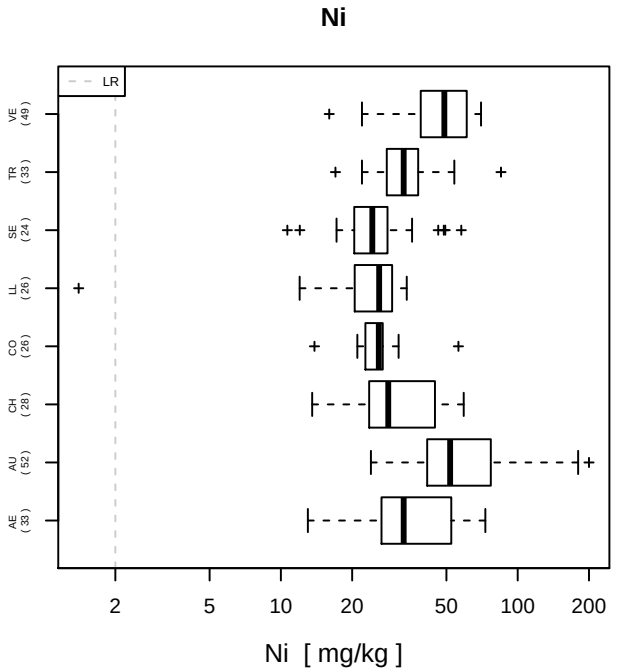

Hg
LQ
LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.02
0.05
0.1
0.2
Hg [mg/kg]
AE (n 24)
AU (n 26)
CH (n 31)
CO (n 13)
LL (n 25)
SE (n 28)
TR (n 22)
VE (n 15)

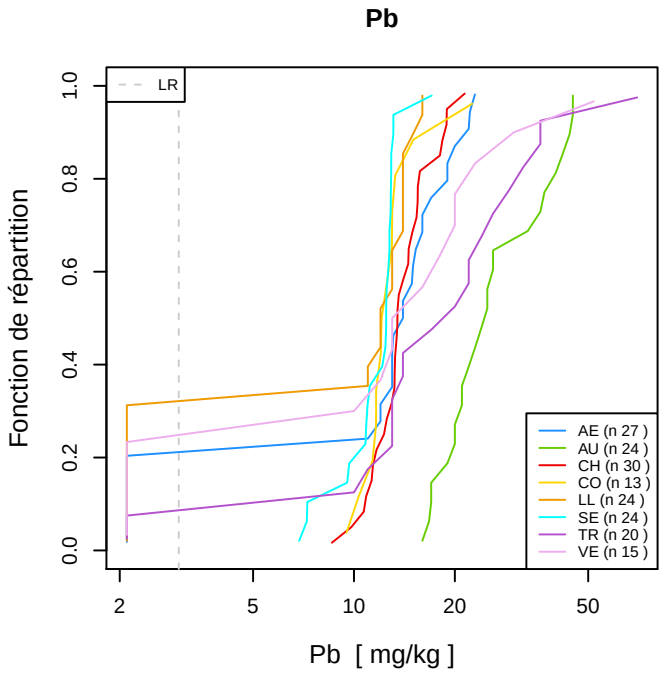

Hg
LQ
LR
VE (0.07)
TR (0.07)
SE (0.021)
LL (0.07)
CO (0.043)
CH (0.034)
AU (0.07)
AE (0.07)
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
Hg [mg/kg]

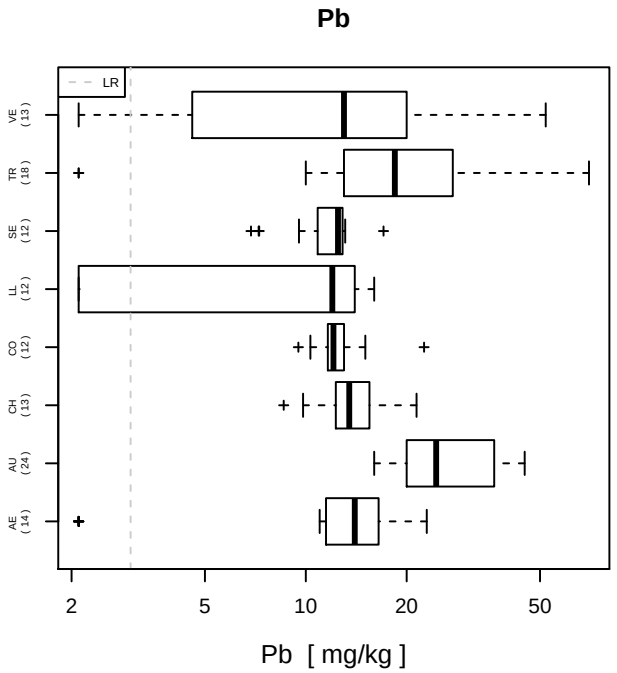

Mo
LQ
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
2
Mo [mg/kg]
AE (n 25)
AU (n 24)
CH (n 32)
CO (n 13)
LL (n 25)
SE (n 28)
TR (n 22)
VE (n 15)

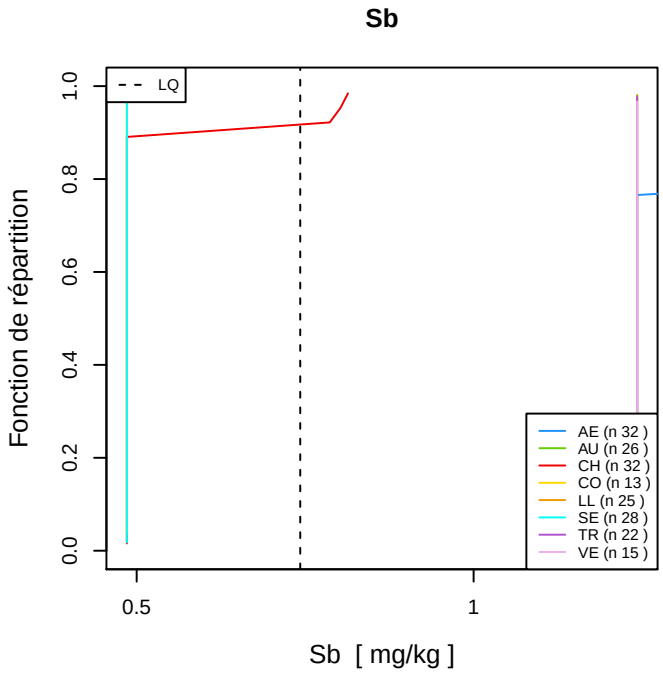

Mo
LQ
LR
VE (35)
TR (35)
SE (11)
LL (35)
CO (11)
CH (11)
AU (35)
AE (35)
1
2
5
10
20
Mo [mg/kg]

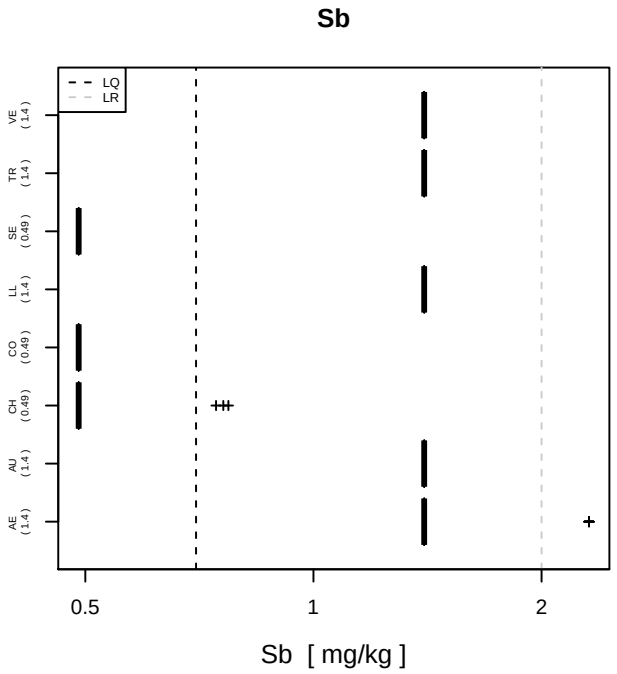

Ni
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
10
20
50
100
200
Ni [mg/kg]
AE (n 32)
AU (n 24)
CH (n 30)
CO (n 13)
LL (n 23)
SE (n 28)
TR (n 21)
VE (n 15)

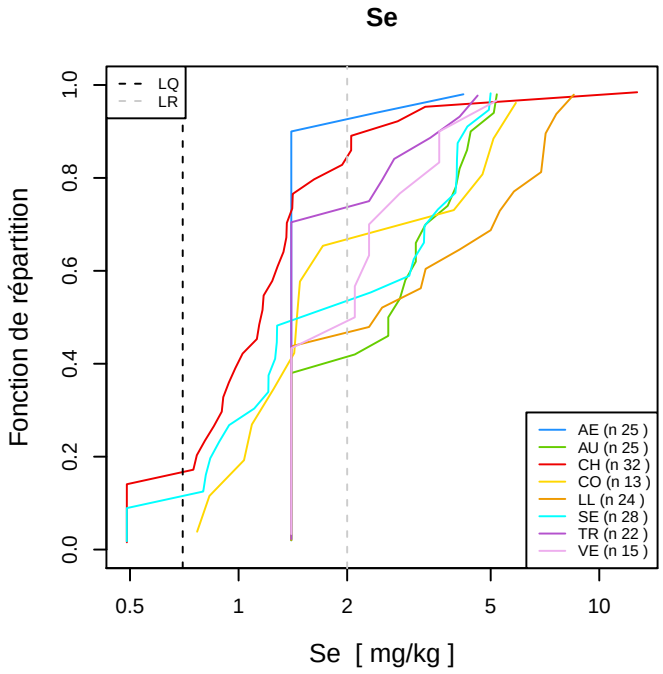

Ni
LR
VE (49)
TR (33)
SE (24)
LL (26)
CO (26)
CH (28)
AU (52)
AE (38)
2
5
10
20
50
100
200
Ni [mg/kg]

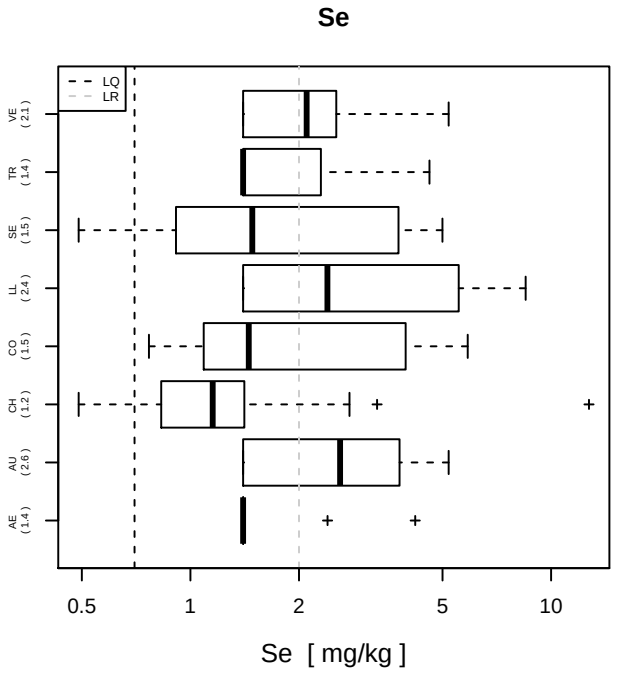

Pb
LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
2
5
10
20
50
Pb [mg/kg]
AE (n 27)
AU (n 24)
CH (n 30)
CO (n 13)
LL (n 24)
SE (n 24)
TR (n 20)
VE (n 15)

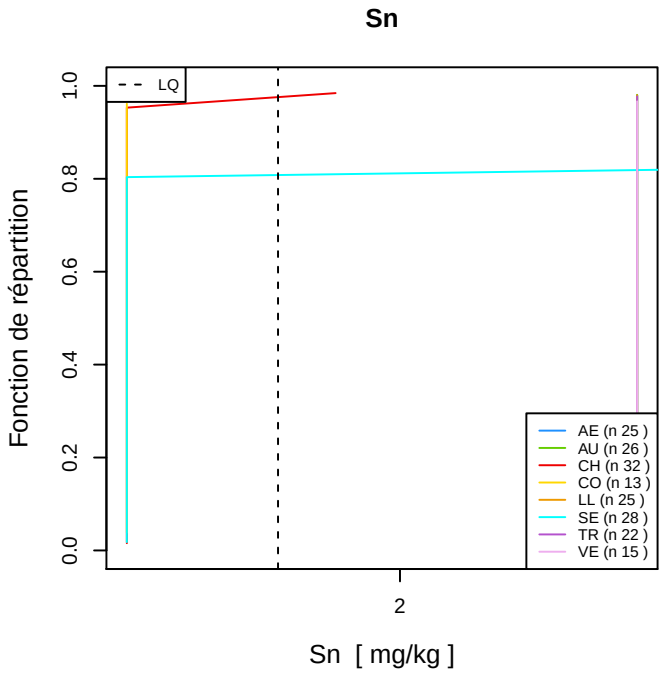

Pb
LR
VE (13)
TR (18)
SE (12)
LL (12)
CO (12)
CH (13)
AU (24)
AE (14)
2
5
10
20
50
Pb [mg/kg]

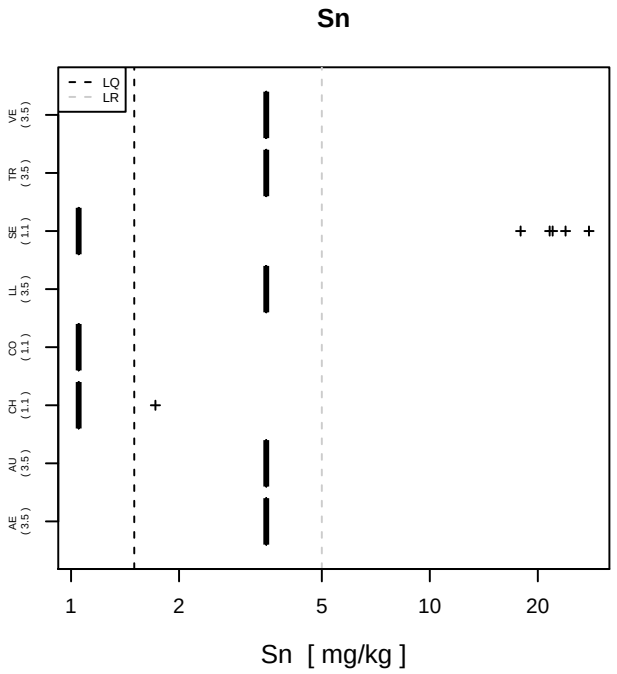

Sb
LQ
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.5
1
Sb [mg/kg]
AE (n 32)
AU (n 26)
CH (n 32)
CO (n 13)
LL (n 25)
SE (n 28)
TR (n 22)
VE (n 15)

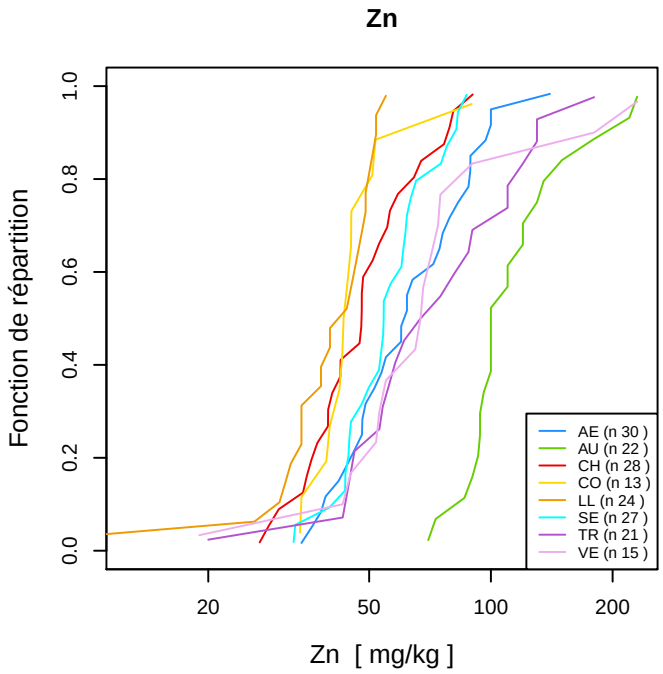

Sb
LQ
LR
VE (1.4)
TR (1.4)
SE (0.49)
LL (1.4)
CO (0.49)
CH (0.49)
AU (1.4)
AE (1.4)
0.5
1
2
Sb [mg/kg]

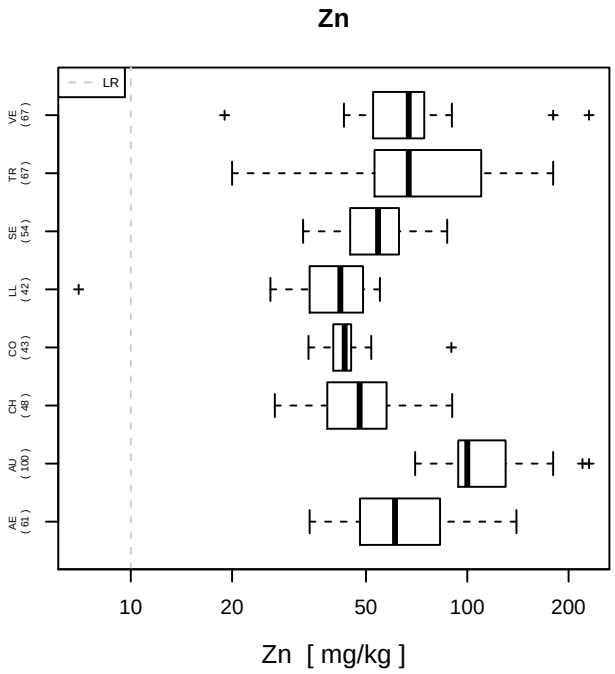

Se
LQ
LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.5
1
2
5
10
Se [mg/kg]
AE (n 25)
AU (n 25)
CH (n 32)
CO (n 13)
LL (n 24)
SE (n 28)
TR (n 22)
VE (n 15)

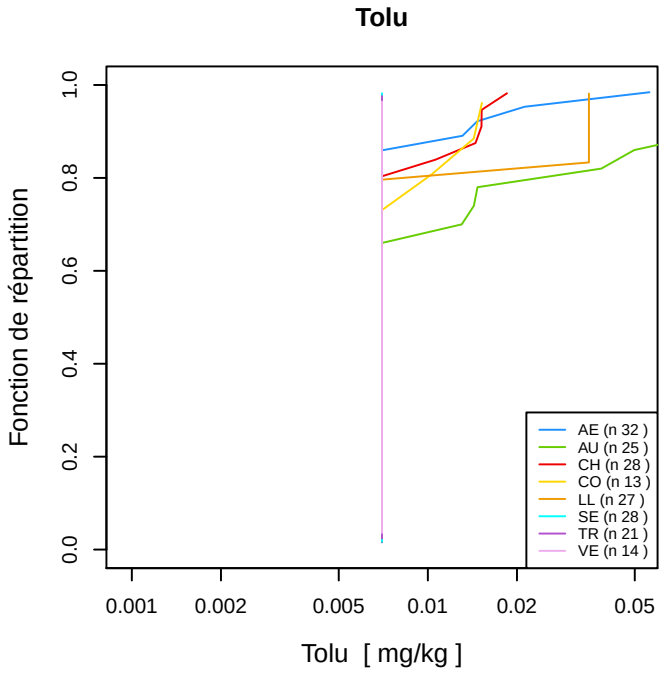

Se
LQ
LR
VE (2.1)
TR (1.4)
SE (1.5)
LL (2.4)
CO (1.5)
CH (1.2)
AU (2.6)
AE (1.4)
0.5
1
2
5
10
Se [mg/kg]

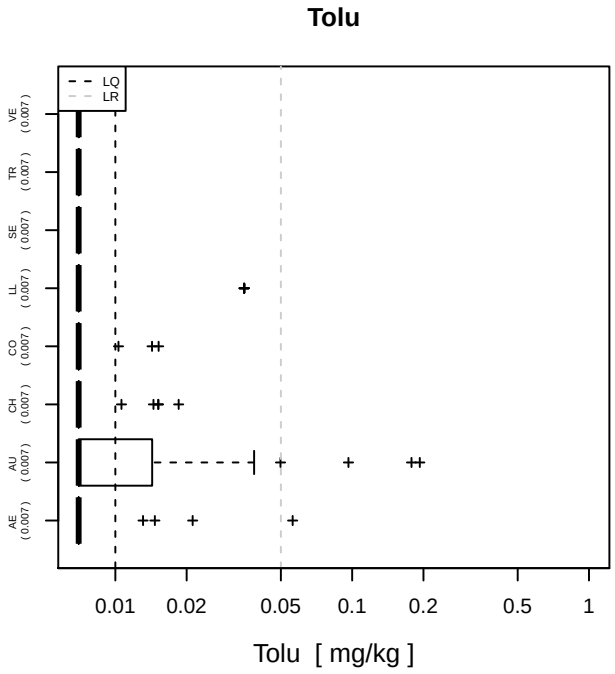

Sn
LQ
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
2
Sn [mg/kg]
AE (n 25)
AU (n 26)
CH (n 32)
CO (n 13)
LL (n 25)
SE (n 28)
TR (n 22)
VE (n 15)

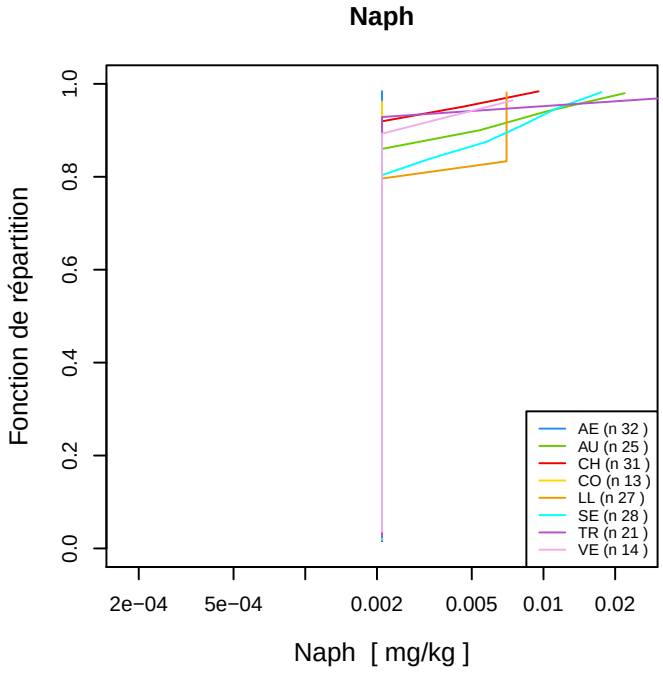

Sn
LQ
LR
VE (3.5)
TR (3.5)
SE (1.1)
LL (3.5)
CO (1.1)
CH (1.1)
AU (3.5)
AE (3.5)
1
2
5
10
20
Sn [mg/kg]

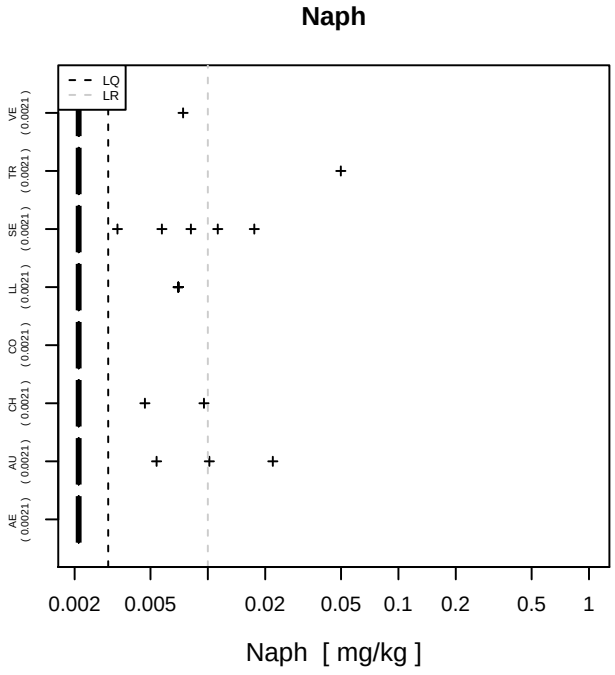

Zn
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
20
50
100
200
Zn [mg/kg]
AE (n 30)
AU (n 22)
CH (n 28)
CO (n 13)
LL (n 24)
SE (n 27)
TR (n 21)
VE (n 15)

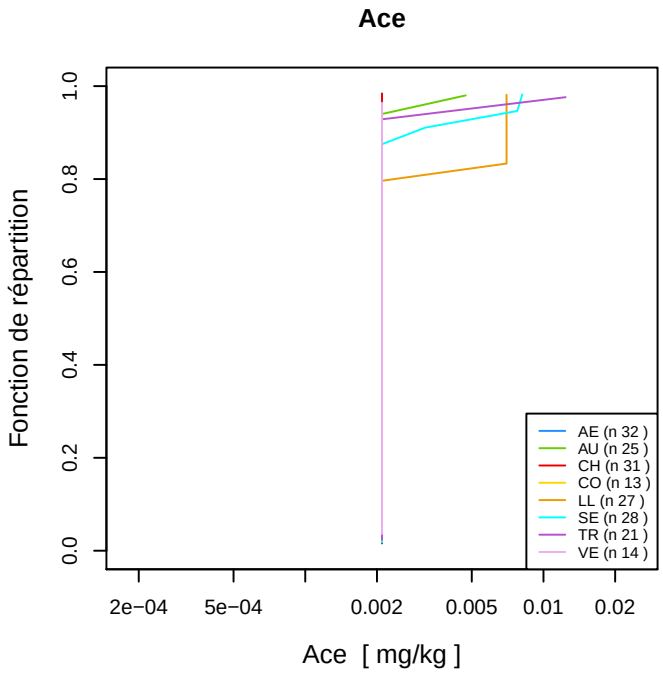

Zn
LR
VE (67)
TR (67)
SE (54)
LL (42)
CO (43)
CH (48)
AU (100)
AE (61)
10
20
50
100
200
Zn [mg/kg]

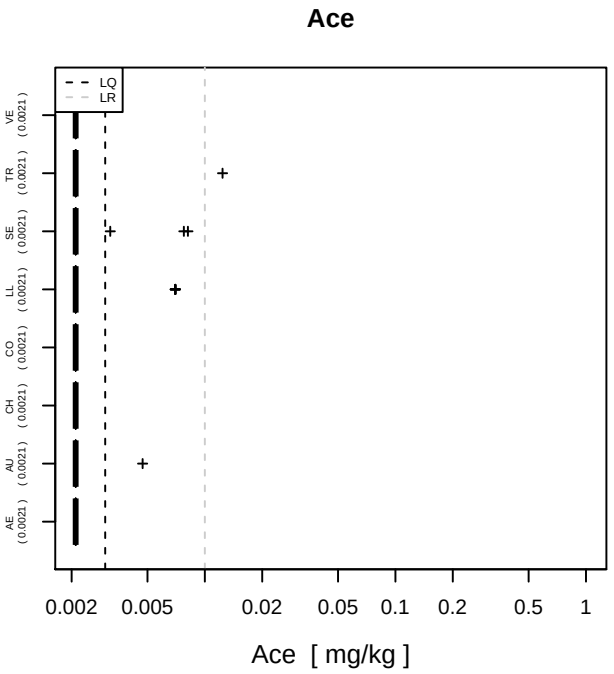

Tolu
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.001
0.002
0.005
0.01
0.02
0.05
Tolu [mg/kg]
AE (n 32)
AU (n 25)
CH (n 28)
CO (n 13)
LL (n 27)
SE (n 28)
TR (n 21)
VE (n 14)

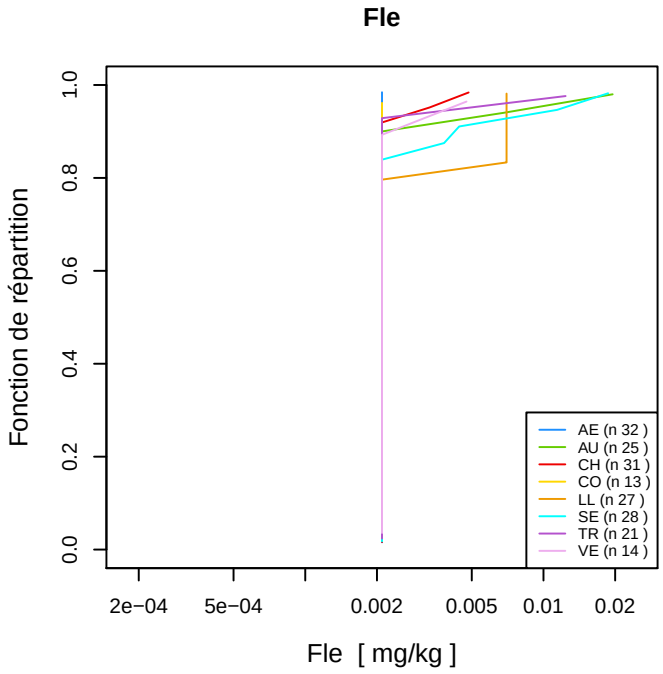

Tolu
LQ
LR
VE (0.007)
TR (0.007)
SE (0.007)
LL (0.007)
CO (0.007)
CH (0.007)
AU (0.007)
AE (0.007)
0.01
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
Tolu [mg/kg]

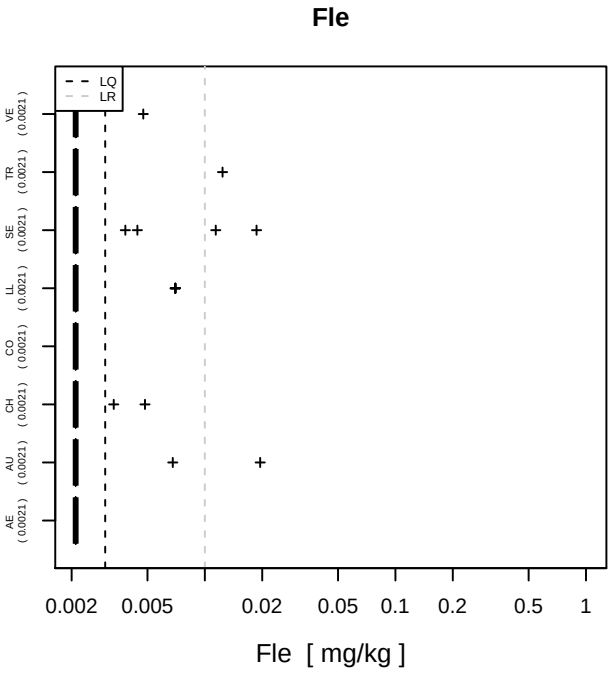

Naph
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
2e−04
5e−04
0.002
0.005
0.01
0.02
Naph [mg/kg]
AE (n 32)
AU (n 25)
CH (n 31)
CO (n 13)
LL (n 27)
SE (n 28)
TR (n 21)
VE (n 14)

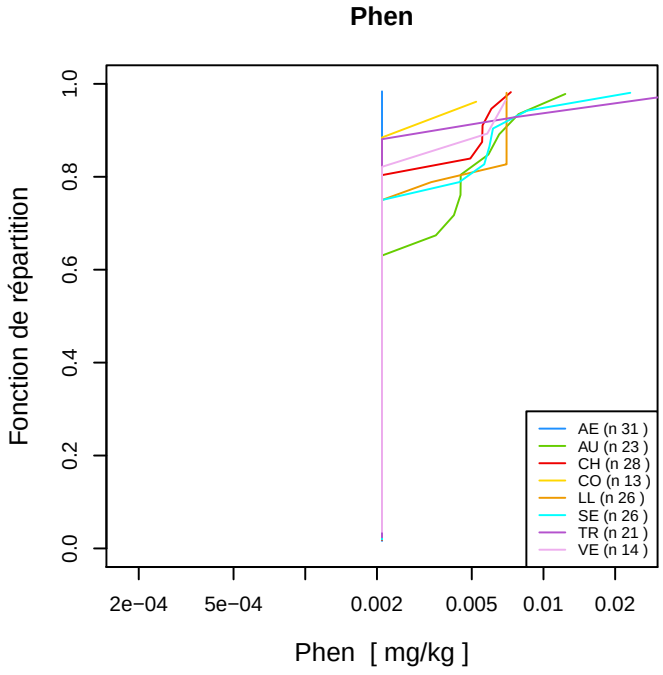

Naph
LQ
LR
VE (0.0021)
TR (0.0021)
SE (0.0021)
LL (0.0021)
CO (0.0021)
CH (0.0021)
AU (0.0021)
AE (0.0021)
0.002
0.005
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
Naph [mg/kg]

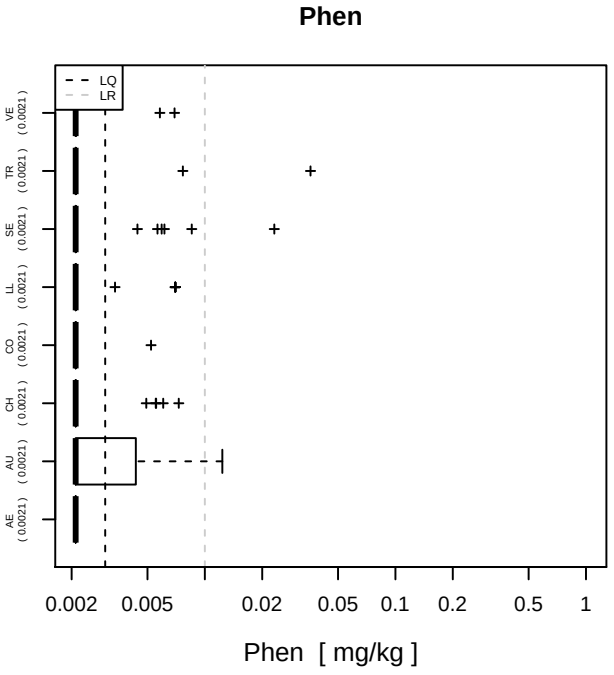

Ace
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
2e−04
5e−04
0.002
0.005
0.01
0.02
Ace [mg/kg]
AE (n 32)
AU (n 25)
CH (n 31)
CO (n 13)
LL (n 27)
SE (n 28)
TR (n 21)
VE (n 14)

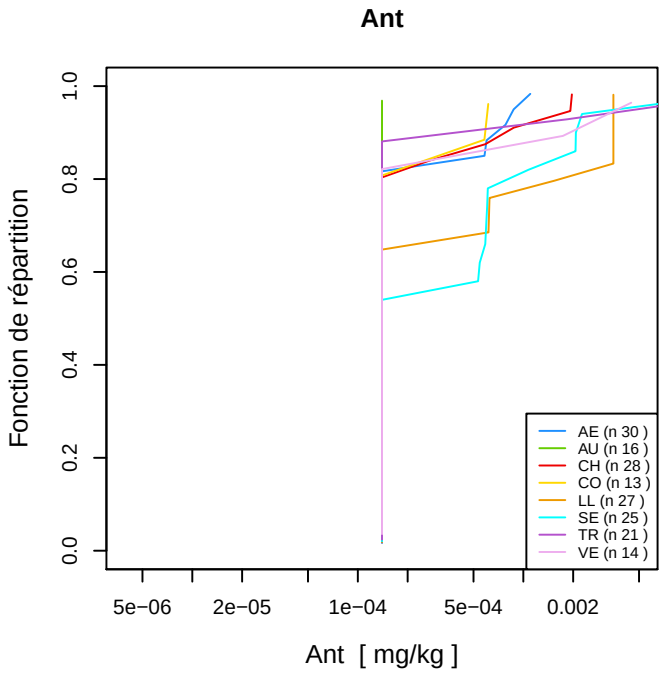

Ace
LQ
LR
VE (0.0021)
TR (0.0021)
SE (0.0021)
LL (0.0021)
CO (0.0021)
CH (0.0021)
AU (0.0021)
AE (0.0021)
0.002
0.005
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
Ace [mg/kg]

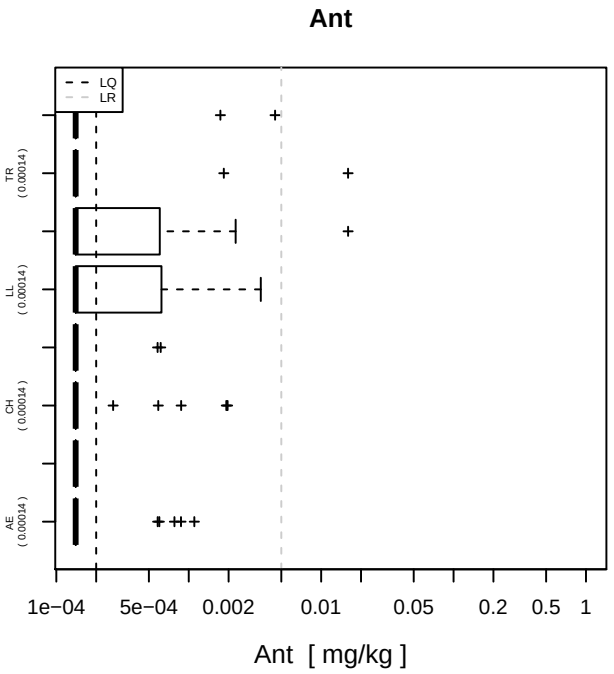

Fle
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
2e−04
5e−04
0.002
0.005
0.01
0.02
Fle [mg/kg]
AE (n 32)
AU (n 25)
CH (n 31)
CO (n 13)
LL (n 27)
SE (n 28)
TR (n 21)
VE (n 14)

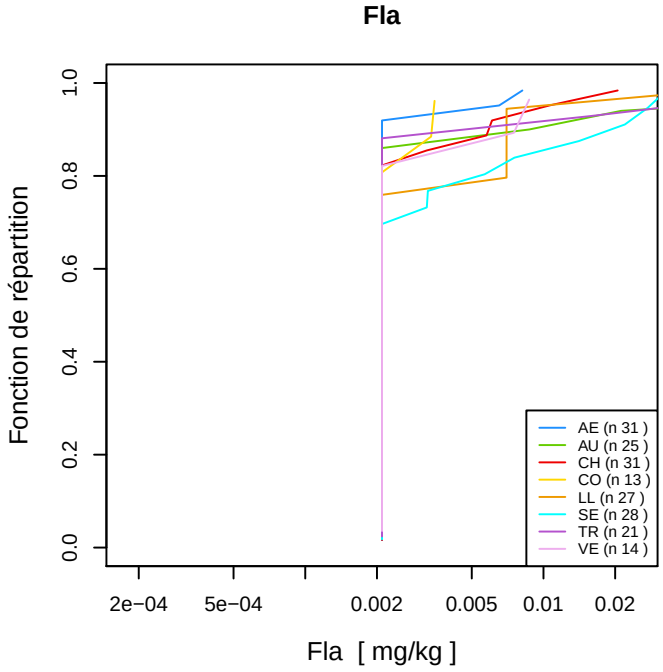

Fle
LQ
LR
VE (0.0021)
TR (0.0021)
SE (0.0021)
LL (0.0021)
CO (0.0021)
CH (0.0021)
AU (0.0021)
AE (0.0021)
0.002
0.005
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
Fle [mg/kg]

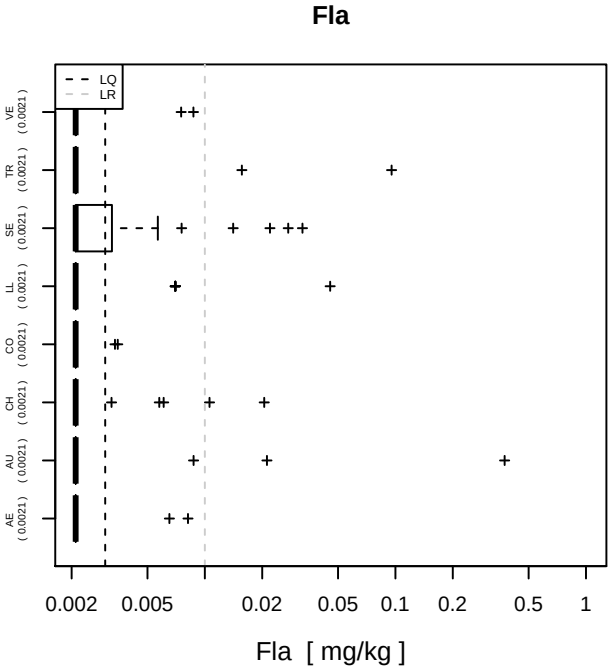

Phen
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
2e−04
5e−04
0.002
0.005
0.01
0.02
Phen [mg/kg]
AE (n 31)
AU (n 23)
CH (n 28)
CO (n 13)
LL (n 26)
SE (n 26)
TR (n 21)
VE (n 14)

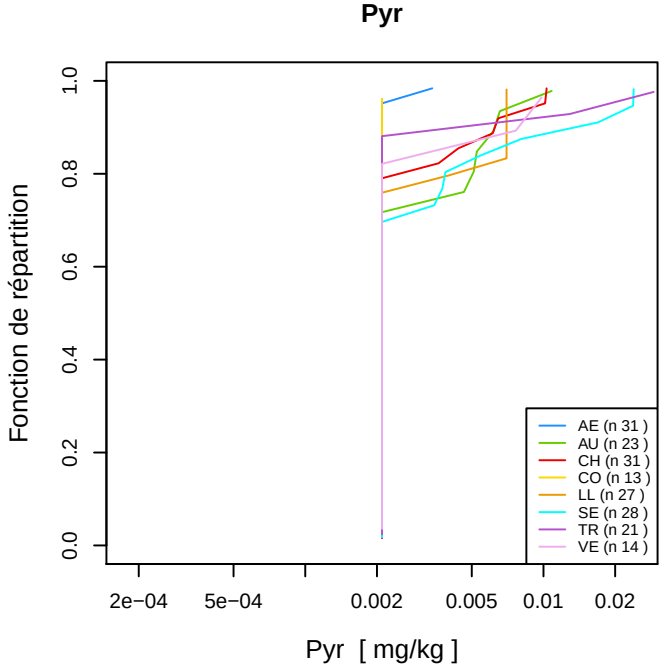

Phen
LQ
LR
VE (0.0021)
TR (0.0021)
SE (0.0021)
LL (0.0021)
CO (0.0021)
CH (0.0021)
AU (0.0021)
AE (0.0021)
0.002
0.005
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
Phen [mg/kg]

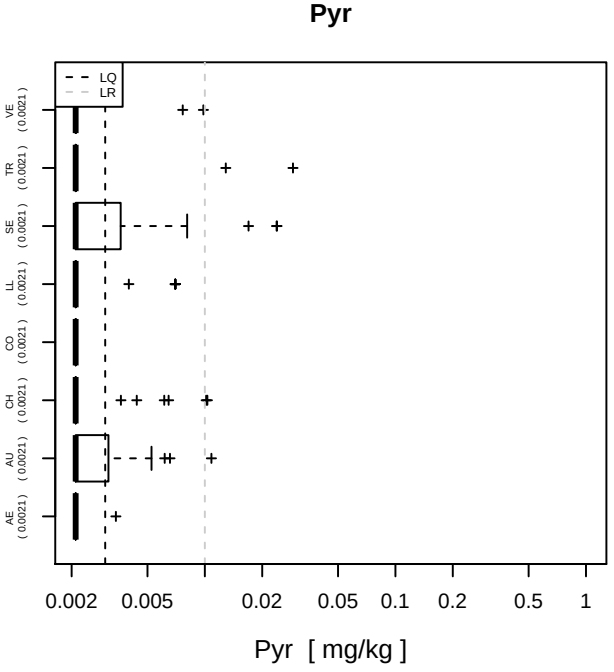

Ant
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
5e−06
2e−05
1e−04
5e−04
0.002
Ant [mg/kg]
AE (n 30)
AU (n 16)
CH (n 28)
CO (n 13)
LL (n 27)
SE (n 25)
TR (n 21)
VE (n 14)


Ant
LQ
LR
TR (0.00014)
LL (0.00014)
CH (0.00014)
AE (0.00014)
1e−04
5e−04
0.002
0.01
0.05
0.2
0.5
1
Ant [mg/kg]

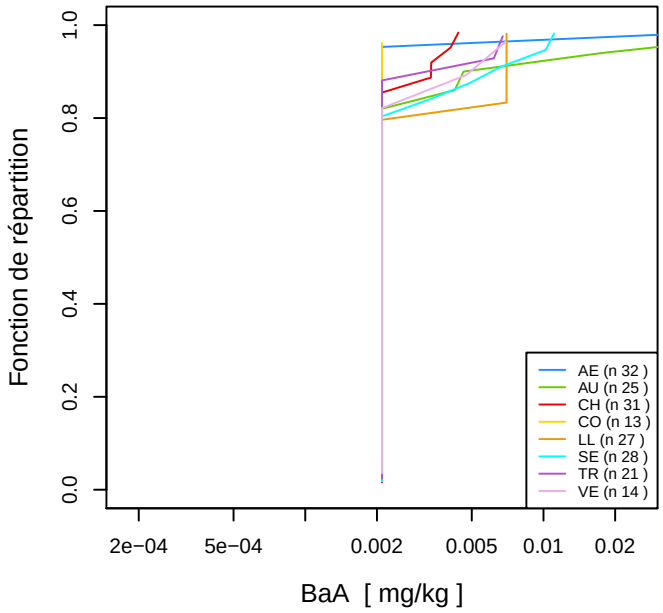

Fla
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
2e−04
5e−04
0.002
0.005
0.01
0.02
Fla [mg/kg]
AE (n 31)
AU (n 25)
CH (n 31)
CO (n 13)
LL (n 27)
SE (n 28)
TR (n 21)
VE (n 14)


Fla
LQ
LR
VE (0.0021)
TR (0.0021)
SE (0.0021)
LL (0.0021)
CO (0.0021)
CH (0.0021)
AU (0.0021)
AE (0.0021)
0.002
0.005
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
Fla [mg/kg]

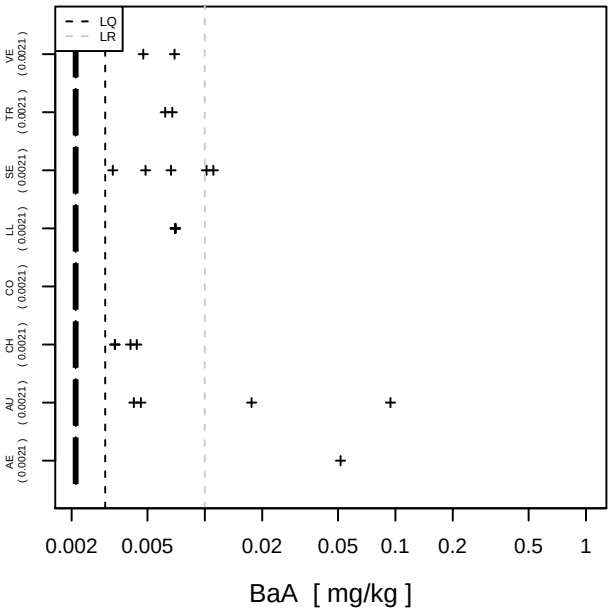

Pyr
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
2e−04
5e−04
0.002
0.005
0.01
0.02
Pyr [mg/kg]
AE (n 31)
AU (n 23)
CH (n 31)
CO (n 13)
LL (n 27)
SE (n 28)
TR (n 21)
VE (n 14)


Pyr
LQ
LR
VE (0.0021)
TR (0.0021)
SE (0.0021)
LL (0.0021)
CO (0.0021)
CH (0.0021)
AU (0.0021)
AE (0.0021)
0.002
0.005
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
Pyr [mg/kg]

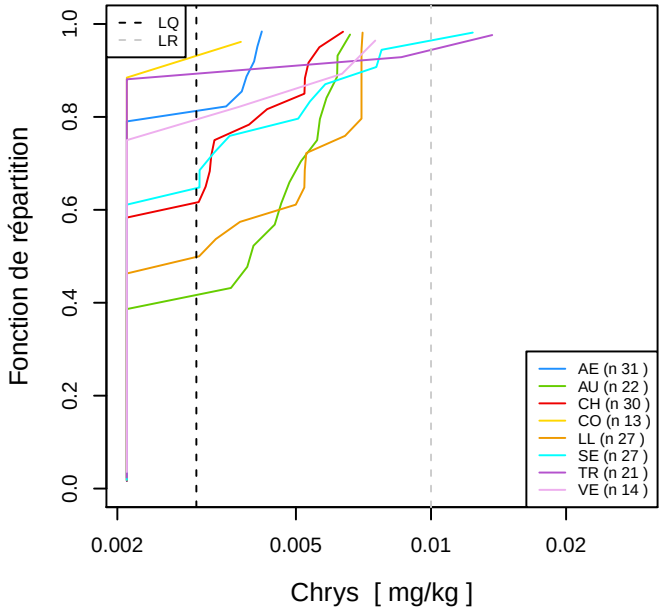
BaA



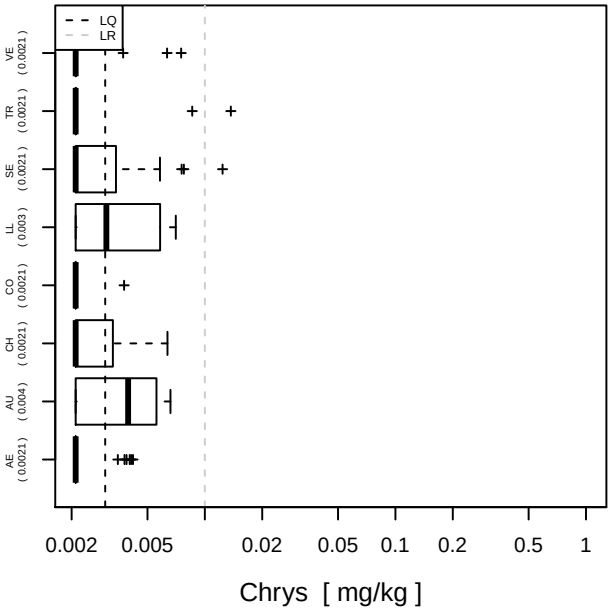
BaA



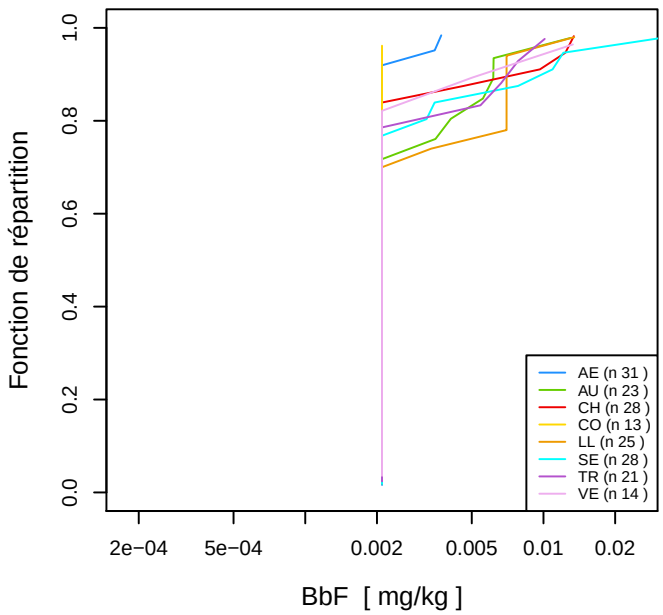
Chrys



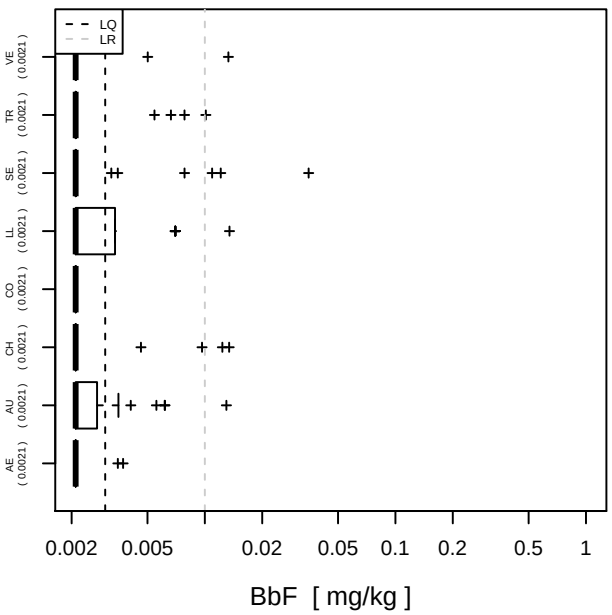
Chrys

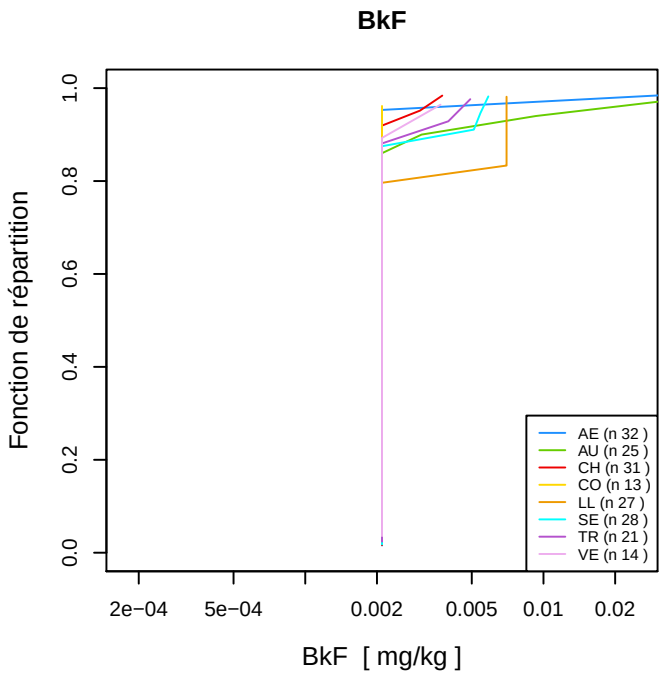


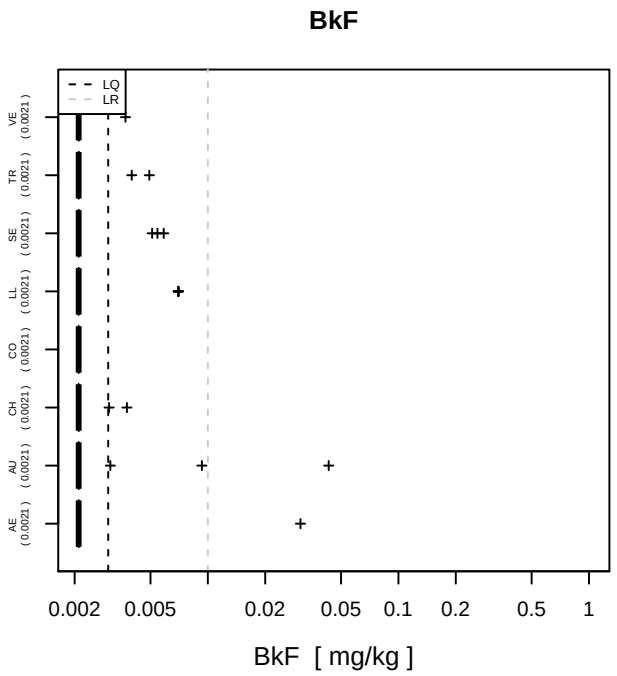
BbF

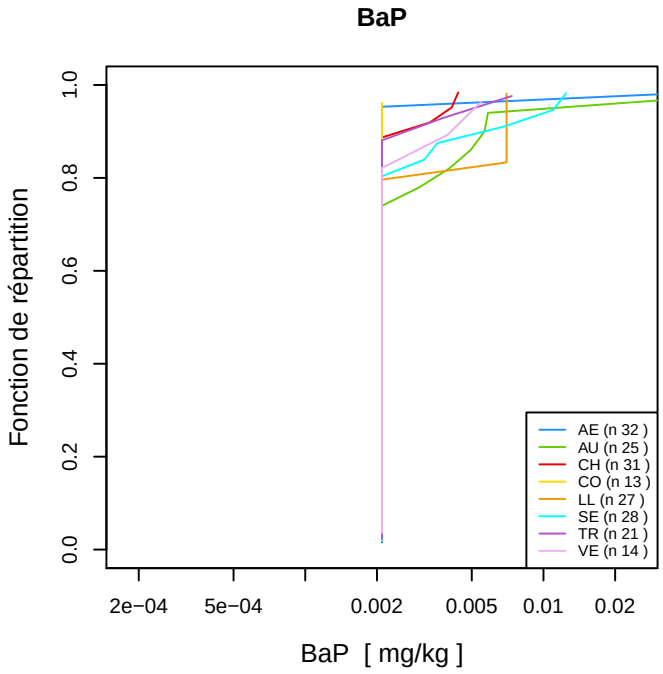


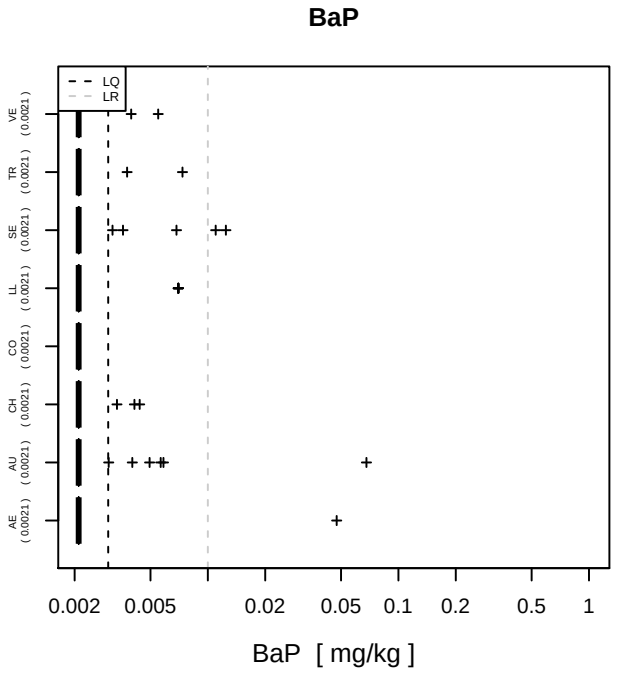
BbF

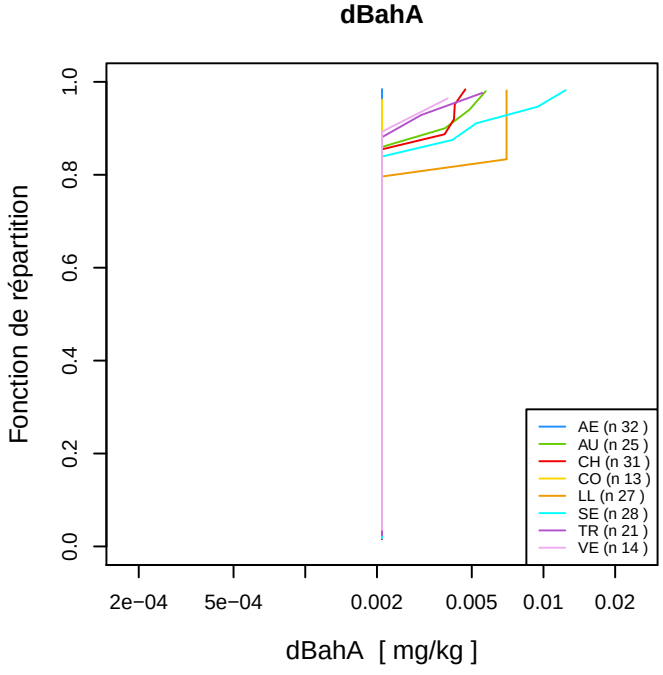


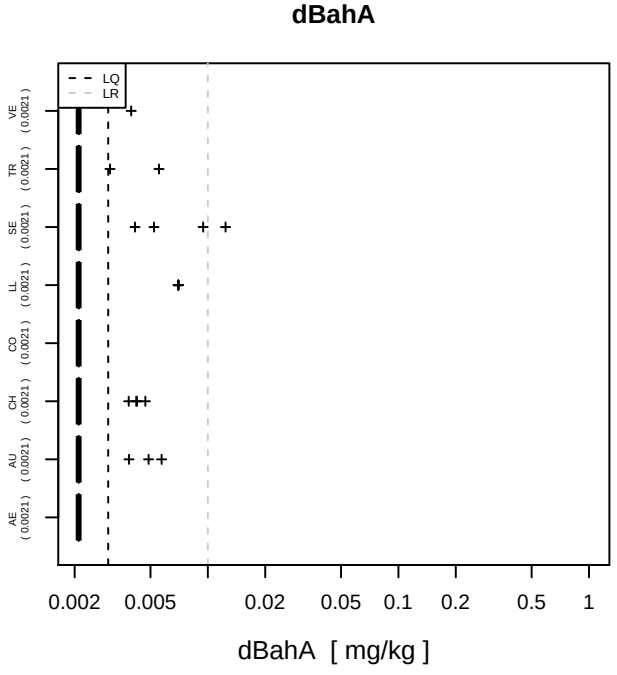

BkF
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
2e−04
5e−04
0.002
0.005
0.01
0.02
BkF [mg/kg]
AE (n 32)
AU (n 25)
CH (n 31)
CO (n 13)
LL (n 27)
SE (n 28)
TR (n 21)
VE (n 14)

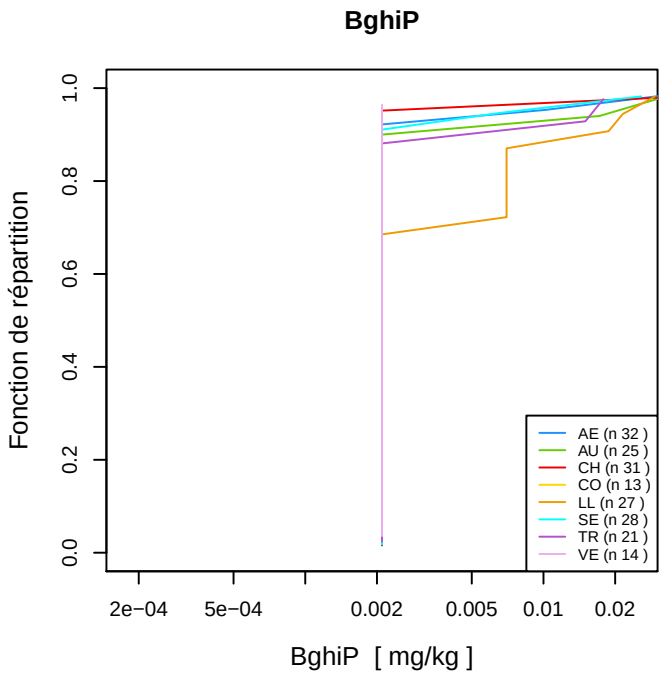

BkF
LQ
LR
VE (0.0021)
TR (0.0021)
SE (0.0021)
LL (0.0021)
CO (0.0021)
CH (0.0021)
AU (0.0021)
AE (0.0021)
0.002
0.005
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
BkF [mg/kg]

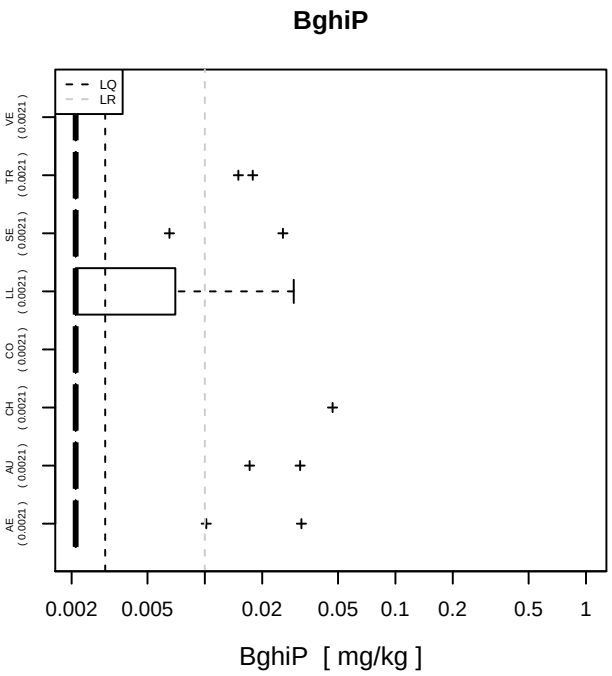

BaP
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
2e−04
5e−04
0.002
0.005
0.01
0.02
BaP [mg/kg]
AE (n 32)
AU (n 25)
CH (n 31)
CO (n 13)
LL (n 27)
SE (n 28)
TR (n 21)
VE (n 14)

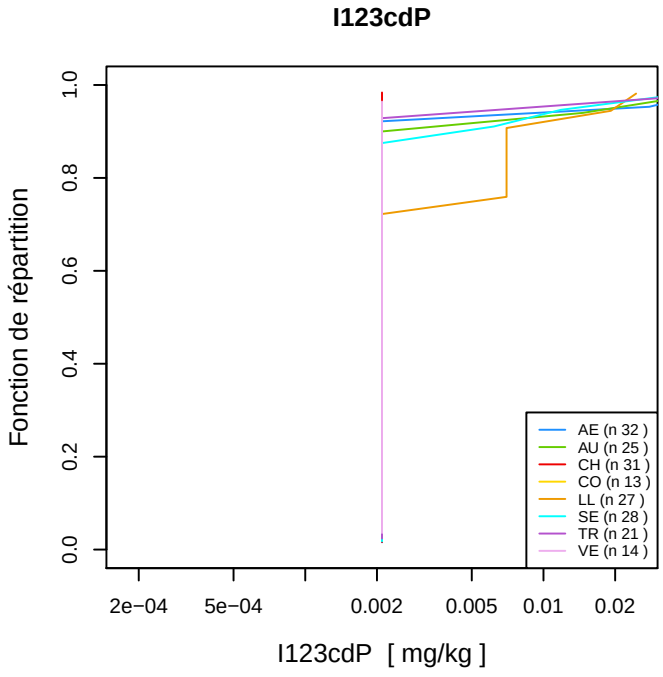

BaP
LQ
LR
VE (0.0021)
TR (0.0021)
SE (0.0021)
LL (0.0021)
CO (0.0021)
CH (0.0021)
AU (0.0021)
AE (0.0021)
0.002
0.005
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
BaP [mg/kg]

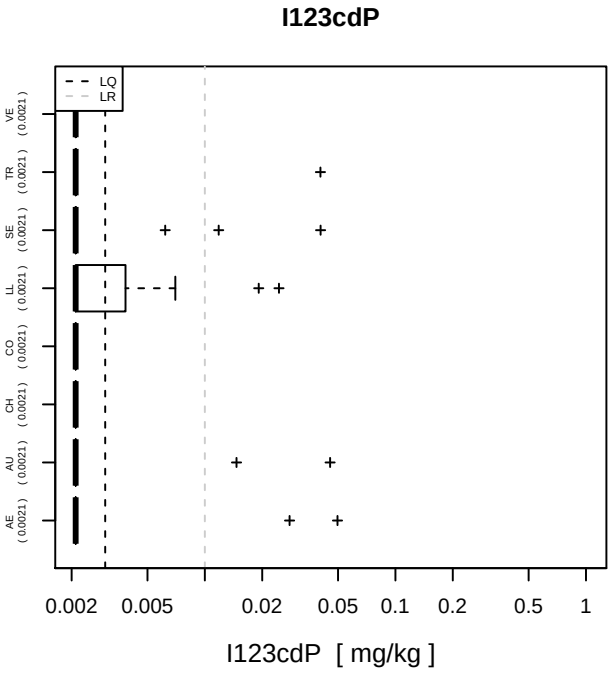

dBahA
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
2e−04
5e−04
0.002
0.005
0.01
0.02
dBahA [mg/kg]
AE (n 32)
AU (n 25)
CH (n 31)
CO (n 13)
LL (n 27)
SE (n 28)
TR (n 21)
VE (n 14)

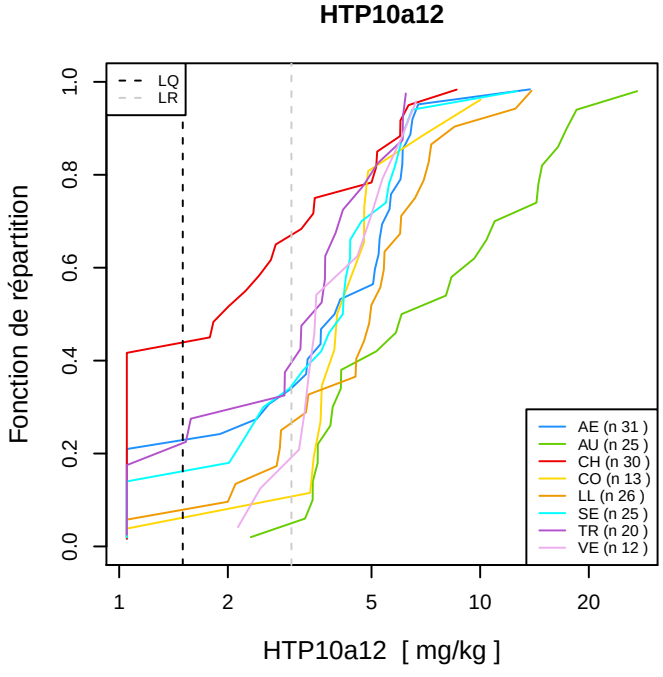

dBahA
LQ
LR
VE (0.0021)
TR (0.0021)
SE (0.0021)
LL (0.0021)
CO (0.0021)
CH (0.0021)
AU (0.0021)
AE (0.0021)
0.002
0.005
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
dBahA [mg/kg]

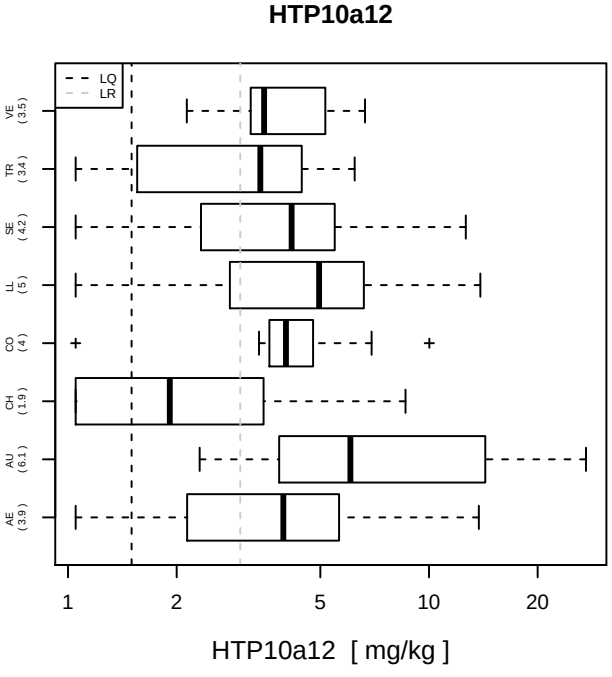

BghiP
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
2e−04
5e−04
0.002
0.005
0.01
0.02
BghiP [mg/kg]
AE (n 32)
AU (n 25)
CH (n 31)
CO (n 13)
LL (n 27)
SE (n 28)
TR (n 21)
VE (n 14)


BghiP
LQ
LR
VE (0.0021)
TR (0.0021)
SE (0.0021)
LL (0.0021)
CO (0.0021)
CH (0.0021)
AU (0.0021)
AE (0.0021)
0.002
0.005
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
BghiP [mg/kg]

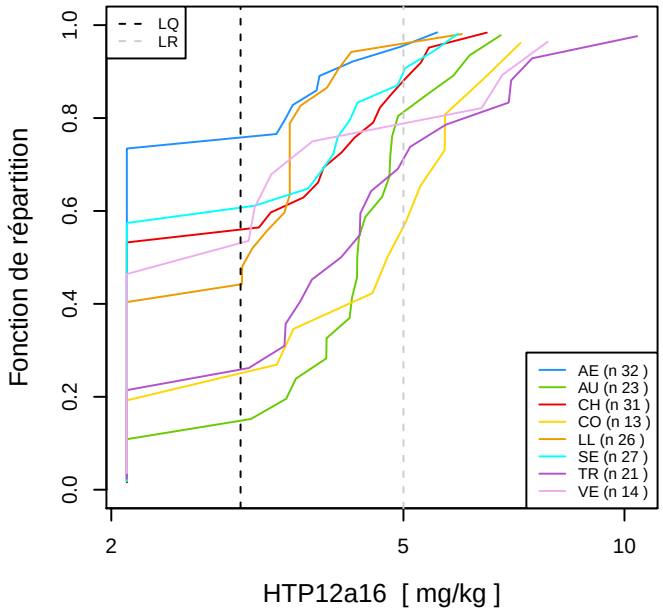

I123cdP
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
2e−04
5e−04
0.002
0.005
0.01
0.02
I123cdP [mg/kg]
AE (n 32)
AU (n 25)
CH (n 31)
CO (n 13)
LL (n 27)
SE (n 28)
TR (n 21)
VE (n 14)


I123cdP
LQ
LR
VE (0.0021)
TR (0.0021)
SE (0.0021)
LL (0.0021)
CO (0.0021)
CH (0.0021)
AU (0.0021)
AE (0.0021)
0.002
0.005
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
I123cdP [mg/kg]

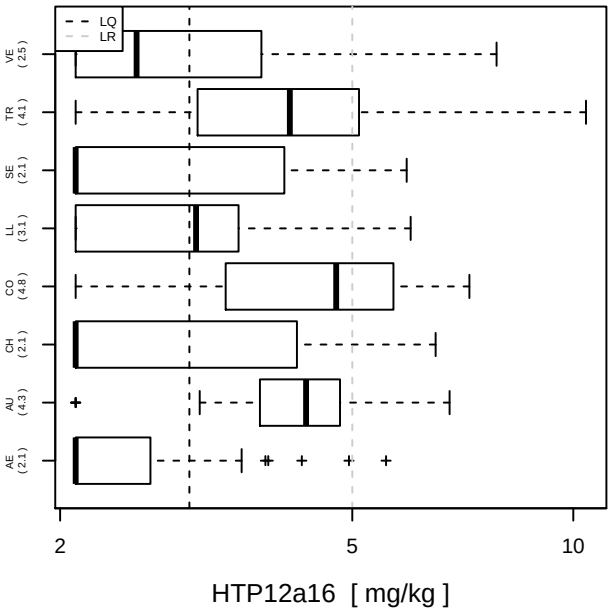

HTP10a12
LQ
LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
1
2
5
10
20
HTP10a12 [mg/kg]
AE (n 31)
AU (n 25)
CH (n 30)
CO (n 13)
LL (n 26)
SE (n 25)
TR (n 20)
VE (n 12)


HTP10a12
LQ
LR
VE (3.5)
TR (3.4)
SE (4.2)
LL (5)
CO (4)
CH (1.9)
AU (6.1)
AE (3.9)
1
2
5
10
20
HTP10a12 [mg/kg]

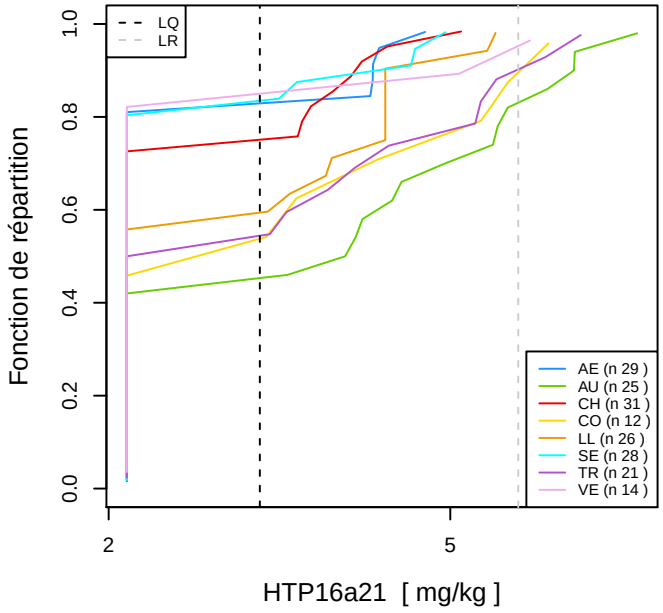
HTP12a16



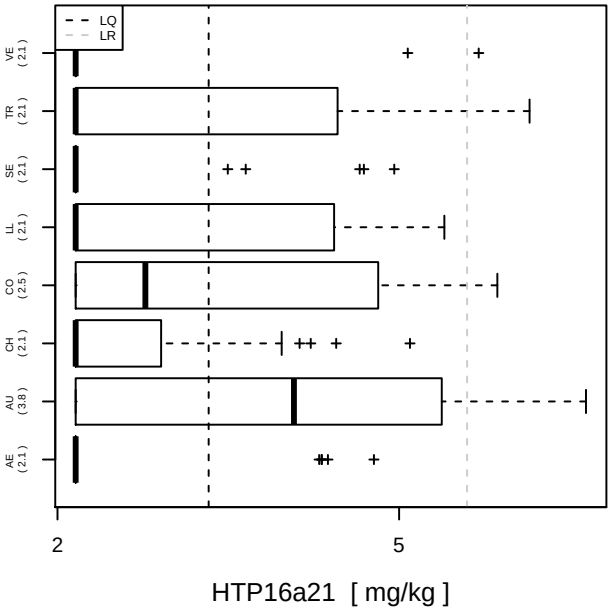
HTP12a16



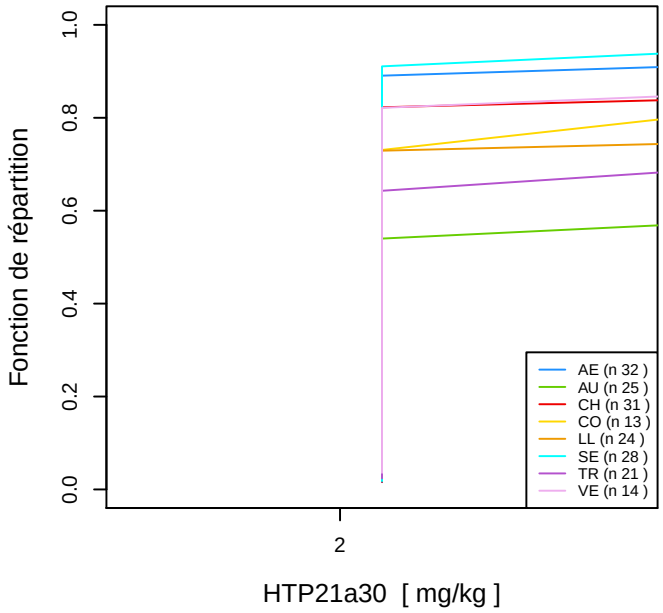
HTP16a21



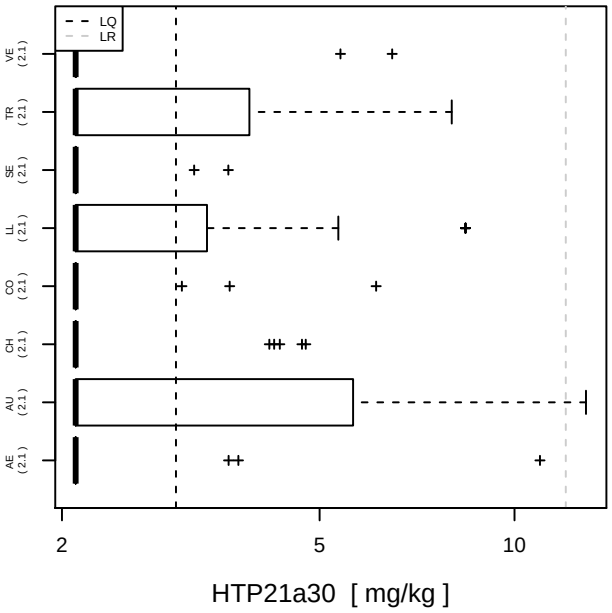
HTP16a21

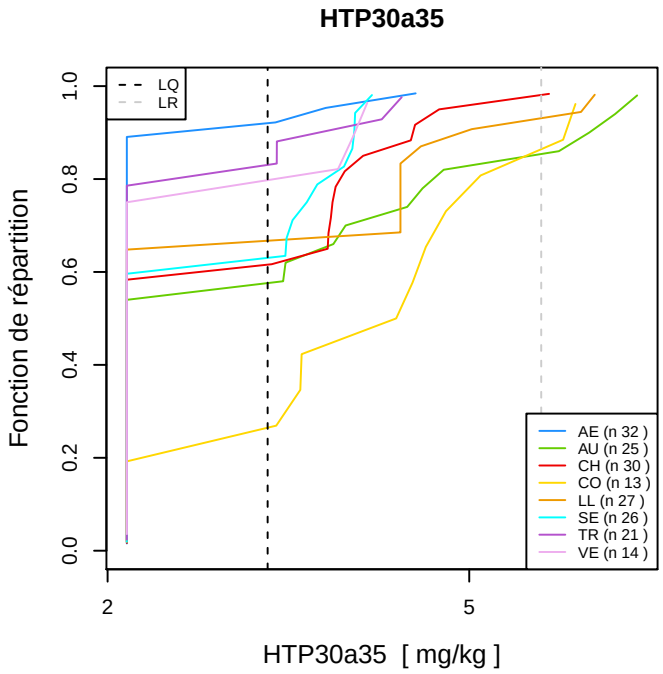


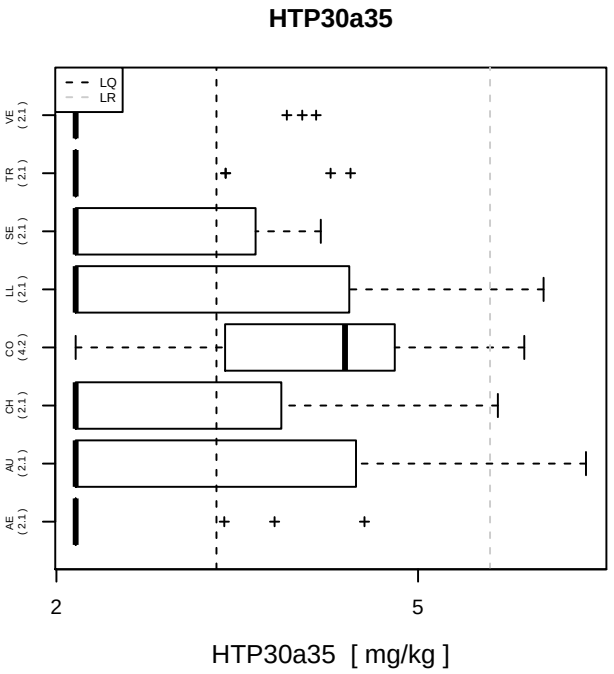
HTP21a30

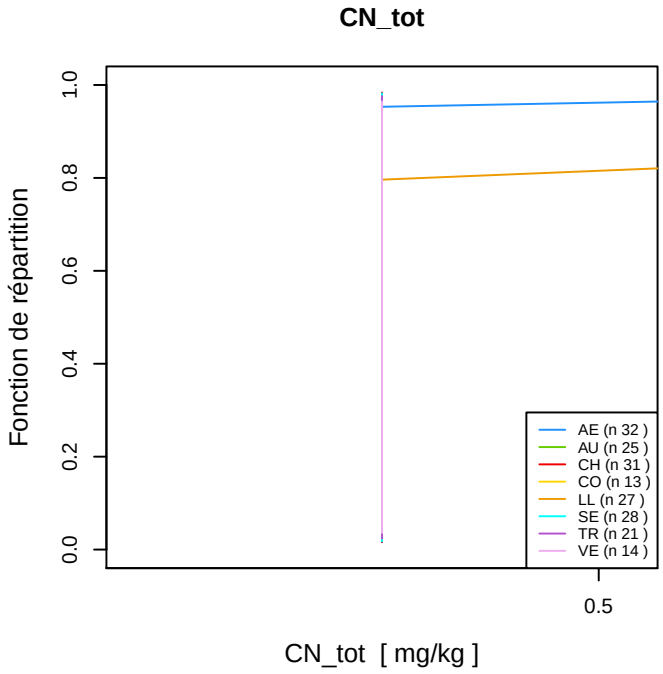


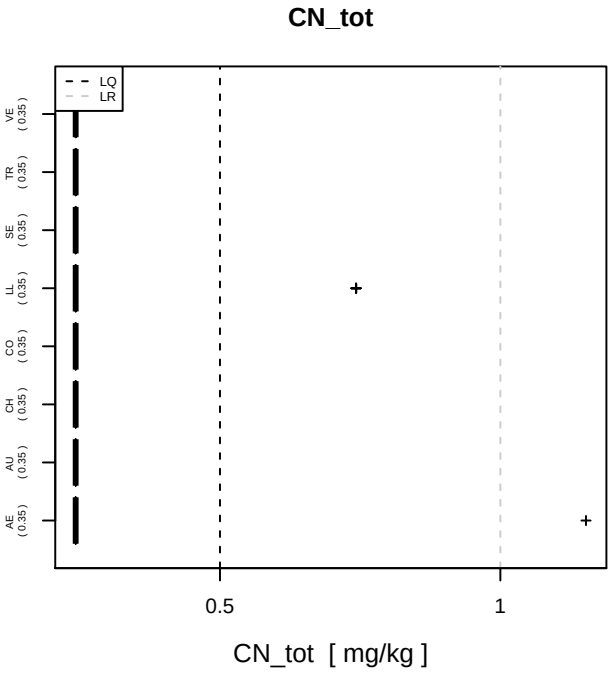
HTP21a30

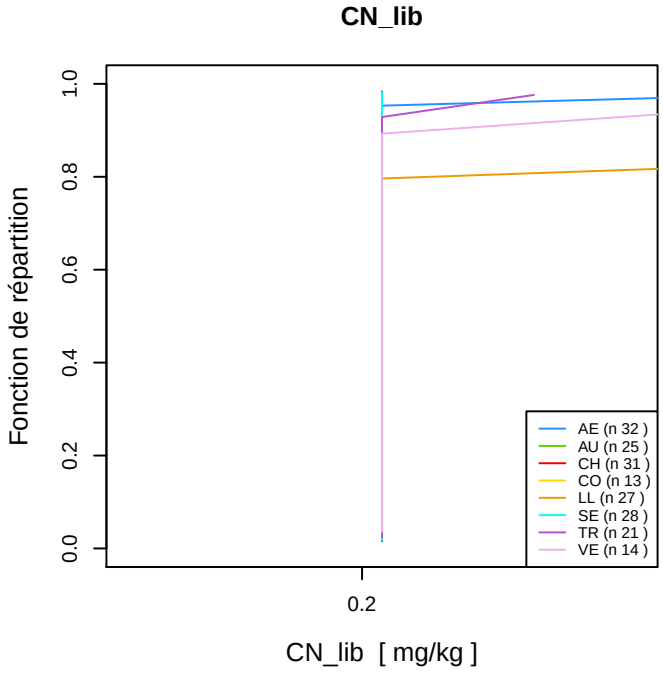


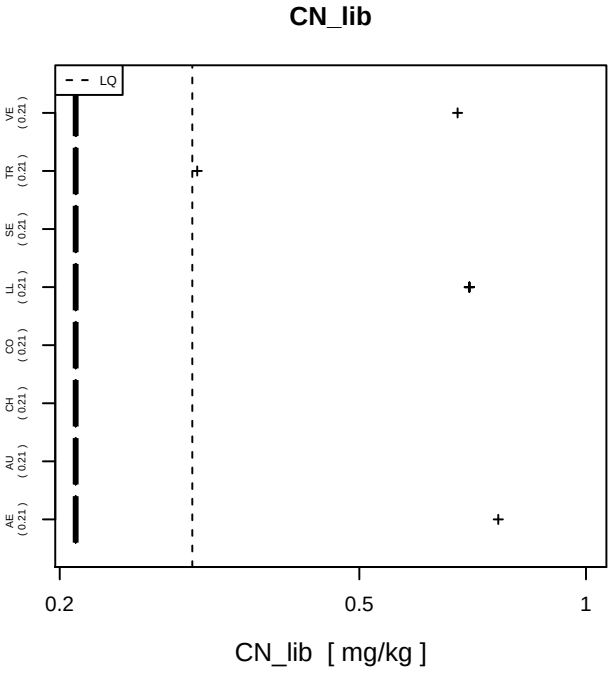

HTP30a35
Fonction de répartition
HTP30a35 [mg/kg]
LQ
LR
AE (n 32)
AU (n 25)
CH (n 30)
CO (n 13)
LL (n 27)
SE (n 26)
TR (n 21)
VE (n 14)

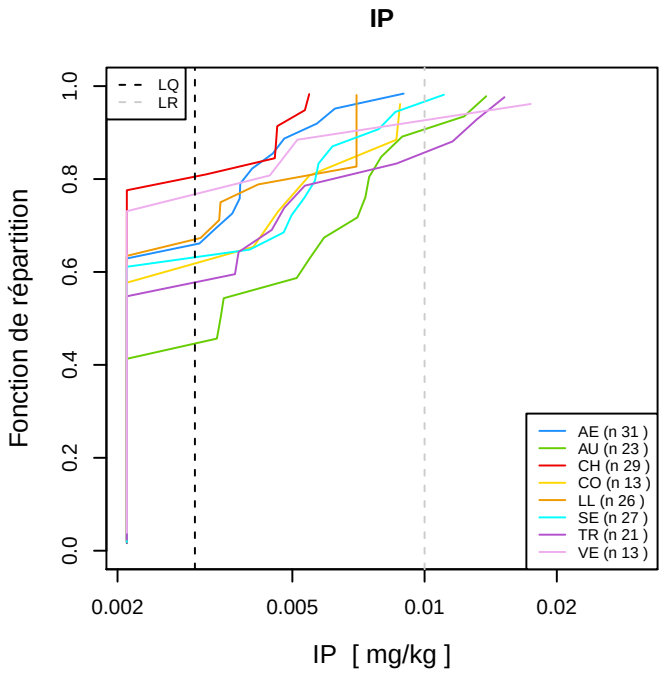

HTP30a35
HTP30a35 [mg/kg]
LQ
LR

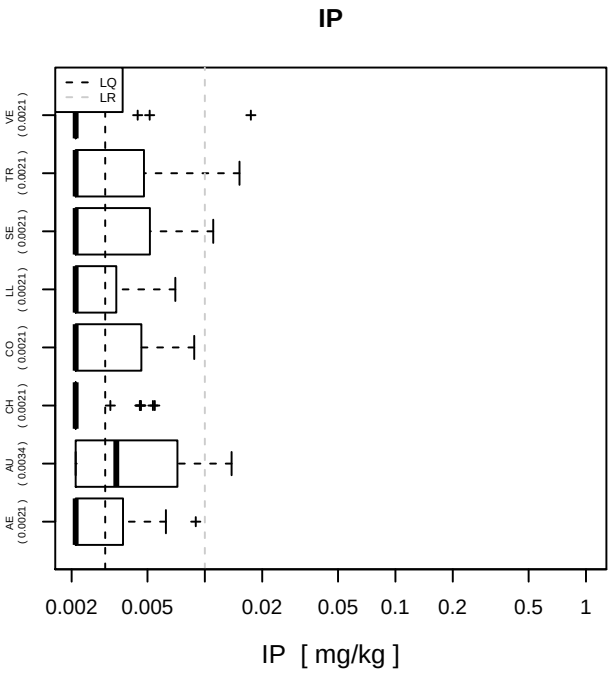

CN_tot
Fonction de répartition
CN_tot [mg/kg]
AE (n 32)
AU (n 25)
CH (n 31)
CO (n 13)
LL (n 27)
SE (n 28)
TR (n 21)
VE (n 14)

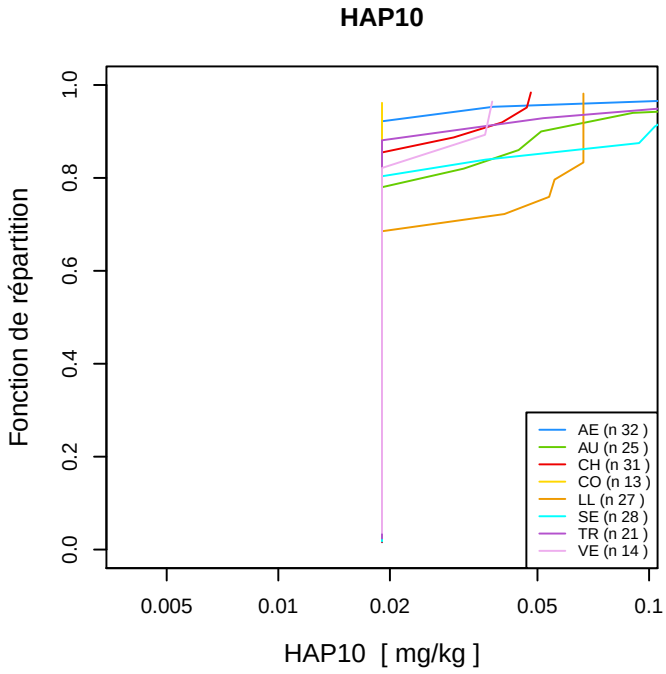

CN_tot
CN_tot [mg/kg]
LQ
LR

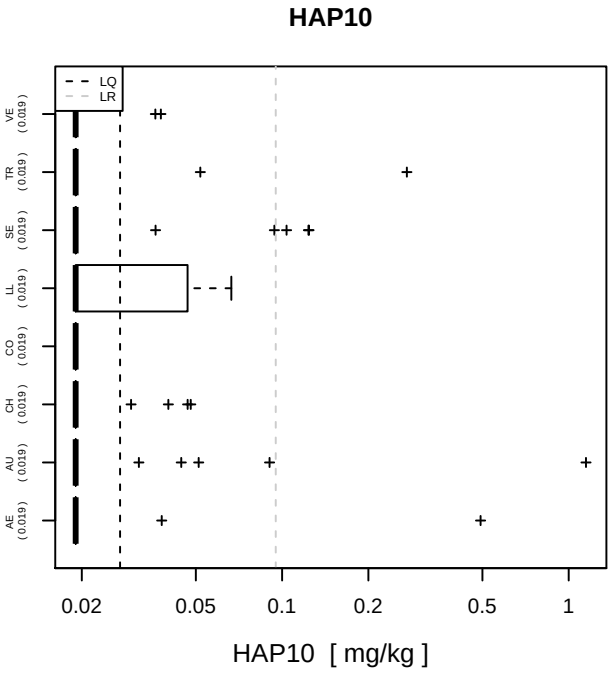

CN_lib
Fonction de répartition
CN_lib [mg/kg]
AE (n 32)
AU (n 25)
CH (n 31)
CO (n 13)
LL (n 27)
SE (n 28)
TR (n 21)
VE (n 14)

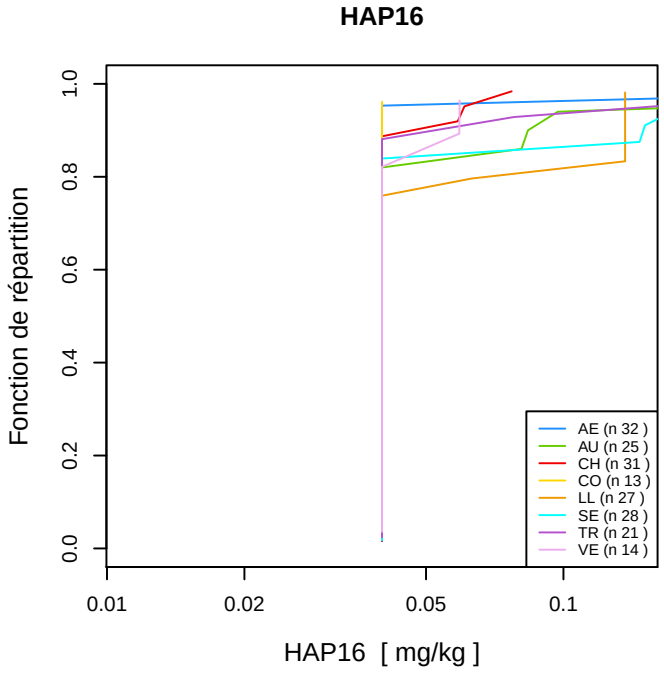

CN_lib
CN_lib [mg/kg]
LQ

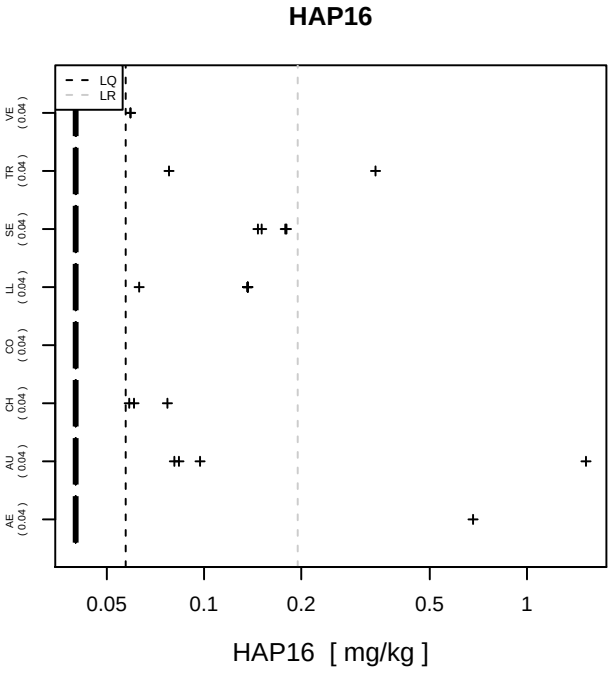

IP
Fonction de répartition
LQ
LR
AE (n 31)
AU (n 23)
CH (n 29)
CO (n 13)
LL (n 26)
SE (n 27)
TR (n 21)
VE (n 13)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.002
0.005
0.01
0.02
IP [mg/kg]

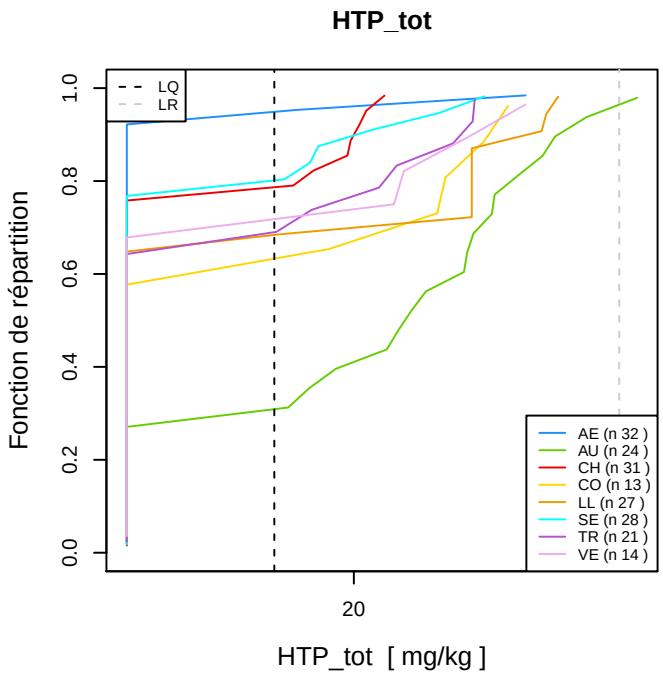

IP
LQ
LR
VE (0.0021)
TR (0.0021)
SE (0.0021)
LL (0.0021)
CO (0.0021)
CH (0.0021)
AU (0.0034)
AE (0.0021)
0.002
0.005
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
IP [mg/kg]

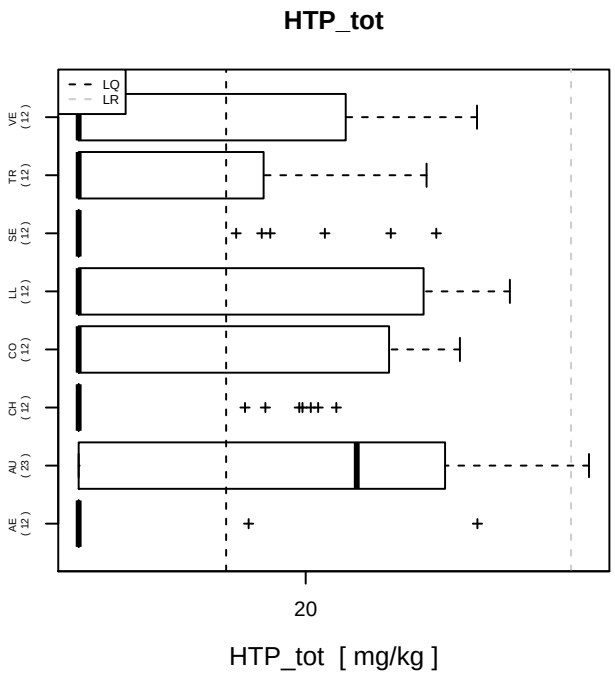

HAP10
Fonction de répartition
AE (n 32)
AU (n 25)
CH (n 31)
CO (n 13)
LL (n 27)
SE (n 28)
TR (n 21)
VE (n 14)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.005
0.01
0.02
0.05
0.1
HAP10 [mg/kg]


HAP10
LQ
LR
VE (0.019)
TR (0.019)
SE (0.019)
LL (0.019)
CO (0.019)
CH (0.019)
AU (0.019)
AE (0.019)
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
HAP10 [mg/kg]


HAP16
Fonction de répartition
AE (n 32)
AU (n 25)
CH (n 31)
CO (n 13)
LL (n 27)
SE (n 28)
TR (n 21)
VE (n 14)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.01
0.02
0.05
0.1
HAP16 [mg/kg]


HAP16
LQ
LR
VE (0.04)
TR (0.04)
SE (0.04)
LL (0.04)
CO (0.04)
CH (0.04)
AU (0.04)
AE (0.04)
0.05
0.1
0.2
0.5
1
HAP16 [mg/kg]


HTP_tot
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
LQ
LR
AE (n 32)
AU (n 24)
CH (n 31)
CO (n 13)
LL (n 27)
SE (n 28)
TR (n 21)
VE (n 14)
20
HTP_tot [mg/kg]

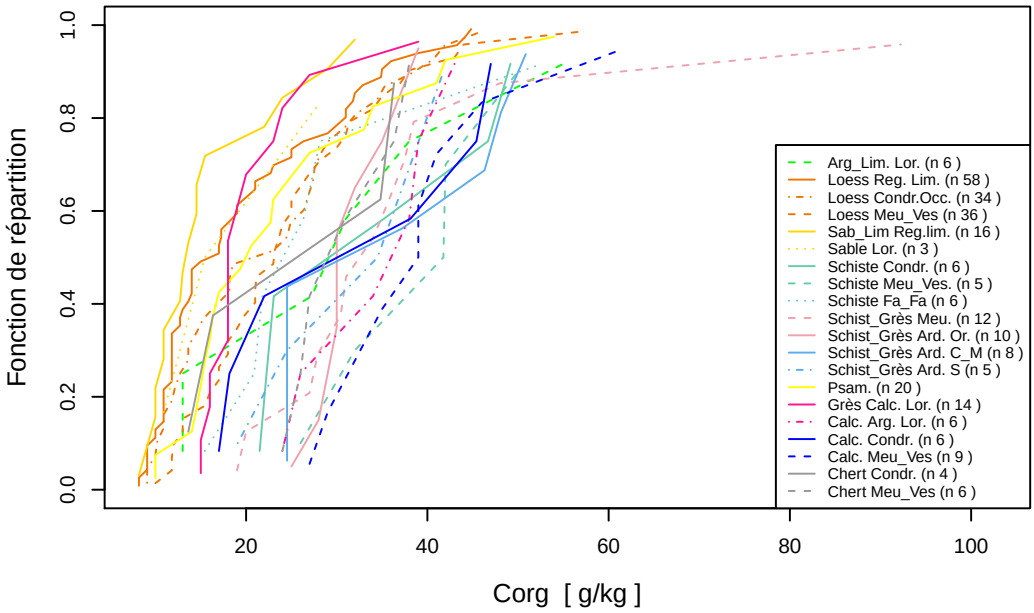

HTP_tot
LQ
LR
VE (12)
TR (12)
SE (12)
LL (12)
CO (12)
CH (12)
AU (24)
AE (12)
20
HTP_tot [mg/kg]

3h : Effet du groupe de sol dans les horizons de surface agricoles des sols naturels (POLLUSOL 1 et 2)

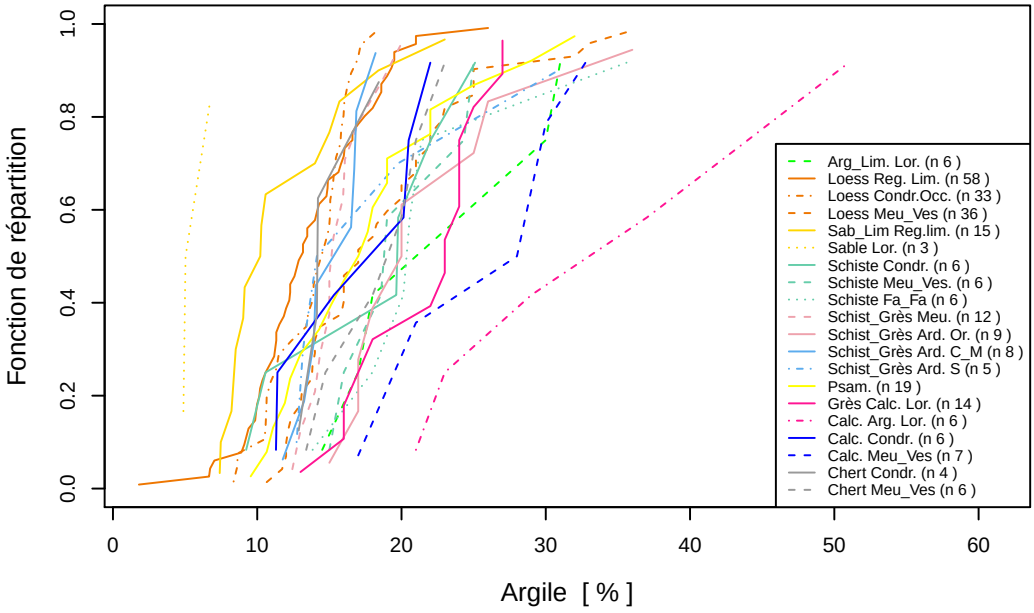
Abréviations des groupes de sols utilisés dans les graphiques (*cf.* section 5.1.3.5)

Abréviation	N°	Nom Complet
Arg_Lim. Lor.	62	Sols argileux et limoneux de Lorraine
Calc. Arg. Lor.	65	Sols argileux et calcaires des formations de Grancourt et Longwy
Calc. Condr.	34	Sols sur calcaires Condroz et de la Calestienne
Calc. Meu_Ves	29	Sols sur calcaires de la vallée de la Meuse et de la Vesdre
Chert Condr.	66	Sols sur cherts du Condroz
Chert Meu_Ves	30	Sols sur chert de la vallée de la Meuse et de la Vesdre
Grès Calc. Lor.	64	Sols sur grès calcaires de la formation d'Aubange
Lim. Lor.	61	Sols limoneux de la formation de Luxembourg
Loess Condr.Occ.	15	Sols sur loess de la vallée de la Sambre et du Condroz, de Fagne et de Famenne occidentale
Loess Meu_Ves	20	Sols sur loess de la vallée de la Meuse, de la Vesdre et de la région limoneuse orientale
Loess Reg. Lim.	7	Sols sur loess en région limoneuse centrale et occidentale
Psam.	18	Sols sur psammites
Sab_Lim Lor.	60	Sols sur loess et sables du Jurassique de Lorraine
Sab_Lim Reg.lim.	11	Sols sur sables tertiaires et loess en région limoneuse occidentale
Sable Lor.	59	Sols sur sables du Jurassique de Lorraine
Schist_Grès Ard. C_M	53	Sols sur schistes et grès de l'Ardenne centrale et méridonale
Schist_Grès Ard. Or.	45	Sols sur schistes et grès des contreforts de l'Ardenne orientale
Schist_Grès Ard. S	50	Sols sur schistes et grès de l'Ardenne septentrionale
Schist_Grès Meu.	21	Sols sur schistes et grès de la vallée de la Meuse
Schist_Grès Rev.	51	Sols sur schistes et grès du Revinien et du Devillien
Schiste Condr.	17	Sols sur schistes du Condroz occidental
Schiste Fa_Fa	41	Sols sur schistes en Fagne et en Famenne
Schiste Meu_Ves.	22	Sols sur schistes de la vallée de la Meuse et de la Vesdre

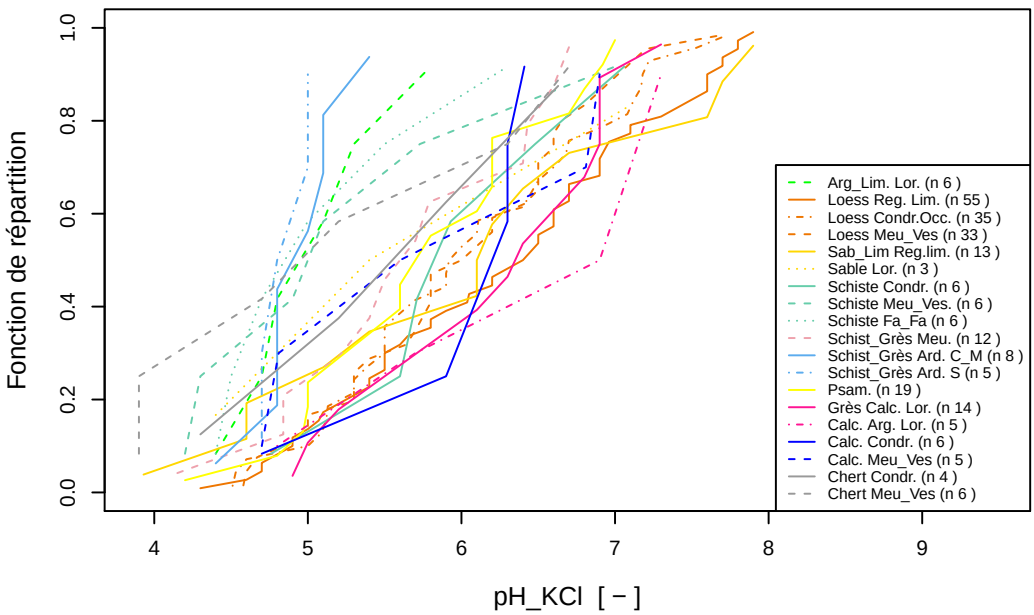
Corg



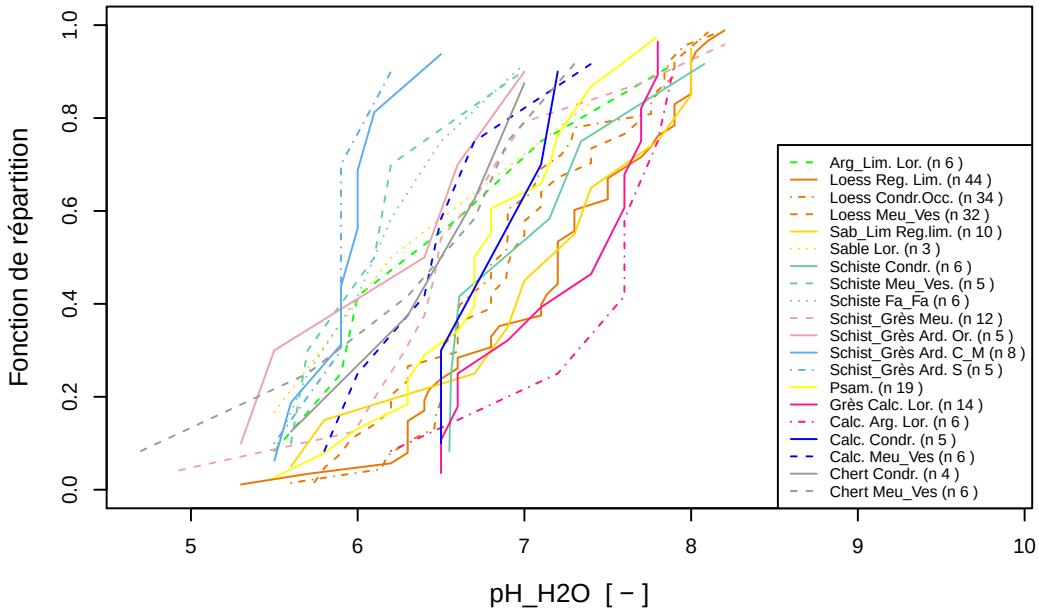
Argile



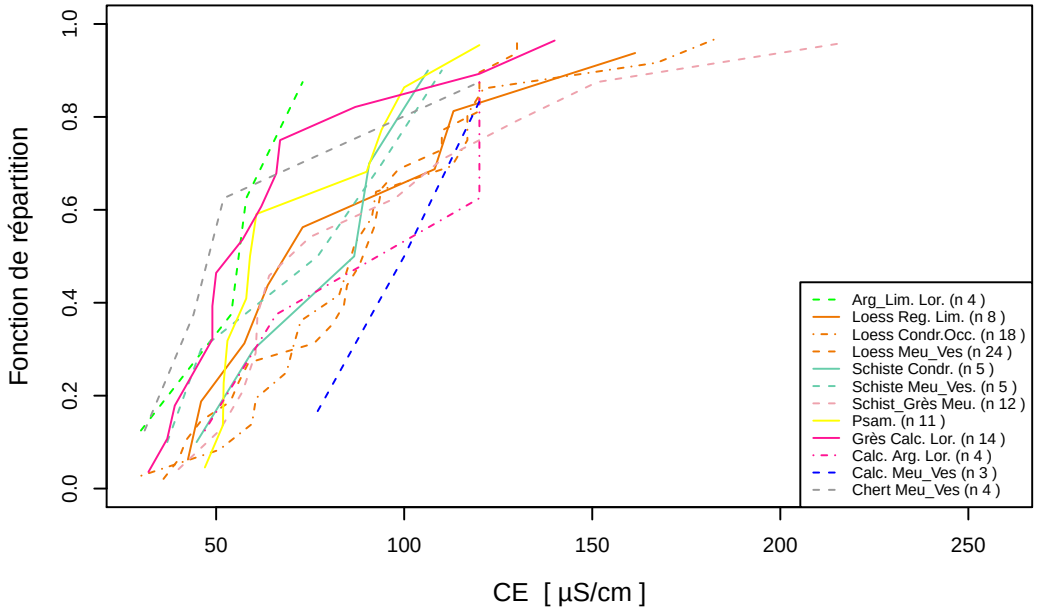
pH_KCl



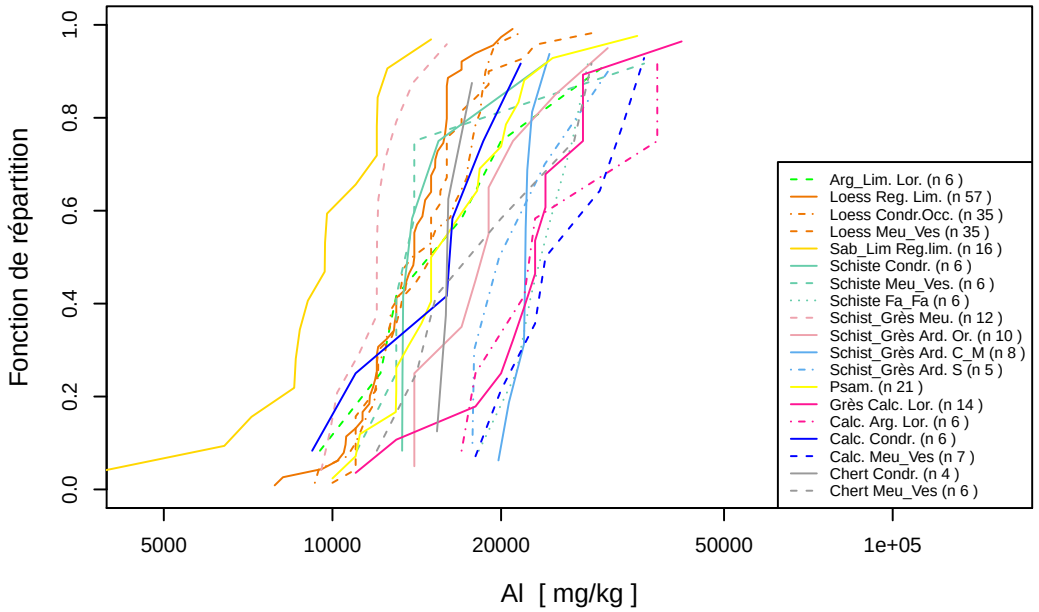
pH_H2O


Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
5
6
7
8
9
10
pH_H2O [−]
Arg_Lim. Lor. (n 6)
Loess Reg. Lim. (n 44)
Loess Condr.Occ. (n 34)
Loess Meu_Ves (n 32)
Sab_Lim Reg.lim. (n 10)
Sable Lor. (n 3)
Schiste Condr. (n 6)
Schiste Meu_Ves. (n 5)
Schiste Fa_Fa (n 6)
Schist_Grès Meu. (n 12)
Schist_Grès Ard. Or. (n 5)
Schist_Grès Ard. C_M (n 8)
Schist_Grès Ard. S (n 5)
Psam. (n 19)
Grès Calc. Lor. (n 14)
Calc. Arg. Lor. (n 6)
Calc. Condr. (n 5)
Calc. Meu_Ves (n 6)
Chert Condr. (n 4)
Chert Meu_Ves (n 6)

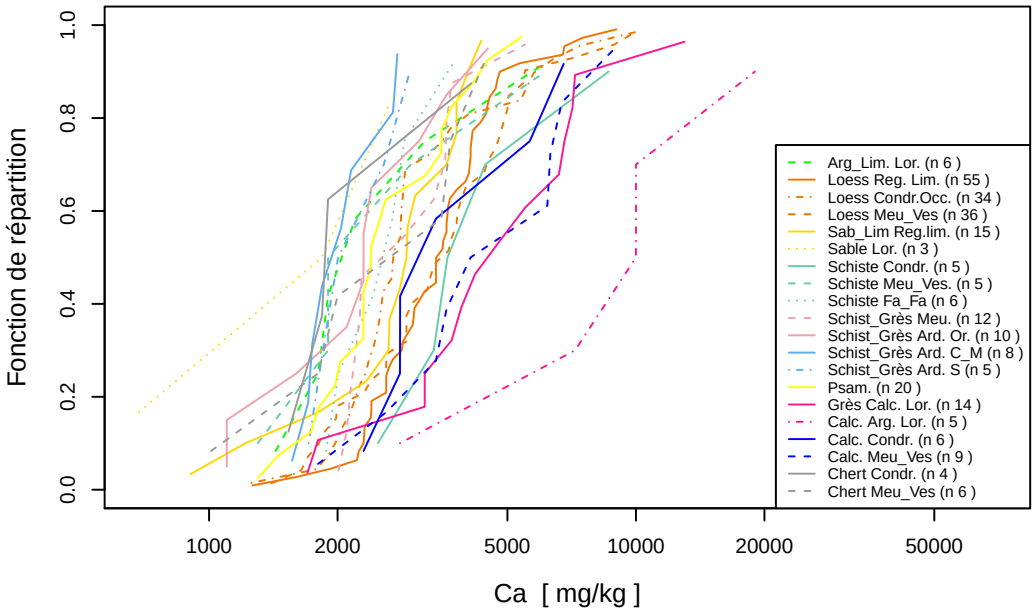
CE


Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
50
100
150
200
250
CE [µS/cm]
Arg_Lim. Lor. (n 4)
Loess Reg. Lim. (n 8)
Loess Condr.Occ. (n 18)
Loess Meu_Ves (n 24)
Schiste Condr. (n 5)
Schiste Meu_Ves. (n 5)
Schist_Grès Meu. (n 12)
Psam. (n 11)
Grès Calc. Lor. (n 14)
Calc. Arg. Lor. (n 4)
Calc. Meu_Ves (n 3)
Chert Meu_Ves (n 4)

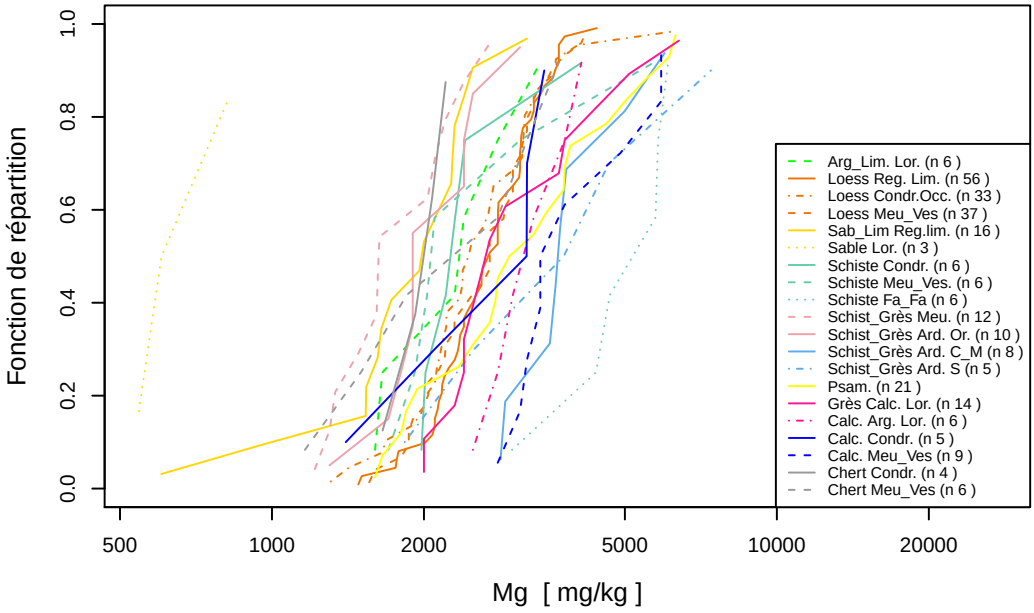
Al


Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
5000
10000
20000
50000
1e+05
Al [mg/kg]
Arg_Lim. Lor. (n 6)
Loess Reg. Lim. (n 57)
Loess Condr.Occ. (n 35)
Loess Meu_Ves (n 35)
Sab_Lim Reg.lim. (n 16)
Schiste Condr. (n 6)
Schiste Meu_Ves. (n 6)
Schiste Fa_Fa (n 6)
Schist_Grès Meu. (n 12)
Schist_Grès Ard. Or. (n 10)
Schist_Grès Ard. C_M (n 8)
Schist_Grès Ard. S (n 5)
Psam. (n 21)
Grès Calc. Lor. (n 14)
Calc. Arg. Lor. (n 6)
Calc. Condr. (n 6)
Calc. Meu_Ves (n 7)
Chert Condr. (n 4)
Chert Meu_Ves (n 6)

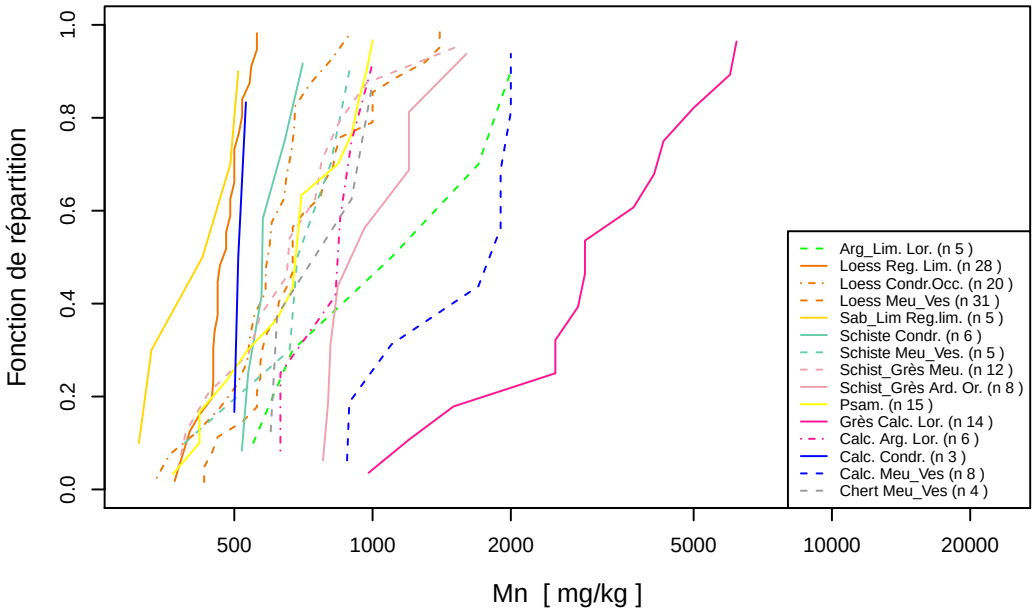
Ca


Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
1000
2000
5000
10000
20000
50000
Ca [mg/kg]
Arg_Lim. Lor. (n 6)
Loess Reg. Lim. (n 55)
Loess Condr.Occ. (n 34)
Loess Meu_Ves (n 36)
Sab_Lim Reg.lim. (n 15)
Sable Lor. (n 3)
Schiste Condr. (n 5)
Schiste Meu_Ves. (n 5)
Schiste Fa_Fa (n 6)
Schist_Grès Meu. (n 12)
Schist_Grès Ard. Or. (n 10)
Schist_Grès Ard. C_M (n 8)
Schist_Grès Ard. S (n 5)
Psam. (n 20)
Grès Calc. Lor. (n 14)
Calc. Arg. Lor. (n 5)
Calc. Condr. (n 6)
Calc. Meu_Ves (n 9)
Chert Condr. (n 4)
Chert Meu_Ves (n 6)

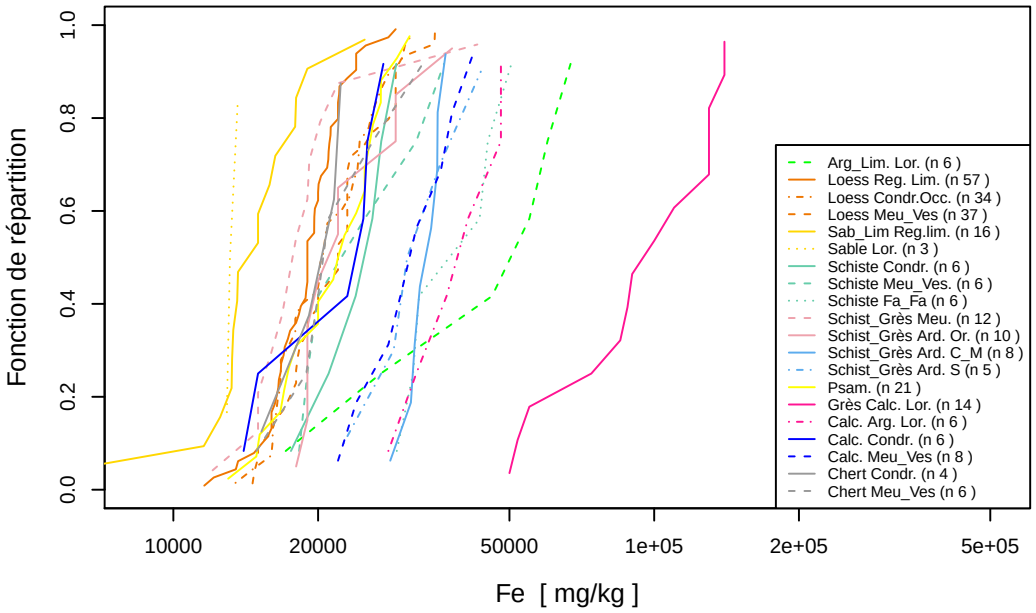
Mg


Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
500
1000
2000
5000
10000
20000
Mg [mg/kg]
Arg_Lim. Lor. (n 6)
Loess Reg. Lim. (n 56)
Loess Condr.Occ. (n 33)
Loess Meu_Ves (n 37)
Sab_Lim Reg.lim. (n 16)
Sable Lor. (n 3)
Schiste Condr. (n 6)
Schiste Meu_Ves. (n 6)
Schiste Fa_Fa (n 6)
Schist_Grès Meu. (n 12)
Schist_Grès Ard. Or. (n 10)
Schist_Grès Ard. C_M (n 8)
Schist_Grès Ard. S (n 5)
Psam. (n 21)
Grès Calc. Lor. (n 14)
Calc. Arg. Lor. (n 6)
Calc. Condr. (n 5)
Calc. Meu_Ves (n 9)
Chert Condr. (n 4)
Chert Meu_Ves (n 6)

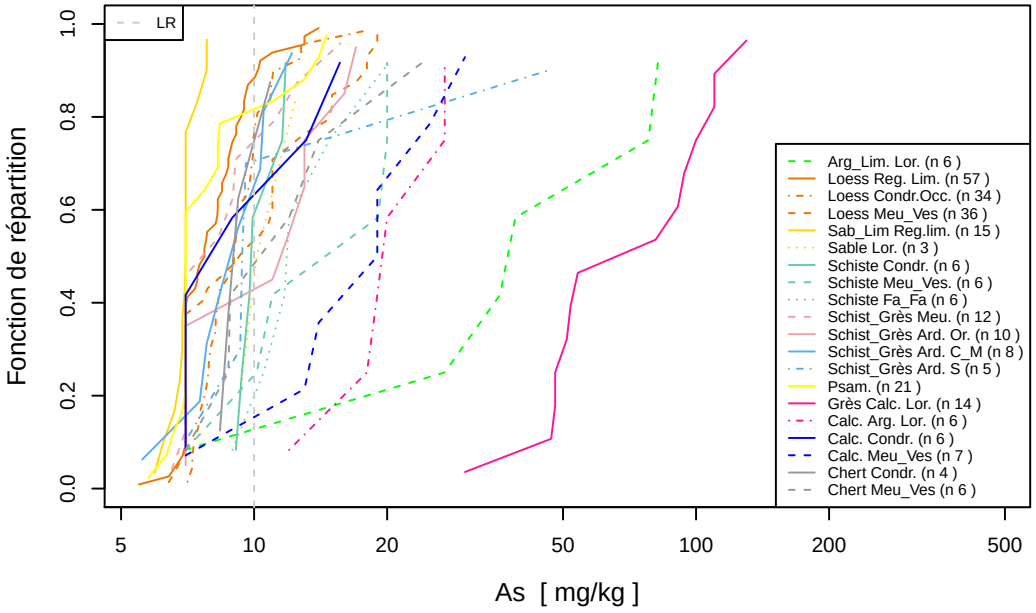
Mn


Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
500
1000
2000
5000
10000
20000
Mn [mg/kg]
Arg_Lim. Lor. (n 5)
Loess Reg. Lim. (n 28)
Loess Condr.Occ. (n 20)
Loess Meu_Ves (n 31)
Sab_Lim Reg.lim. (n 5)
Schiste Condr. (n 6)
Schiste Meu_Ves. (n 5)
Schist_Grès Meu. (n 12)
Schist_Grès Ard. Or. (n 8)
Psam. (n 15)
Grès Calc. Lor. (n 14)
Calc. Arg. Lor. (n 6)
Calc. Condr. (n 3)
Calc. Meu_Ves (n 8)
Chert Meu_Ves (n 4)

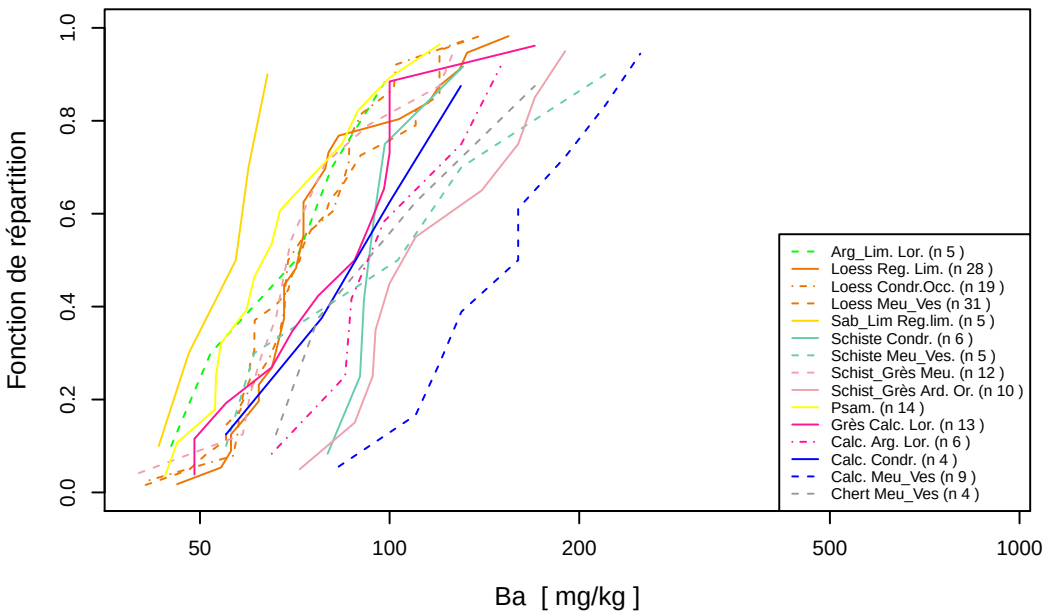
Fe


Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
10000
20000
50000
1e+05
2e+05
5e+05
Fe [mg/kg]
Arg_Lim. Lor. (n 6)
Loess Reg. Lim. (n 57)
Loess Condr.Occ. (n 34)
Loess Meu_Ves (n 37)
Sab_Lim Reg.lim. (n 16)
Sable Lor. (n 3)
Schiste Condr. (n 6)
Schiste Meu_Ves. (n 6)
Schiste Fa_Fa (n 6)
Schist_Grès Meu. (n 12)
Schist_Grès Ard. Or. (n 10)
Schist_Grès Ard. C_M (n 8)
Schist_Grès Ard. S (n 5)
Psam. (n 21)
Grès Calc. Lor. (n 14)
Calc. Arg. Lor. (n 6)
Calc. Condr. (n 6)
Calc. Meu_Ves (n 8)
Chert Condr. (n 4)
Chert Meu_Ves (n 6)

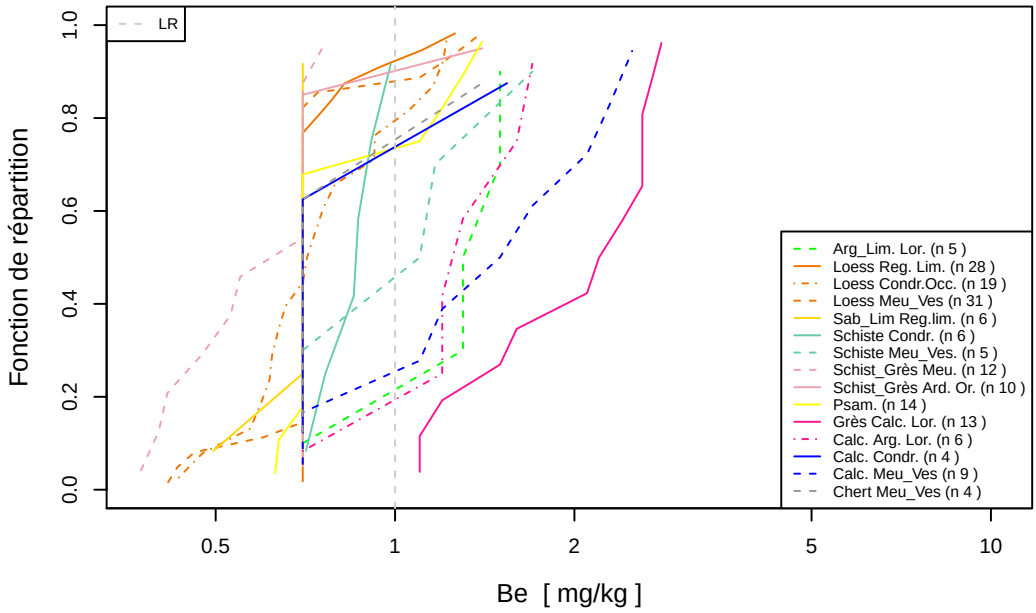
As


LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
5
10
20
50
100
200
500
As [mg/kg]
Arg_Lim. Lor. (n 6)
Loess Reg. Lim. (n 57)
Loess Condr.Occ. (n 34)
Loess Meu_Ves (n 36)
Sab_Lim Reg.lim. (n 15)
Sable Lor. (n 3)
Schiste Condr. (n 6)
Schiste Meu_Ves. (n 6)
Schiste Fa_Fa (n 6)
Schist_Grès Meu. (n 12)
Schist_Grès Ard. Or. (n 10)
Schist_Grès Ard. C_M (n 8)
Schist_Grès Ard. S (n 5)
Psam. (n 21)
Grès Calc. Lor. (n 14)
Calc. Arg. Lor. (n 6)
Calc. Condr. (n 6)
Calc. Meu_Ves (n 7)
Chert Condr. (n 4)
Chert Meu_Ves (n 6)

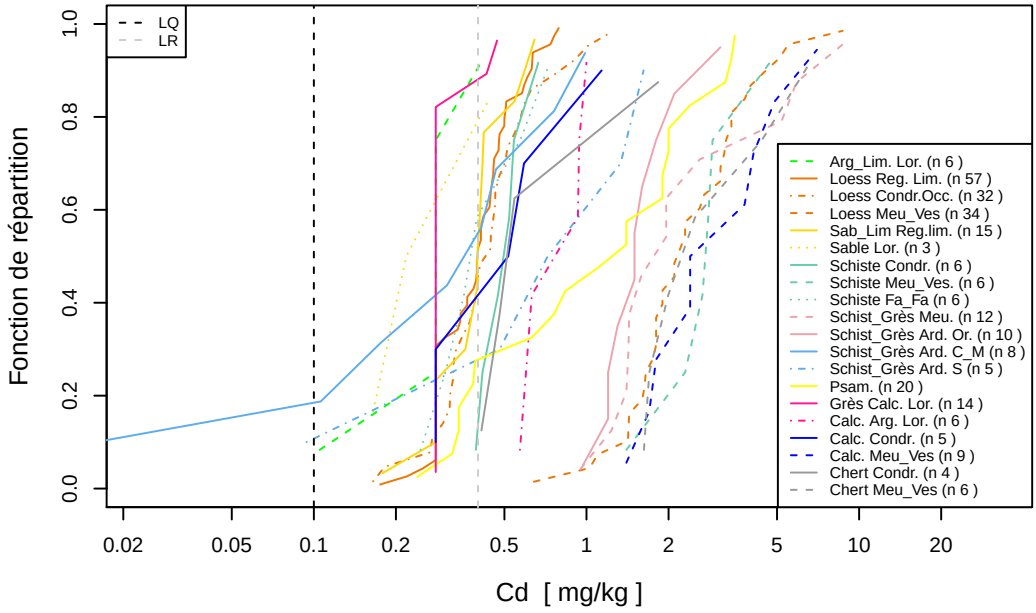
Ba


Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
50
100
200
500
1000
Ba [mg/kg]
Arg_Lim. Lor. (n 5)
Loess Reg. Lim. (n 28)
Loess Condr.Occ. (n 19)
Loess Meu_Ves (n 31)
Sab_Lim Reg.lim. (n 5)
Schiste Condr. (n 6)
Schiste Meu_Ves. (n 5)
Schist_Grès Meu. (n 12)
Schist_Grès Ard. Or. (n 10)
Psam. (n 14)
Grès Calc. Lor. (n 13)
Calc. Arg. Lor. (n 6)
Calc. Condr. (n 4)
Calc. Meu_Ves (n 9)
Chert Meu_Ves (n 4)

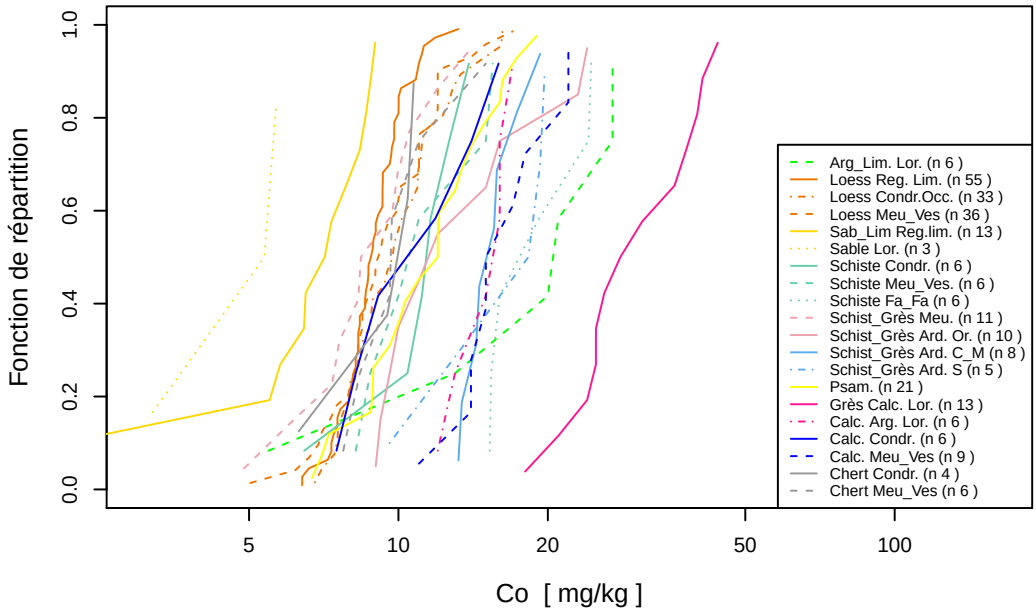
Be


LR
Arg_Lim. Lor. (n 5)
Loess Reg. Lim. (n 28)
Loess Condr.Occ. (n 19)
Loess Meu_Ves (n 31)
Sab_Lim Reg.lim. (n 6)
Schiste Condr. (n 6)
Schiste Meu_Ves. (n 5)
Schist_Grès Meu. (n 12)
Schist_Grès Ard. Or. (n 10)
Psam. (n 14)
Grès Calc. Lor. (n 13)
Calc. Arg. Lor. (n 6)
Calc. Condr. (n 4)
Calc. Meu_Ves (n 9)
Chert Meu_Ves (n 4)
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.5
1
2
5
10
Be [mg/kg]

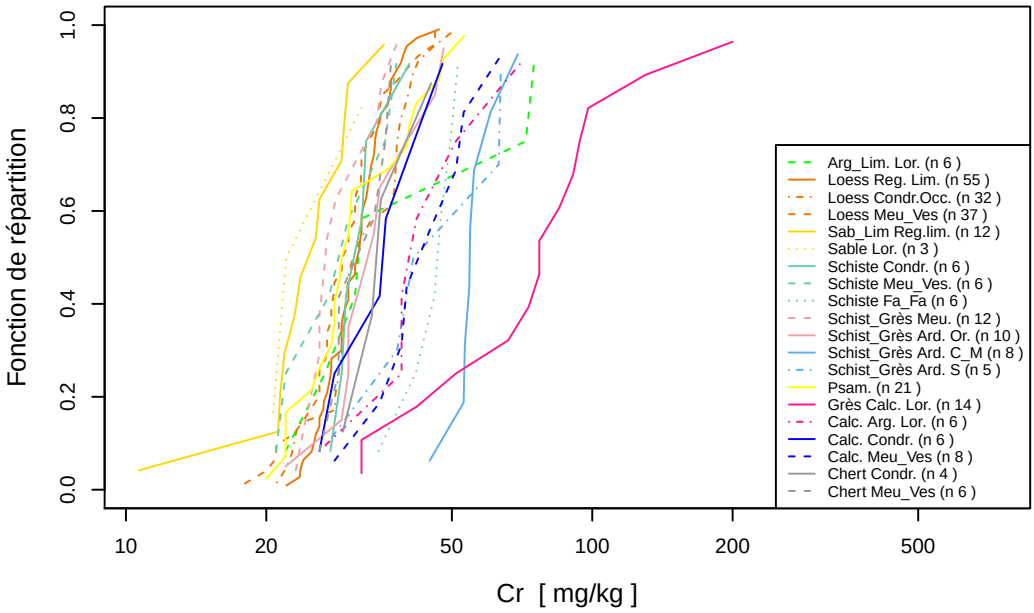
Cd


LQ
LR
Arg_Lim. Lor. (n 6)
Loess Reg. Lim. (n 57)
Loess Condr.Occ. (n 32)
Loess Meu_Ves (n 34)
Sab_Lim Reg.lim. (n 15)
Sable Lor. (n 3)
Schiste Condr. (n 6)
Schiste Meu_Ves. (n 6)
Schiste Fa_Fa (n 6)
Schist_Grès Meu. (n 12)
Schist_Grès Ard. Or. (n 10)
Schist_Grès Ard. C_M (n 8)
Schist_Grès Ard. S (n 5)
Psam. (n 20)
Grès Calc. Lor. (n 14)
Calc. Arg. Lor. (n 6)
Calc. Condr. (n 5)
Calc. Meu_Ves (n 9)
Chert Condr. (n 4)
Chert Meu_Ves (n 6)
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
2
5
10
20
Cd [mg/kg]

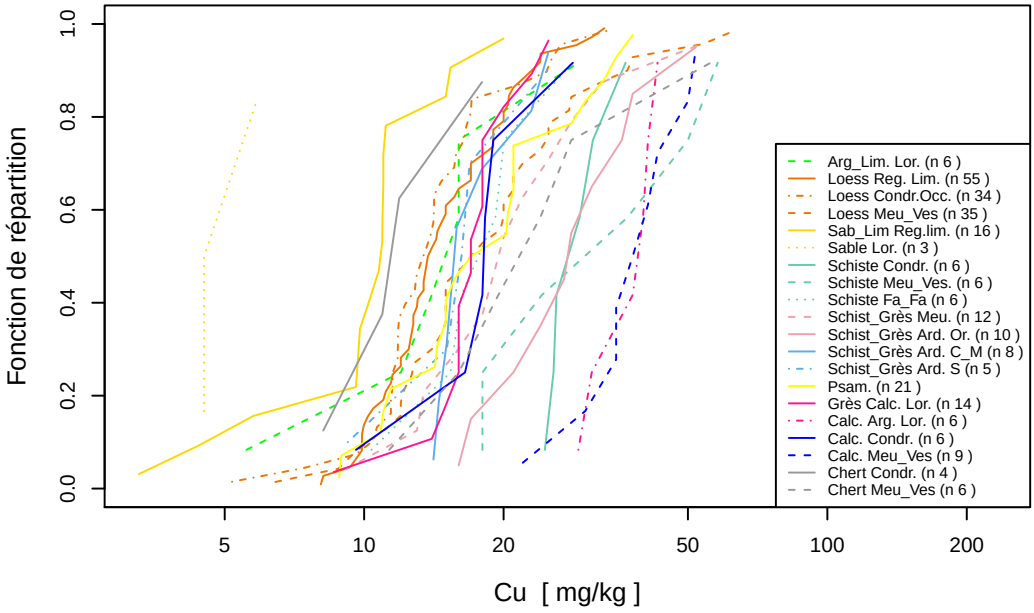
Co


Arg_Lim. Lor. (n 6)
Loess Reg. Lim. (n 55)
Loess Condr.Occ. (n 33)
Loess Meu_Ves (n 36)
Sab_Lim Reg.lim. (n 13)
Sable Lor. (n 3)
Schiste Condr. (n 6)
Schiste Meu_Ves. (n 6)
Schiste Fa_Fa (n 6)
Schist_Grès Meu. (n 11)
Schist_Grès Ard. Or. (n 10)
Schist_Grès Ard. C_M (n 8)
Schist_Grès Ard. S (n 5)
Psam. (n 21)
Grès Calc. Lor. (n 13)
Calc. Arg. Lor. (n 6)
Calc. Condr. (n 6)
Calc. Meu_Ves (n 9)
Chert Condr. (n 4)
Chert Meu_Ves (n 6)
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
5
10
20
50
100
Co [mg/kg]

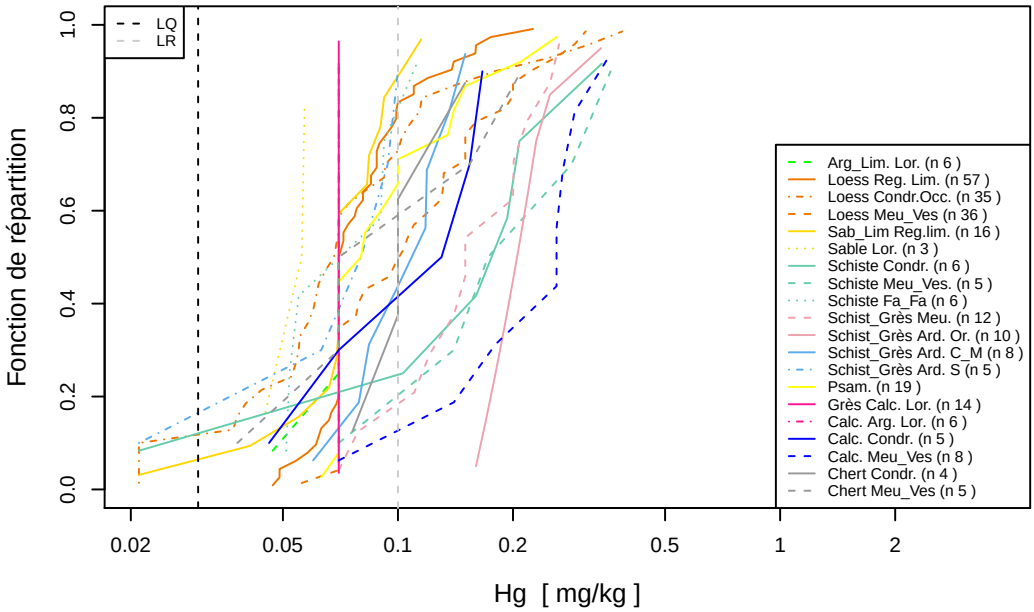
Cr


Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
10
20
50
100
200
500
Cr [mg/kg]
Arg_Lim. Lor. (n 6)
Loess Reg. Lim. (n 55)
Loess Condr.Occ. (n 32)
Loess Meu_Ves (n 37)
Sab_Lim Reg.lim. (n 12)
Sable Lor. (n 3)
Schiste Condr. (n 6)
Schiste Meu_Ves. (n 6)
Schiste Fa_Fa (n 6)
Schist_Grès Meu. (n 12)
Schist_Grès Ard. Or. (n 10)
Schist_Grès Ard. C_M (n 8)
Schist_Grès Ard. S (n 5)
Psam. (n 21)
Grès Calc. Lor. (n 14)
Calc. Arg. Lor. (n 6)
Calc. Condr. (n 6)
Calc. Meu_Ves (n 8)
Chert Condr. (n 4)
Chert Meu_Ves (n 6)

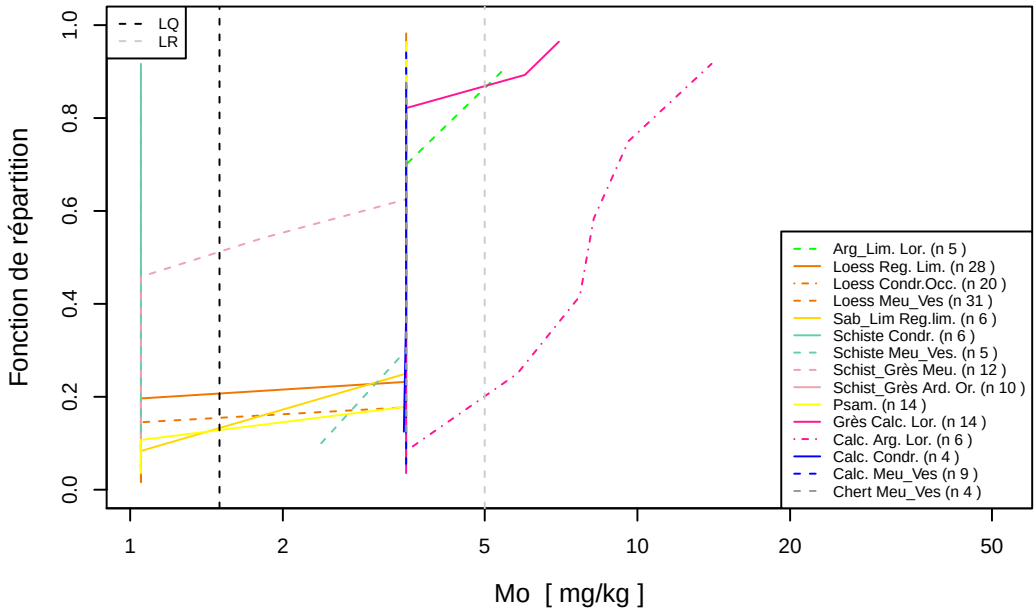
Cu


Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
5
10
20
50
100
200
Cu [mg/kg]
Arg_Lim. Lor. (n 6)
Loess Reg. Lim. (n 55)
Loess Condr.Occ. (n 34)
Loess Meu_Ves (n 35)
Sab_Lim Reg.lim. (n 16)
Sable Lor. (n 3)
Schiste Condr. (n 6)
Schiste Meu_Ves. (n 6)
Schiste Fa_Fa (n 6)
Schist_Grès Meu. (n 12)
Schist_Grès Ard. Or. (n 10)
Schist_Grès Ard. C_M (n 8)
Schist_Grès Ard. S (n 5)
Psam. (n 21)
Grès Calc. Lor. (n 14)
Calc. Arg. Lor. (n 6)
Calc. Condr. (n 6)
Calc. Meu_Ves (n 9)
Chert Condr. (n 4)
Chert Meu_Ves (n 6)

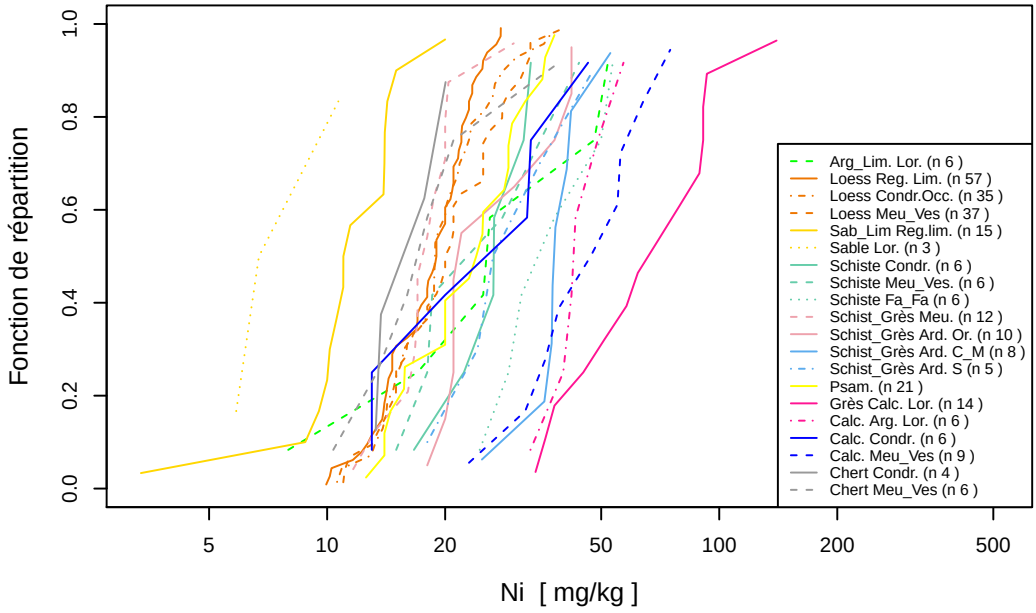
Hg


LQ
LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
2
Hg [mg/kg]
Arg_Lim. Lor. (n 6)
Loess Reg. Lim. (n 57)
Loess Condr.Occ. (n 35)
Loess Meu_Ves (n 36)
Sab_Lim Reg.lim. (n 16)
Sable Lor. (n 3)
Schiste Condr. (n 6)
Schiste Meu_Ves. (n 5)
Schiste Fa_Fa (n 6)
Schist_Grès Meu. (n 12)
Schist_Grès Ard. Or. (n 10)
Schist_Grès Ard. C_M (n 8)
Schist_Grès Ard. S (n 5)
Psam. (n 19)
Grès Calc. Lor. (n 14)
Calc. Arg. Lor. (n 6)
Calc. Condr. (n 5)
Calc. Meu_Ves (n 8)
Chert Condr. (n 4)
Chert Meu_Ves (n 5)

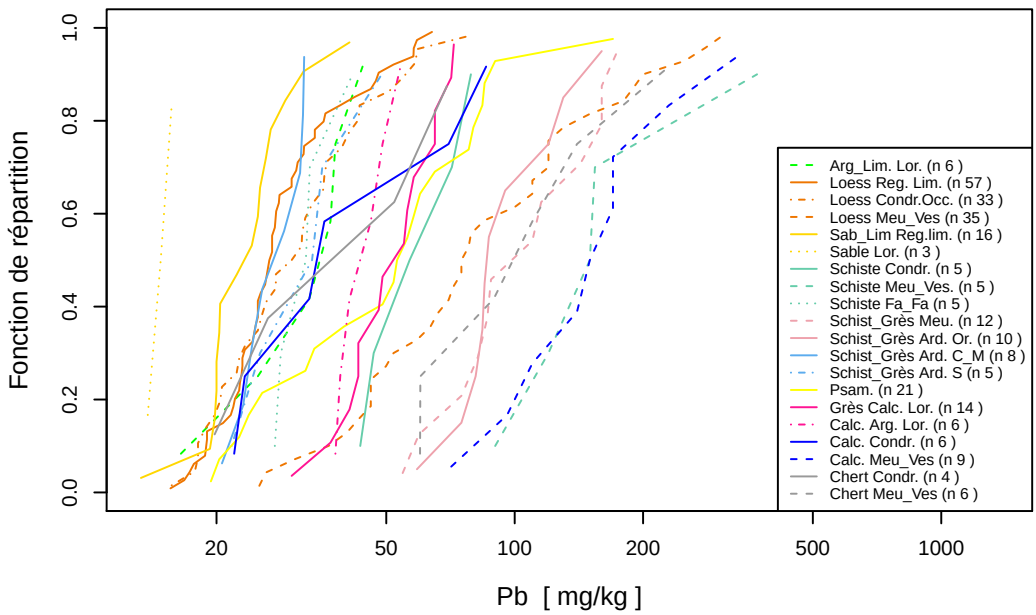
Mo


LQ
LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
1
2
5
10
20
50
Mo [mg/kg]
Arg_Lim. Lor. (n 5)
Loess Reg. Lim. (n 28)
Loess Condr.Occ. (n 20)
Loess Meu_Ves (n 31)
Sab_Lim Reg.lim. (n 6)
Schiste Condr. (n 6)
Schiste Meu_Ves. (n 5)
Schist_Grès Meu. (n 12)
Schist_Grès Ard. Or. (n 10)
Psam. (n 14)
Grès Calc. Lor. (n 14)
Calc. Arg. Lor. (n 6)
Calc. Condr. (n 4)
Calc. Meu_Ves (n 9)
Chert Meu_Ves (n 4)

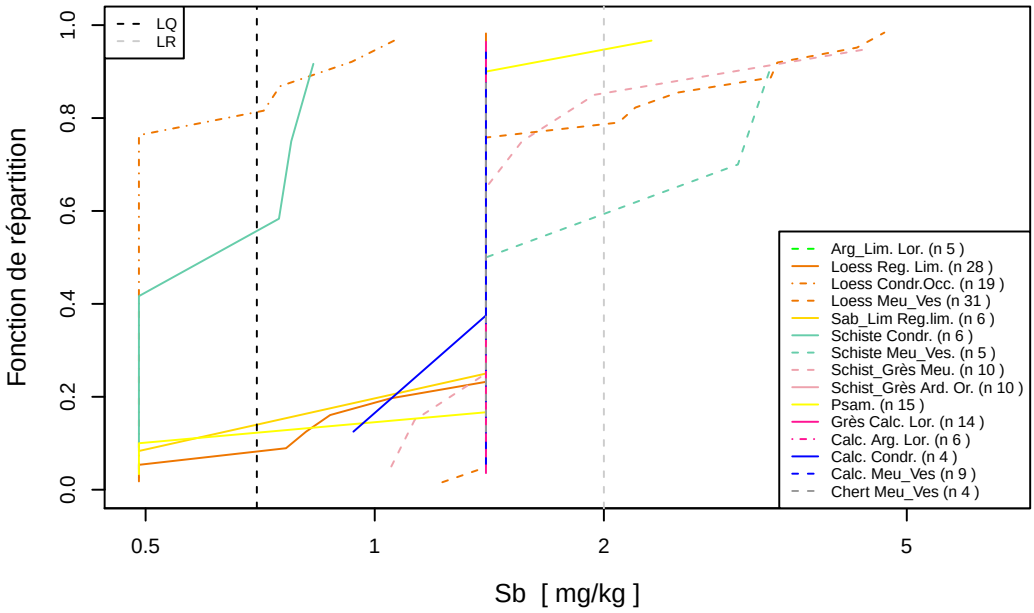
Ni


Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
5
10
20
50
100
200
500
Ni [mg/kg]
Arg_Lim. Lor. (n 6)
Loess Reg. Lim. (n 57)
Loess Condr.Occ. (n 35)
Loess Meu_Ves (n 37)
Sab_Lim Reg.lim. (n 15)
Sable Lor. (n 3)
Schiste Condr. (n 6)
Schiste Meu_Ves. (n 6)
Schiste Fa_Fa (n 6)
Schist_Grès Meu. (n 12)
Schist_Grès Ard. Or. (n 10)
Schist_Grès Ard. C_M (n 8)
Schist_Grès Ard. S (n 5)
Psam. (n 21)
Grès Calc. Lor. (n 14)
Calc. Arg. Lor. (n 6)
Calc. Condr. (n 6)
Calc. Meu_Ves (n 9)
Chert Condr. (n 4)
Chert Meu_Ves (n 6)

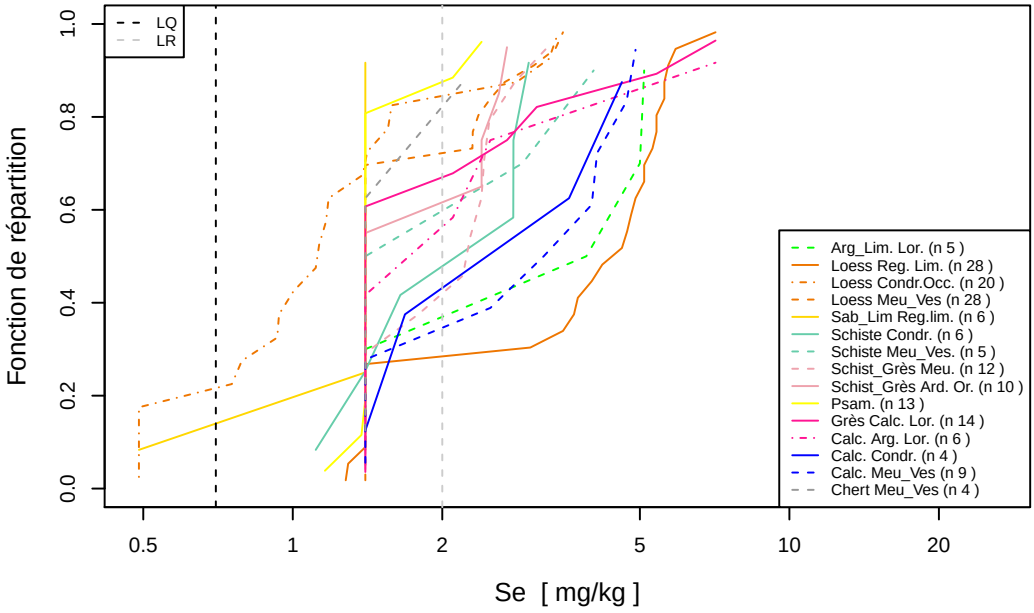
Pb


Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
20
50
100
200
500
1000
Pb [mg/kg]
Arg_Lim. Lor. (n 6)
Loess Reg. Lim. (n 57)
Loess Condr.Occ. (n 33)
Loess Meu_Ves (n 35)
Sab_Lim Reg.lim. (n 16)
Sable Lor. (n 3)
Schiste Condr. (n 5)
Schiste Meu_Ves. (n 5)
Schiste Fa_Fa (n 5)
Schist_Grès Meu. (n 12)
Schist_Grès Ard. Or. (n 10)
Schist_Grès Ard. C_M (n 8)
Schist_Grès Ard. S (n 5)
Psam. (n 21)
Grès Calc. Lor. (n 14)
Calc. Arg. Lor. (n 6)
Calc. Condr. (n 6)
Calc. Meu_Ves (n 9)
Chert Condr. (n 4)
Chert Meu_Ves (n 6)

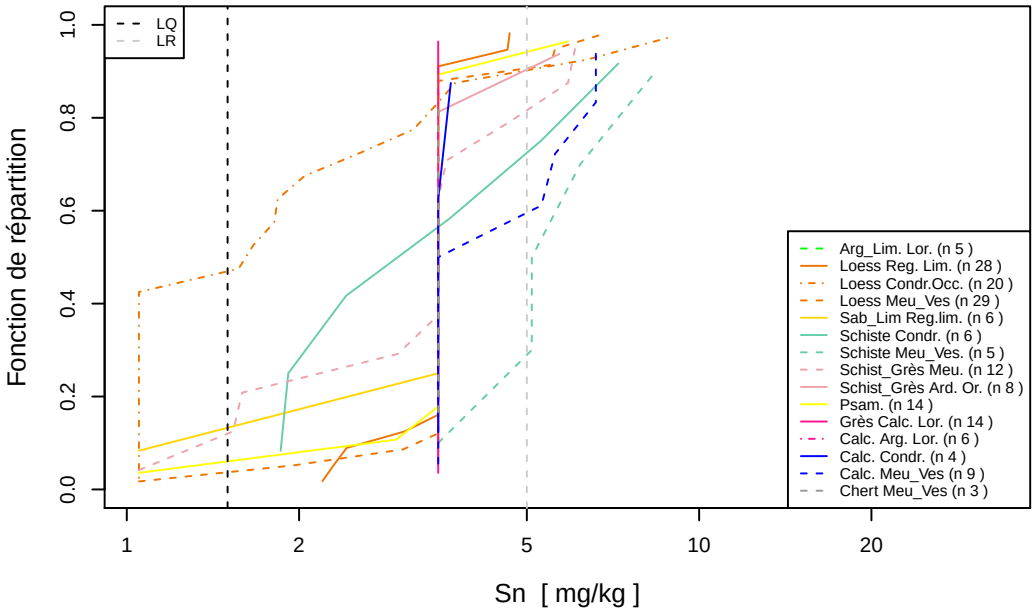
Sb


LQ
LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.5
1
2
5
Sb [mg/kg]
Arg_Lim. Lor. (n 5)
Loess Reg. Lim. (n 28)
Loess Condr.Occ. (n 19)
Loess Meu_Ves (n 31)
Sab_Lim Reg.lim. (n 6)
Schiste Condr. (n 6)
Schiste Meu_Ves. (n 5)
Schist_Grès Meu. (n 10)
Schist_Grès Ard. Or. (n 10)
Psam. (n 15)
Grès Calc. Lor. (n 14)
Calc. Arg. Lor. (n 6)
Calc. Condr. (n 4)
Calc. Meu_Ves (n 9)
Chert Meu_Ves (n 4)

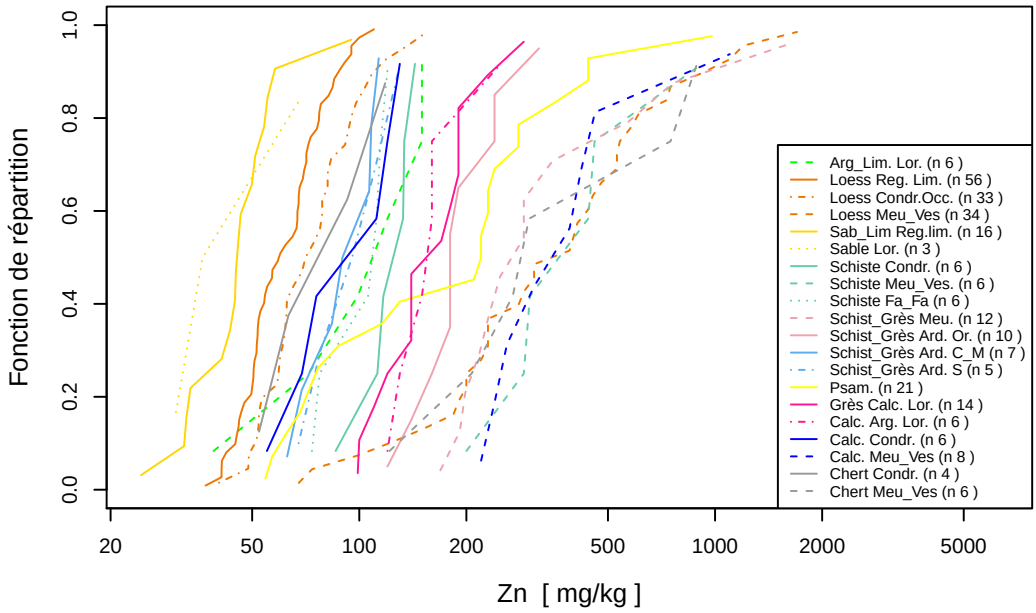
Se


LQ
LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.5
1
2
5
10
20
Se [mg/kg]
Arg_Lim. Lor. (n 5)
Loess Reg. Lim. (n 28)
Loess Condr.Occ. (n 20)
Loess Meu_Ves (n 28)
Sab_Lim Reg.lim. (n 6)
Schiste Condr. (n 6)
Schiste Meu_Ves. (n 5)
Schist_Grès Meu. (n 12)
Schist_Grès Ard. Or. (n 10)
Psam. (n 13)
Grès Calc. Lor. (n 14)
Calc. Arg. Lor. (n 6)
Calc. Condr. (n 4)
Calc. Meu_Ves (n 9)
Chert Meu_Ves (n 4)

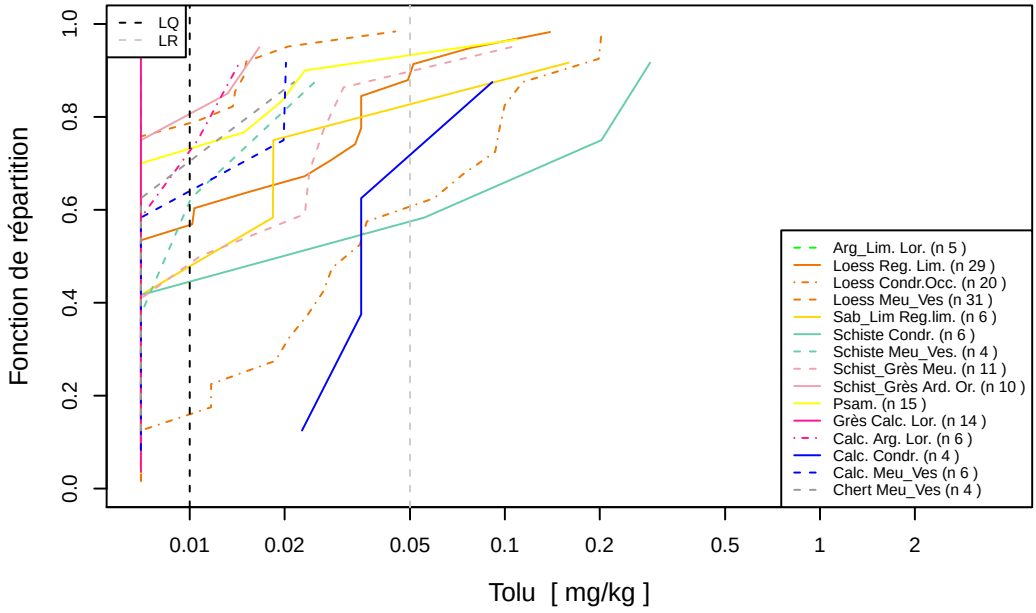
Sn


LQ
LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
1
2
5
10
20
Sn [mg/kg]
Arg_Lim. Lor. (n 5)
Loess Reg. Lim. (n 28)
Loess Condr.Occ. (n 20)
Loess Meu_Ves (n 29)
Sab_Lim Reg.lim. (n 6)
Schiste Condr. (n 6)
Schiste Meu_Ves. (n 5)
Schist_Grès Meu. (n 12)
Schist_Grès Ard. Or. (n 8)
Psam. (n 14)
Grès Calc. Lor. (n 14)
Calc. Arg. Lor. (n 6)
Calc. Condr. (n 4)
Calc. Meu_Ves (n 9)
Chert Meu_Ves (n 3)

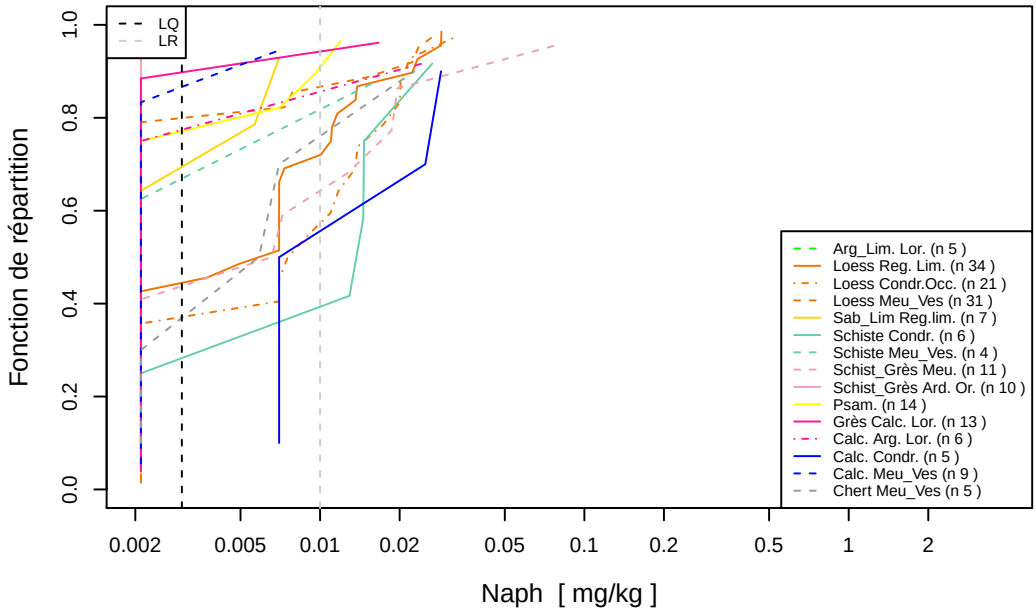
Zn


Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
20
50
100
200
500
1000
2000
5000
Zn [mg/kg]
Arg_Lim. Lor. (n 6)
Loess Reg. Lim. (n 56)
Loess Condr.Occ. (n 33)
Loess Meu_Ves (n 34)
Sab_Lim Reg.lim. (n 16)
Sable Lor. (n 3)
Schiste Condr. (n 6)
Schiste Meu_Ves. (n 6)
Schiste Fa_Fa (n 6)
Schist_Grès Meu. (n 12)
Schist_Grès Ard. Or. (n 10)
Schist_Grès Ard. C_M (n 7)
Schist_Grès Ard. S (n 5)
Psam. (n 21)
Grès Calc. Lor. (n 14)
Calc. Arg. Lor. (n 6)
Calc. Condr. (n 6)
Calc. Meu_Ves (n 8)
Chert Condr. (n 4)
Chert Meu_Ves (n 6)

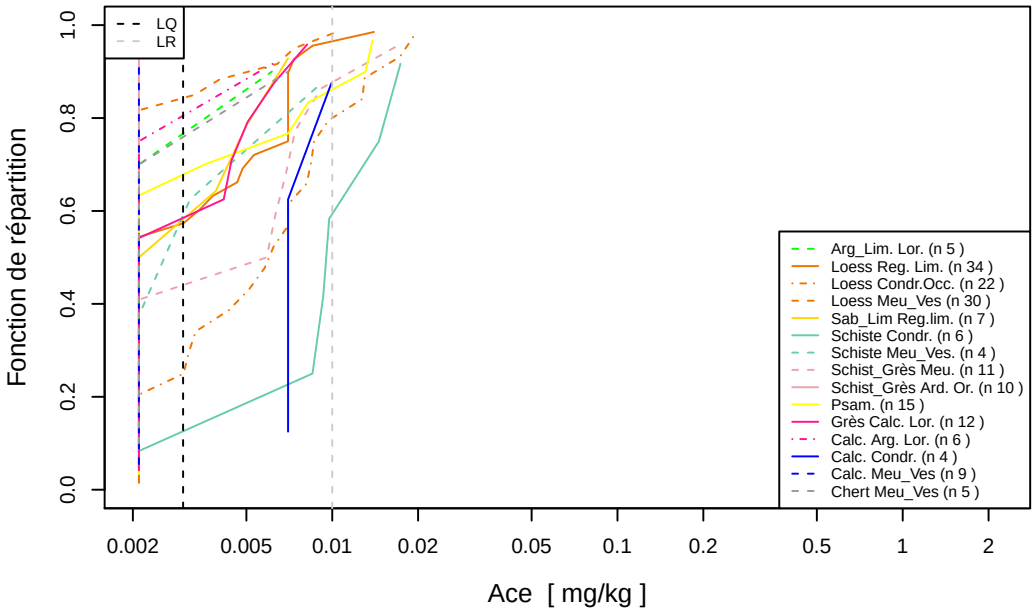
Tolu


LQ
LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.01
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
2
Tolu [mg/kg]
Arg_Lim. Lor. (n 5)
Loess Reg. Lim. (n 29)
Loess Condr.Occ. (n 20)
Loess Meu_Ves (n 31)
Sab_Lim Reg.lim. (n 6)
Schiste Condr. (n 6)
Schiste Meu_Ves. (n 4)
Schist_Grès Meu. (n 11)
Schist_Grès Ard. Or. (n 10)
Psam. (n 15)
Grès Calc. Lor. (n 14)
Calc. Arg. Lor. (n 6)
Calc. Condr. (n 4)
Calc. Meu_Ves (n 6)
Chert Meu_Ves (n 4)

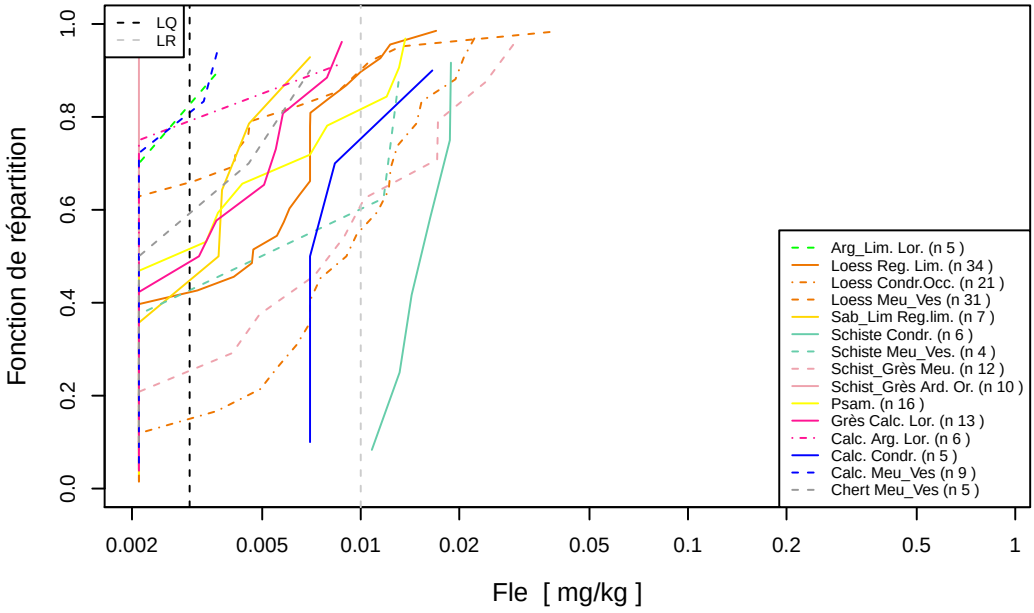
Naph


LQ
LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.002
0.005
0.01
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
2
Naph [mg/kg]
Arg_Lim. Lor. (n 5)
Loess Reg. Lim. (n 34)
Loess Condr.Occ. (n 21)
Loess Meu_Ves (n 31)
Sab_Lim Reg.lim. (n 7)
Schiste Condr. (n 6)
Schiste Meu_Ves. (n 4)
Schist_Grès Meu. (n 11)
Schist_Grès Ard. Or. (n 10)
Psam. (n 14)
Grès Calc. Lor. (n 13)
Calc. Arg. Lor. (n 6)
Calc. Condr. (n 5)
Calc. Meu_Ves (n 9)
Chert Meu_Ves (n 5)

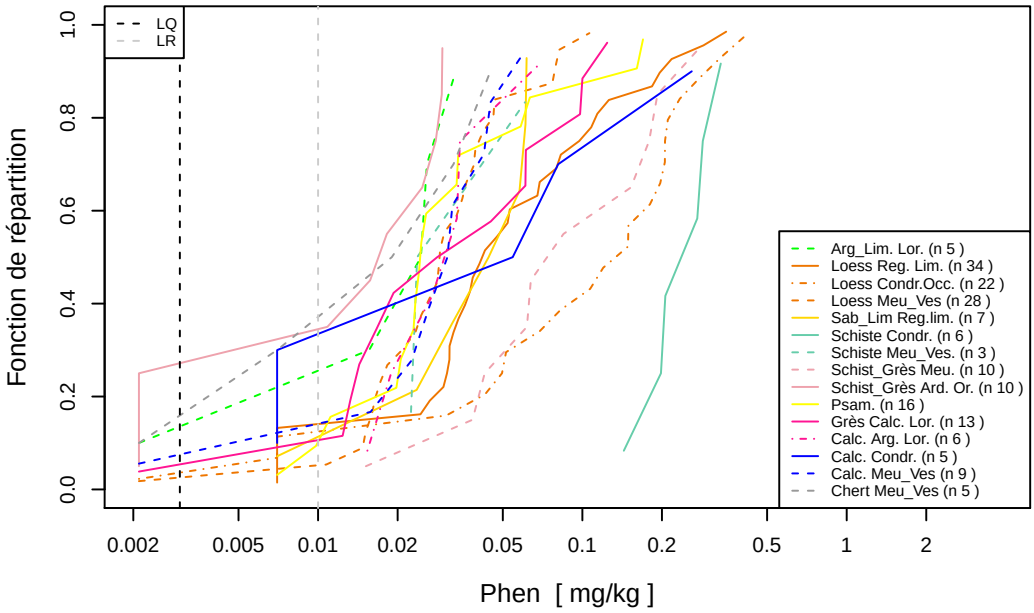
Ace


LQ
LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.002
0.005
0.01
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
2
Ace [mg/kg]
Arg_Lim. Lor. (n 5)
Loess Reg. Lim. (n 34)
Loess Condr.Occ. (n 22)
Loess Meu_Ves (n 30)
Sab_Lim Reg.lim. (n 7)
Schiste Condr. (n 6)
Schiste Meu_Ves. (n 4)
Schist_Grès Meu. (n 11)
Schist_Grès Ard. Or. (n 10)
Psam. (n 15)
Grès Calc. Lor. (n 12)
Calc. Arg. Lor. (n 6)
Calc. Condr. (n 4)
Calc. Meu_Ves (n 9)
Chert Meu_Ves (n 5)

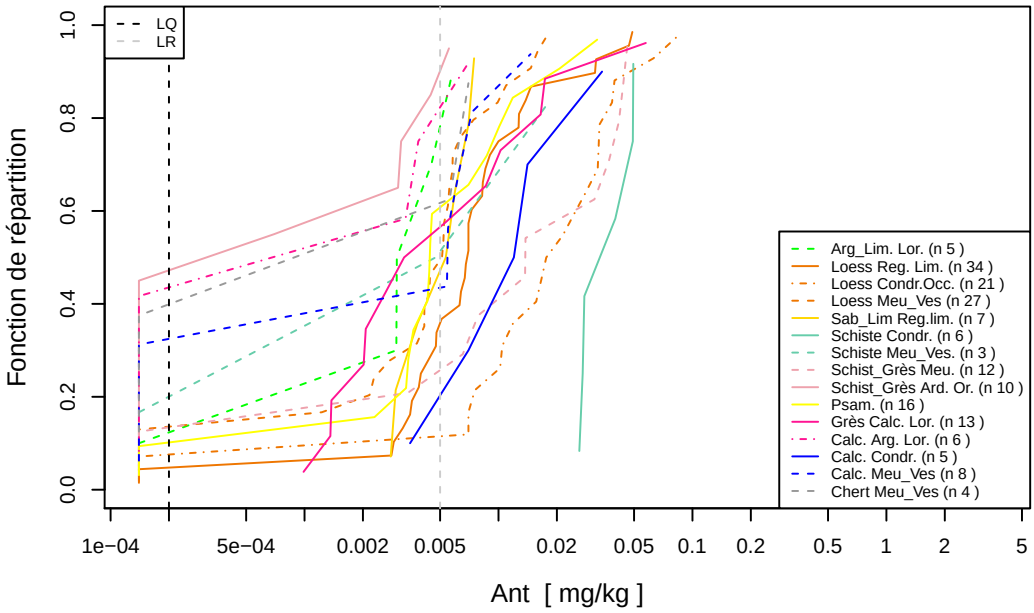
Fle


LQ
LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.002
0.005
0.01
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
Fle [mg/kg]
Arg_Lim. Lor. (n 5)
Loess Reg. Lim. (n 34)
Loess Condr.Occ. (n 21)
Loess Meu_Ves (n 31)
Sab_Lim Reg.lim. (n 7)
Schiste Condr. (n 6)
Schiste Meu_Ves. (n 4)
Schist_Grès Meu. (n 12)
Schist_Grès Ard. Or. (n 10)
Psam. (n 16)
Grès Calc. Lor. (n 13)
Calc. Arg. Lor. (n 6)
Calc. Condr. (n 5)
Calc. Meu_Ves (n 9)
Chert Meu_Ves (n 5)

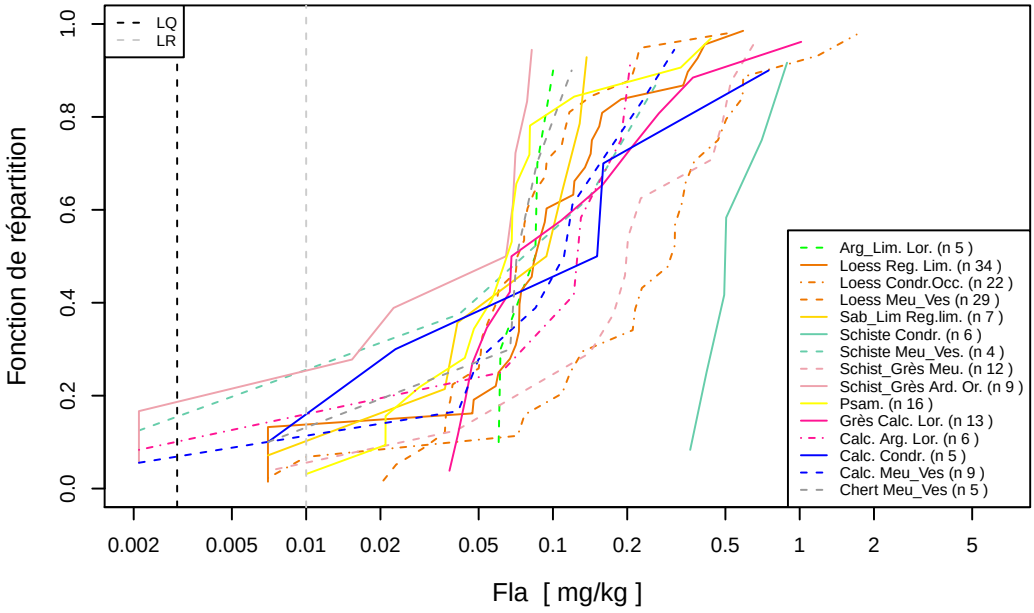
Phen


LQ
LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.002
0.005
0.01
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
2
Phen [mg/kg]
Arg_Lim. Lor. (n 5)
Loess Reg. Lim. (n 34)
Loess Condr.Occ. (n 22)
Loess Meu_Ves (n 28)
Sab_Lim Reg.lim. (n 7)
Schiste Condr. (n 6)
Schiste Meu_Ves. (n 3)
Schist_Grès Meu. (n 10)
Schist_Grès Ard. Or. (n 10)
Psam. (n 16)
Grès Calc. Lor. (n 13)
Calc. Arg. Lor. (n 6)
Calc. Condr. (n 5)
Calc. Meu_Ves (n 9)
Chert Meu_Ves (n 5)

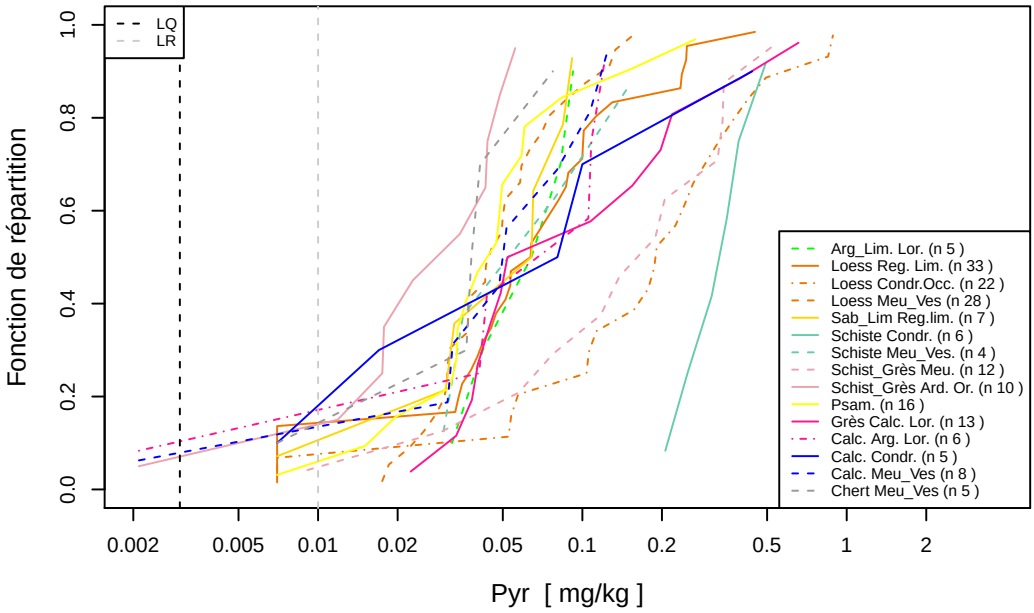
Ant


LQ
LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
1e−04
5e−04
0.002
0.005
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
2
5
Ant [mg/kg]
Arg_Lim. Lor. (n 5)
Loess Reg. Lim. (n 34)
Loess Condr.Occ. (n 21)
Loess Meu_Ves (n 27)
Sab_Lim Reg.lim. (n 7)
Schiste Condr. (n 6)
Schiste Meu_Ves. (n 3)
Schist_Grès Meu. (n 12)
Schist_Grès Ard. Or. (n 10)
Psam. (n 16)
Grès Calc. Lor. (n 13)
Calc. Arg. Lor. (n 6)
Calc. Condr. (n 5)
Calc. Meu_Ves (n 8)
Chert Meu_Ves (n 4)

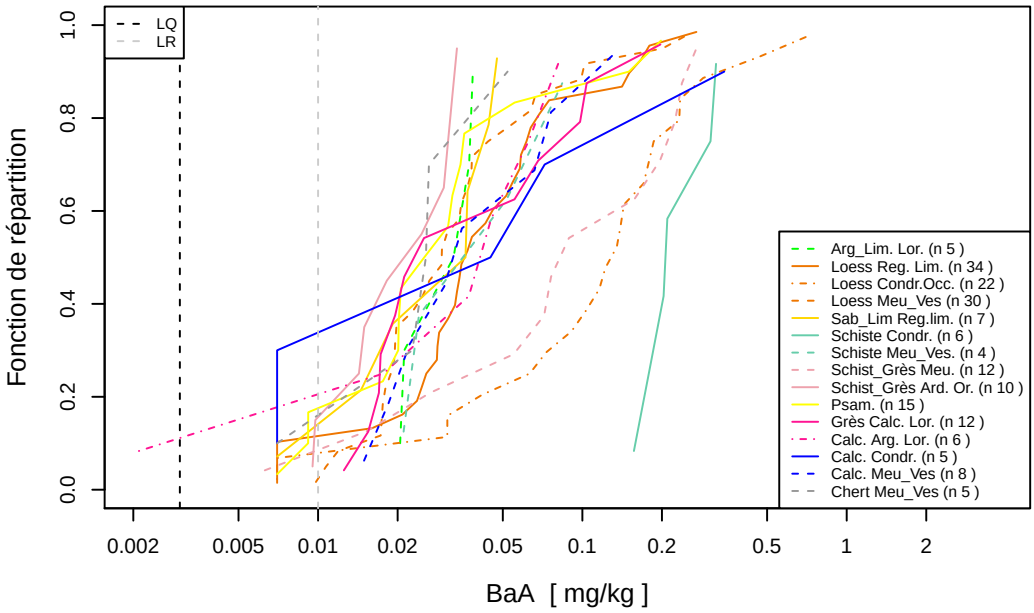
Fla


LQ
LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.002
0.005
0.01
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
2
5
Fla [mg/kg]
Arg_Lim. Lor. (n 5)
Loess Reg. Lim. (n 34)
Loess Condr.Occ. (n 22)
Loess Meu_Ves (n 29)
Sab_Lim Reg.lim. (n 7)
Schiste Condr. (n 6)
Schiste Meu_Ves. (n 4)
Schist_Grès Meu. (n 12)
Schist_Grès Ard. Or. (n 9)
Psam. (n 16)
Grès Calc. Lor. (n 13)
Calc. Arg. Lor. (n 6)
Calc. Condr. (n 5)
Calc. Meu_Ves (n 9)
Chert Meu_Ves (n 5)

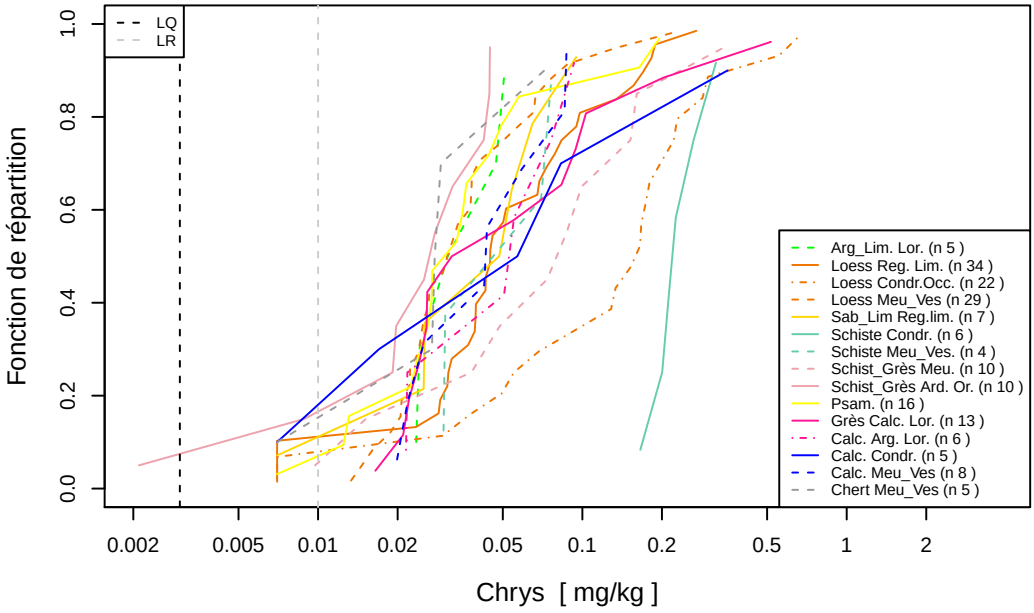
Pyr


LQ
LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.002
0.005
0.01
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
2
Pyr [mg/kg]
Arg_Lim. Lor. (n 5)
Loess Reg. Lim. (n 33)
Loess Condr.Occ. (n 22)
Loess Meu_Ves (n 28)
Sab_Lim Reg.lim. (n 7)
Schiste Condr. (n 6)
Schiste Meu_Ves. (n 4)
Schist_Grès Meu. (n 12)
Schist_Grès Ard. Or. (n 10)
Psam. (n 16)
Grès Calc. Lor. (n 13)
Calc. Arg. Lor. (n 6)
Calc. Condr. (n 5)
Calc. Meu_Ves (n 8)
Chert Meu_Ves (n 5)

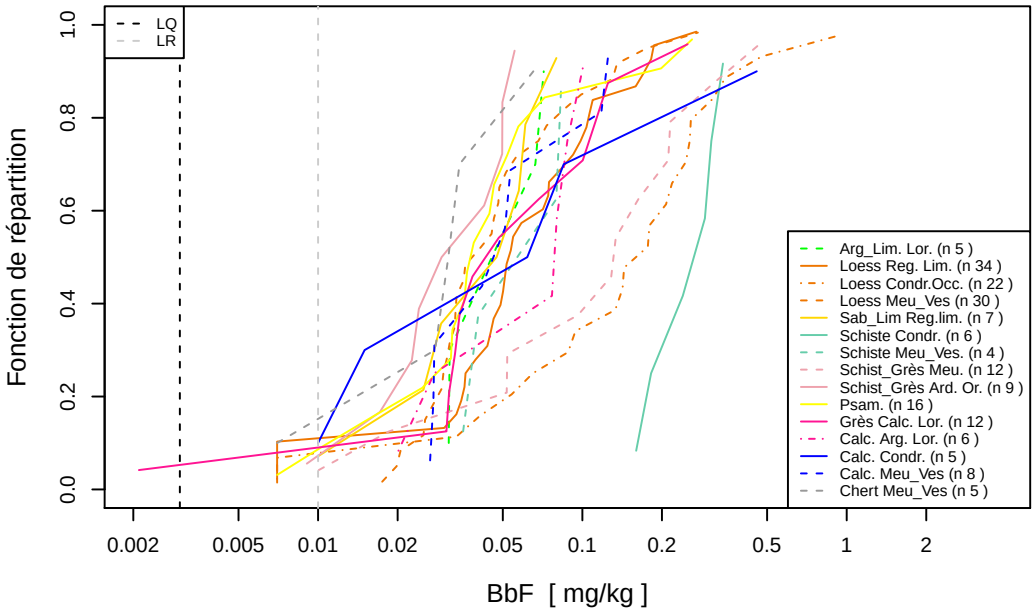
BaA



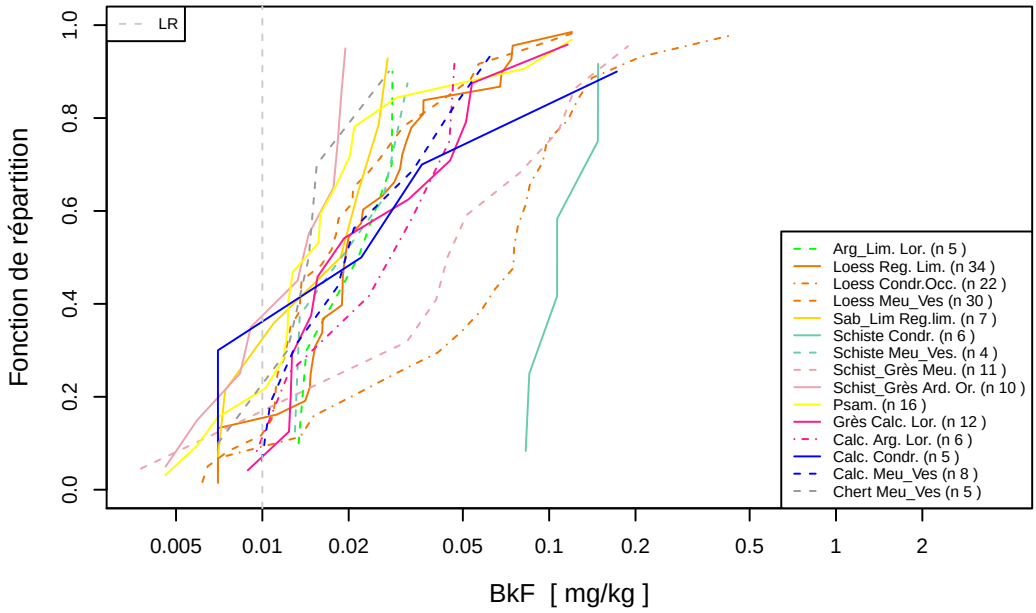
Chrys



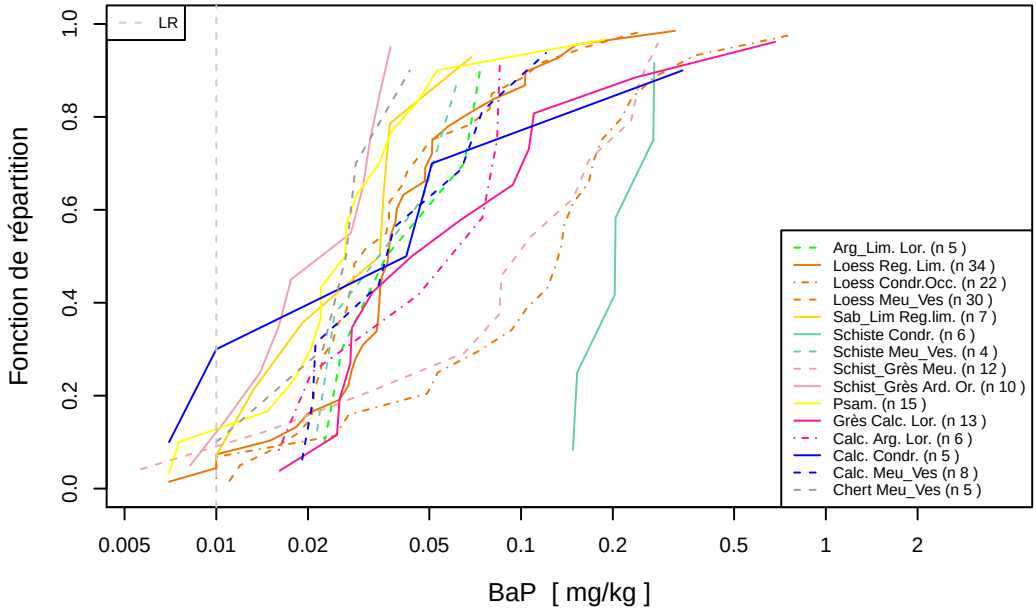
BbF



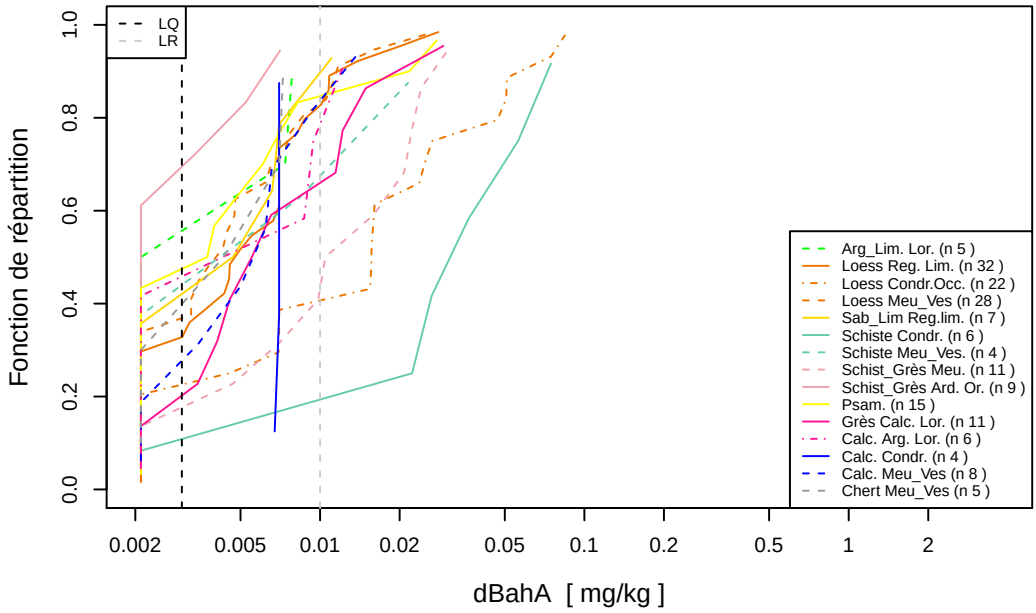
BkF



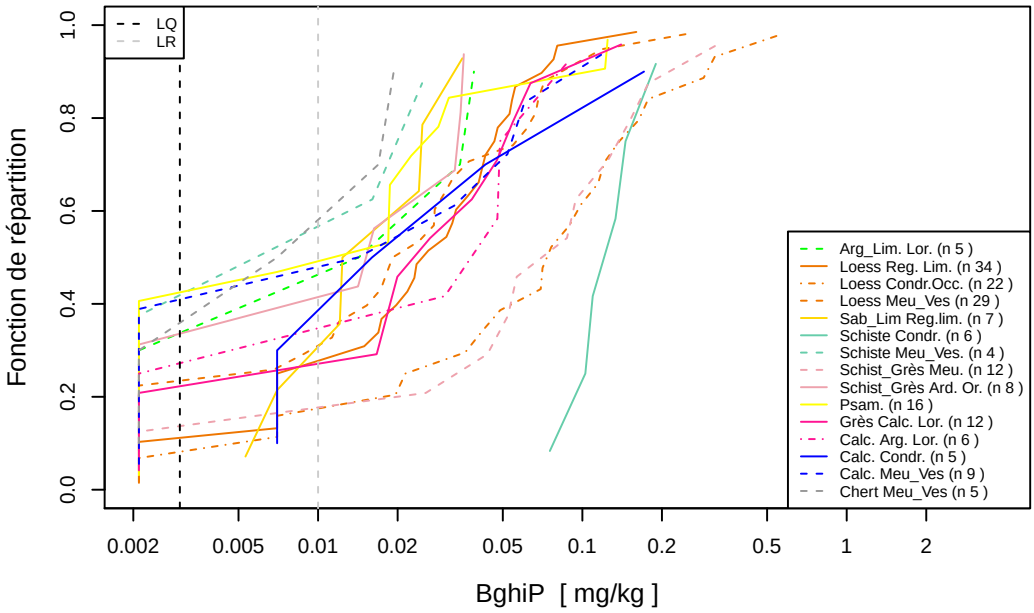
BaP



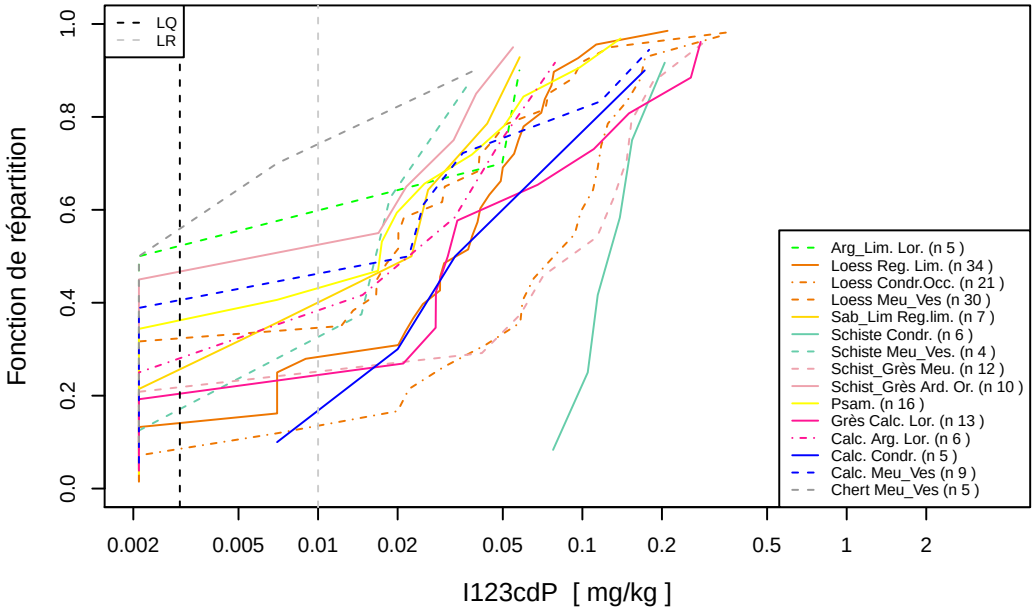
dBahA



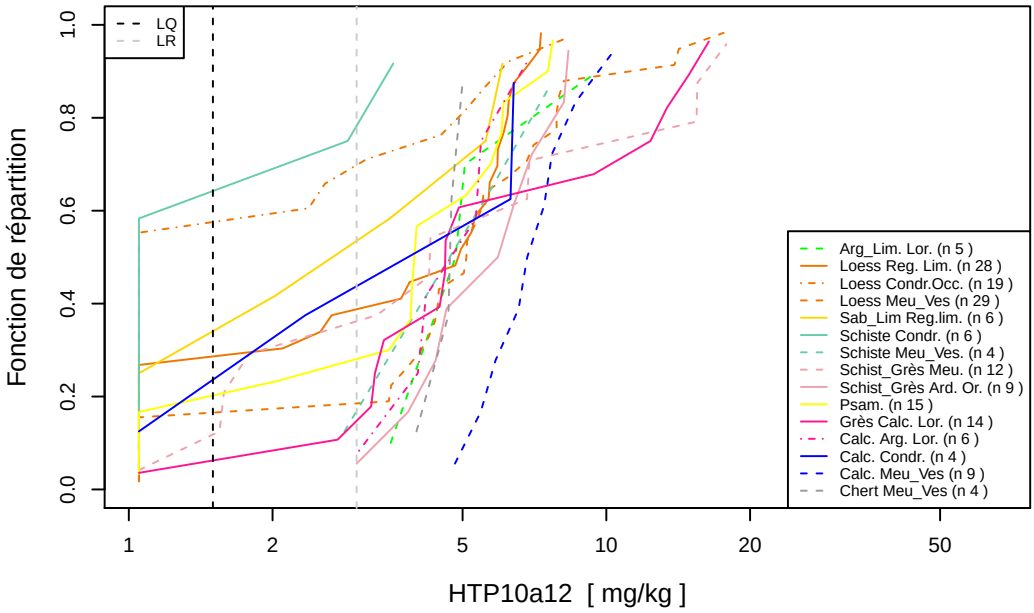
BghiP



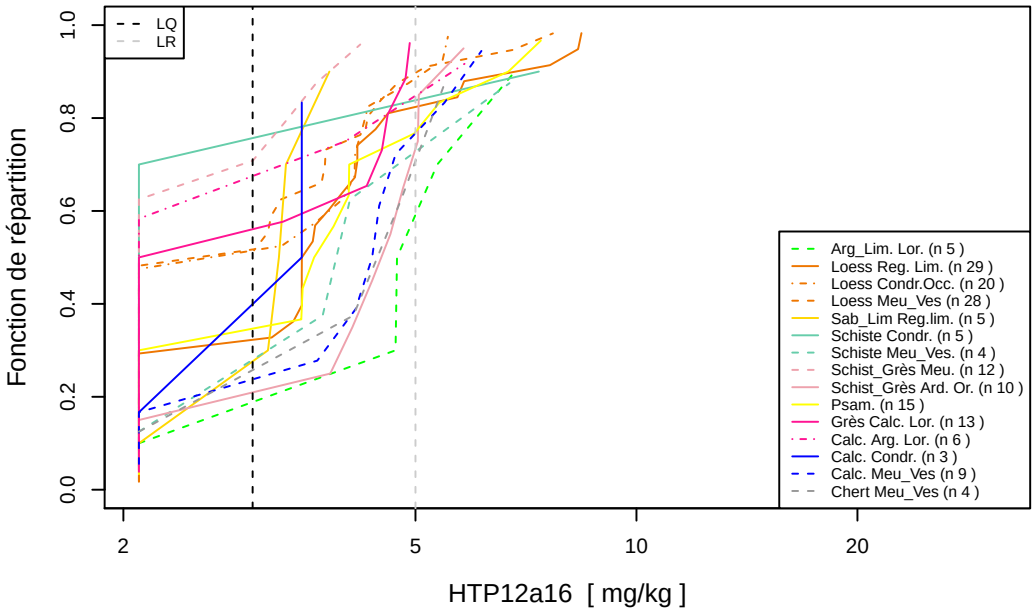
I123cdP



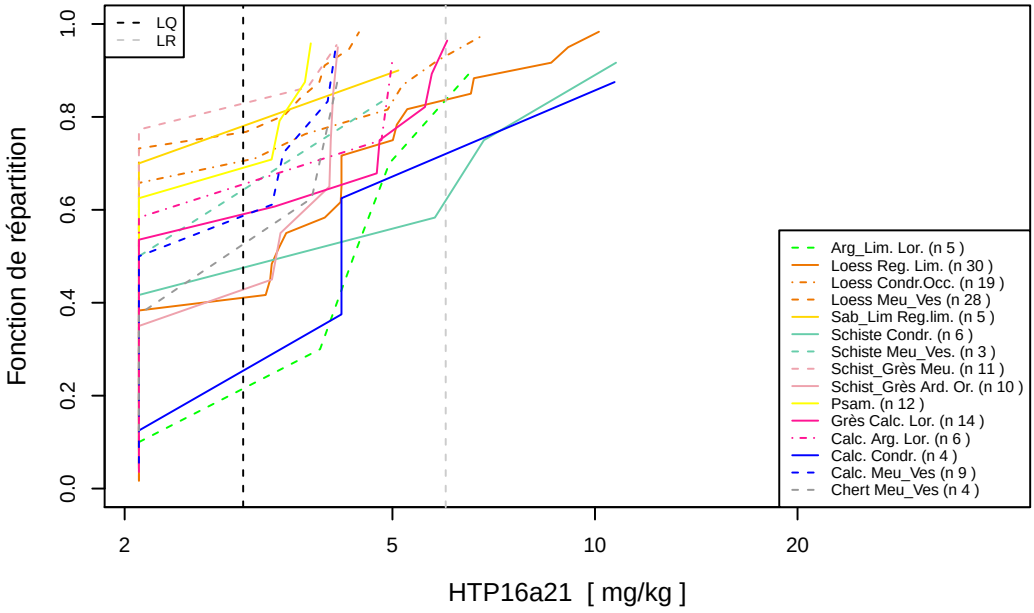
HTP10a12



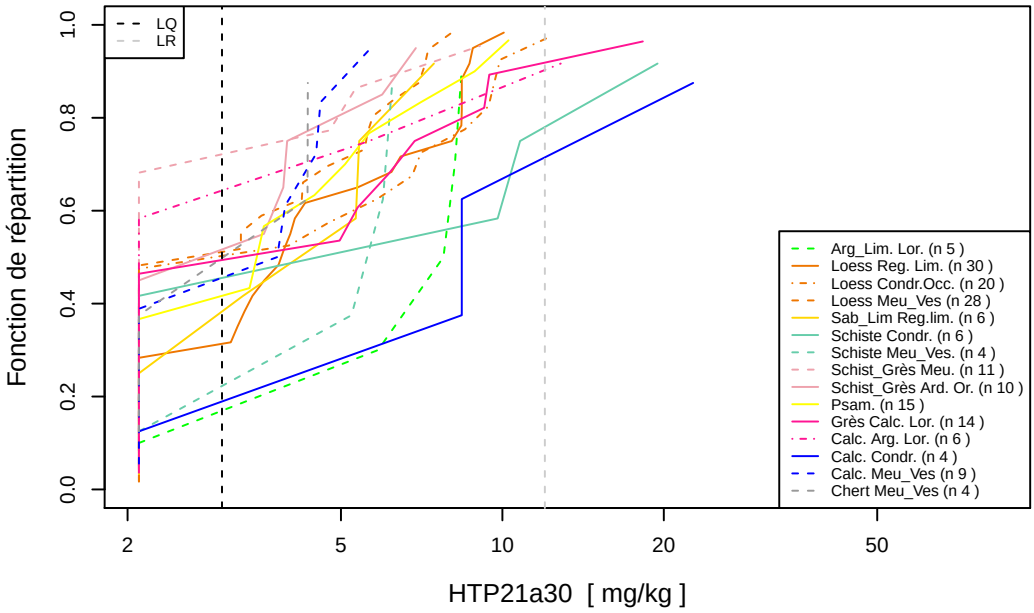
HTP12a16



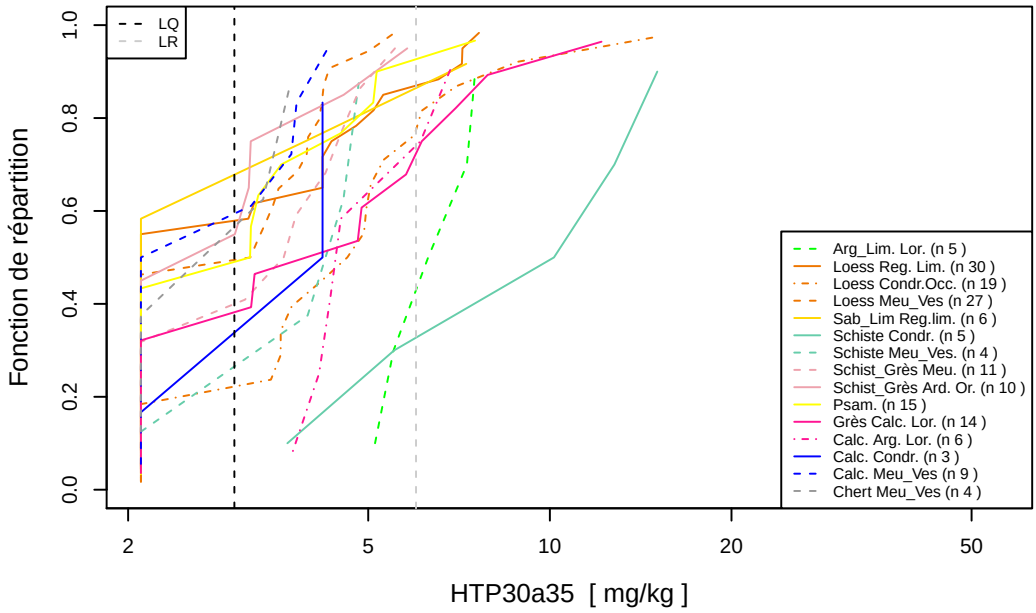
HTP16a21



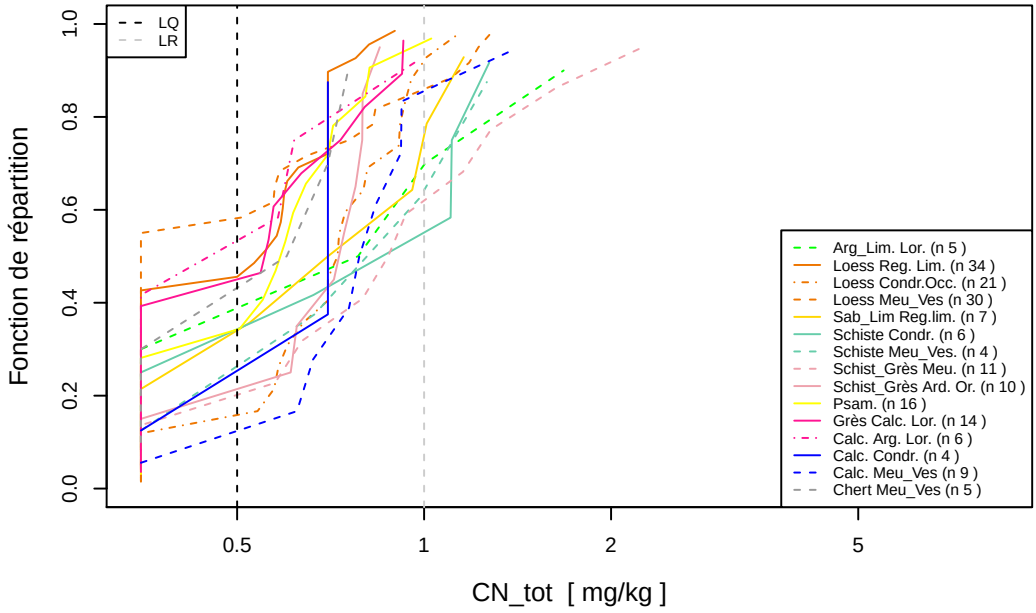
HTP21a30



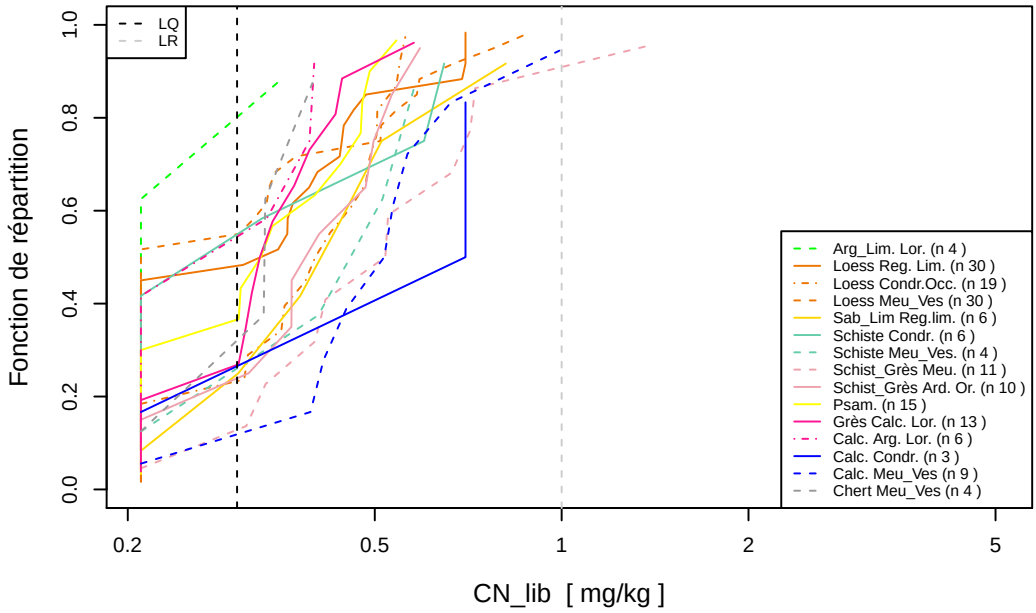
HTP30a35



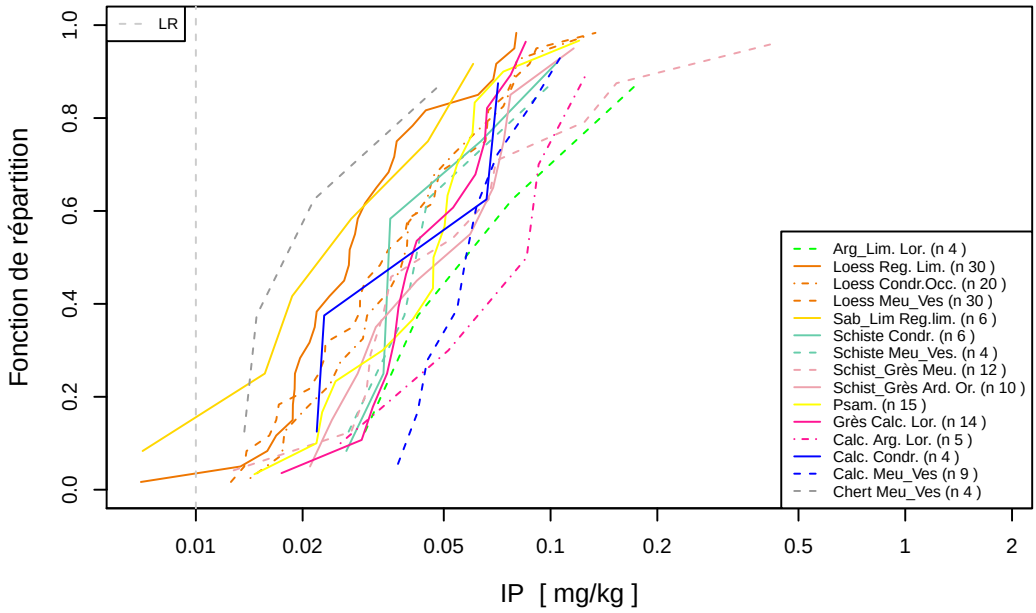
CN_tot



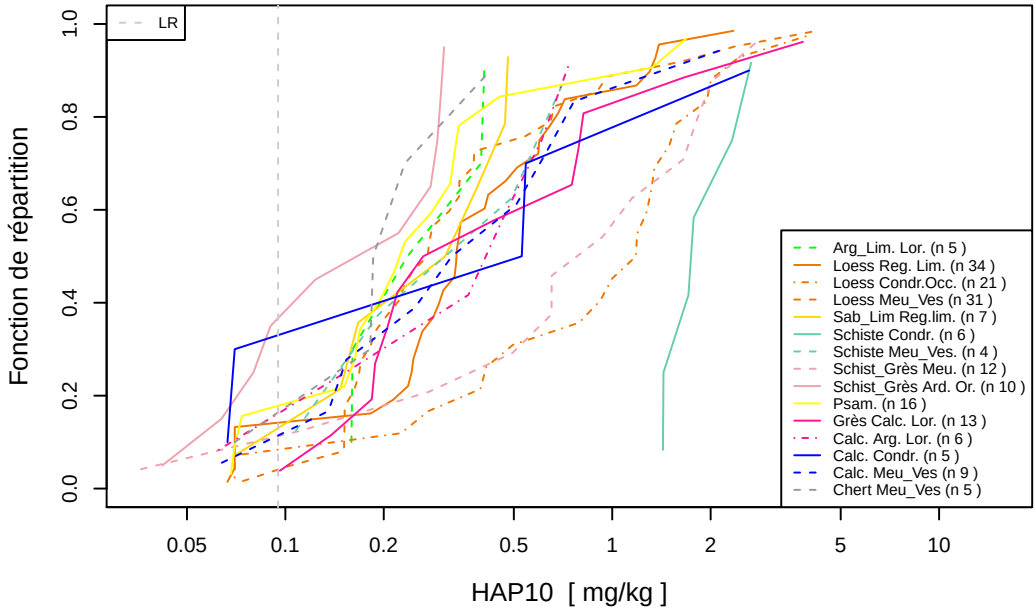
CN_lib



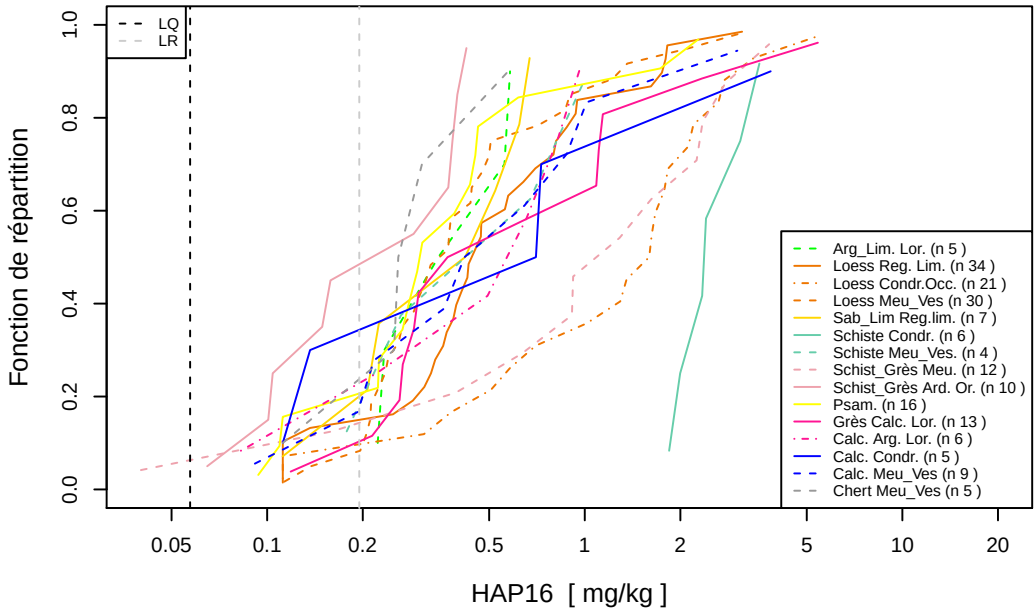
IP

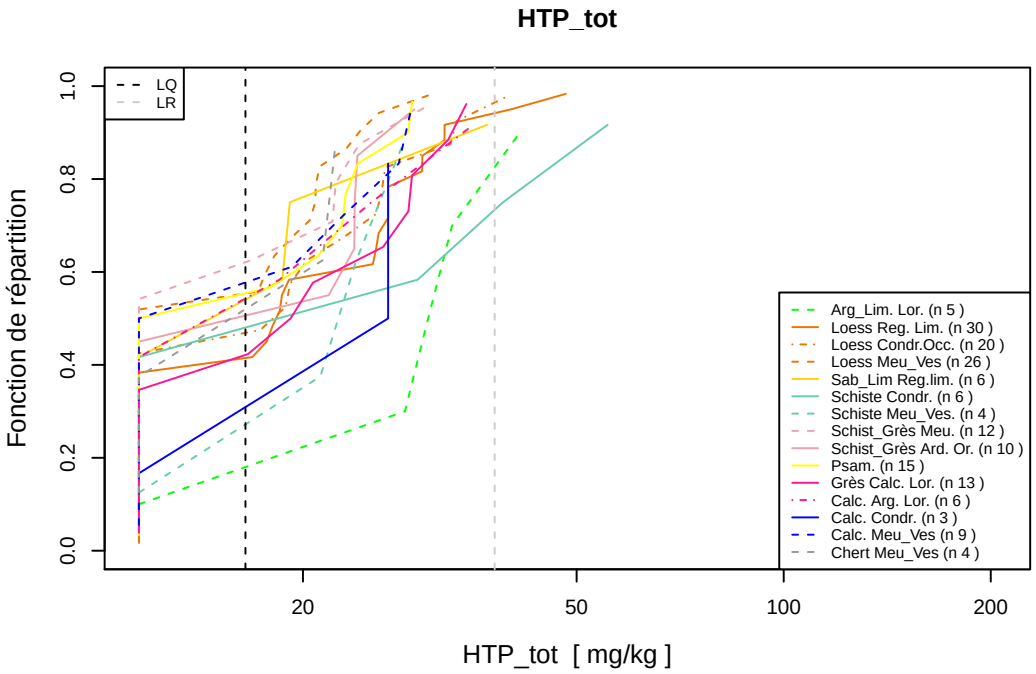


HAP10



HAP16



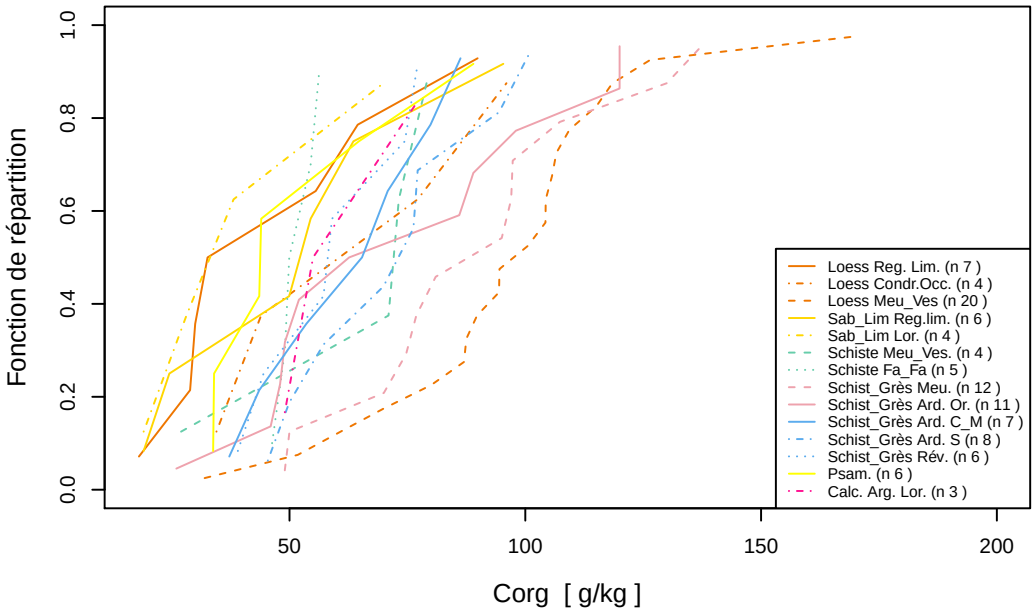

HTP_tot
LQ
LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
20
50
100
200
HTP_tot [mg/kg]
Arg_Lim. Lor. (n 5)
Loess Reg. Lim. (n 30)
Loess Condr.Occ. (n 20)
Loess Meu_Ves (n 26)
Sab_Lim Reg.lim. (n 6)
Schiste Condr. (n 6)
Schiste Meu_Ves. (n 4)
Schist_Grès Meu. (n 12)
Schist_Grès Ard. Or. (n 10)
Psam. (n 15)
Grès Calc. Lor. (n 13)
Calc. Arg. Lor. (n 6)
Calc. Condr. (n 3)
Calc. Meu_Ves (n 9)
Chert Meu_Ves (n 4)

3i : Effet du groupe de sol dans les horizons de surface forestiers des sols naturels (POLLUSOL 1 et 2)

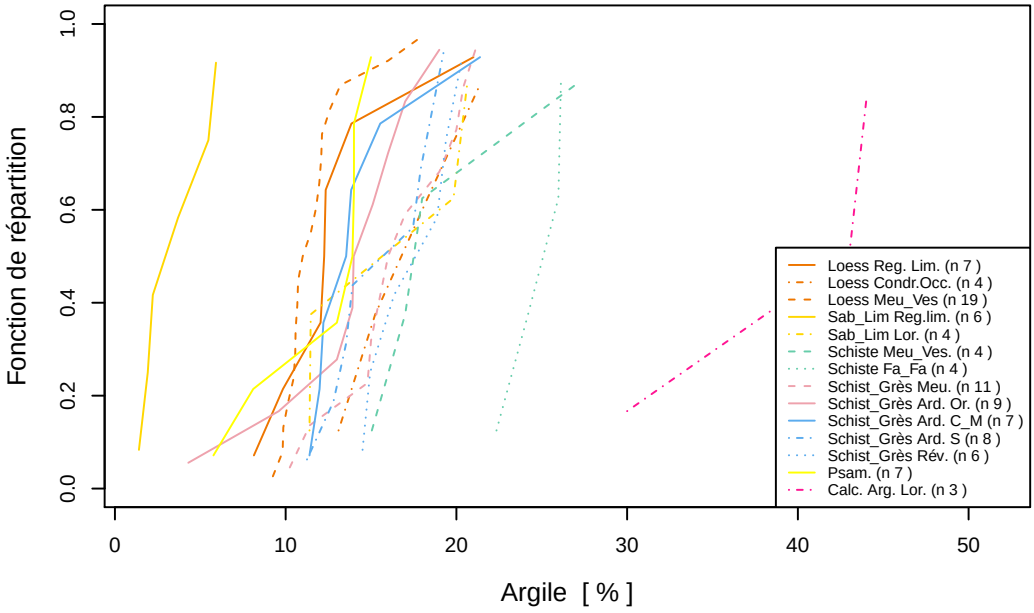
Abréviations des groupes de sols utilisés dans les graphiques (*cf.* section 5.1.3.5)

Abréviation	N°	Nom Complet
Arg_Lim. Lor.	62	Sols argileux et limoneux de Lorraine
Calc. Arg. Lor.	65	Sols argileux et calcaires des formations de Grancourt et Longwy
Calc. Condr.	34	Sols sur calcaires Condroz et de la Calestienne
Calc. Meu_Ves	29	Sols sur calcaires de la vallée de la Meuse et de la Vesdre
Chert Condr.	66	Sols sur cherts du Condroz
Chert Meu_Ves	30	Sols sur chert de la vallée de la Meuse et de la Vesdre
Grès Calc. Lor.	64	Sols sur grès calcaires de la formation d'Aubange
Lim. Lor.	61	Sols limoneux de la formation de Luxembourg
Loess Condr.Occ.	15	Sols sur loess de la vallée de la Sambre et du Condroz, de Fagne et de Famenne occidentale
Loess Meu_Ves	20	Sols sur loess de la vallée de la Meuse, de la Vesdre et de la région limoneuse orientale
Loess Reg. Lim.	7	Sols sur loess en région limoneuse centrale et occidentale
Psam.	18	Sols sur psammites
Sab_Lim Lor.	60	Sols sur loess et sables du Jurassique de Lorraine
Sab_Lim Reg.lim.	11	Sols sur sables tertiaires et loess en région limoneuse occidentale
Sable Lor.	59	Sols sur sables du Jurassique de Lorraine
Schist_Grès Ard. C_M	53	Sols sur schistes et grès de l'Ardenne centrale et méridonale
Schist_Grès Ard. Or.	45	Sols sur schistes et grès des contreforts de l'Ardenne orientale
Schist_Grès Ard. S	50	Sols sur schistes et grès de l'Ardenne septentrionale
Schist_Grès Meu.	21	Sols sur schistes et grès de la vallée de la Meuse
Schist_Grès Rev.	51	Sols sur schistes et grès du Revinien et du Devillien
Schiste Condr.	17	Sols sur schistes du Condroz occidental
Schiste Fa_Fa	41	Sols sur schistes en Fagne et en Famenne
Schiste Meu_Ves.	22	Sols sur schistes de la vallée de la Meuse et de la Vesdre

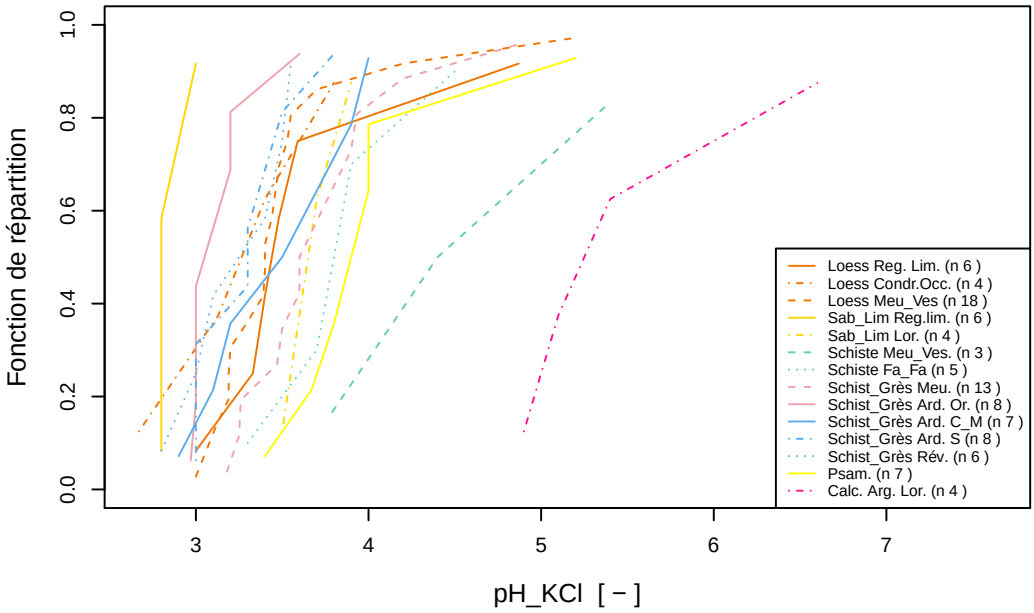
Corg



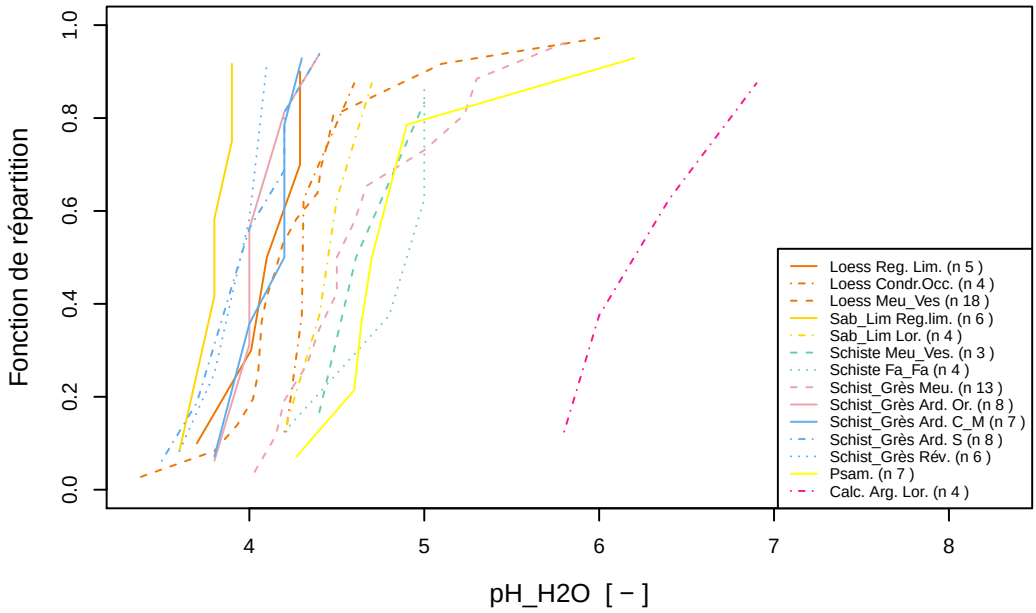
Argile



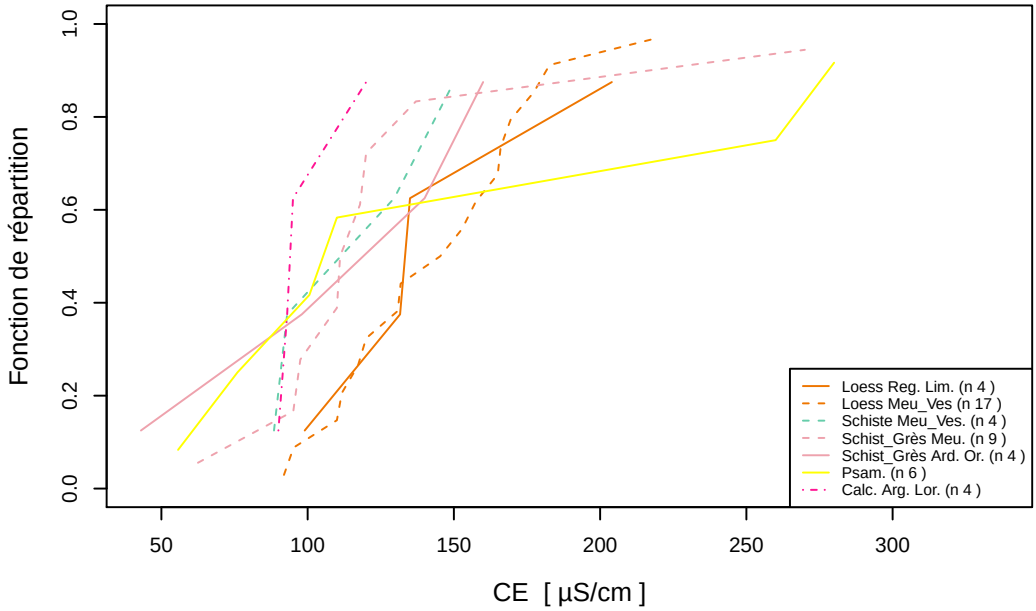
pH_KCl



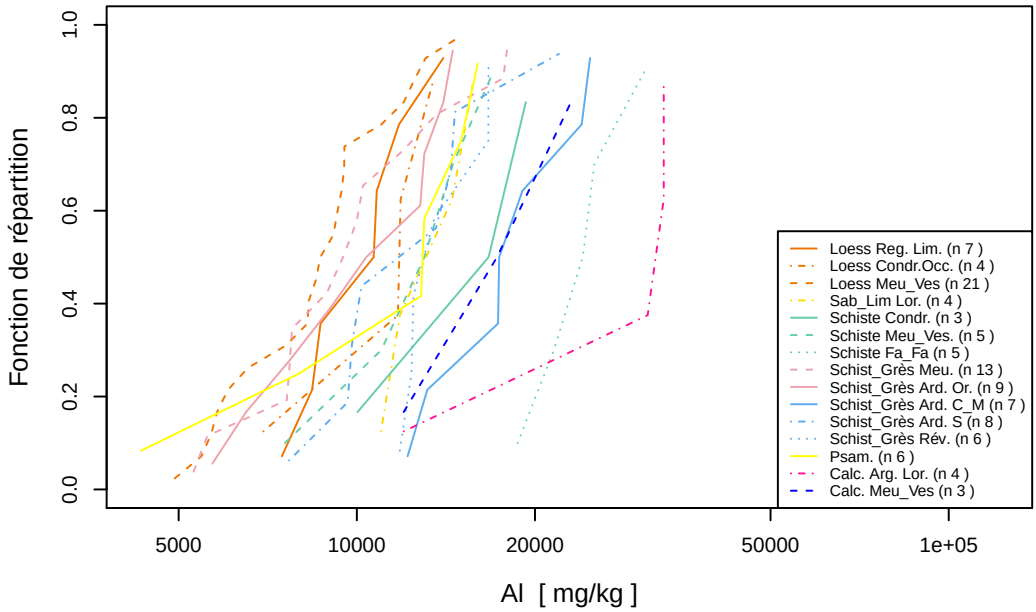
pH_H2O


Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
4
5
6
7
8
pH_H2O [−]
Loess Reg. Lim. (n 5)
Loess Condr.Occ. (n 4)
Loess Meu_Ves (n 18)
Sab_Lim Reg.lim. (n 6)
Sab_Lim Lor. (n 4)
Schiste Meu_Ves. (n 3)
Schiste Fa_Fa (n 4)
Schist_Grès Meu. (n 13)
Schist_Grès Ard. Or. (n 8)
Schist_Grès Ard. C_M (n 7)
Schist_Grès Ard. S (n 8)
Schist_Grès Rév. (n 6)
Psam. (n 7)
Calc. Arg. Lor. (n 4)

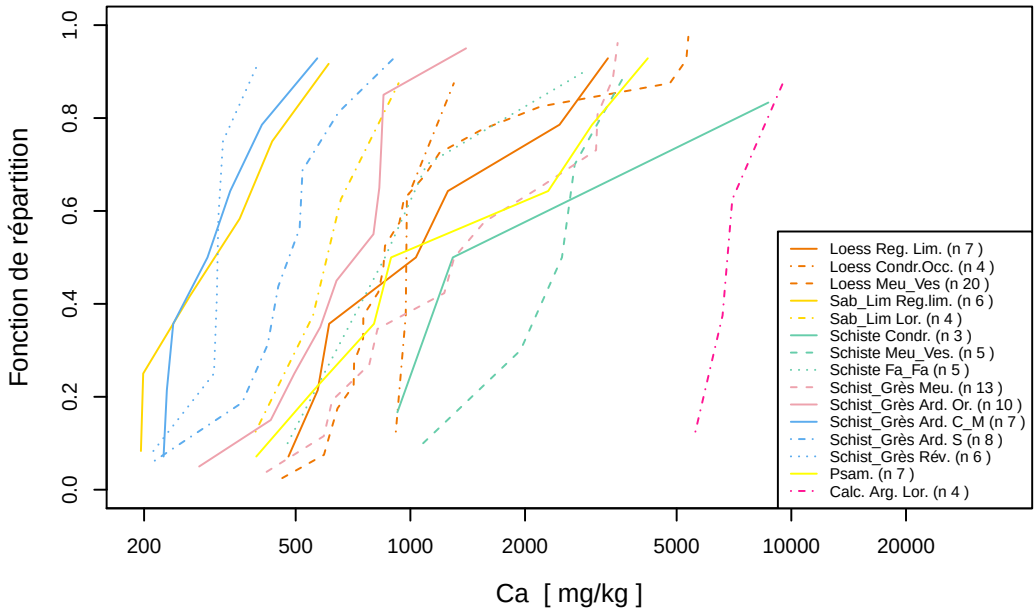
CE


Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
50
100
150
200
250
300
CE [µS/cm]
Loess Reg. Lim. (n 4)
Loess Meu_Ves (n 17)
Schiste Meu_Ves. (n 4)
Schist_Grès Meu. (n 9)
Schist_Grès Ard. Or. (n 4)
Psam. (n 6)
Calc. Arg. Lor. (n 4)

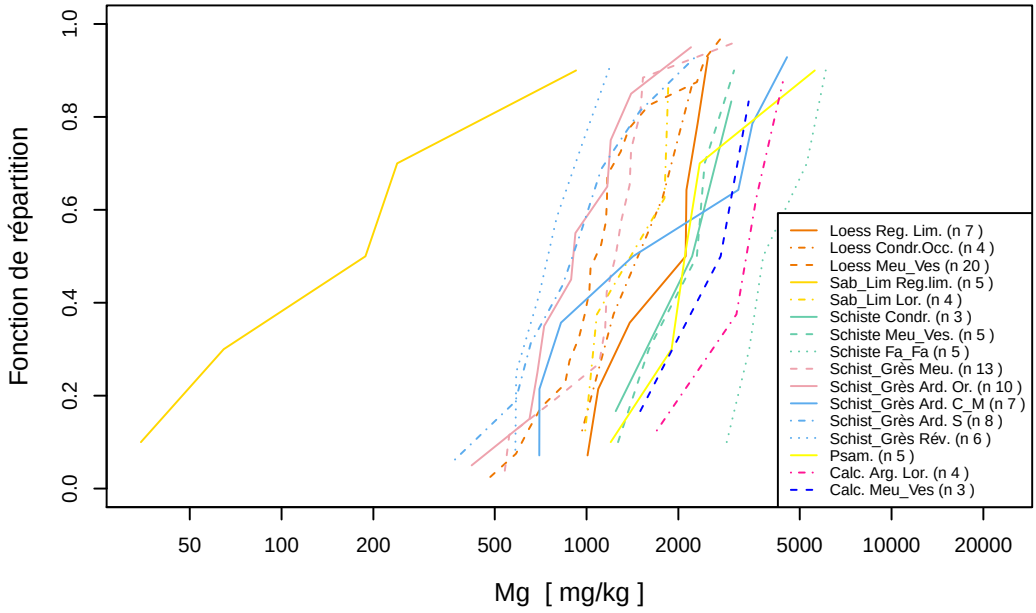
Al


Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
5000
10000
20000
50000
1e+05
Al [mg/kg]
Loess Reg. Lim. (n 7)
Loess Condr.Occ. (n 4)
Loess Meu_Ves (n 21)
Sab_Lim Lor. (n 4)
Schiste Condr. (n 3)
Schiste Meu_Ves. (n 5)
Schiste Fa_Fa (n 5)
Schist_Grès Meu. (n 13)
Schist_Grès Ard. Or. (n 9)
Schist_Grès Ard. C_M (n 7)
Schist_Grès Ard. S (n 8)
Schist_Grès Rév. (n 6)
Psam. (n 6)
Calc. Arg. Lor. (n 4)
Calc. Meu_Ves (n 3)

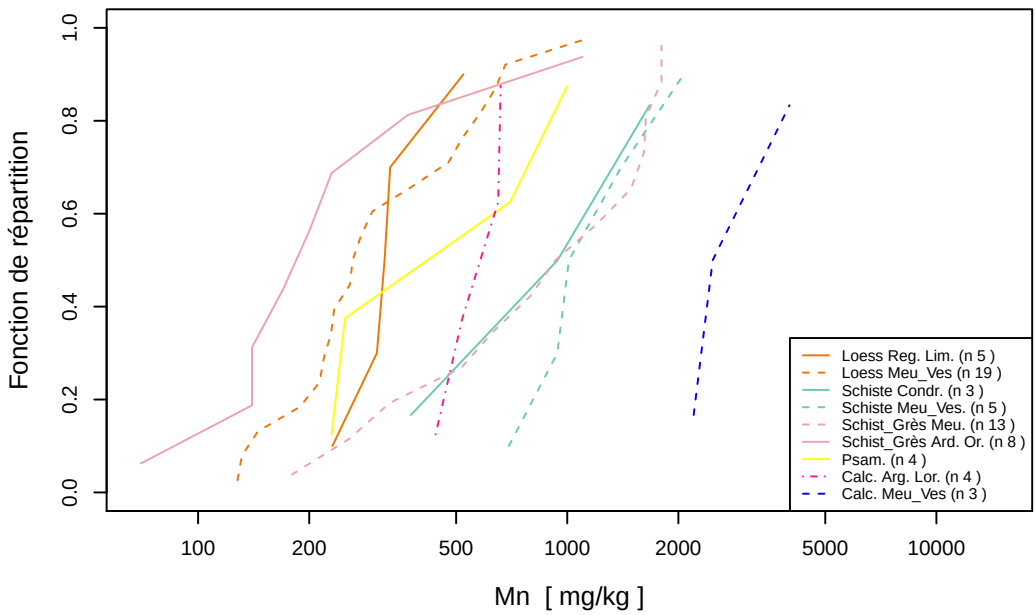
Ca


Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
200
500
1000
2000
5000
10000
20000
Ca [mg/kg]
Loess Reg. Lim. (n 7)
Loess Condr.Occ. (n 4)
Loess Meu_Ves (n 20)
Sab_Lim Reg.lim. (n 6)
Sab_Lim Lor. (n 4)
Schiste Condr. (n 3)
Schiste Meu_Ves. (n 5)
Schiste Fa_Fa (n 5)
Schist_Grès Meu. (n 13)
Schist_Grès Ard. Or. (n 10)
Schist_Grès Ard. C_M (n 7)
Schist_Grès Ard. S (n 8)
Schist_Grès Rév. (n 6)
Psam. (n 7)
Calc. Arg. Lor. (n 4)

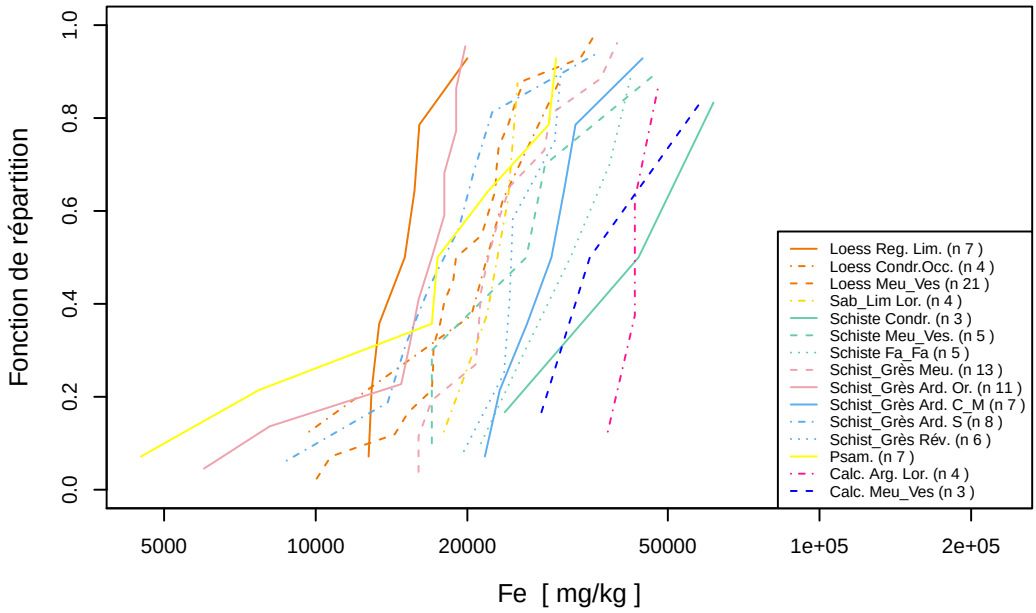
Mg


Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
50
100
200
500
1000
2000
5000
10000
20000
Mg [mg/kg]
Loess Reg. Lim. (n 7)
Loess Condr.Occ. (n 4)
Loess Meu_Ves (n 20)
Sab_Lim Reg.lim. (n 5)
Sab_Lim Lor. (n 4)
Schiste Condr. (n 3)
Schiste Meu_Ves. (n 5)
Schiste Fa_Fa (n 5)
Schist_Grès Meu. (n 13)
Schist_Grès Ard. Or. (n 10)
Schist_Grès Ard. C_M (n 7)
Schist_Grès Ard. S (n 8)
Schist_Grès Rév. (n 6)
Psam. (n 5)
Calc. Arg. Lor. (n 4)
Calc. Meu_Ves (n 3)

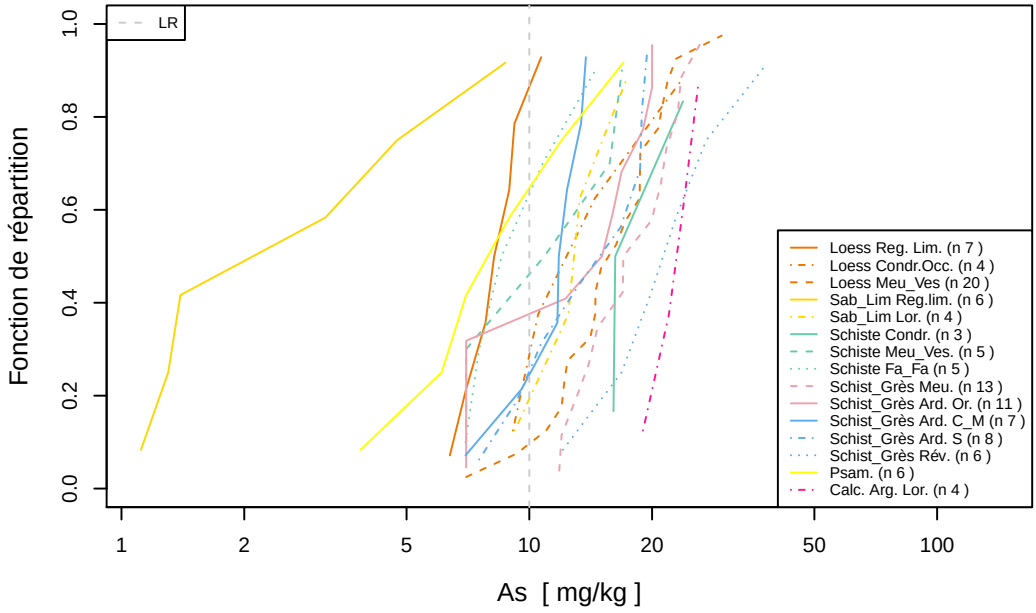
Mn


Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
100
200
500
1000
2000
5000
10000
Mn [mg/kg]
Loess Reg. Lim. (n 5)
Loess Meu_Ves (n 19)
Schiste Condr. (n 3)
Schiste Meu_Ves. (n 5)
Schist_Grès Meu. (n 13)
Schist_Grès Ard. Or. (n 8)
Psam. (n 4)
Calc. Arg. Lor. (n 4)
Calc. Meu_Ves (n 3)

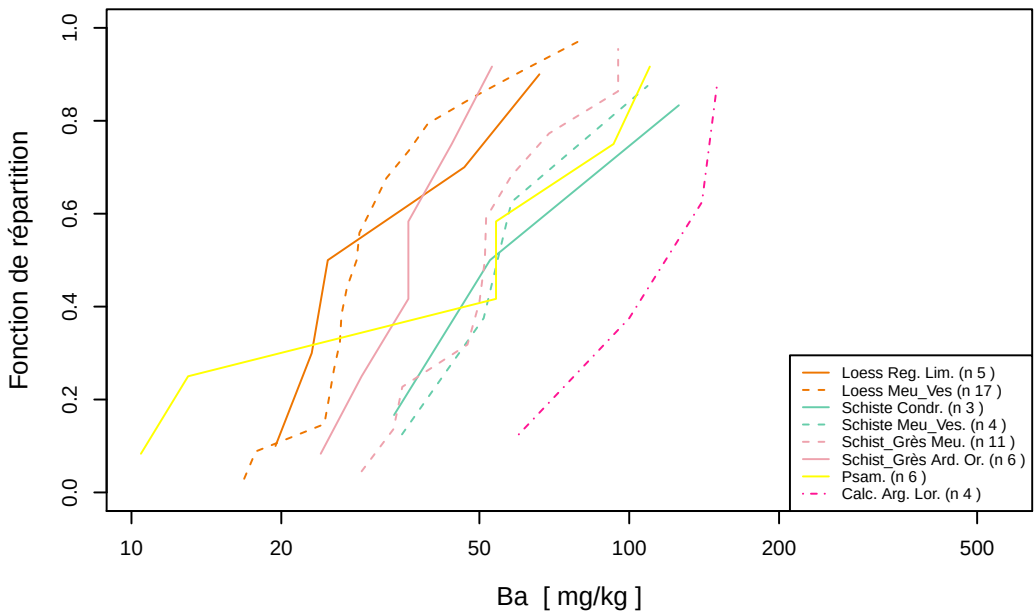
Fe


Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
5000
10000
20000
50000
1e+05
2e+05
Fe [mg/kg]
Loess Reg. Lim. (n 7)
Loess Condr.Occ. (n 4)
Loess Meu_Ves (n 21)
Sab_Lim Lor. (n 4)
Schiste Condr. (n 3)
Schiste Meu_Ves. (n 5)
Schiste Fa_Fa (n 5)
Schist_Grès Meu. (n 13)
Schist_Grès Ard. Or. (n 11)
Schist_Grès Ard. C_M (n 7)
Schist_Grès Ard. S (n 8)
Schist_Grès Rév. (n 6)
Psam. (n 7)
Calc. Arg. Lor. (n 4)
Calc. Meu_Ves (n 3)

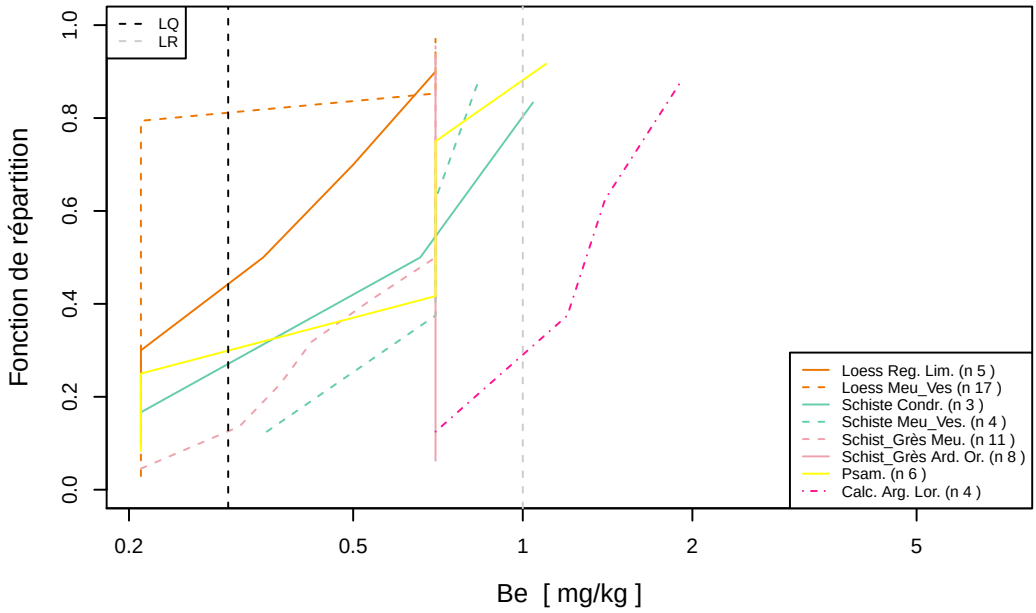
As


LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
1
2
5
10
20
50
100
As [mg/kg]
Loess Reg. Lim. (n 7)
Loess Condr.Occ. (n 4)
Loess Meu_Ves (n 20)
Sab_Lim Reg.lim. (n 6)
Sab_Lim Lor. (n 4)
Schiste Condr. (n 3)
Schiste Meu_Ves. (n 5)
Schiste Fa_Fa (n 5)
Schist_Grès Meu. (n 13)
Schist_Grès Ard. Or. (n 11)
Schist_Grès Ard. C_M (n 7)
Schist_Grès Ard. S (n 8)
Schist_Grès Rév. (n 6)
Psam. (n 6)
Calc. Arg. Lor. (n 4)

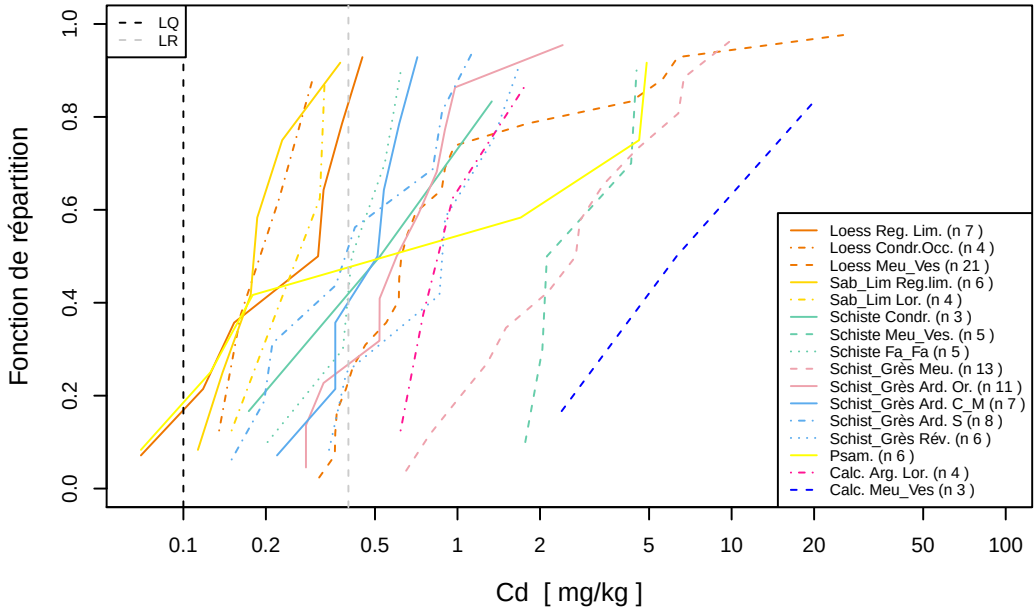
Ba


Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
10
20
50
100
200
500
Ba [mg/kg]
Loess Reg. Lim. (n 5)
Loess Meu_Ves (n 17)
Schiste Condr. (n 3)
Schiste Meu_Ves. (n 4)
Schist_Grès Meu. (n 11)
Schist_Grès Ard. Or. (n 6)
Psam. (n 6)
Calc. Arg. Lor. (n 4)

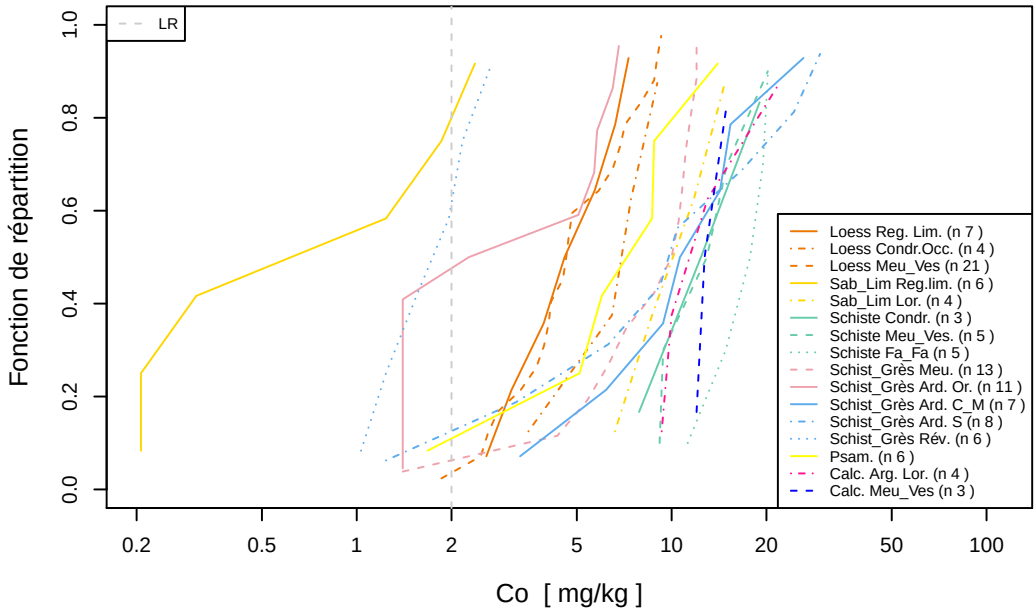
Be


LQ
LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.2
0.5
1
2
5
Be [mg/kg]
Loess Reg. Lim. (n 5)
Loess Meu_Ves (n 17)
Schiste Condr. (n 3)
Schiste Meu_Ves. (n 4)
Schist_Grès Meu. (n 11)
Schist_Grès Ard. Or. (n 8)
Psam. (n 6)
Calc. Arg. Lor. (n 4)

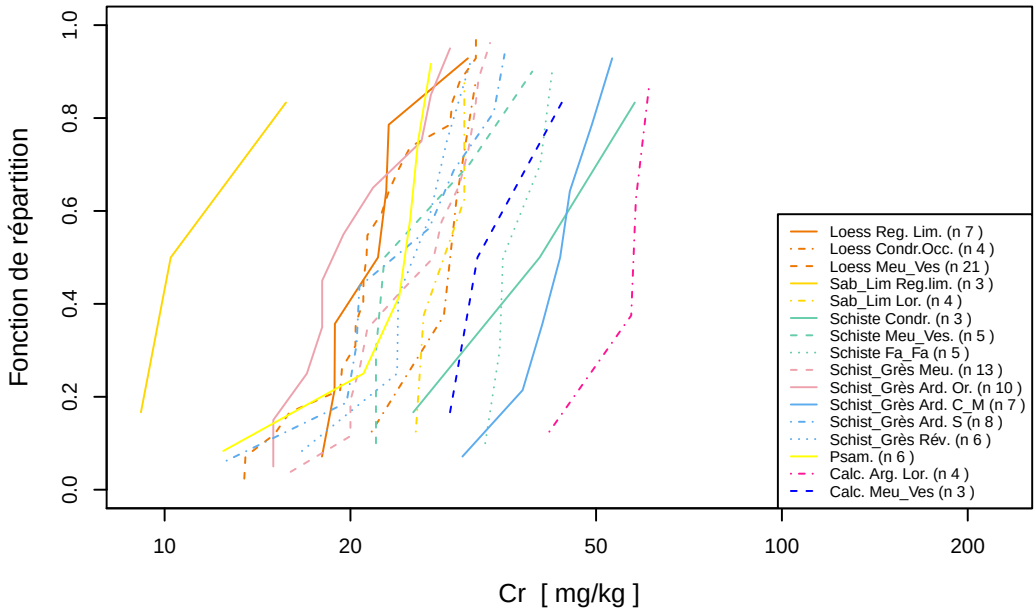
Cd


LQ
LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.1
0.2
0.5
1
2
5
10
20
50
100
Cd [mg/kg]
Loess Reg. Lim. (n 7)
Loess Condr.Occ. (n 4)
Loess Meu_Ves (n 21)
Sab_Lim Reg.lim. (n 6)
Sab_Lim Lor. (n 4)
Schiste Condr. (n 3)
Schiste Meu_Ves. (n 5)
Schiste Fa_Fa (n 5)
Schist_Grès Meu. (n 13)
Schist_Grès Ard. Or. (n 11)
Schist_Grès Ard. C_M (n 7)
Schist_Grès Ard. S (n 8)
Schist_Grès Rév. (n 6)
Psam. (n 6)
Calc. Arg. Lor. (n 4)
Calc. Meu_Ves (n 3)

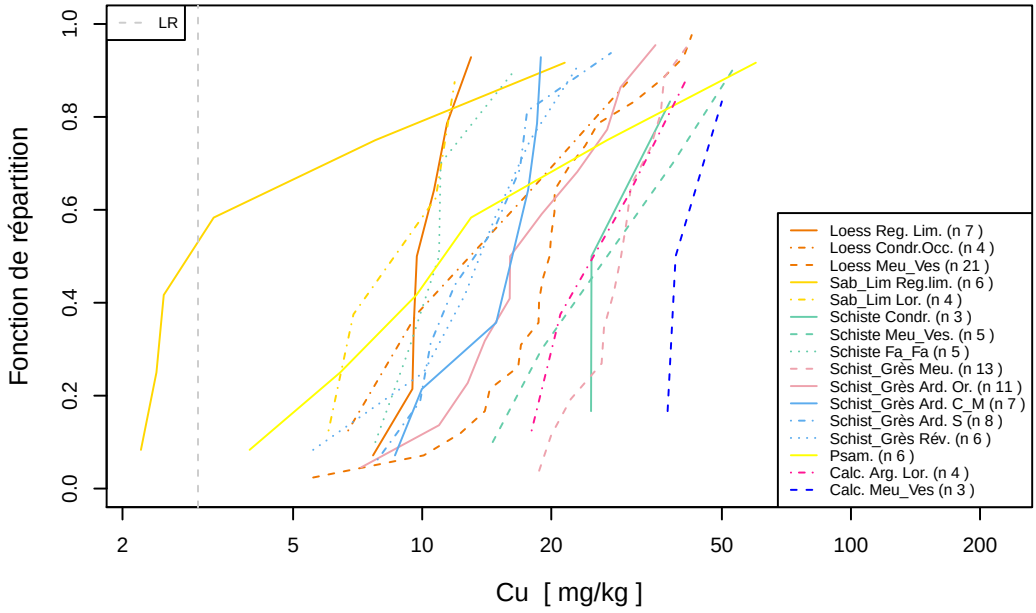
Co


LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.2
0.5
1
2
5
10
20
50
100
Co [mg/kg]
Loess Reg. Lim. (n 7)
Loess Condr.Occ. (n 4)
Loess Meu_Ves (n 21)
Sab_Lim Reg.lim. (n 6)
Sab_Lim Lor. (n 4)
Schiste Condr. (n 3)
Schiste Meu_Ves. (n 5)
Schiste Fa_Fa (n 5)
Schist_Grès Meu. (n 13)
Schist_Grès Ard. Or. (n 11)
Schist_Grès Ard. C_M (n 7)
Schist_Grès Ard. S (n 8)
Schist_Grès Rév. (n 6)
Psam. (n 6)
Calc. Arg. Lor. (n 4)
Calc. Meu_Ves (n 3)

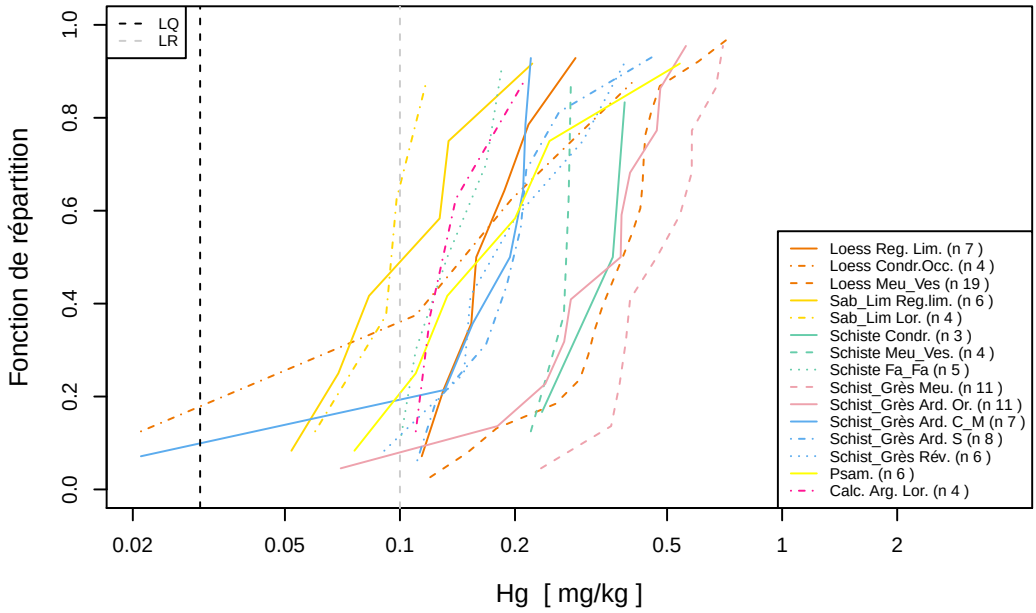
Cr


Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
10
20
50
100
200
Cr [mg/kg]
Loess Reg. Lim. (n 7)
Loess Condr.Occ. (n 4)
Loess Meu_Ves (n 21)
Sab_Lim Reg.lim. (n 3)
Sab_Lim Lor. (n 4)
Schiste Condr. (n 3)
Schiste Meu_Ves. (n 5)
Schiste Fa_Fa (n 5)
Schist_Grès Meu. (n 13)
Schist_Grès Ard. Or. (n 10)
Schist_Grès Ard. C_M (n 7)
Schist_Grès Ard. S (n 8)
Schist_Grès Rév. (n 6)
Psam. (n 6)
Calc. Arg. Lor. (n 4)
Calc. Meu_Ves (n 3)

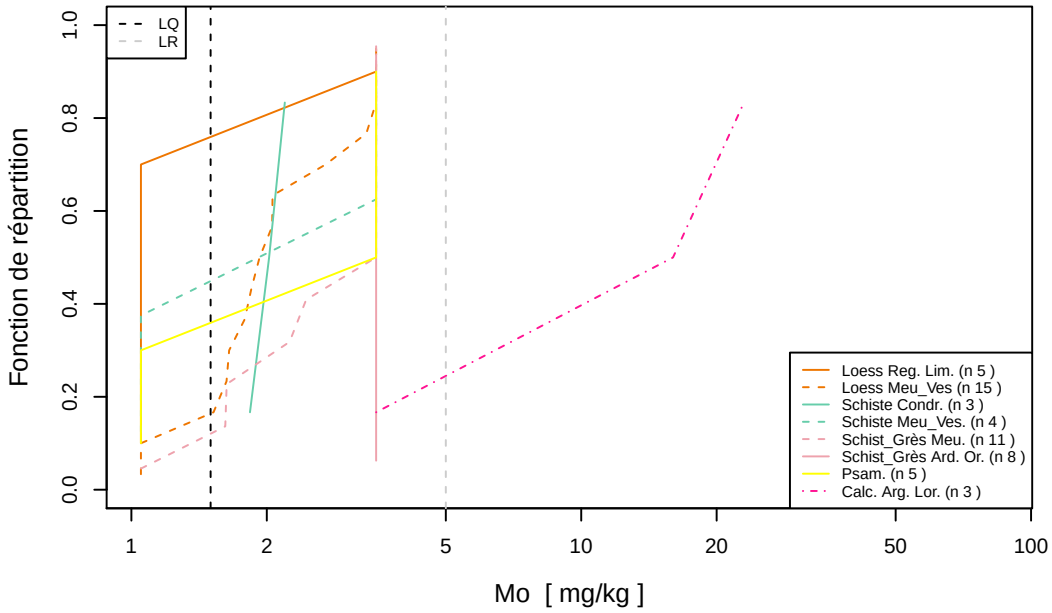
Cu


LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
2
5
10
20
50
100
200
Cu [mg/kg]
Loess Reg. Lim. (n 7)
Loess Condr.Occ. (n 4)
Loess Meu_Ves (n 21)
Sab_Lim Reg.lim. (n 6)
Sab_Lim Lor. (n 4)
Schiste Condr. (n 3)
Schiste Meu_Ves. (n 5)
Schiste Fa_Fa (n 5)
Schist_Grès Meu. (n 13)
Schist_Grès Ard. Or. (n 11)
Schist_Grès Ard. C_M (n 7)
Schist_Grès Ard. S (n 8)
Schist_Grès Rév. (n 6)
Psam. (n 6)
Calc. Arg. Lor. (n 4)
Calc. Meu_Ves (n 3)

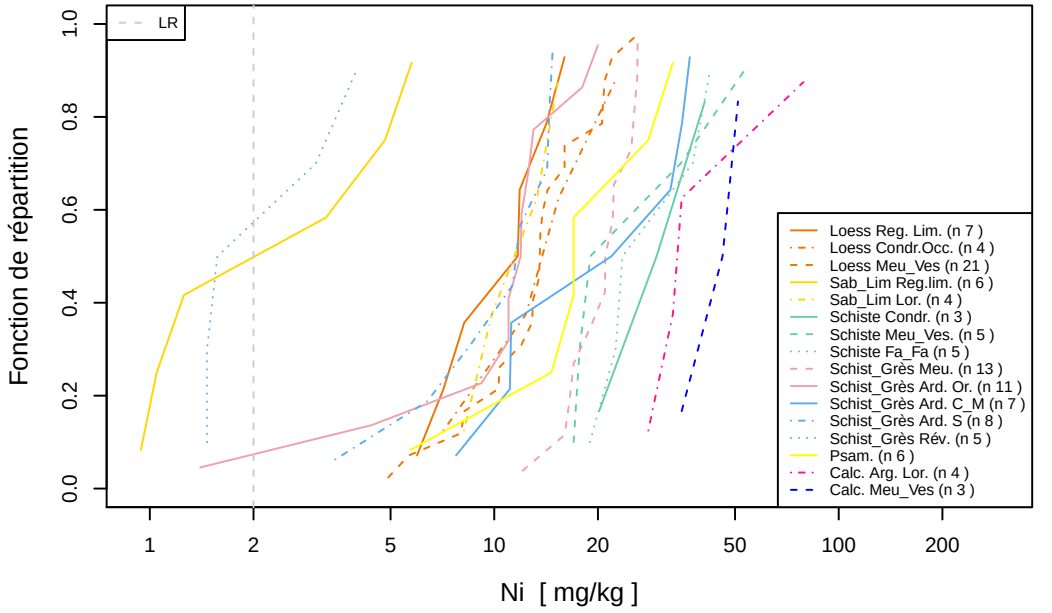
Hg


LQ
LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
2
Hg [mg/kg]
Loess Reg. Lim. (n 7)
Loess Condr.Occ. (n 4)
Loess Meu_Ves (n 19)
Sab_Lim Reg.lim. (n 6)
Sab_Lim Lor. (n 4)
Schiste Condr. (n 3)
Schiste Meu_Ves. (n 4)
Schiste Fa_Fa (n 5)
Schist_Grès Meu. (n 11)
Schist_Grès Ard. Or. (n 11)
Schist_Grès Ard. C_M (n 7)
Schist_Grès Ard. S (n 8)
Schist_Grès Rév. (n 6)
Psam. (n 6)
Calc. Arg. Lor. (n 4)

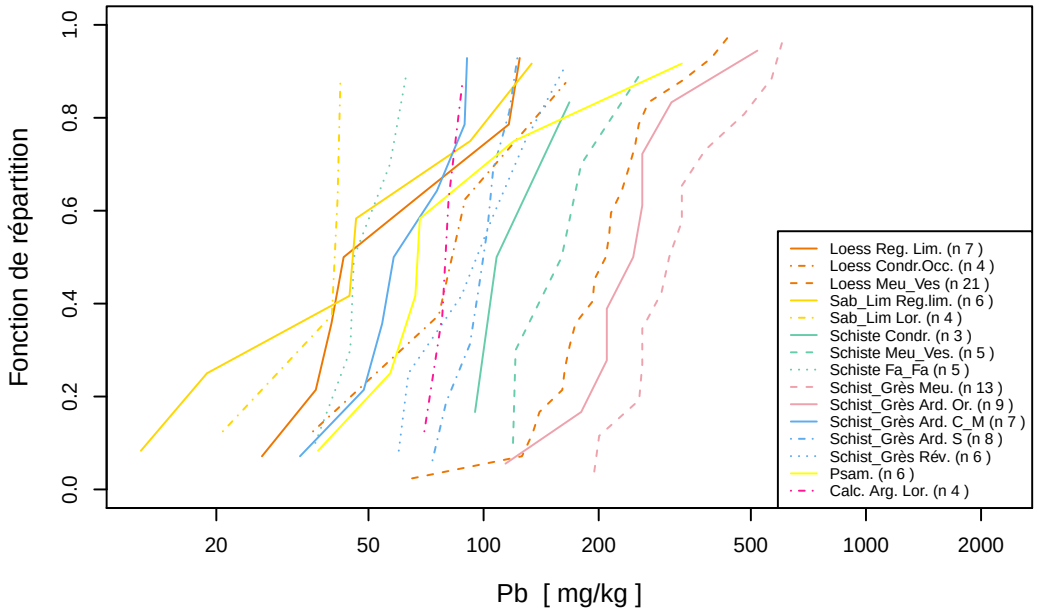
Mo


LQ
LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
1
2
5
10
20
50
100
Mo [mg/kg]
Loess Reg. Lim. (n 5)
Loess Meu_Ves (n 15)
Schiste Condr. (n 3)
Schiste Meu_Ves. (n 4)
Schist_Grès Meu. (n 11)
Schist_Grès Ard. Or. (n 8)
Psam. (n 5)
Calc. Arg. Lor. (n 3)

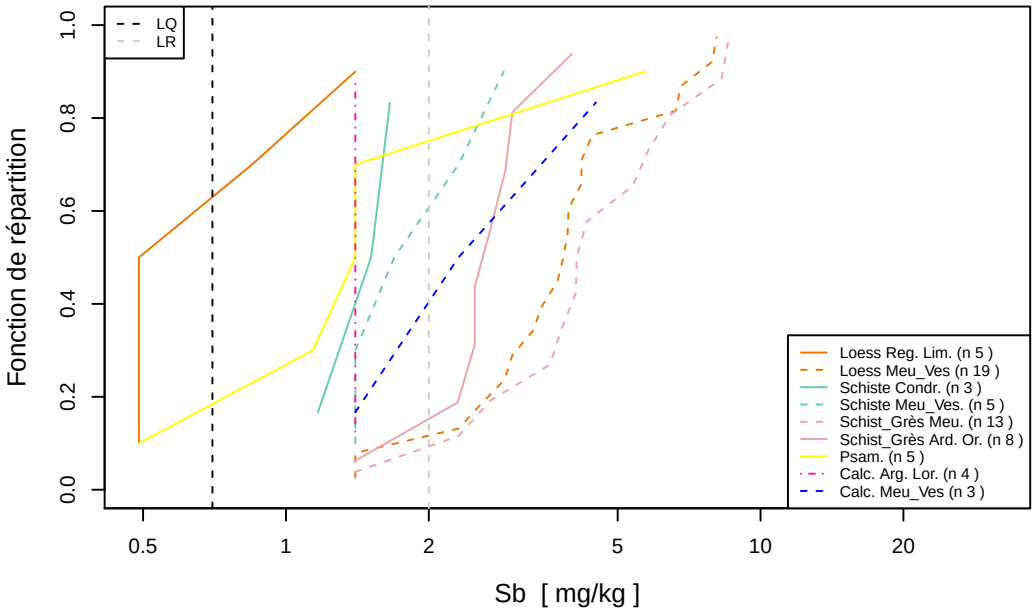
Ni


LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
1
2
5
10
20
50
100
200
Ni [mg/kg]
Loess Reg. Lim. (n 7)
Loess Condr.Occ. (n 4)
Loess Meu_Ves (n 21)
Sab_Lim Reg.lim. (n 6)
Sab_Lim Lor. (n 4)
Schiste Condr. (n 3)
Schiste Meu_Ves. (n 5)
Schiste Fa_Fa (n 5)
Schist_Grès Meu. (n 13)
Schist_Grès Ard. Or. (n 11)
Schist_Grès Ard. C_M (n 7)
Schist_Grès Ard. S (n 8)
Schist_Grès Rév. (n 5)
Psam. (n 6)
Calc. Arg. Lor. (n 4)
Calc. Meu_Ves (n 3)

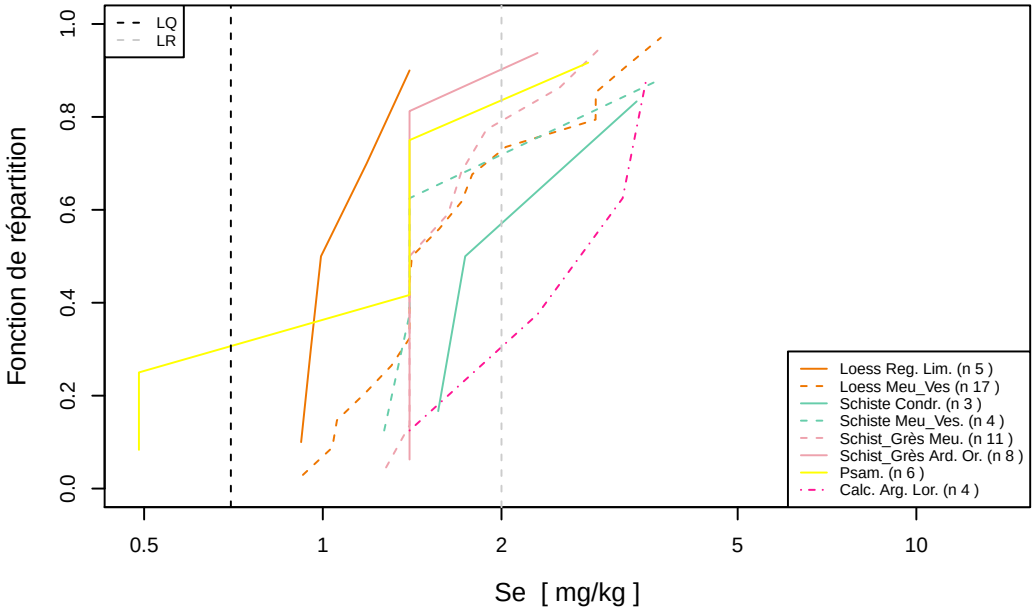
Pb


Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
20
50
100
200
500
1000
2000
Pb [mg/kg]
Loess Reg. Lim. (n 7)
Loess Condr.Occ. (n 4)
Loess Meu_Ves (n 21)
Sab_Lim Reg.lim. (n 6)
Sab_Lim Lor. (n 4)
Schiste Condr. (n 3)
Schiste Meu_Ves. (n 5)
Schiste Fa_Fa (n 5)
Schist_Grès Meu. (n 13)
Schist_Grès Ard. Or. (n 9)
Schist_Grès Ard. C_M (n 7)
Schist_Grès Ard. S (n 8)
Schist_Grès Rév. (n 6)
Psam. (n 6)
Calc. Arg. Lor. (n 4)

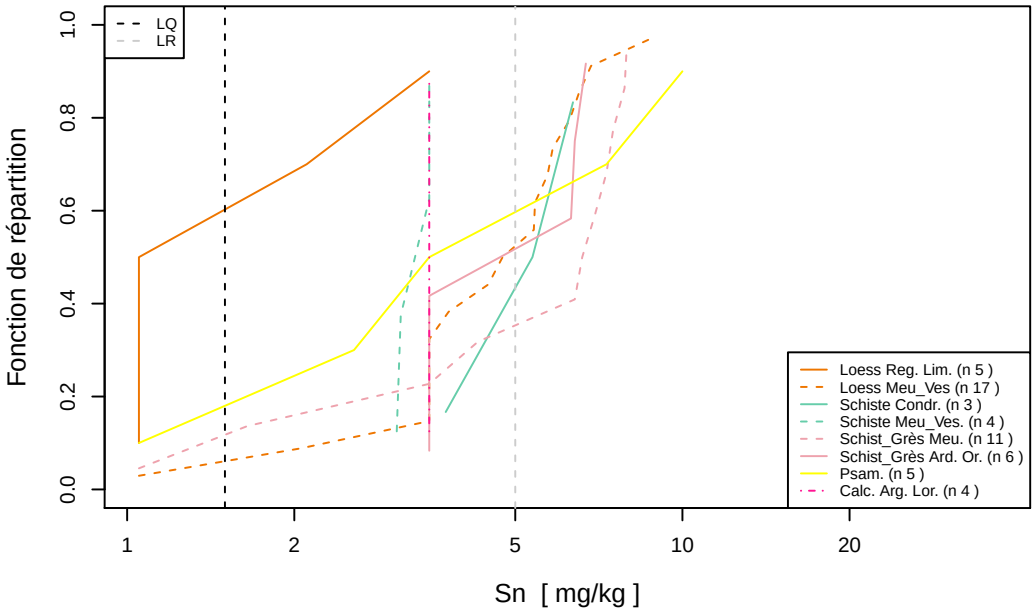
Sb


LQ
LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.5
1
2
5
10
20
Sb [mg/kg]
Loess Reg. Lim. (n 5)
Loess Meu_Ves (n 19)
Schiste Condr. (n 3)
Schiste Meu_Ves. (n 5)
Schist_Grès Meu. (n 13)
Schist_Grès Ard. Or. (n 8)
Psam. (n 5)
Calc. Arg. Lor. (n 4)
Calc. Meu_Ves (n 3)

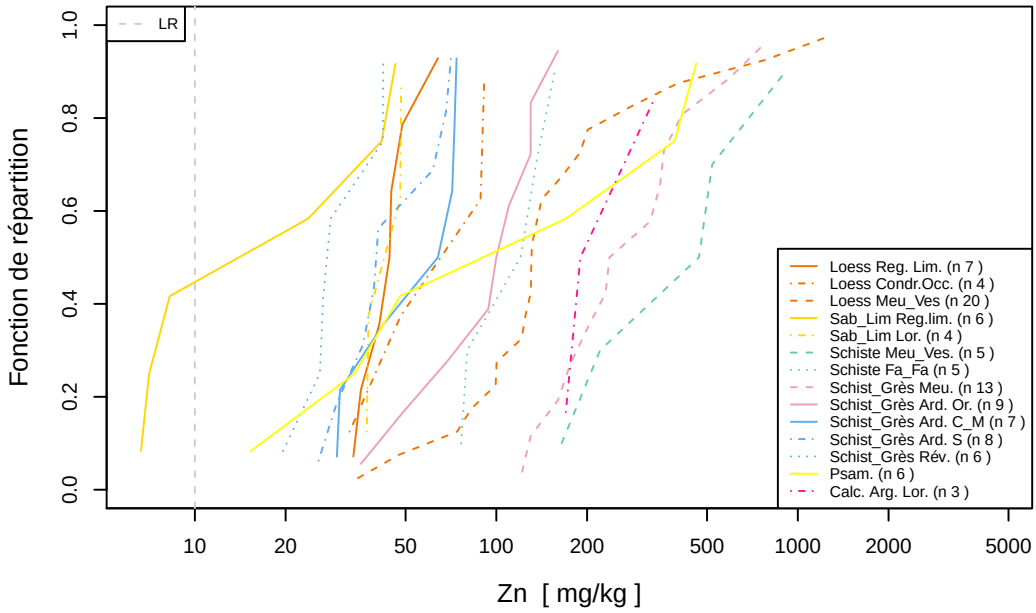
Se


LQ
LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.5
1
2
5
10
Se [mg/kg]
Loess Reg. Lim. (n 5)
Loess Meu_Ves (n 17)
Schiste Condr. (n 3)
Schiste Meu_Ves. (n 4)
Schist_Grès Meu. (n 11)
Schist_Grès Ard. Or. (n 8)
Psam. (n 6)
Calc. Arg. Lor. (n 4)

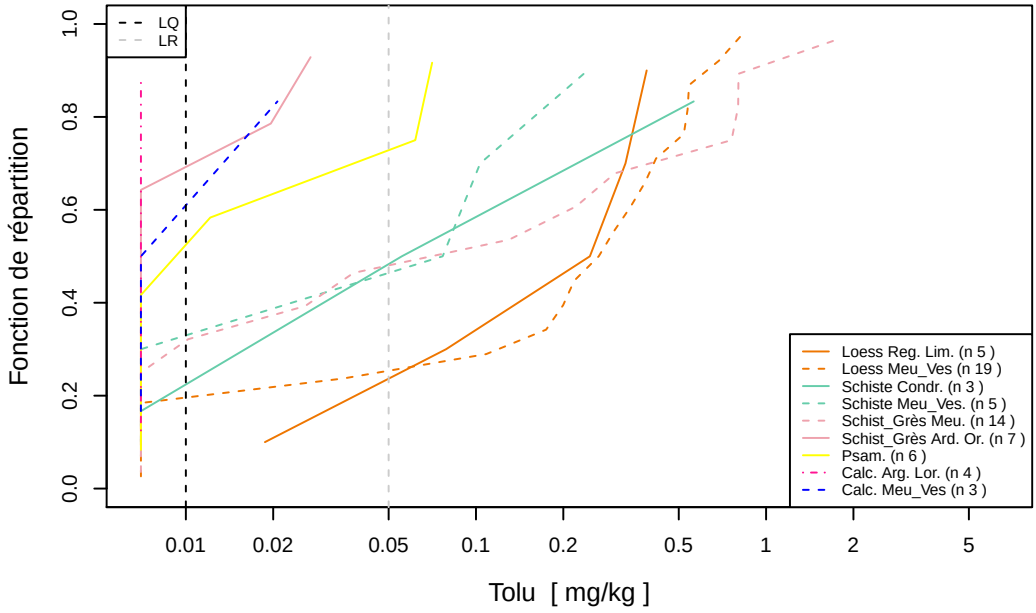
Sn


LQ
LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
1
2
5
10
20
Sn [mg/kg]
Loess Reg. Lim. (n 5)
Loess Meu_Ves (n 17)
Schiste Condr. (n 3)
Schiste Meu_Ves. (n 4)
Schist_Grès Meu. (n 11)
Schist_Grès Ard. Or. (n 6)
Psam. (n 5)
Calc. Arg. Lor. (n 4)

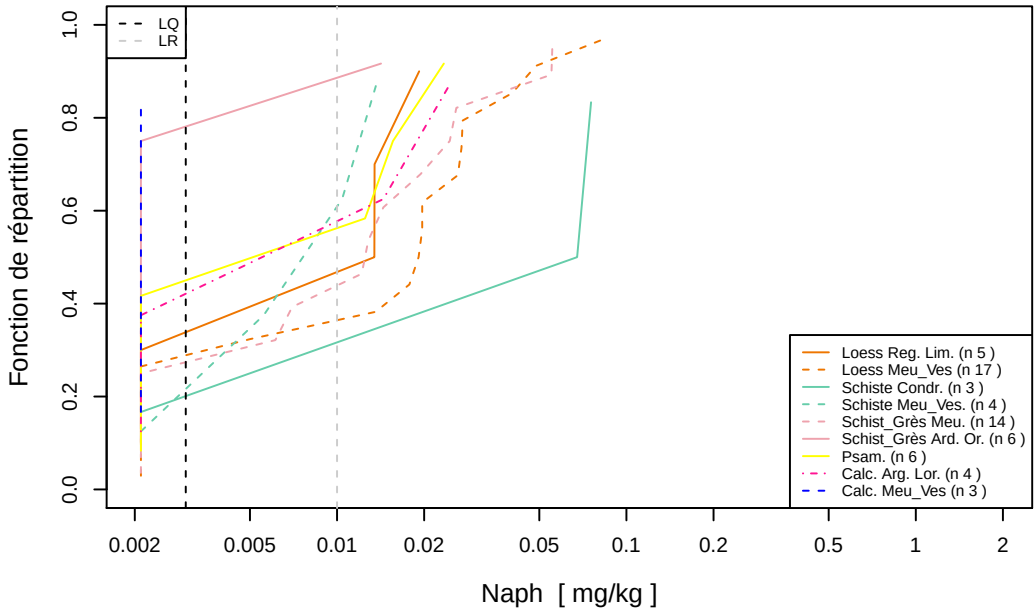
Zn


LR
Loess Reg. Lim. (n 7)
Loess Condr.Occ. (n 4)
Loess Meu_Ves (n 20)
Sab_Lim Reg.lim. (n 6)
Sab_Lim Lor. (n 4)
Schiste Meu_Ves. (n 5)
Schiste Fa_Fa (n 5)
Schist_Grès Meu. (n 13)
Schist_Grès Ard. Or. (n 9)
Schist_Grès Ard. C_M (n 7)
Schist_Grès Ard. S (n 8)
Schist_Grès Rév. (n 6)
Psam. (n 6)
Calc. Arg. Lor. (n 3)
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
10
20
50
100
200
500
1000
2000
5000
Zn [mg/kg]

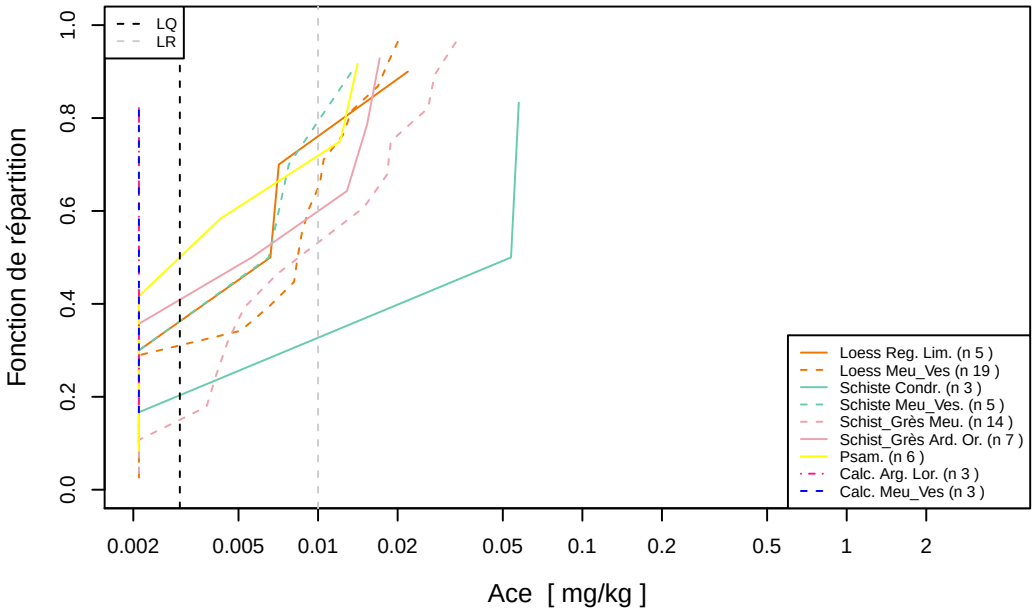
Tolu


LQ
LR
Loess Reg. Lim. (n 5)
Loess Meu_Ves (n 19)
Schiste Condr. (n 3)
Schiste Meu_Ves. (n 5)
Schist_Grès Meu. (n 14)
Schist_Grès Ard. Or. (n 7)
Psam. (n 6)
Calc. Arg. Lor. (n 4)
Calc. Meu_Ves (n 3)
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.01
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
2
5
Tolu [mg/kg]

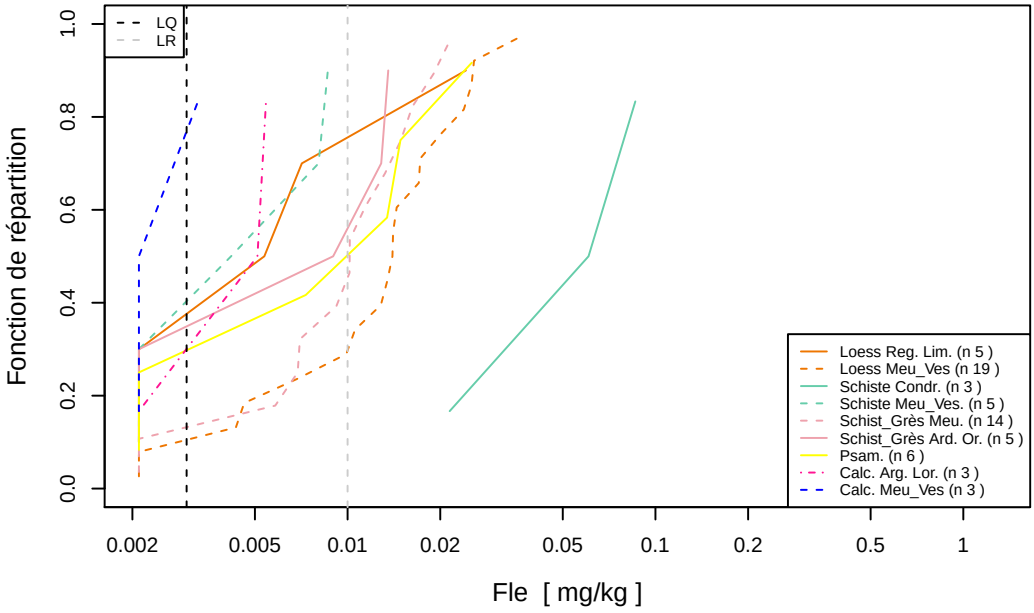
Naph


LQ
LR
Loess Reg. Lim. (n 5)
Loess Meu_Ves (n 17)
Schiste Condr. (n 3)
Schiste Meu_Ves. (n 4)
Schist_Grès Meu. (n 14)
Schist_Grès Ard. Or. (n 6)
Psam. (n 6)
Calc. Arg. Lor. (n 4)
Calc. Meu_Ves (n 3)
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.002
0.005
0.01
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
2
Naph [mg/kg]

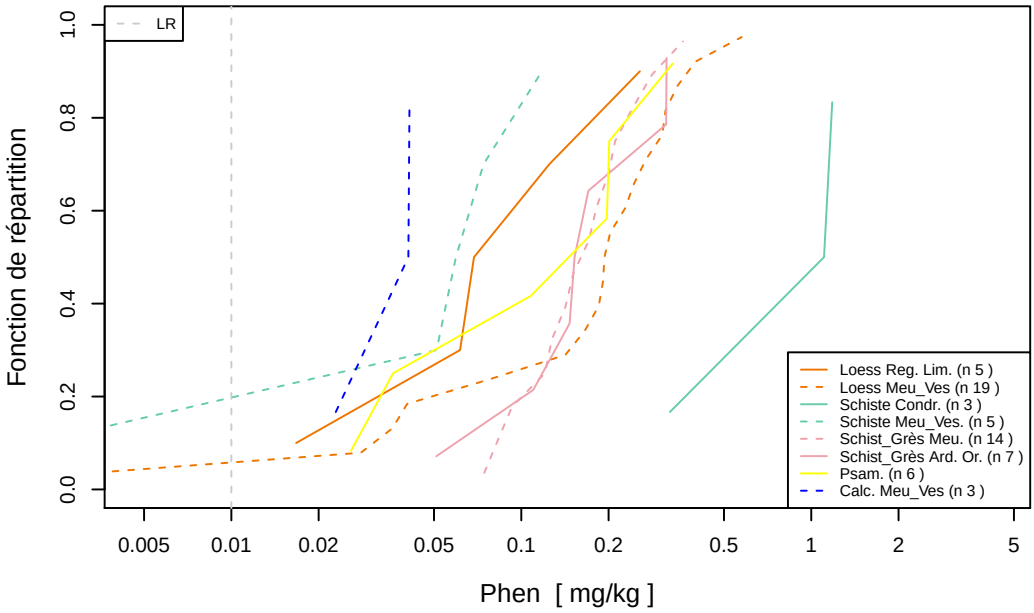
Ace


LQ
LR
Loess Reg. Lim. (n 5)
Loess Meu_Ves (n 19)
Schiste Condr. (n 3)
Schiste Meu_Ves. (n 5)
Schist_Grès Meu. (n 14)
Schist_Grès Ard. Or. (n 7)
Psam. (n 6)
Calc. Arg. Lor. (n 3)
Calc. Meu_Ves (n 3)
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.002
0.005
0.01
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
2
Ace [mg/kg]

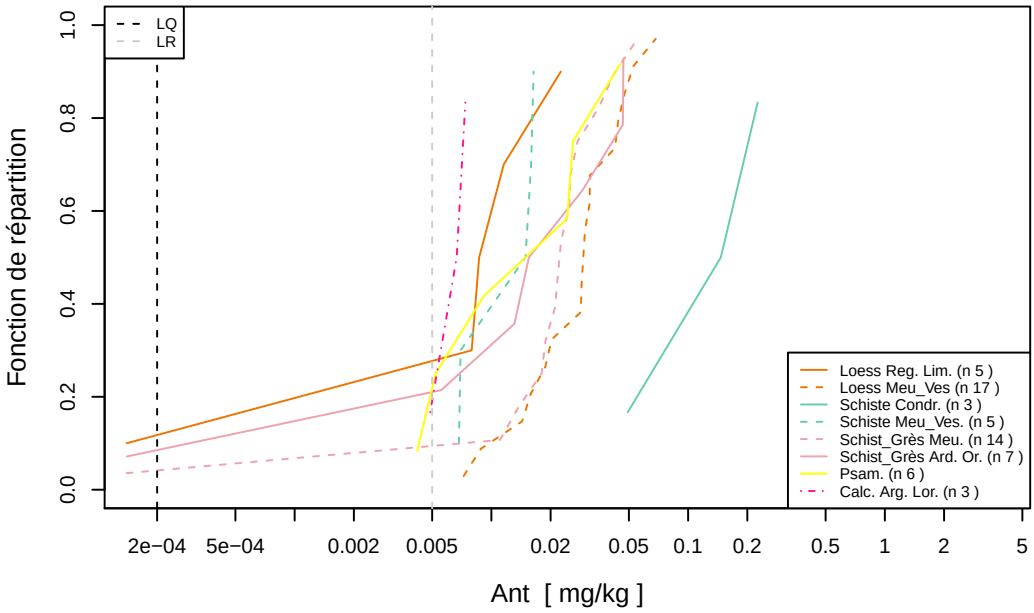
Fle


LQ
LR
Loess Reg. Lim. (n 5)
Loess Meu_Ves (n 19)
Schiste Condr. (n 3)
Schiste Meu_Ves. (n 5)
Schist_Grès Meu. (n 14)
Schist_Grès Ard. Or. (n 5)
Psam. (n 6)
Calc. Arg. Lor. (n 3)
Calc. Meu_Ves (n 3)
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.002
0.005
0.01
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
Fle [mg/kg]

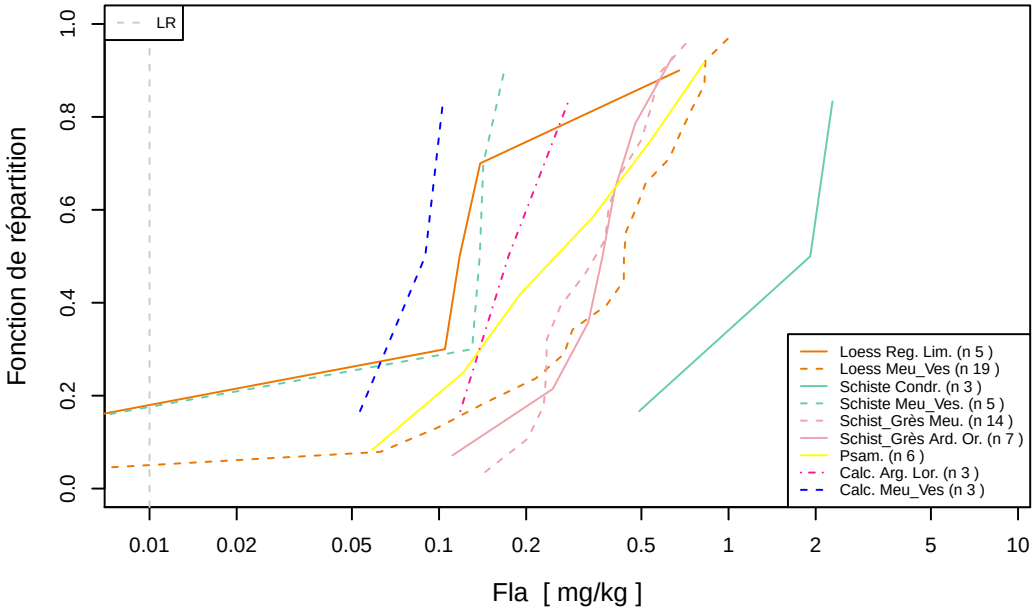
Phen


LR
Loess Reg. Lim. (n 5)
Loess Meu_Ves (n 19)
Schiste Condr. (n 3)
Schiste Meu_Ves. (n 5)
Schist_Grès Meu. (n 14)
Schist_Grès Ard. Or. (n 7)
Psam. (n 6)
Calc. Meu_Ves (n 3)
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.005
0.01
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
2
5
Phen [mg/kg]

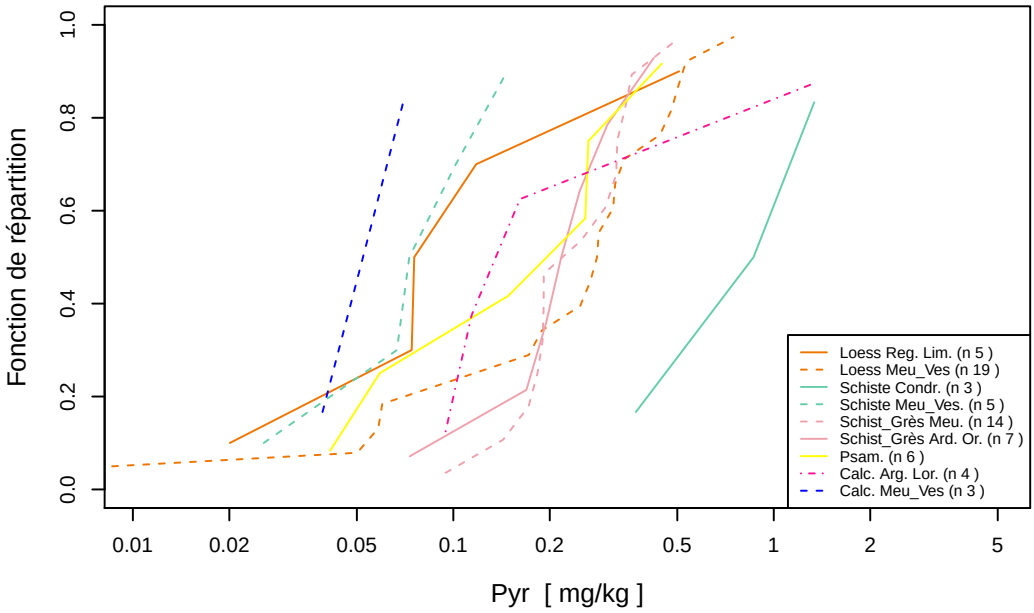
Ant


LQ
LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
2e−04
5e−04
0.002
0.005
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
2
5
Ant [mg/kg]
Loess Reg. Lim. (n 5)
Loess Meu_Ves (n 17)
Schiste Condr. (n 3)
Schiste Meu_Ves. (n 5)
Schist_Grès Meu. (n 14)
Schist_Grès Ard. Or. (n 7)
Psam. (n 6)
Calc. Arg. Lor. (n 3)

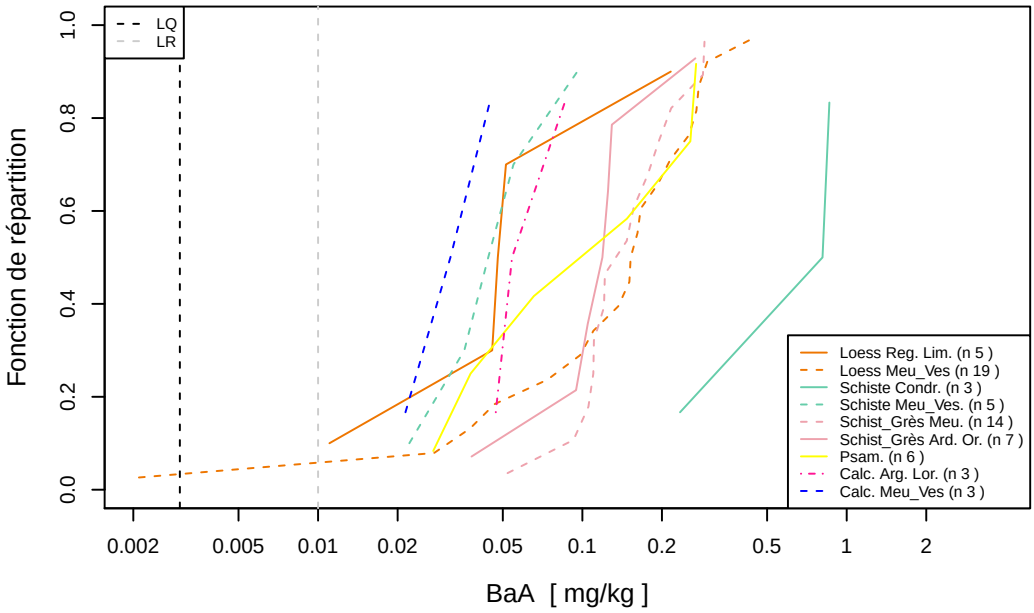
Fla


LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.01
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
2
5
10
Fla [mg/kg]
Loess Reg. Lim. (n 5)
Loess Meu_Ves (n 19)
Schiste Condr. (n 3)
Schiste Meu_Ves. (n 5)
Schist_Grès Meu. (n 14)
Schist_Grès Ard. Or. (n 7)
Psam. (n 6)
Calc. Arg. Lor. (n 3)
Calc. Meu_Ves (n 3)

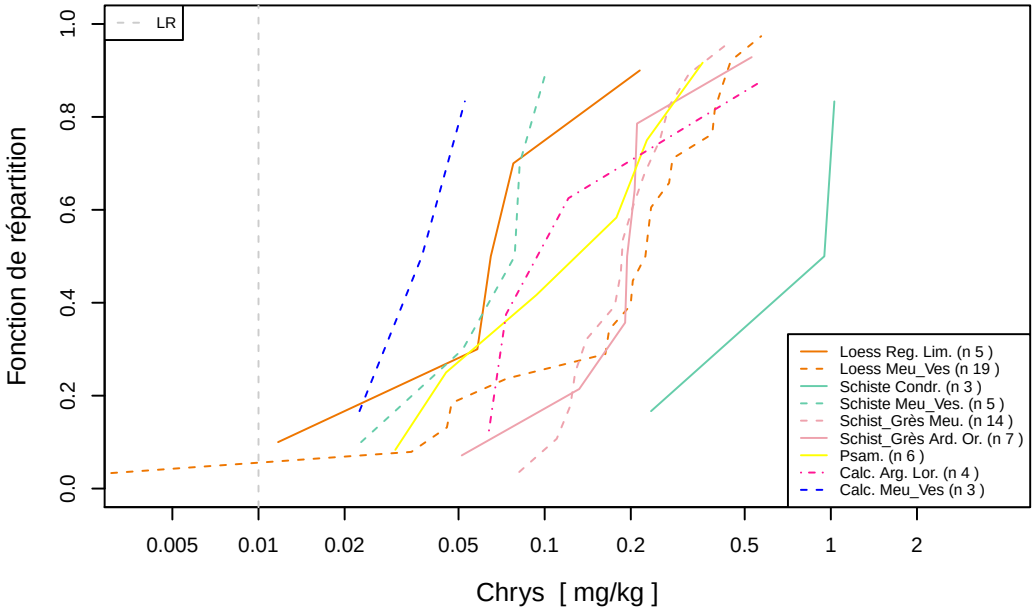
Pyr


Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.01
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
2
5
Pyr [mg/kg]
Loess Reg. Lim. (n 5)
Loess Meu_Ves (n 19)
Schiste Condr. (n 3)
Schiste Meu_Ves. (n 5)
Schist_Grès Meu. (n 14)
Schist_Grès Ard. Or. (n 7)
Psam. (n 6)
Calc. Arg. Lor. (n 4)
Calc. Meu_Ves (n 3)

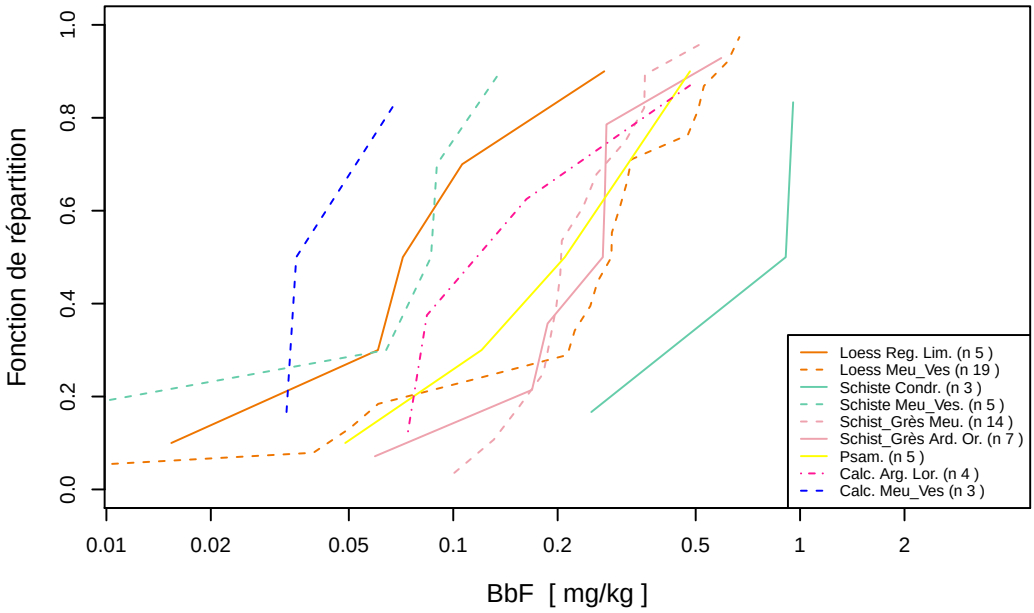
BaA



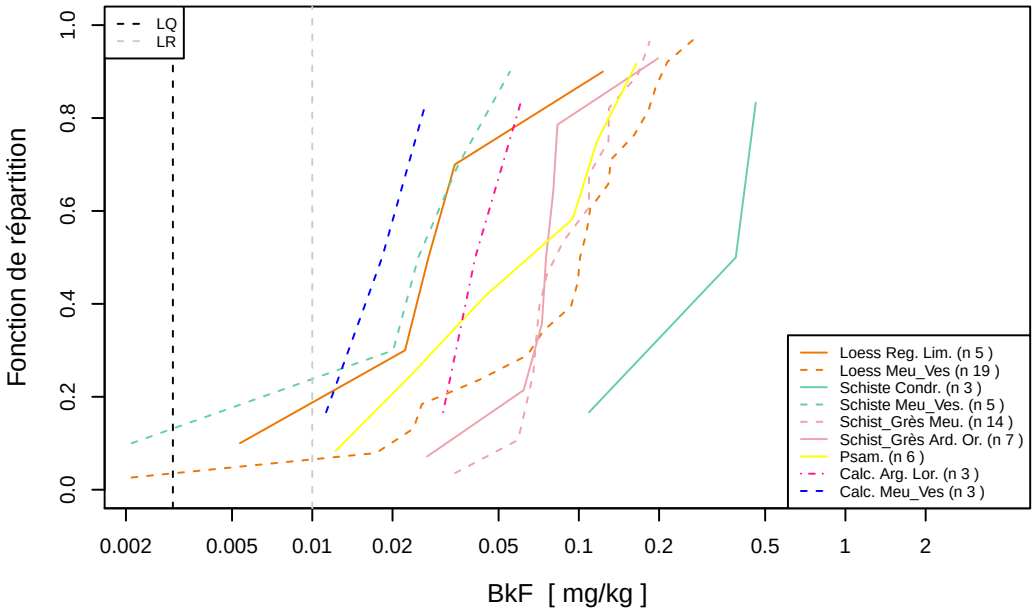
Chrys



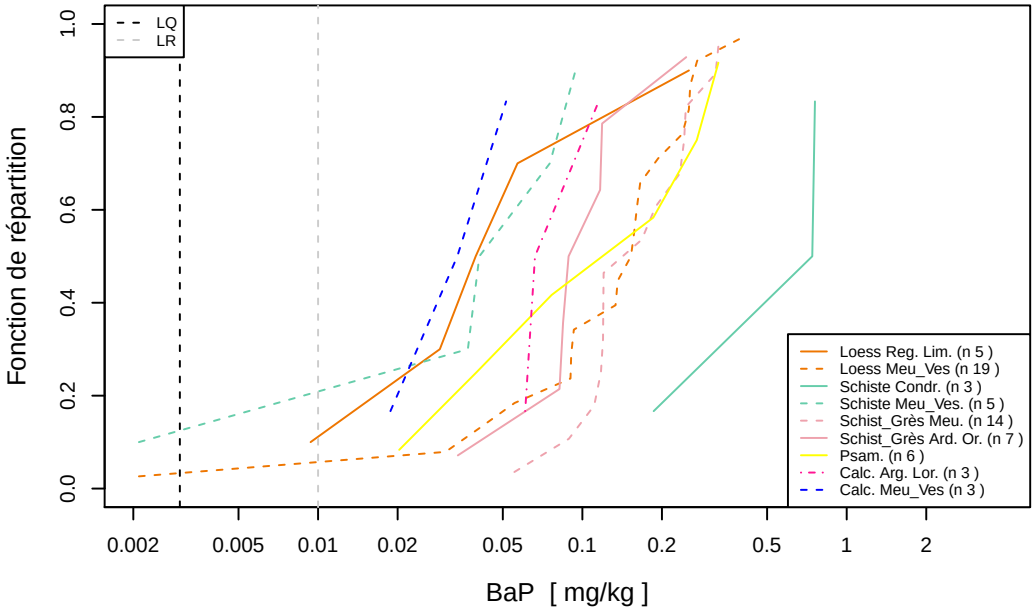
BbF



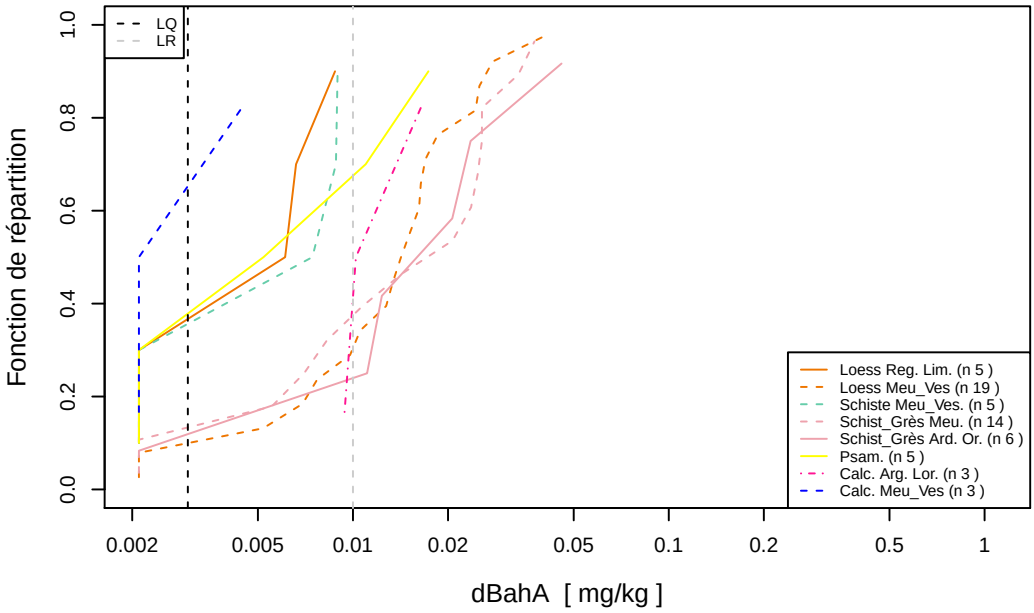
BkF



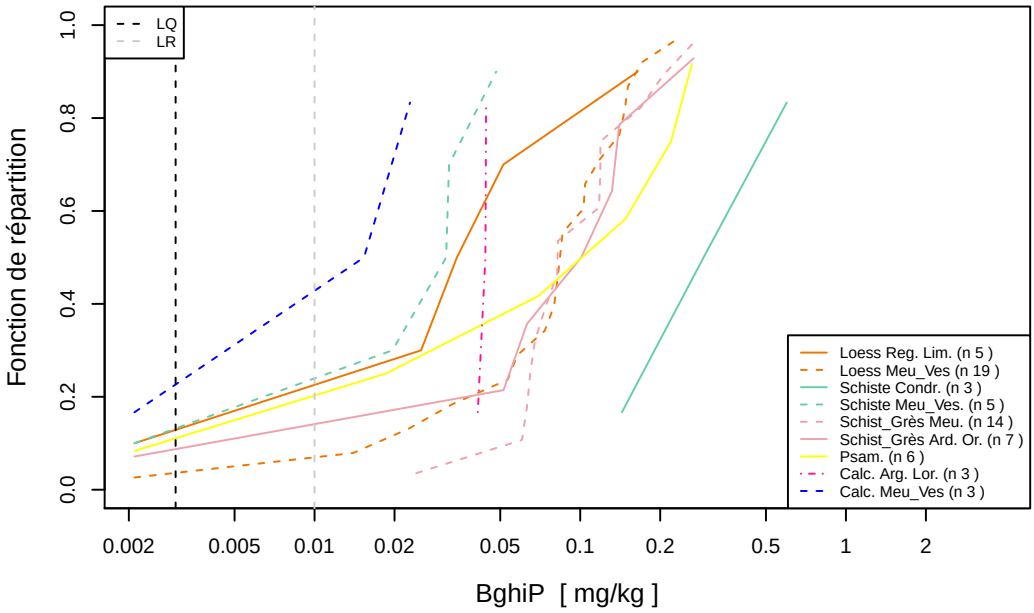
BaP



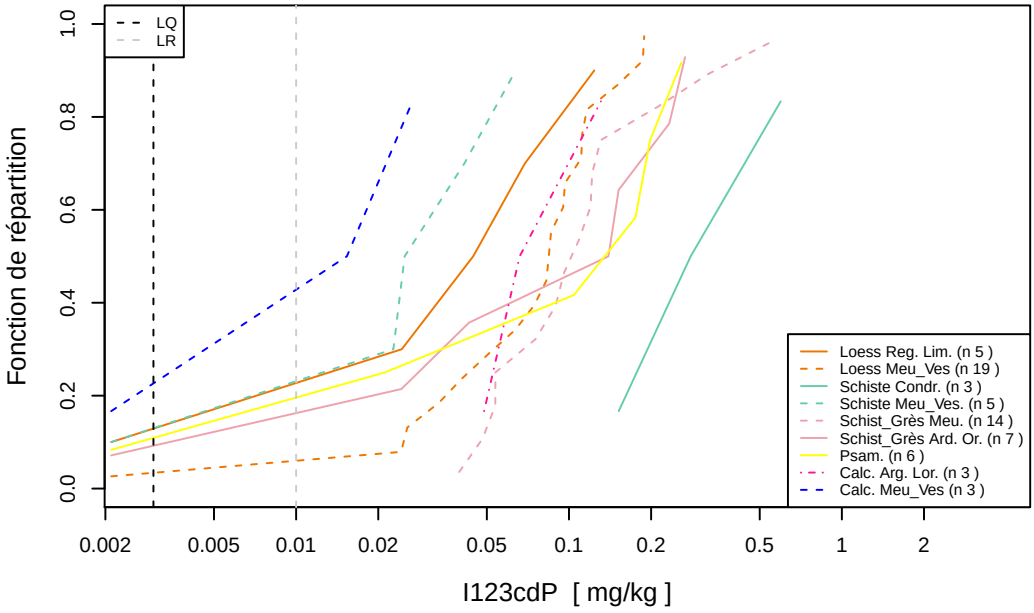
dBahA



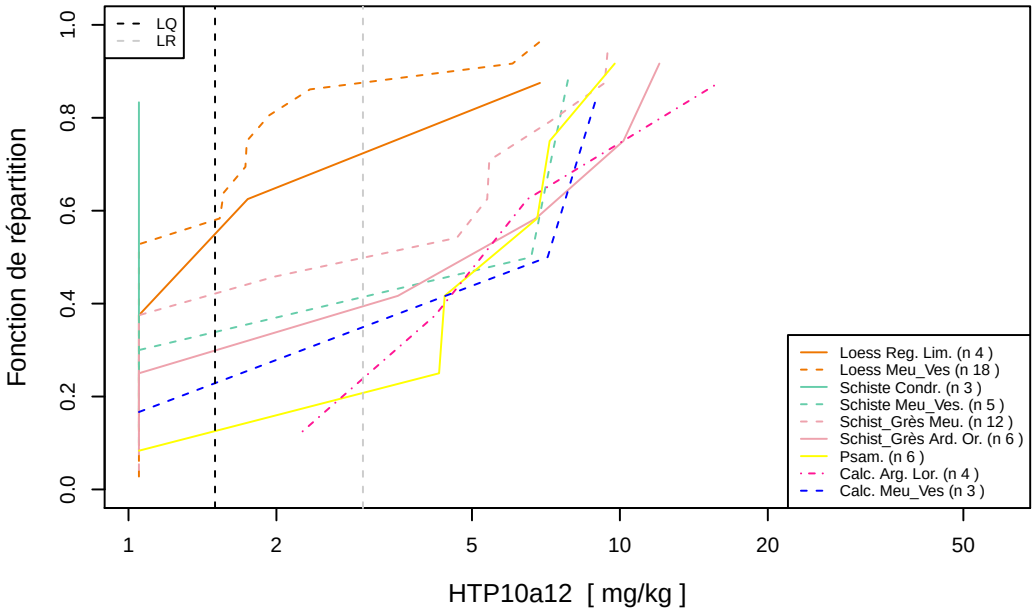
BghiP



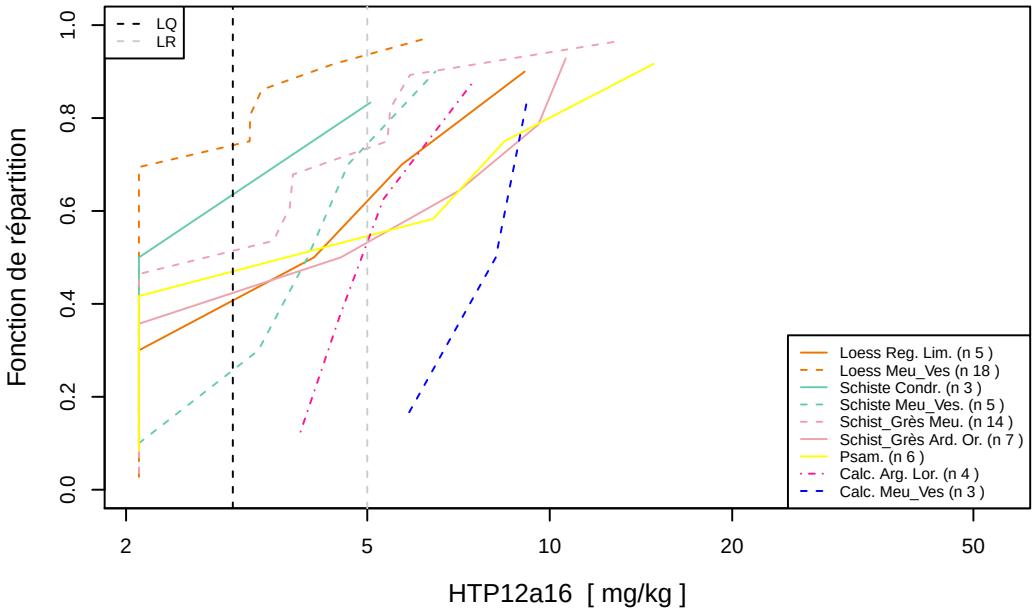
I123cdP



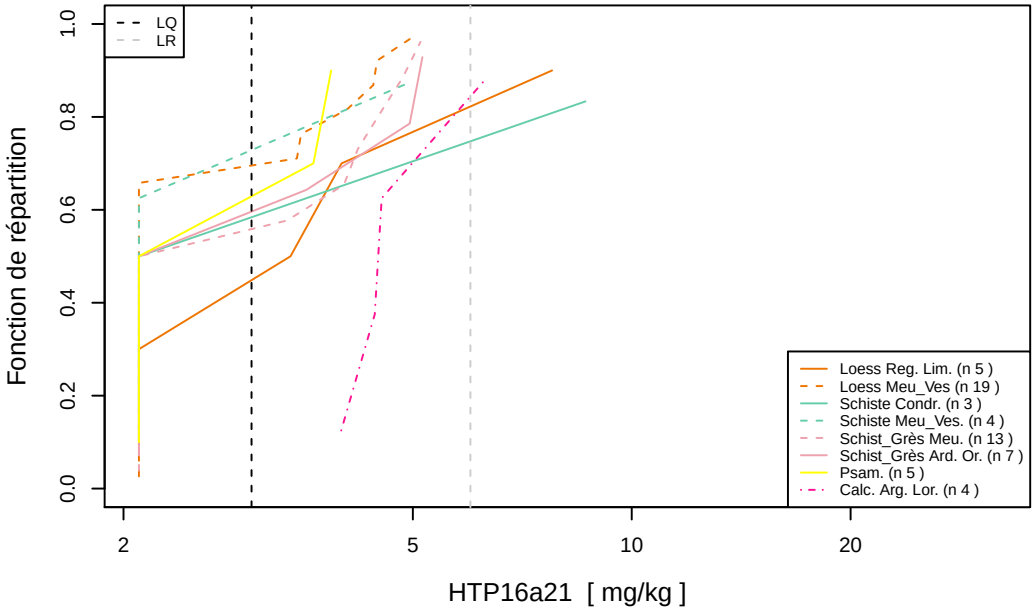
HTP10a12



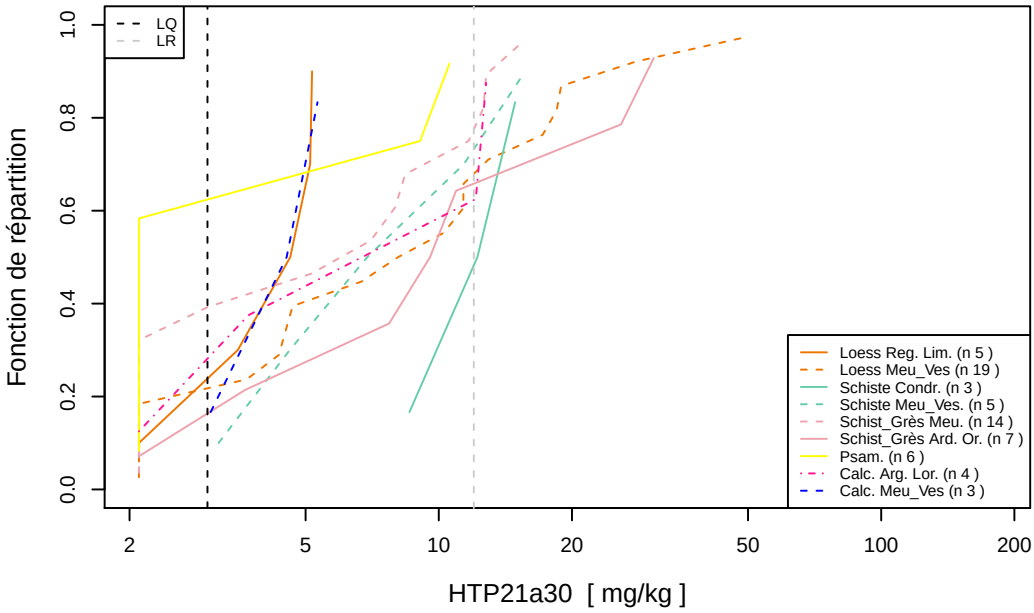
HTP12a16



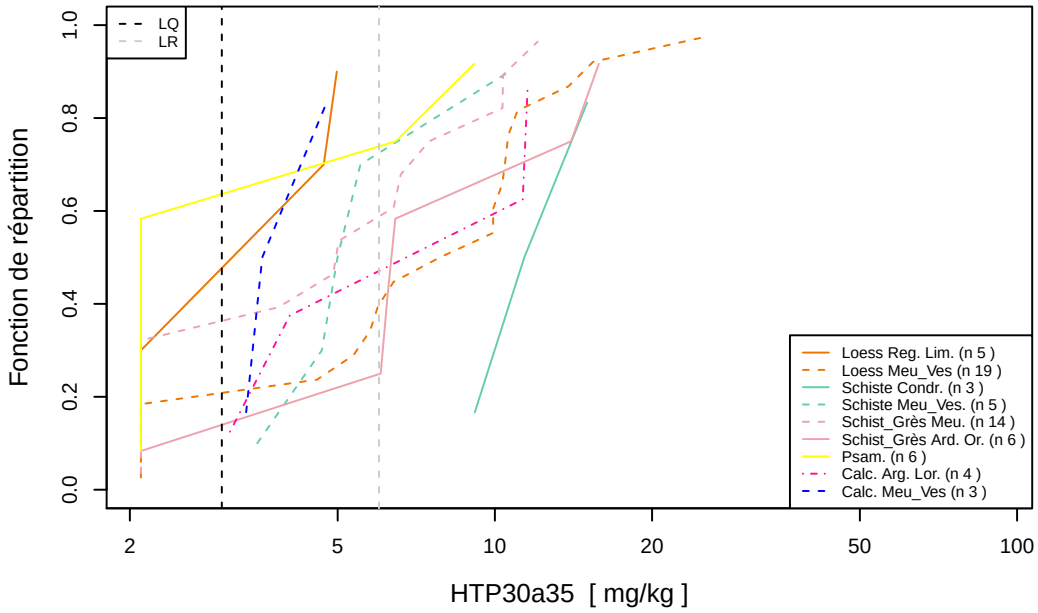
HTP16a21



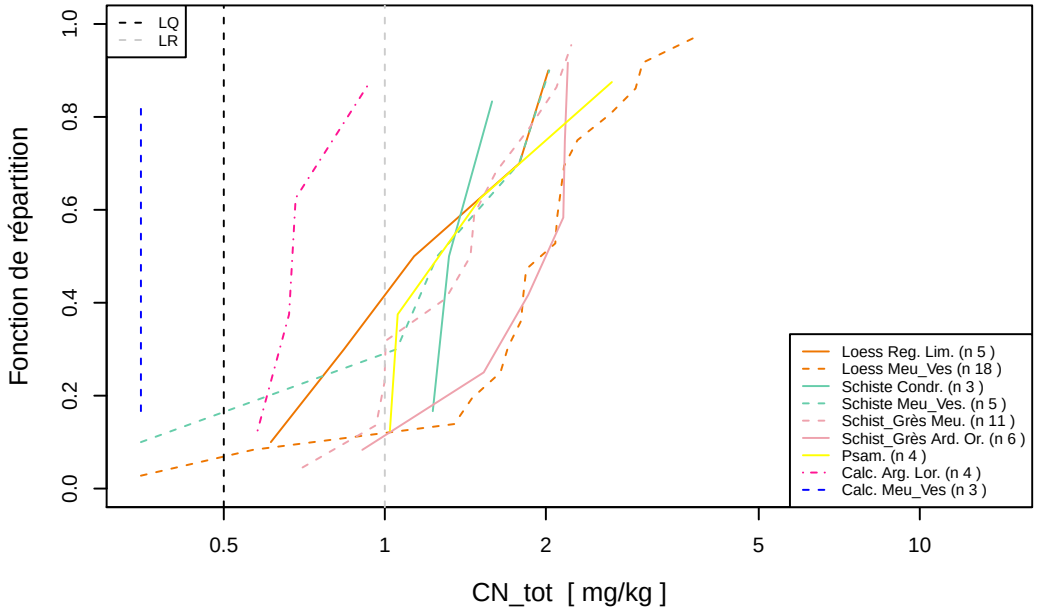
HTP21a30



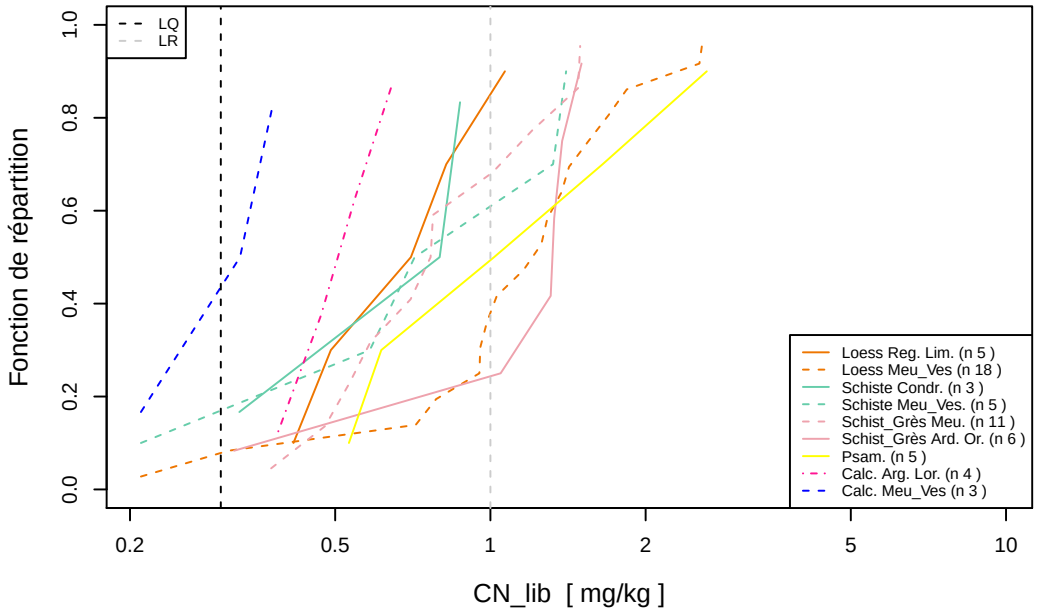
HTP30a35



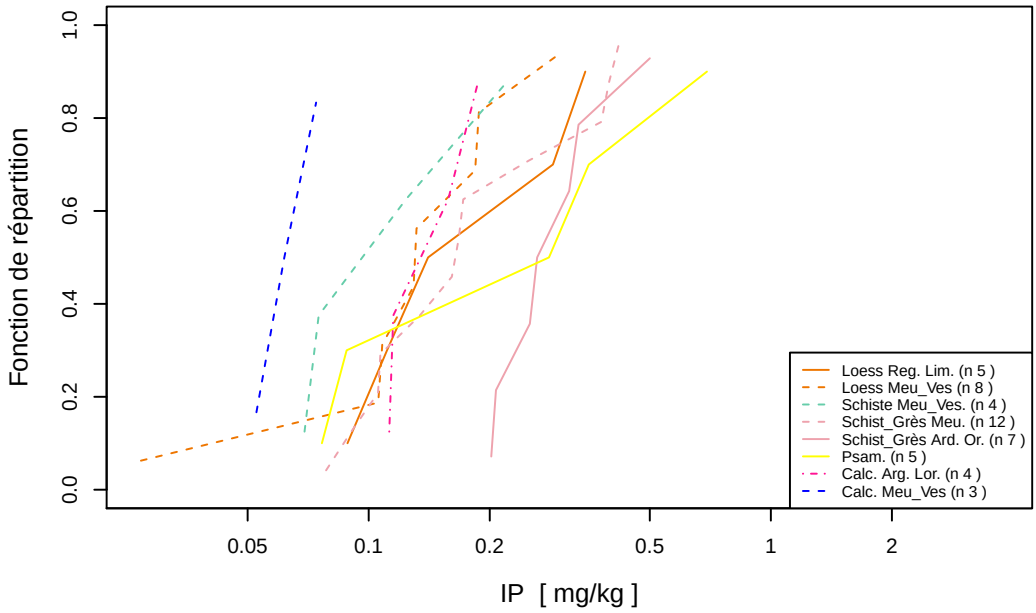
CN_tot



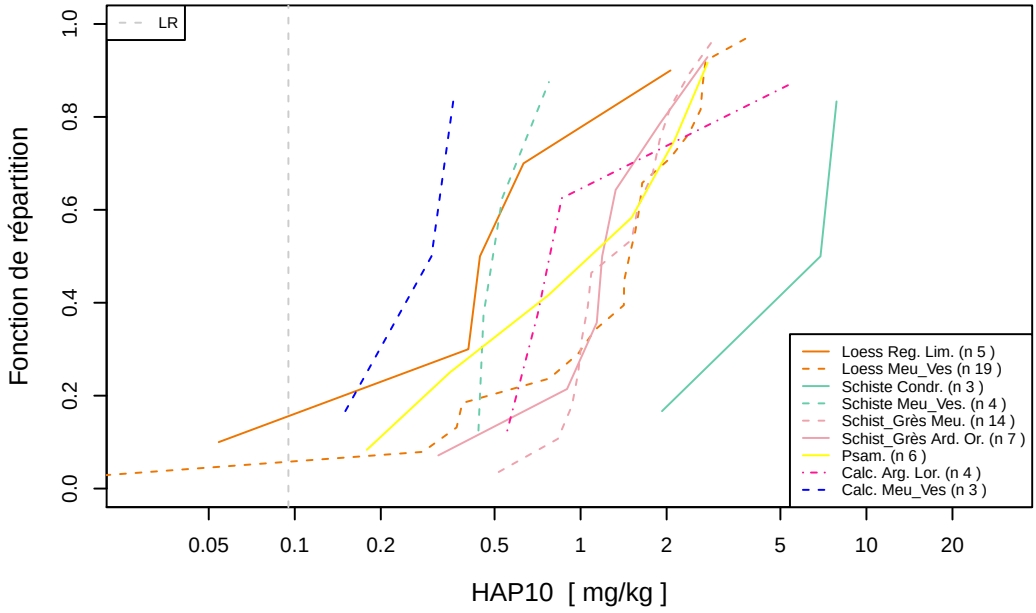
CN_lib



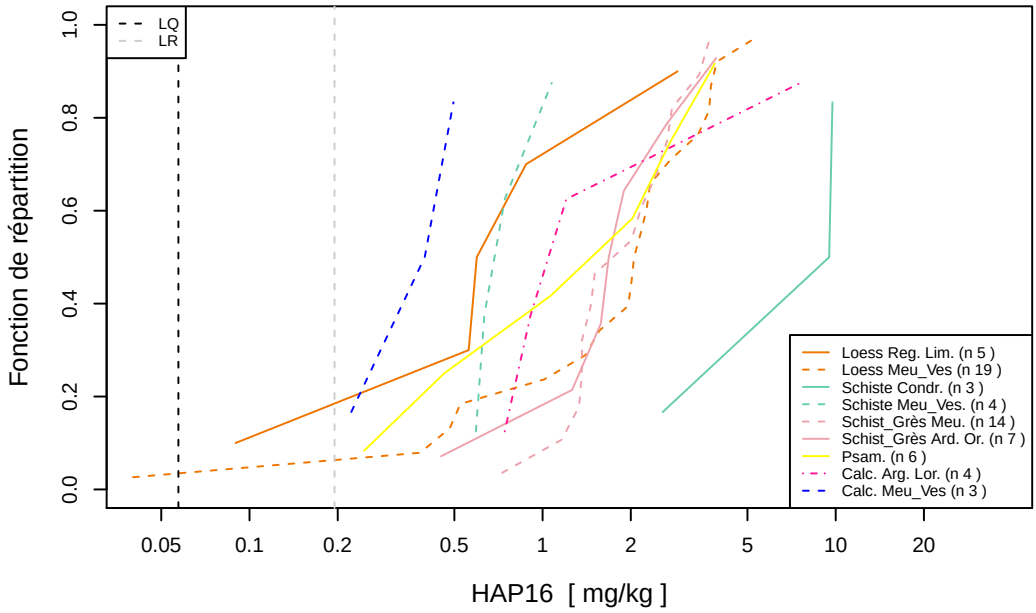
IP

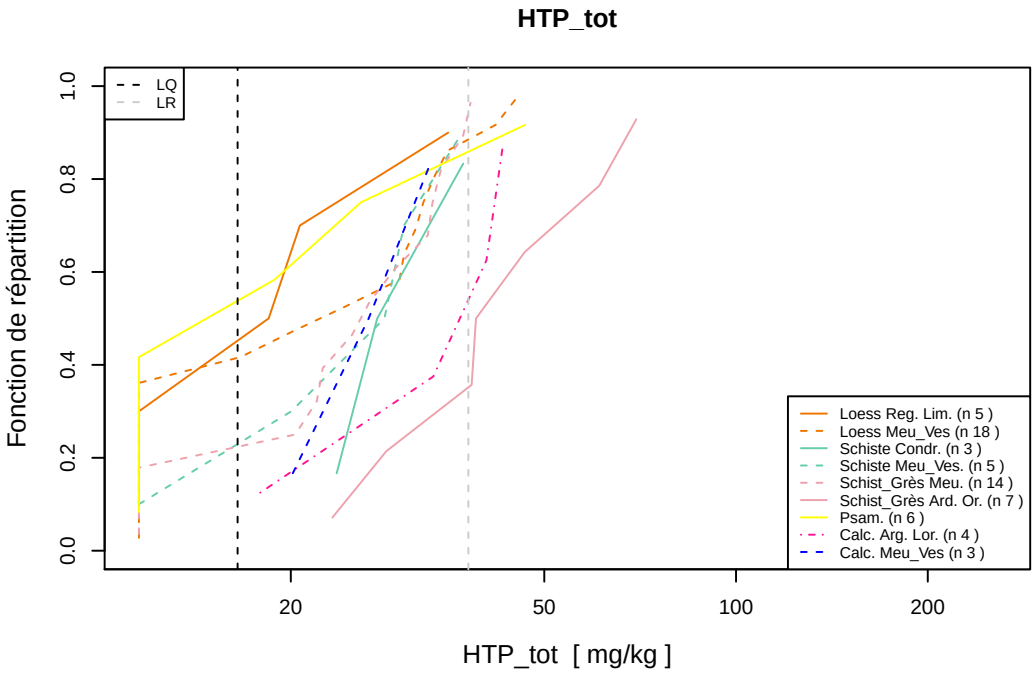


HAP10



HAP16



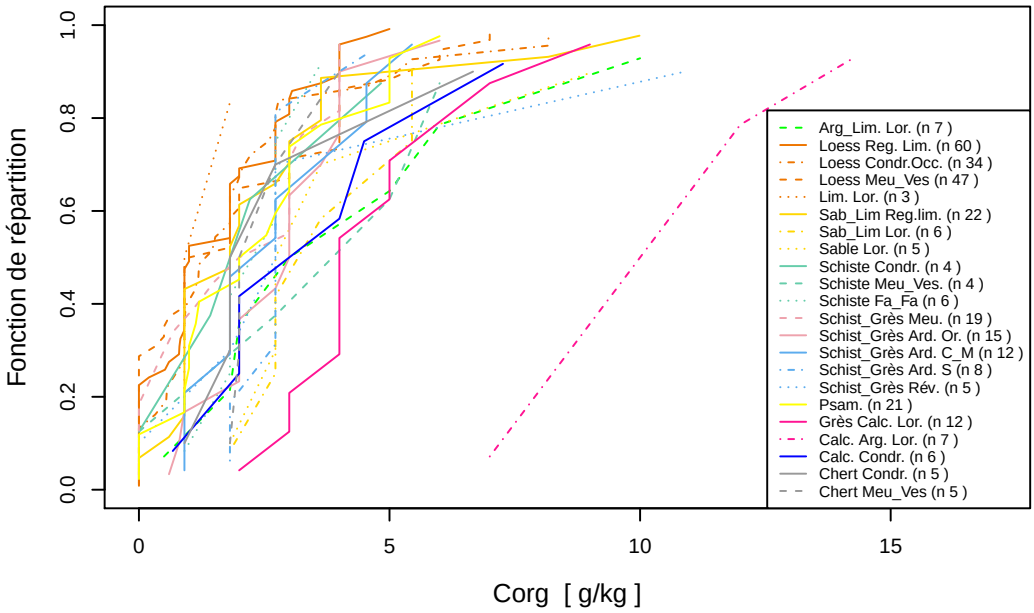

HTP_tot
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
LQ
LR
20
50
100
200
HTP_tot [mg/kg]
Loess Reg. Lim. (n 5)
Loess Meu_Ves (n 18)
Schiste Condr. (n 3)
Schiste Meu_Ves. (n 5)
Schist_Grès Meu. (n 14)
Schist_Grès Ard. Or. (n 7)
Psam. (n 6)
Calc. Arg. Lor. (n 4)
Calc. Meu_Ves (n 3)

3j : Effet du groupe de sol dans les horizons profonds agricoles et forestiers des sols naturels (POLLUSOL 1 et 2)

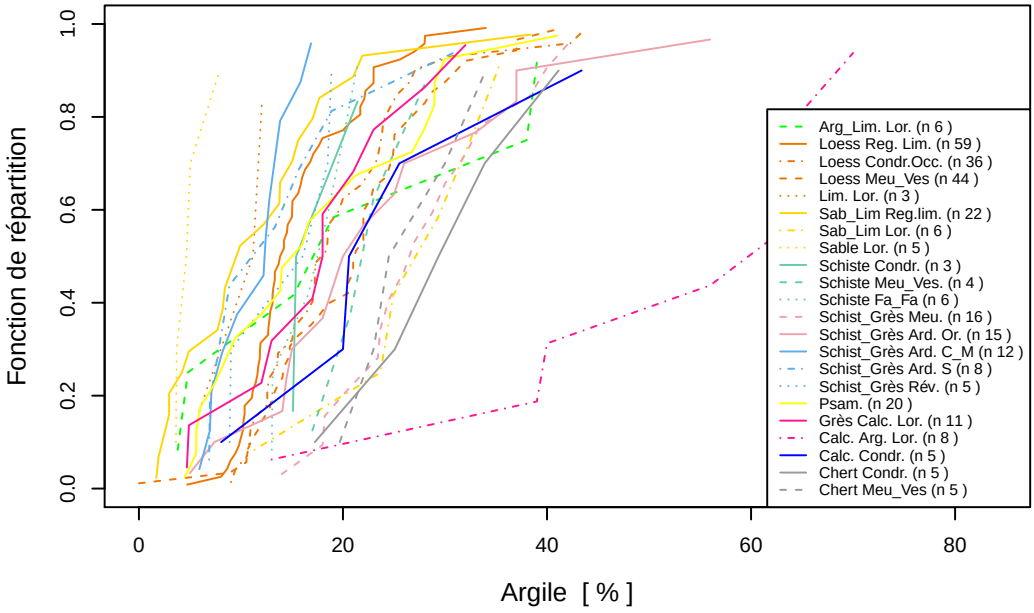
Abréviations des groupes de sols utilisés dans les graphiques (*cf.* section 5.1.3.5)

Abréviation	N°	Nom Complet
Arg_Lim. Lor.	62	Sols argileux et limoneux de Lorraine
Calc. Arg. Lor.	65	Sols argileux et calcaires des formations de Grancourt et Longwy
Calc. Condr.	34	Sols sur calcaires Condroz et de la Calestienne
Calc. Meu_Ves	29	Sols sur calcaires de la vallée de la Meuse et de la Vesdre
Chert Condr.	66	Sols sur cherts du Condroz
Chert Meu_Ves	30	Sols sur chert de la vallée de la Meuse et de la Vesdre
Grès Calc. Lor.	64	Sols sur grès calcaires de la formation d'Aubange
Lim. Lor.	61	Sols limoneux de la formation de Luxembourg
Loess Condr.Occ.	15	Sols sur loess de la vallée de la Sambre et du Condroz, de Fagne et de Famenne occidentale
Loess Meu_Ves	20	Sols sur loess de la vallée de la Meuse, de la Vesdre et de la région limoneuse orientale
Loess Reg. Lim.	7	Sols sur loess en région limoneuse centrale et occidentale
Psam.	18	Sols sur psammites
Sab_Lim Lor.	60	Sols sur loess et sables du Jurassique de Lorraine
Sab_Lim Reg.lim.	11	Sols sur sables tertiaires et loess en région limoneuse occidentale
Sable Lor.	59	Sols sur sables du Jurassique de Lorraine
Schist_Grès Ard. C_M	53	Sols sur schistes et grès de l'Ardenne centrale et méridonale
Schist_Grès Ard. Or.	45	Sols sur schistes et grès des contreforts de l'Ardenne orientale
Schist_Grès Ard. S	50	Sols sur schistes et grès de l'Ardenne septentrionale
Schist_Grès Meu.	21	Sols sur schistes et grès de la vallée de la Meuse
Schist_Grès Rev.	51	Sols sur schistes et grès du Revinien et du Devillien
Schiste Condr.	17	Sols sur schistes du Condroz occidental
Schiste Fa_Fa	41	Sols sur schistes en Fagne et en Famenne
Schiste Meu_Ves.	22	Sols sur schistes de la vallée de la Meuse et de la Vesdre

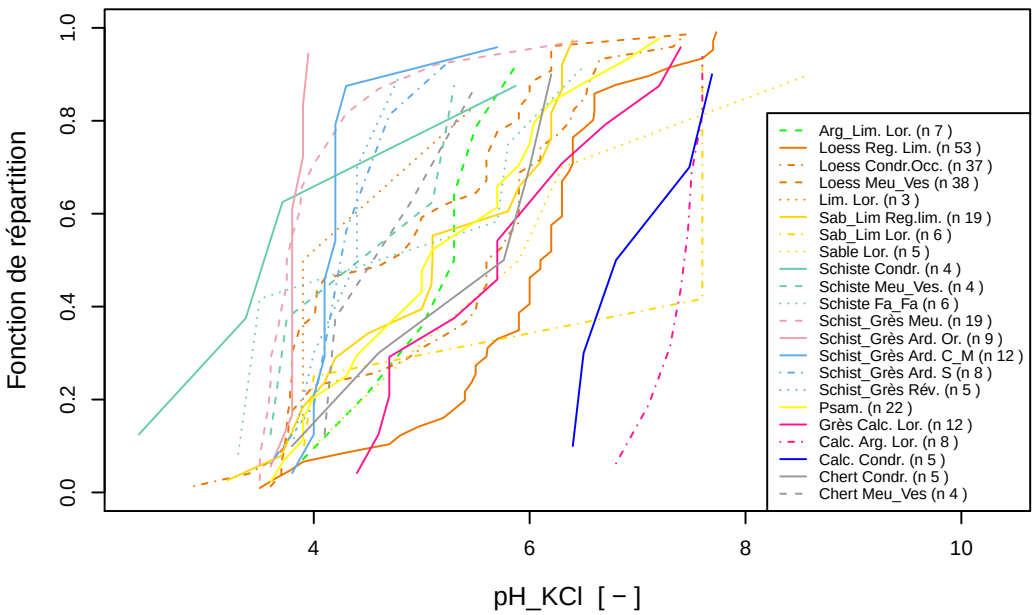
Corg



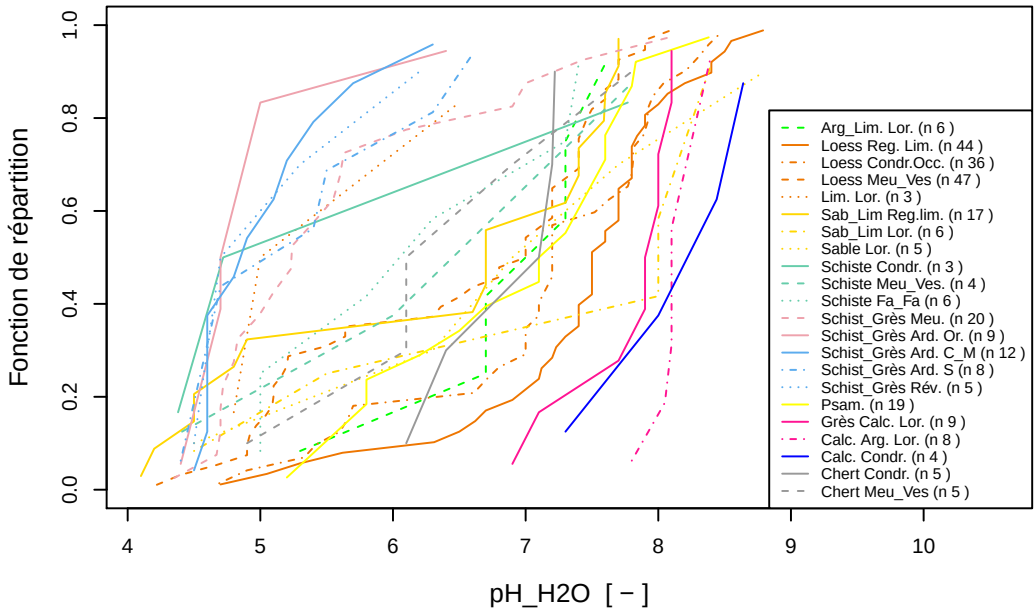
Argile



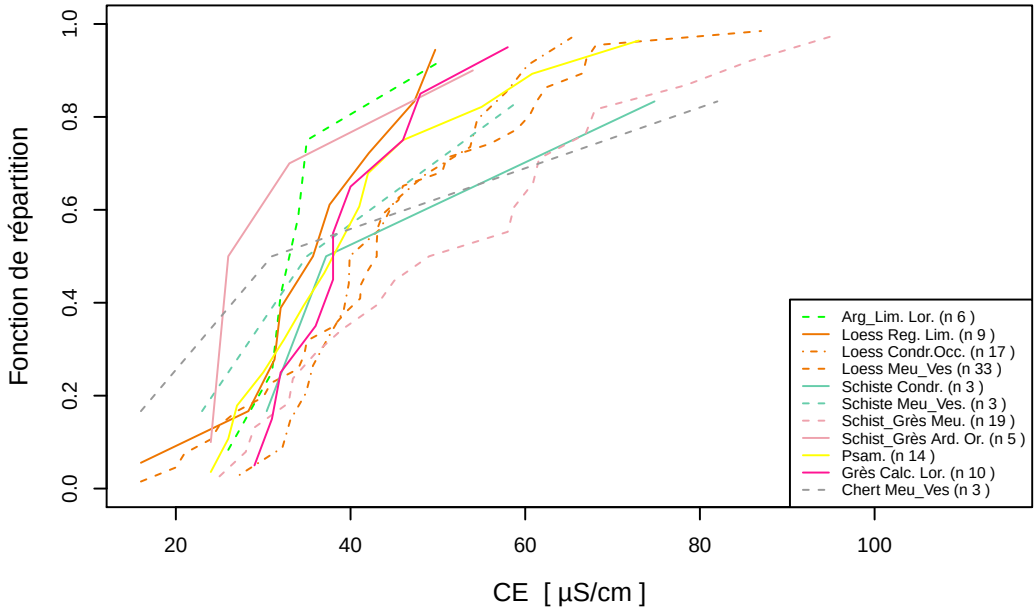
pH_KCl



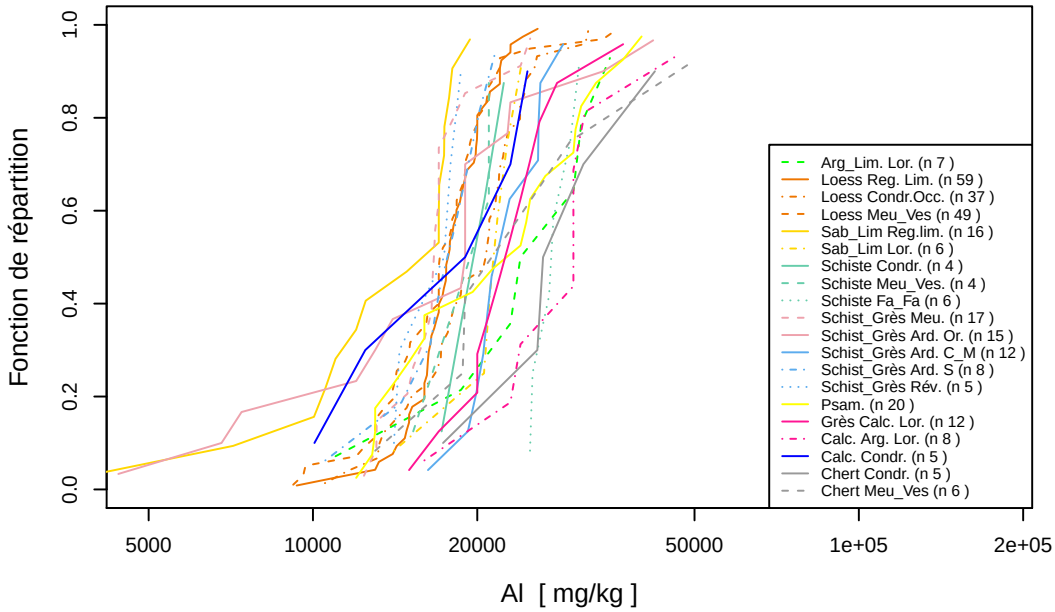
pH_H2O


Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
4
5
6
7
8
9
10
pH_H2O [−]
Arg_Lim. Lor. (n 6)
Loess Reg. Lim. (n 44)
Loess Condr.Occ. (n 36)
Loess Meu_Ves (n 47)
Lim. Lor. (n 3)
Sab_Lim Reg.lim. (n 17)
Sab_Lim Lor. (n 6)
Sable Lor. (n 5)
Schiste Condr. (n 3)
Schiste Meu_Ves. (n 4)
Schiste Fa_Fa (n 6)
Schist_Grès Meu. (n 20)
Schist_Grès Ard. Or. (n 9)
Schist_Grès Ard. C_M (n 12)
Schist_Grès Ard. S (n 8)
Schist_Grès Rév. (n 5)
Psam. (n 19)
Grès Calc. Lor. (n 9)
Calc. Arg. Lor. (n 8)
Calc. Condr. (n 4)
Chert Condr. (n 5)
Chert Meu_Ves (n 5)

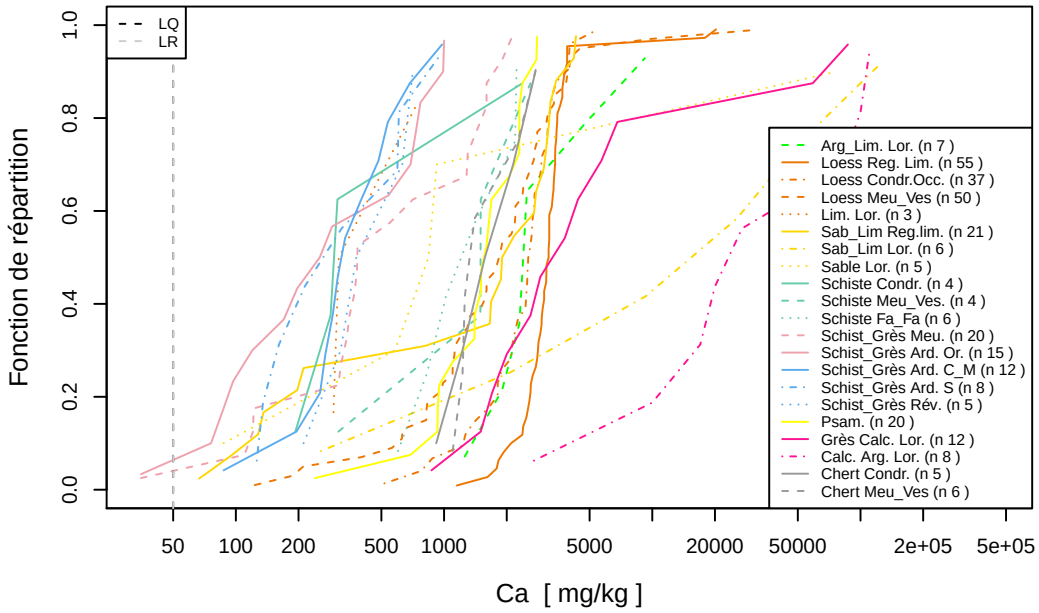
CE


Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
20
40
60
80
100
CE [µS/cm]
Arg_Lim. Lor. (n 6)
Loess Reg. Lim. (n 9)
Loess Condr.Occ. (n 17)
Loess Meu_Ves (n 33)
Schiste Condr. (n 3)
Schiste Meu_Ves. (n 3)
Schist_Grès Meu. (n 19)
Schist_Grès Ard. Or. (n 5)
Psam. (n 14)
Grès Calc. Lor. (n 10)
Chert Meu_Ves (n 3)

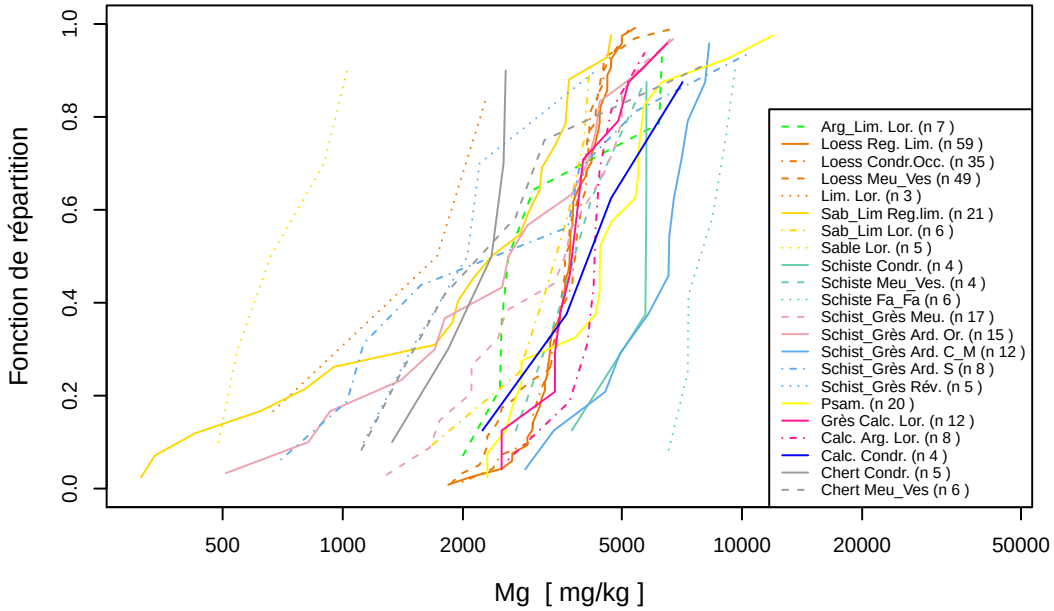
Al


Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
5000
10000
20000
50000
1e+05
2e+05
Al [mg/kg]
Arg_Lim. Lor. (n 7)
Loess Reg. Lim. (n 59)
Loess Condr.Occ. (n 37)
Loess Meu_Ves (n 49)
Sab_Lim Reg.lim. (n 16)
Sab_Lim Lor. (n 6)
Schiste Condr. (n 4)
Schiste Meu_Ves. (n 4)
Schiste Fa_Fa (n 6)
Schist_Grès Meu. (n 17)
Schist_Grès Ard. Or. (n 15)
Schist_Grès Ard. C_M (n 12)
Schist_Grès Ard. S (n 8)
Schist_Grès Rév. (n 5)
Psam. (n 20)
Grès Calc. Lor. (n 12)
Calc. Arg. Lor. (n 8)
Calc. Condr. (n 5)
Chert Condr. (n 5)
Chert Meu_Ves (n 6)

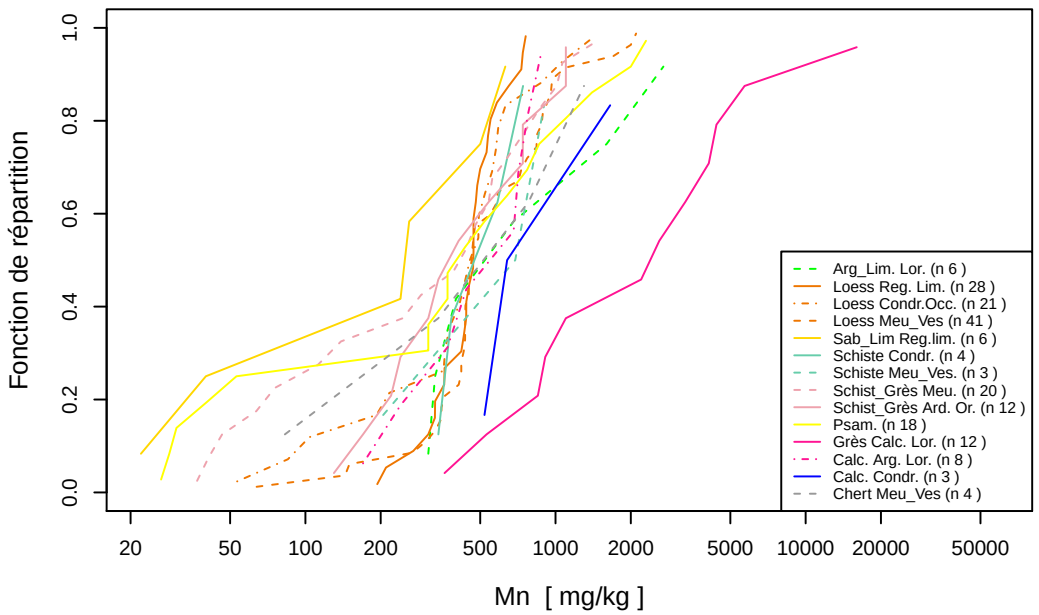
Ca


LQ
LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
50
100
200
500
1000
5000
20000
50000
2e+05
5e+05
Ca [mg/kg]
Arg_Lim. Lor. (n 7)
Loess Reg. Lim. (n 55)
Loess Condr.Occ. (n 37)
Loess Meu_Ves (n 50)
Lim. Lor. (n 3)
Sab_Lim Reg.lim. (n 21)
Sab_Lim Lor. (n 6)
Sable Lor. (n 5)
Schiste Condr. (n 4)
Schiste Meu_Ves. (n 4)
Schiste Fa_Fa (n 6)
Schist_Grès Meu. (n 20)
Schist_Grès Ard. Or. (n 15)
Schist_Grès Ard. C_M (n 12)
Schist_Grès Ard. S (n 8)
Schist_Grès Rév. (n 5)
Psam. (n 20)
Grès Calc. Lor. (n 12)
Calc. Arg. Lor. (n 8)
Chert Condr. (n 5)
Chert Meu_Ves (n 6)

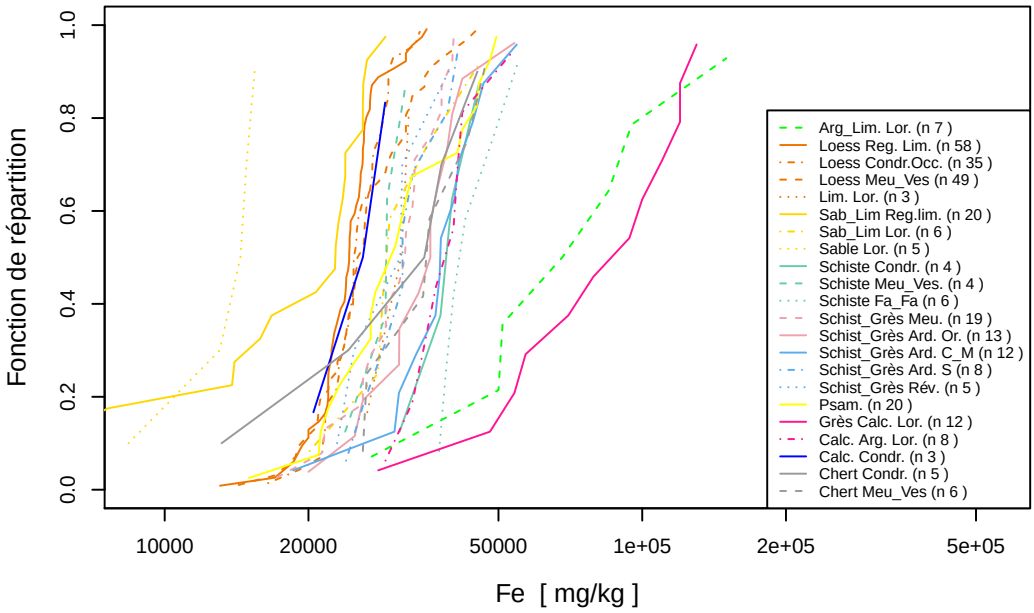
Mg


Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
500
1000
2000
5000
10000
20000
50000
Mg [mg/kg]
Arg_Lim. Lor. (n 7)
Loess Reg. Lim. (n 59)
Loess Condr.Occ. (n 35)
Loess Meu_Ves (n 49)
Lim. Lor. (n 3)
Sab_Lim Reg.lim. (n 21)
Sab_Lim Lor. (n 6)
Sable Lor. (n 5)
Schiste Condr. (n 4)
Schiste Meu_Ves. (n 4)
Schiste Fa_Fa (n 6)
Schist_Grès Meu. (n 17)
Schist_Grès Ard. Or. (n 15)
Schist_Grès Ard. C_M (n 12)
Schist_Grès Ard. S (n 8)
Schist_Grès Rév. (n 5)
Psam. (n 20)
Grès Calc. Lor. (n 12)
Calc. Arg. Lor. (n 8)
Calc. Condr. (n 4)
Chert Condr. (n 5)
Chert Meu_Ves (n 6)

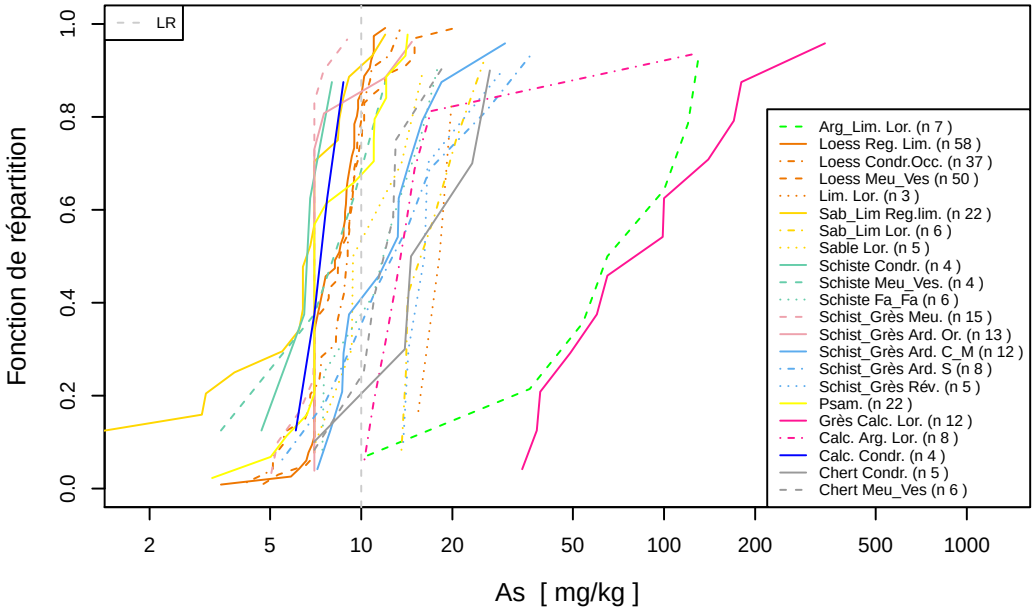
Mn


Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
20
50
100
200
500
1000
2000
5000
10000
20000
50000
Mn [mg/kg]
Arg_Lim. Lor. (n 6)
Loess Reg. Lim. (n 28)
Loess Condr.Occ. (n 21)
Loess Meu_Ves (n 41)
Sab_Lim Reg.lim. (n 6)
Schiste Condr. (n 4)
Schiste Meu_Ves. (n 3)
Schist_Grès Meu. (n 20)
Schist_Grès Ard. Or. (n 12)
Psam. (n 18)
Grès Calc. Lor. (n 12)
Calc. Arg. Lor. (n 8)
Calc. Condr. (n 3)
Chert Meu_Ves (n 4)

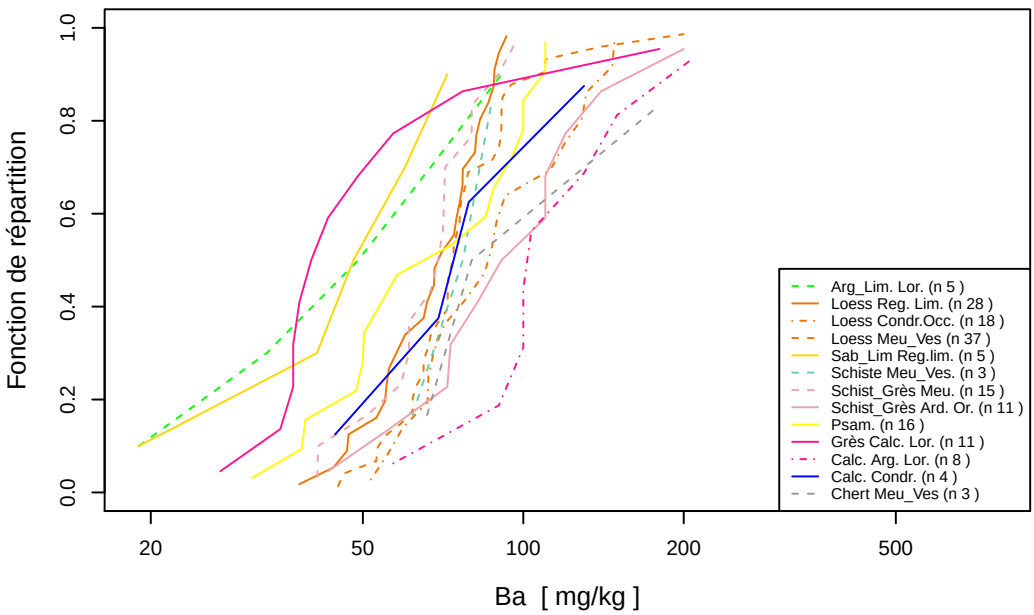
Fe


Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
10000
20000
50000
1e+05
2e+05
5e+05
Fe [mg/kg]
Arg_Lim. Lor. (n 7)
Loess Reg. Lim. (n 58)
Loess Condr.Occ. (n 35)
Loess Meu_Ves (n 49)
Lim. Lor. (n 3)
Sab_Lim Reg.lim. (n 20)
Sab_Lim Lor. (n 6)
Sable Lor. (n 5)
Schiste Condr. (n 4)
Schiste Meu_Ves. (n 4)
Schiste Fa_Fa (n 6)
Schist_Grès Meu. (n 19)
Schist_Grès Ard. Or. (n 13)
Schist_Grès Ard. C_M (n 12)
Schist_Grès Ard. S (n 8)
Schist_Grès Rév. (n 5)
Psam. (n 20)
Grès Calc. Lor. (n 12)
Calc. Arg. Lor. (n 8)
Calc. Condr. (n 3)
Chert Condr. (n 5)
Chert Meu_Ves (n 6)

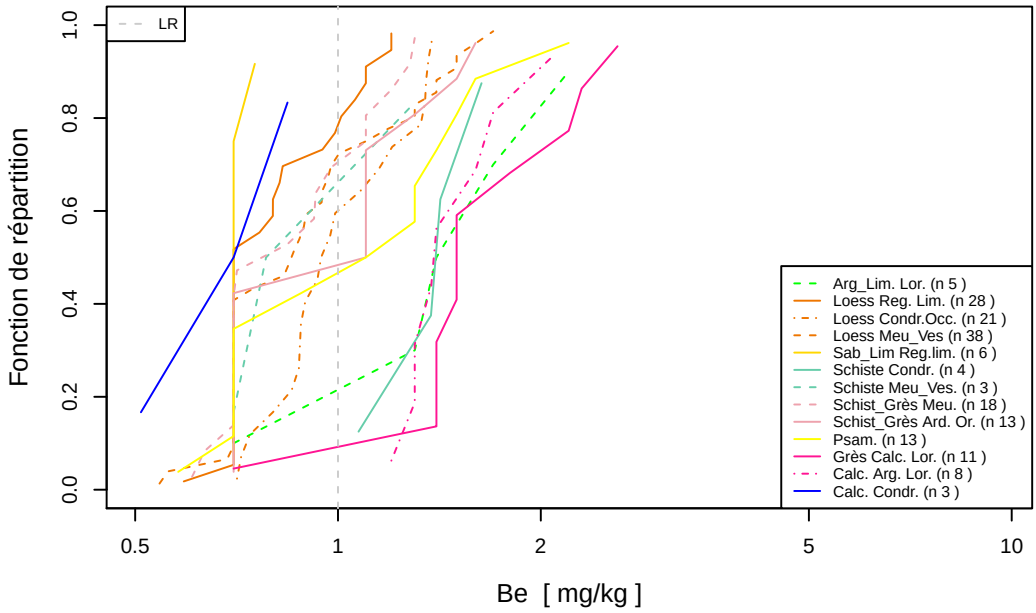
As


LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
2
5
10
20
50
100
200
500
1000
As [mg/kg]
Arg_Lim. Lor. (n 7)
Loess Reg. Lim. (n 58)
Loess Condr.Occ. (n 37)
Loess Meu_Ves (n 50)
Lim. Lor. (n 3)
Sab_Lim Reg.lim. (n 22)
Sab_Lim Lor. (n 6)
Sable Lor. (n 5)
Schiste Condr. (n 4)
Schiste Meu_Ves. (n 4)
Schiste Fa_Fa (n 6)
Schist_Grès Meu. (n 15)
Schist_Grès Ard. Or. (n 13)
Schist_Grès Ard. C_M (n 12)
Schist_Grès Ard. S (n 8)
Schist_Grès Rév. (n 5)
Psam. (n 22)
Grès Calc. Lor. (n 12)
Calc. Arg. Lor. (n 8)
Calc. Condr. (n 4)
Chert Condr. (n 5)
Chert Meu_Ves (n 6)

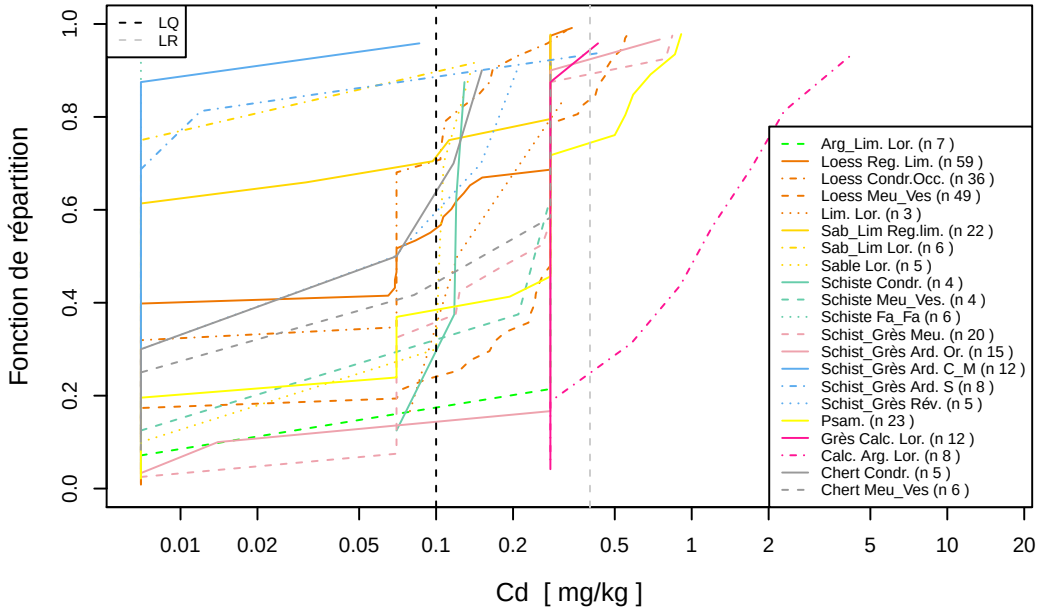
Ba


Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
20
50
100
200
500
Ba [mg/kg]
Arg_Lim. Lor. (n 5)
Loess Reg. Lim. (n 28)
Loess Condr.Occ. (n 18)
Loess Meu_Ves (n 37)
Sab_Lim Reg.lim. (n 5)
Schiste Meu_Ves. (n 3)
Schist_Grès Meu. (n 15)
Schist_Grès Ard. Or. (n 11)
Psam. (n 16)
Grès Calc. Lor. (n 11)
Calc. Arg. Lor. (n 8)
Calc. Condr. (n 4)
Chert Meu_Ves (n 3)

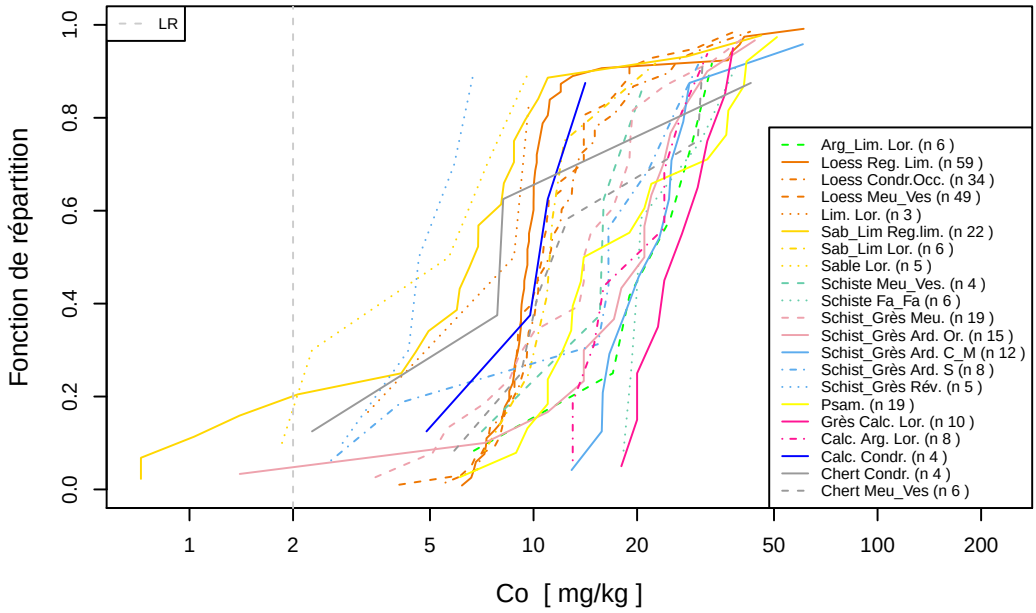
Be


LR
Arg_Lim. Lor. (n 5)
Loess Reg. Lim. (n 28)
Loess Condr.Occ. (n 21)
Loess Meu_Ves (n 38)
Sab_Lim Reg.lim. (n 6)
Schiste Condr. (n 4)
Schiste Meu_Ves. (n 3)
Schist_Grès Meu. (n 18)
Schist_Grès Ard. Or. (n 13)
Psam. (n 13)
Grès Calc. Lor. (n 11)
Calc. Arg. Lor. (n 8)
Calc. Condr. (n 3)
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.5
1
2
5
10
Be [mg/kg]

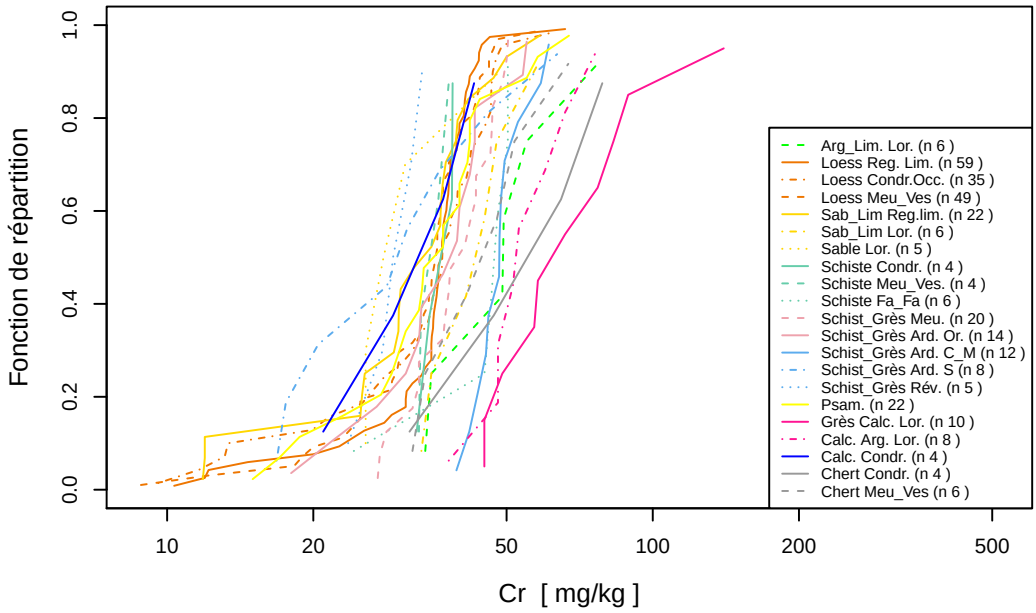
Cd


LQ
LR
Arg_Lim. Lor. (n 7)
Loess Reg. Lim. (n 59)
Loess Condr.Occ. (n 36)
Loess Meu_Ves (n 49)
Lim. Lor. (n 3)
Sab_Lim Reg.lim. (n 22)
Sab_Lim Lor. (n 6)
Sable Lor. (n 5)
Schiste Condr. (n 4)
Schiste Meu_Ves. (n 4)
Schiste Fa_Fa (n 6)
Schist_Grès Meu. (n 20)
Schist_Grès Ard. Or. (n 15)
Schist_Grès Ard. C_M (n 12)
Schist_Grès Ard. S (n 8)
Schist_Grès Rév. (n 5)
Psam. (n 23)
Grès Calc. Lor. (n 12)
Calc. Arg. Lor. (n 8)
Chert Condr. (n 5)
Chert Meu_Ves (n 6)
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.01
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
2
5
10
20
Cd [mg/kg]

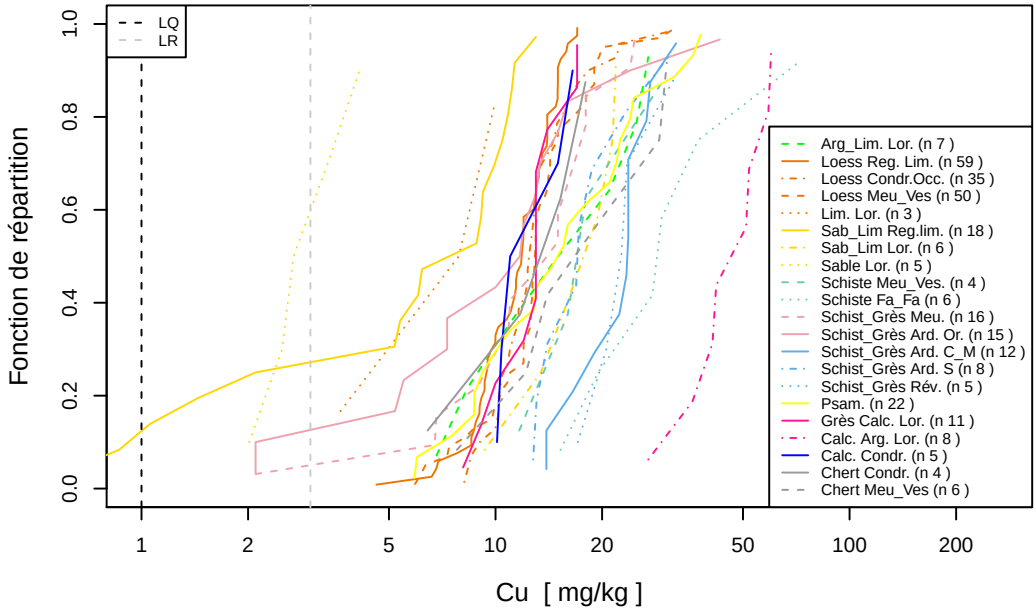
Co


LR
Arg_Lim. Lor. (n 6)
Loess Reg. Lim. (n 59)
Loess Condr.Occ. (n 34)
Loess Meu_Ves (n 49)
Lim. Lor. (n 3)
Sab_Lim Reg.lim. (n 22)
Sab_Lim Lor. (n 6)
Sable Lor. (n 5)
Schiste Meu_Ves. (n 4)
Schiste Fa_Fa (n 6)
Schist_Grès Meu. (n 19)
Schist_Grès Ard. Or. (n 15)
Schist_Grès Ard. C_M (n 12)
Schist_Grès Ard. S (n 8)
Schist_Grès Rév. (n 5)
Psam. (n 19)
Grès Calc. Lor. (n 10)
Calc. Arg. Lor. (n 8)
Calc. Condr. (n 4)
Chert Condr. (n 4)
Chert Meu_Ves (n 6)
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
1
2
5
10
20
50
100
200
Co [mg/kg]

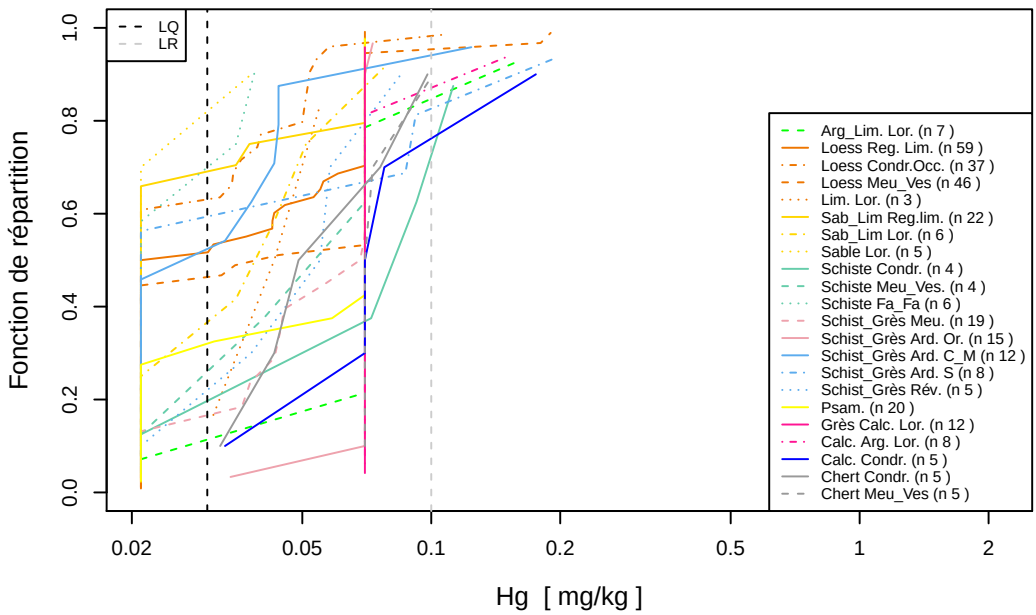
Cr


Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
10
20
50
100
200
500
Cr [mg/kg]
Arg_Lim. Lor. (n 6)
Loess Reg. Lim. (n 59)
Loess Condr.Occ. (n 35)
Loess Meu_Ves (n 49)
Sab_Lim Reg.lim. (n 22)
Sab_Lim Lor. (n 6)
Sable Lor. (n 5)
Schiste Condr. (n 4)
Schiste Meu_Ves. (n 4)
Schiste Fa_Fa (n 6)
Schist_Grès Meu. (n 20)
Schist_Grès Ard. Or. (n 14)
Schist_Grès Ard. C_M (n 12)
Schist_Grès Ard. S (n 8)
Schist_Grès Rév. (n 5)
Psam. (n 22)
Grès Calc. Lor. (n 10)
Calc. Arg. Lor. (n 8)
Calc. Condr. (n 4)
Chert Condr. (n 4)
Chert Meu_Ves (n 6)

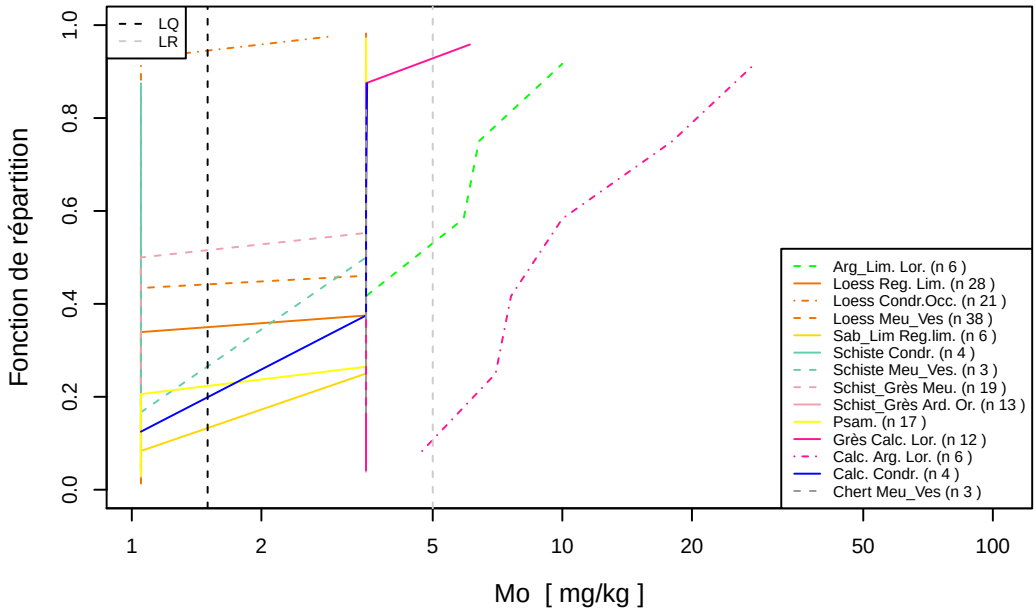
Cu


LQ
LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
1
2
5
10
20
50
100
200
Cu [mg/kg]
Arg_Lim. Lor. (n 7)
Loess Reg. Lim. (n 59)
Loess Condr.Occ. (n 35)
Loess Meu_Ves (n 50)
Lim. Lor. (n 3)
Sab_Lim Reg.lim. (n 18)
Sab_Lim Lor. (n 6)
Sable Lor. (n 5)
Schiste Meu_Ves. (n 4)
Schiste Fa_Fa (n 6)
Schist_Grès Meu. (n 16)
Schist_Grès Ard. Or. (n 15)
Schist_Grès Ard. C_M (n 12)
Schist_Grès Ard. S (n 8)
Schist_Grès Rév. (n 5)
Psam. (n 22)
Grès Calc. Lor. (n 11)
Calc. Arg. Lor. (n 8)
Calc. Condr. (n 5)
Chert Condr. (n 4)
Chert Meu_Ves (n 6)

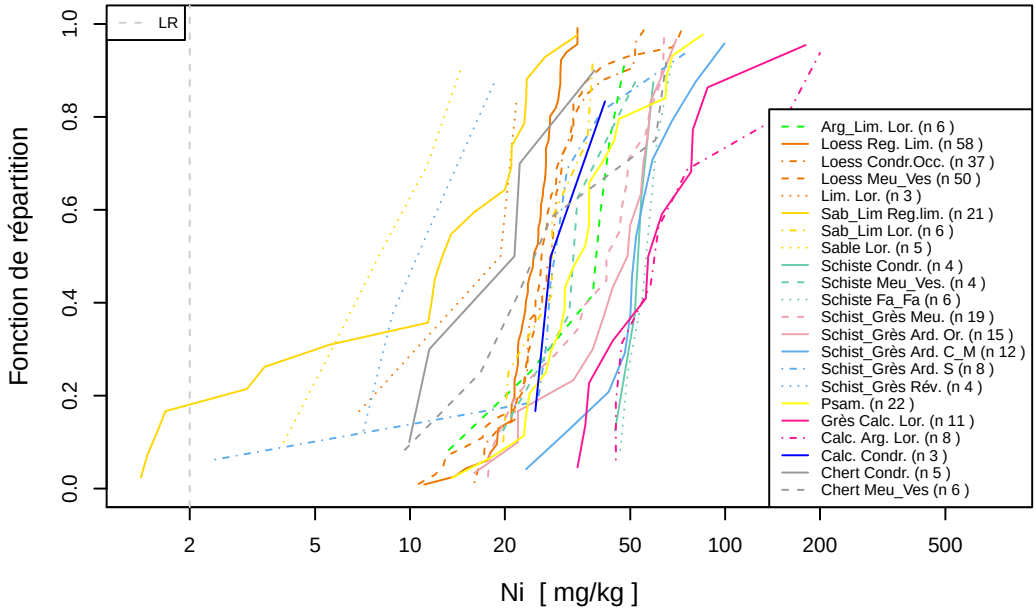
Hg


LQ
LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
2
Hg [mg/kg]
Arg_Lim. Lor. (n 7)
Loess Reg. Lim. (n 59)
Loess Condr.Occ. (n 37)
Loess Meu_Ves (n 46)
Lim. Lor. (n 3)
Sab_Lim Reg.lim. (n 22)
Sab_Lim Lor. (n 6)
Sable Lor. (n 5)
Schiste Condr. (n 4)
Schiste Meu_Ves. (n 4)
Schiste Fa_Fa (n 6)
Schist_Grès Meu. (n 19)
Schist_Grès Ard. Or. (n 15)
Schist_Grès Ard. C_M (n 12)
Schist_Grès Ard. S (n 8)
Schist_Grès Rév. (n 5)
Psam. (n 20)
Grès Calc. Lor. (n 12)
Calc. Arg. Lor. (n 8)
Calc. Condr. (n 5)
Chert Condr. (n 5)
Chert Meu_Ves (n 5)

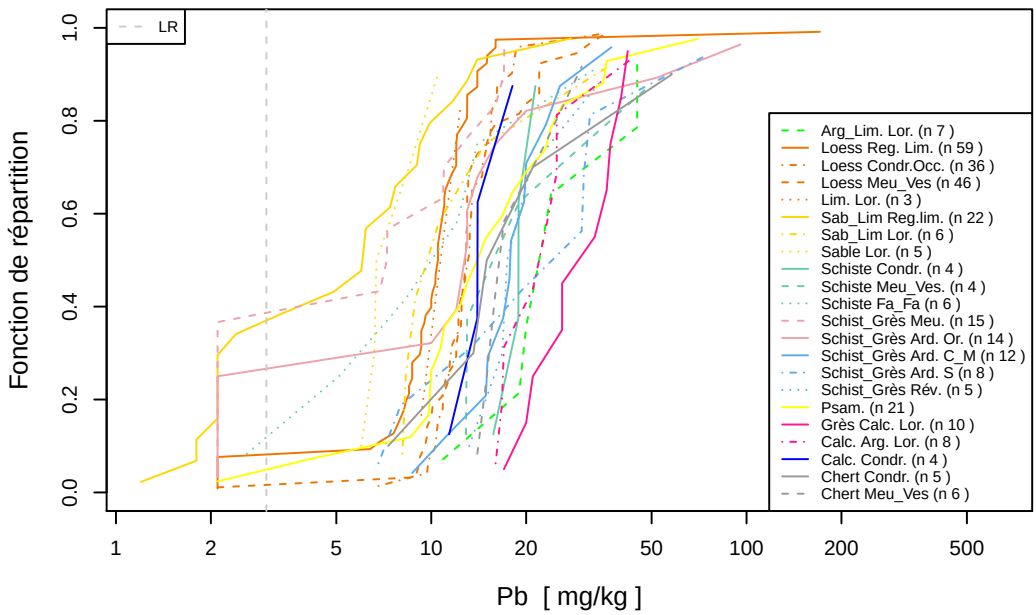
Mo


LQ
LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
1
2
5
10
20
50
100
Mo [mg/kg]
Arg_Lim. Lor. (n 6)
Loess Reg. Lim. (n 28)
Loess Condr.Occ. (n 21)
Loess Meu_Ves (n 38)
Sab_Lim Reg.lim. (n 6)
Schiste Condr. (n 4)
Schiste Meu_Ves. (n 3)
Schist_Grès Meu. (n 19)
Schist_Grès Ard. Or. (n 13)
Psam. (n 17)
Grès Calc. Lor. (n 12)
Calc. Arg. Lor. (n 6)
Calc. Condr. (n 4)
Chert Meu_Ves (n 3)

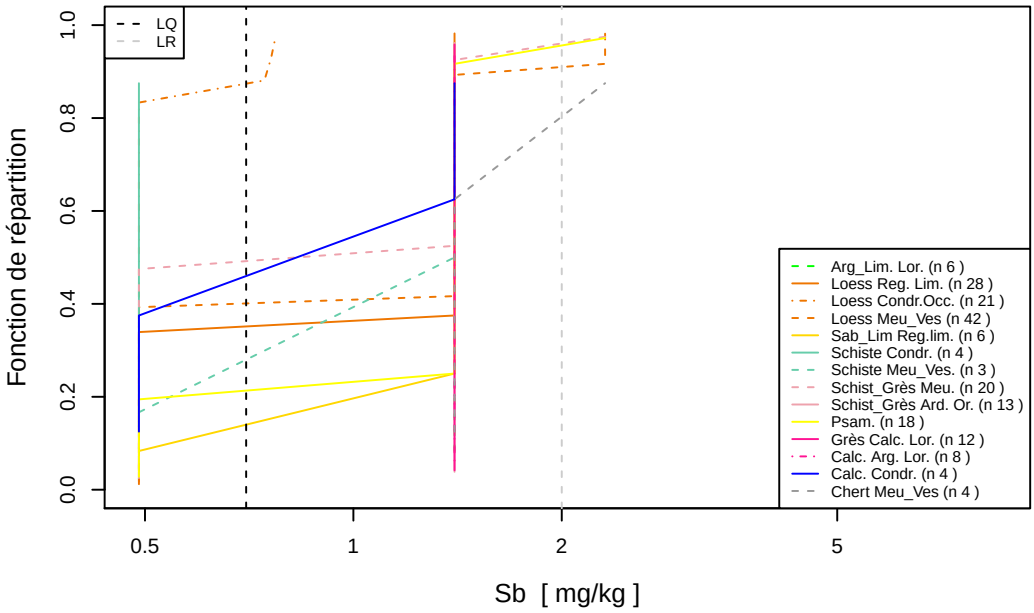
Ni


LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
2
5
10
20
50
100
200
500
Ni [mg/kg]
Arg_Lim. Lor. (n 6)
Loess Reg. Lim. (n 58)
Loess Condr.Occ. (n 37)
Loess Meu_Ves (n 50)
Lim. Lor. (n 3)
Sab_Lim Reg.lim. (n 21)
Sab_Lim Lor. (n 6)
Sable Lor. (n 5)
Schiste Condr. (n 4)
Schiste Meu_Ves. (n 4)
Schiste Fa_Fa (n 6)
Schist_Grès Meu. (n 19)
Schist_Grès Ard. Or. (n 15)
Schist_Grès Ard. C_M (n 12)
Schist_Grès Ard. S (n 8)
Schist_Grès Rév. (n 4)
Psam. (n 22)
Grès Calc. Lor. (n 11)
Calc. Arg. Lor. (n 8)
Calc. Condr. (n 3)
Chert Condr. (n 5)
Chert Meu_Ves (n 6)

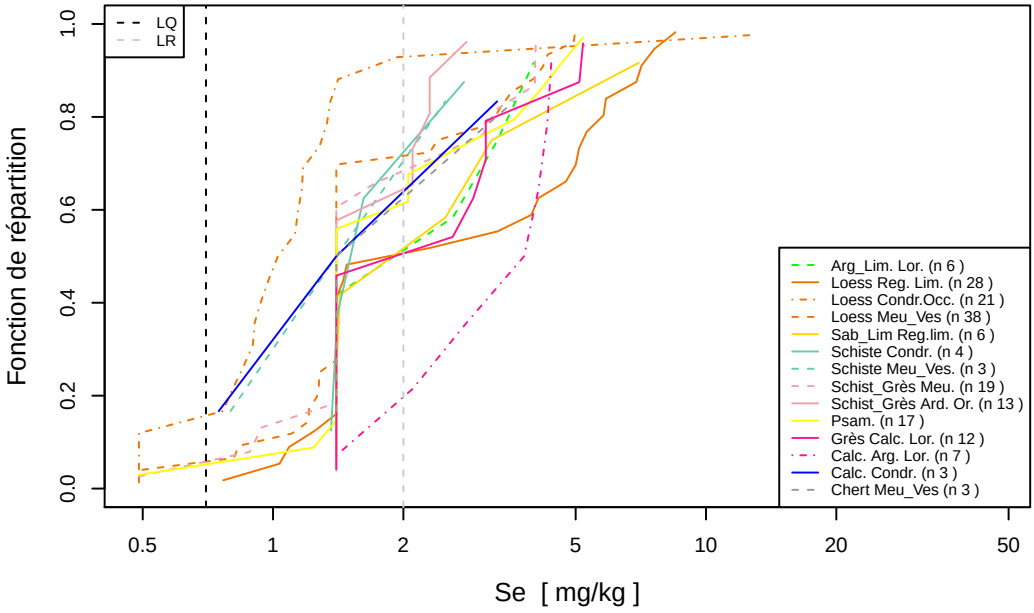
Pb


LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
1
2
5
10
20
50
100
200
500
Pb [mg/kg]
Arg_Lim. Lor. (n 7)
Loess Reg. Lim. (n 59)
Loess Condr.Occ. (n 36)
Loess Meu_Ves (n 46)
Lim. Lor. (n 3)
Sab_Lim Reg.lim. (n 22)
Sab_Lim Lor. (n 6)
Sable Lor. (n 5)
Schiste Condr. (n 4)
Schiste Meu_Ves. (n 4)
Schiste Fa_Fa (n 6)
Schist_Grès Meu. (n 15)
Schist_Grès Ard. Or. (n 14)
Schist_Grès Ard. C_M (n 12)
Schist_Grès Ard. S (n 8)
Schist_Grès Rév. (n 5)
Psam. (n 21)
Grès Calc. Lor. (n 10)
Calc. Arg. Lor. (n 8)
Calc. Condr. (n 4)
Chert Condr. (n 5)
Chert Meu_Ves (n 6)

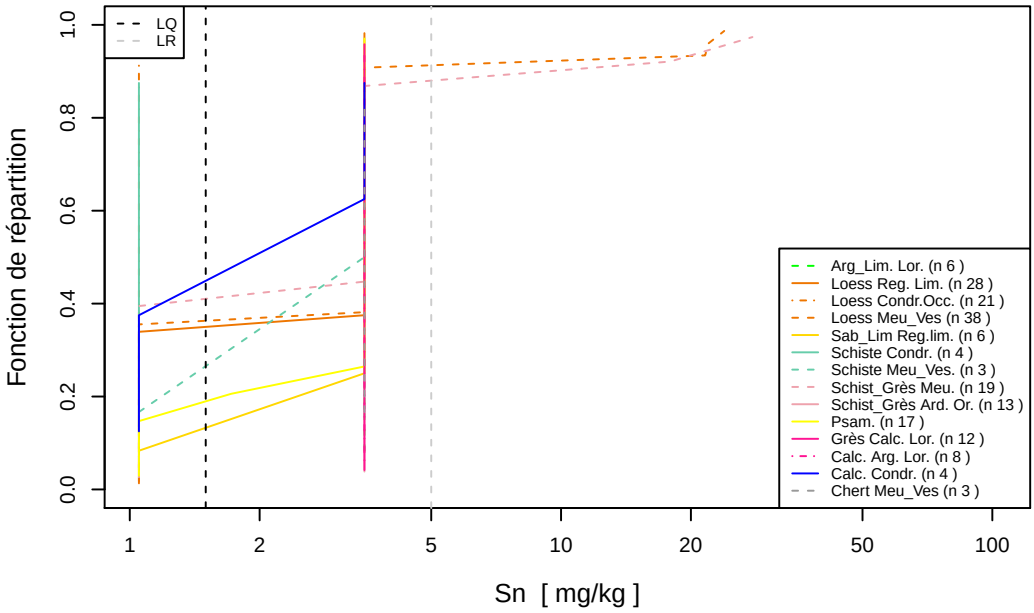
Sb


LQ
LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.5
1
2
5
Sb [mg/kg]
Arg_Lim. Lor. (n 6)
Loess Reg. Lim. (n 28)
Loess Condr.Occ. (n 21)
Loess Meu_Ves (n 42)
Sab_Lim Reg.lim. (n 6)
Schiste Condr. (n 4)
Schiste Meu_Ves. (n 3)
Schist_Grès Meu. (n 20)
Schist_Grès Ard. Or. (n 13)
Psam. (n 18)
Grès Calc. Lor. (n 12)
Calc. Arg. Lor. (n 8)
Calc. Condr. (n 4)
Chert Meu_Ves (n 4)

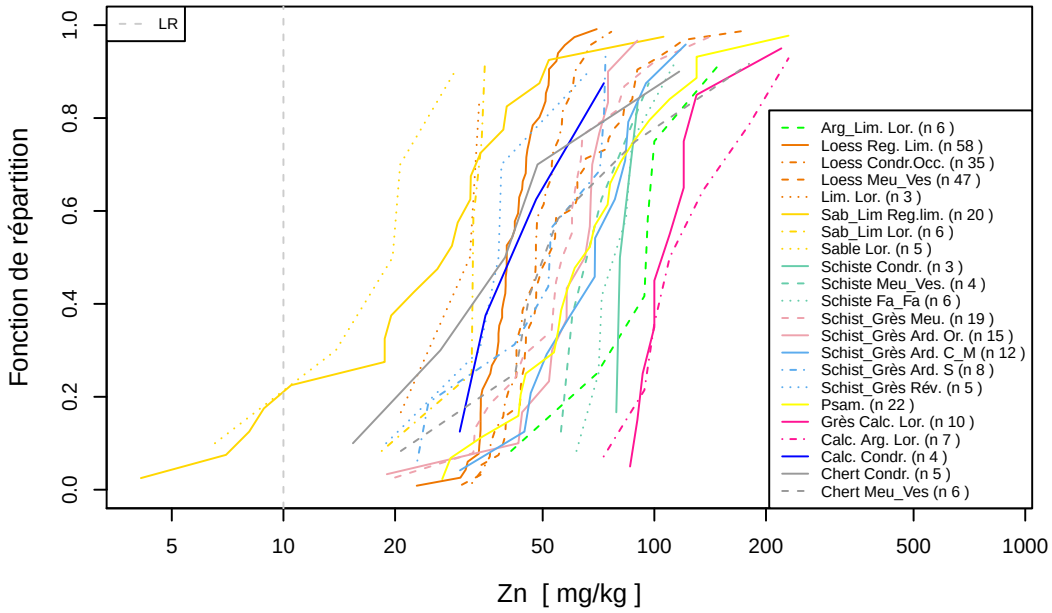
Se


LQ
LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.5
1
2
5
10
20
50
Se [mg/kg]
Arg_Lim. Lor. (n 6)
Loess Reg. Lim. (n 28)
Loess Condr.Occ. (n 21)
Loess Meu_Ves (n 38)
Sab_Lim Reg.lim. (n 6)
Schiste Condr. (n 4)
Schiste Meu_Ves. (n 3)
Schist_Grès Meu. (n 19)
Schist_Grès Ard. Or. (n 13)
Psam. (n 17)
Grès Calc. Lor. (n 12)
Calc. Arg. Lor. (n 7)
Calc. Condr. (n 3)
Chert Meu_Ves (n 3)

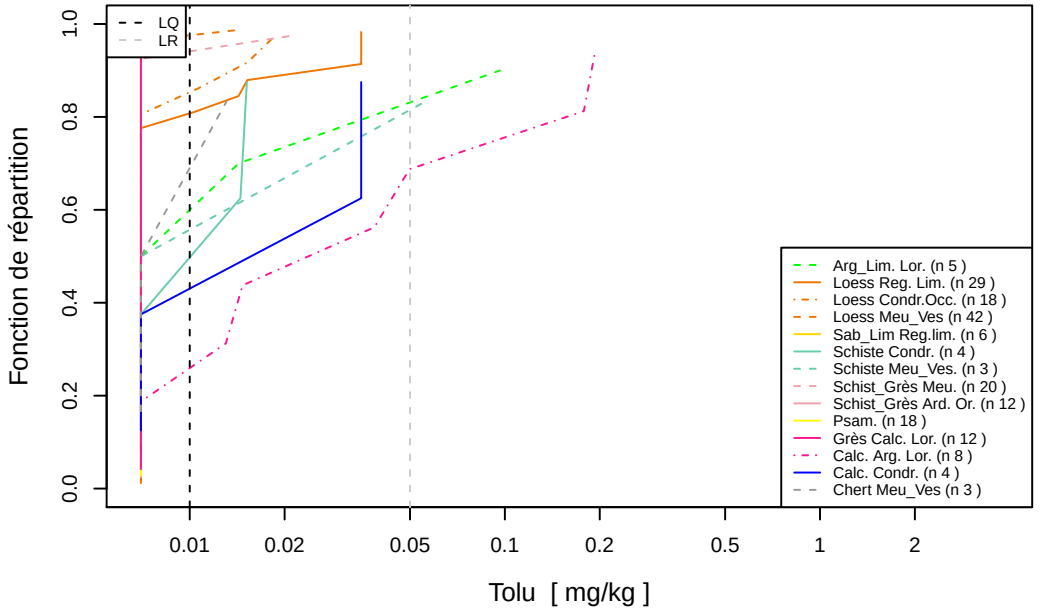
Sn


LQ
LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
1
2
5
10
20
50
100
Sn [mg/kg]
Arg_Lim. Lor. (n 6)
Loess Reg. Lim. (n 28)
Loess Condr.Occ. (n 21)
Loess Meu_Ves (n 38)
Sab_Lim Reg.lim. (n 6)
Schiste Condr. (n 4)
Schiste Meu_Ves. (n 3)
Schist_Grès Meu. (n 19)
Schist_Grès Ard. Or. (n 13)
Psam. (n 17)
Grès Calc. Lor. (n 12)
Calc. Arg. Lor. (n 8)
Calc. Condr. (n 4)
Chert Meu_Ves (n 3)

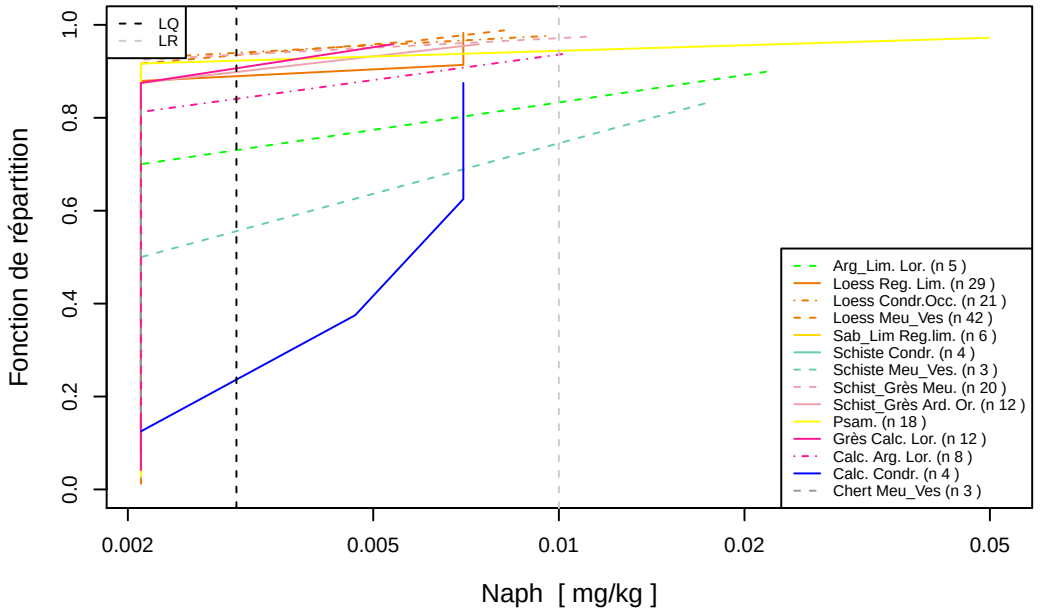
Zn


LR
Arg_Lim. Lor. (n 6)
Loess Reg. Lim. (n 58)
Loess Condr.Occ. (n 35)
Loess Meu_Ves (n 47)
Lim. Lor. (n 3)
Sab_Lim Reg.lim. (n 20)
Sab_Lim Lor. (n 6)
Sable Lor. (n 5)
Schiste Condr. (n 3)
Schiste Meu_Ves. (n 4)
Schiste Fa_Fa (n 6)
Schist_Grès Meu. (n 19)
Schist_Grès Ard. Or. (n 15)
Schist_Grès Ard. C_M (n 12)
Schist_Grès Ard. S (n 8)
Schist_Grès Rév. (n 5)
Psam. (n 22)
Grès Calc. Lor. (n 10)
Calc. Arg. Lor. (n 7)
Calc. Condr. (n 4)
Chert Condr. (n 5)
Chert Meu_Ves (n 6)
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
5
10
20
50
100
200
500
1000
Zn [mg/kg]

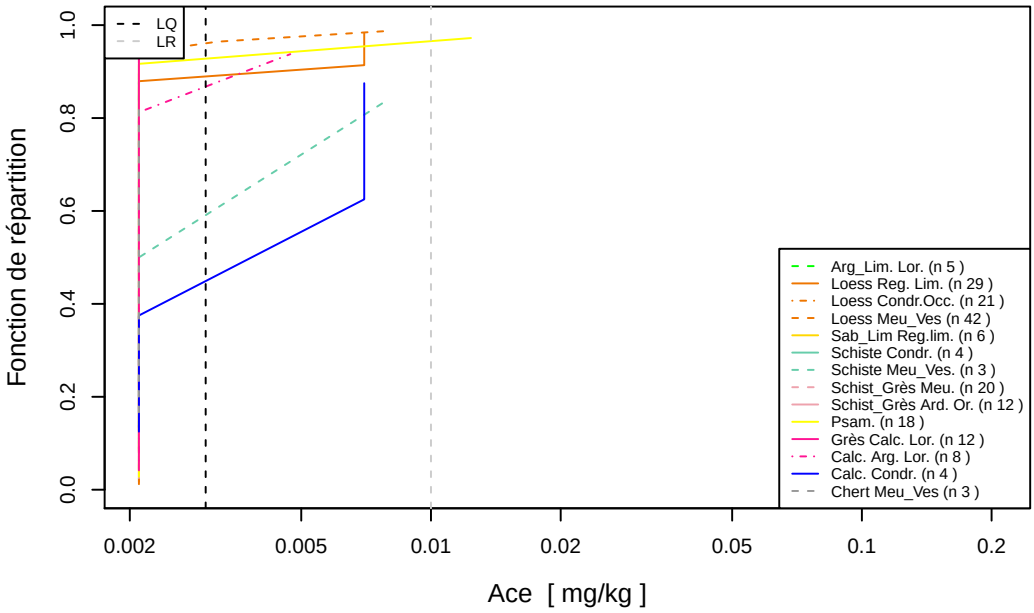
Tolu


LQ
LR
Arg_Lim. Lor. (n 5)
Loess Reg. Lim. (n 29)
Loess Condr.Occ. (n 18)
Loess Meu_Ves (n 42)
Sab_Lim Reg.lim. (n 6)
Schiste Condr. (n 4)
Schiste Meu_Ves. (n 3)
Schist_Grès Meu. (n 20)
Schist_Grès Ard. Or. (n 12)
Psam. (n 18)
Grès Calc. Lor. (n 12)
Calc. Arg. Lor. (n 8)
Calc. Condr. (n 4)
Chert Meu_Ves (n 3)
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.01
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1
2
Tolu [mg/kg]

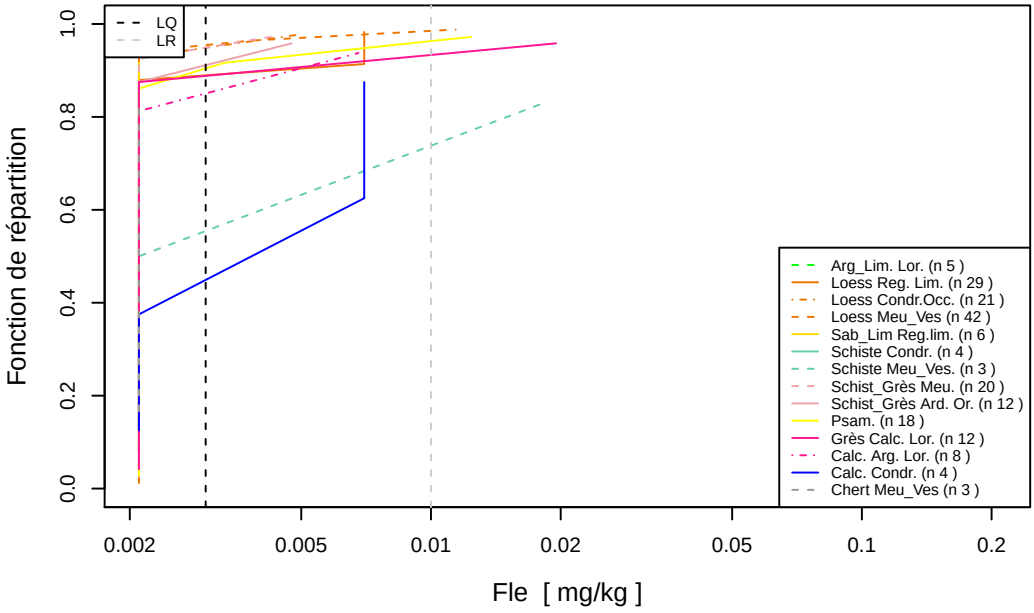
Naph


LQ
LR
Arg_Lim. Lor. (n 5)
Loess Reg. Lim. (n 29)
Loess Condr.Occ. (n 21)
Loess Meu_Ves (n 42)
Sab_Lim Reg.lim. (n 6)
Schiste Condr. (n 4)
Schiste Meu_Ves. (n 3)
Schist_Grès Meu. (n 20)
Schist_Grès Ard. Or. (n 12)
Psam. (n 18)
Grès Calc. Lor. (n 12)
Calc. Arg. Lor. (n 8)
Calc. Condr. (n 4)
Chert Meu_Ves (n 3)
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.002
0.005
0.01
0.02
0.05
Naph [mg/kg]

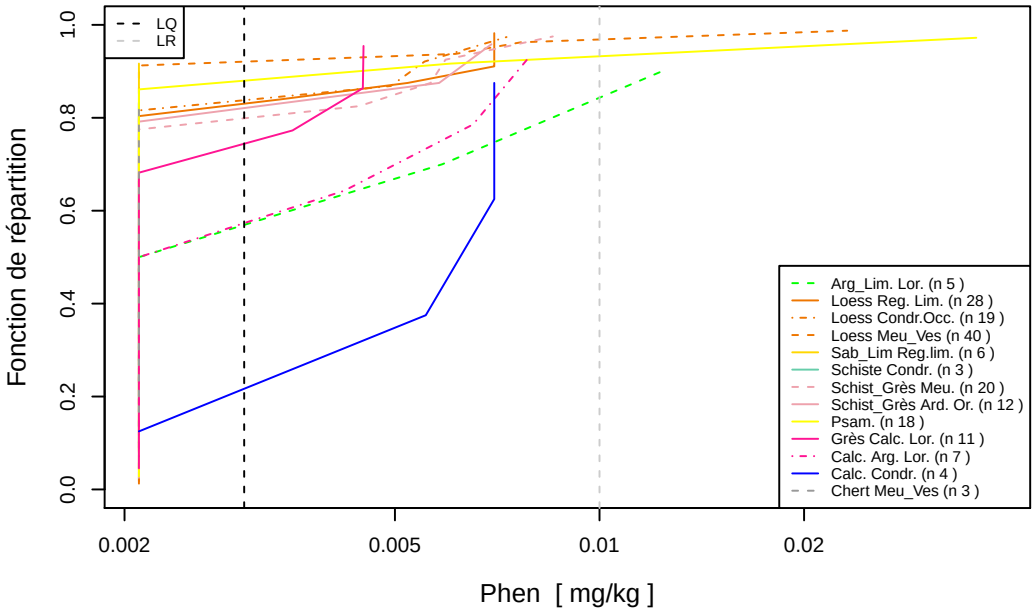
Ace


LQ
LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.002
0.005
0.01
0.02
0.05
0.1
0.2
Ace [mg/kg]
Arg_Lim. Lor. (n 5)
Loess Reg. Lim. (n 29)
Loess Condr.Occ. (n 21)
Loess Meu_Ves (n 42)
Sab_Lim Reg.lim. (n 6)
Schiste Condr. (n 4)
Schiste Meu_Ves. (n 3)
Schist_Grès Meu. (n 20)
Schist_Grès Ard. Or. (n 12)
Psam. (n 18)
Grès Calc. Lor. (n 12)
Calc. Arg. Lor. (n 8)
Calc. Condr. (n 4)
Chert Meu_Ves (n 3)

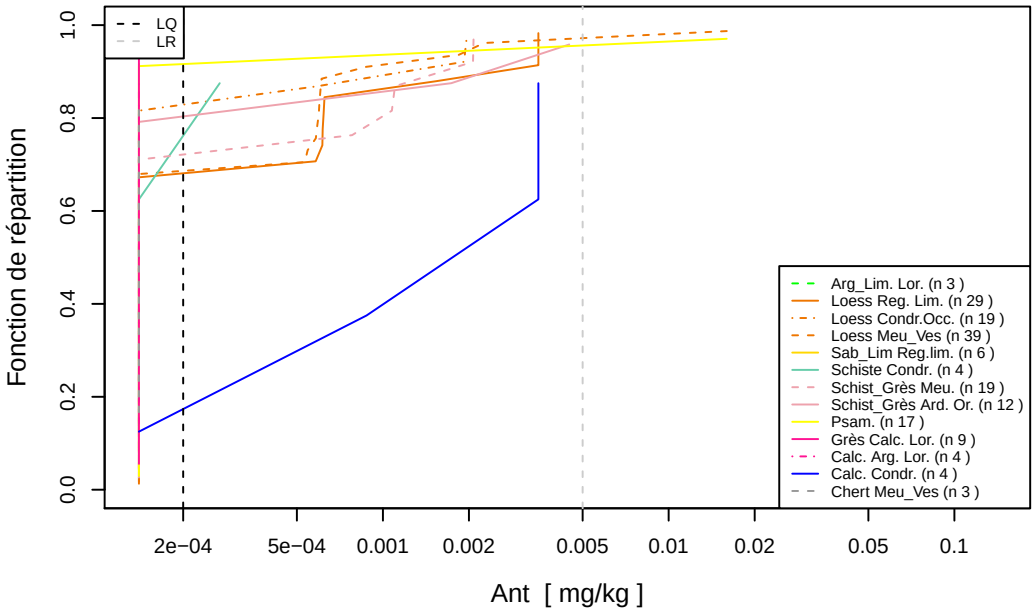
Fle


LQ
LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.002
0.005
0.01
0.02
0.05
0.1
0.2
Fle [mg/kg]
Arg_Lim. Lor. (n 5)
Loess Reg. Lim. (n 29)
Loess Condr.Occ. (n 21)
Loess Meu_Ves (n 42)
Sab_Lim Reg.lim. (n 6)
Schiste Condr. (n 4)
Schiste Meu_Ves. (n 3)
Schist_Grès Meu. (n 20)
Schist_Grès Ard. Or. (n 12)
Psam. (n 18)
Grès Calc. Lor. (n 12)
Calc. Arg. Lor. (n 8)
Calc. Condr. (n 4)
Chert Meu_Ves (n 3)

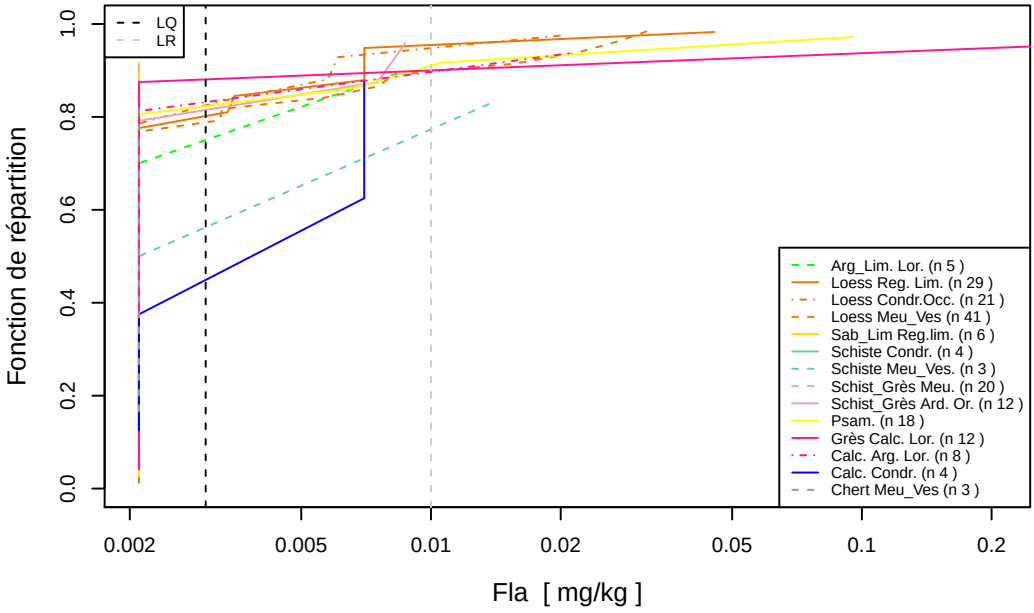
Phen


LQ
LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.002
0.005
0.01
0.02
Phen [mg/kg]
Arg_Lim. Lor. (n 5)
Loess Reg. Lim. (n 28)
Loess Condr.Occ. (n 19)
Loess Meu_Ves (n 40)
Sab_Lim Reg.lim. (n 6)
Schiste Condr. (n 3)
Schist_Grès Meu. (n 20)
Schist_Grès Ard. Or. (n 12)
Psam. (n 18)
Grès Calc. Lor. (n 11)
Calc. Arg. Lor. (n 7)
Calc. Condr. (n 4)
Chert Meu_Ves (n 3)

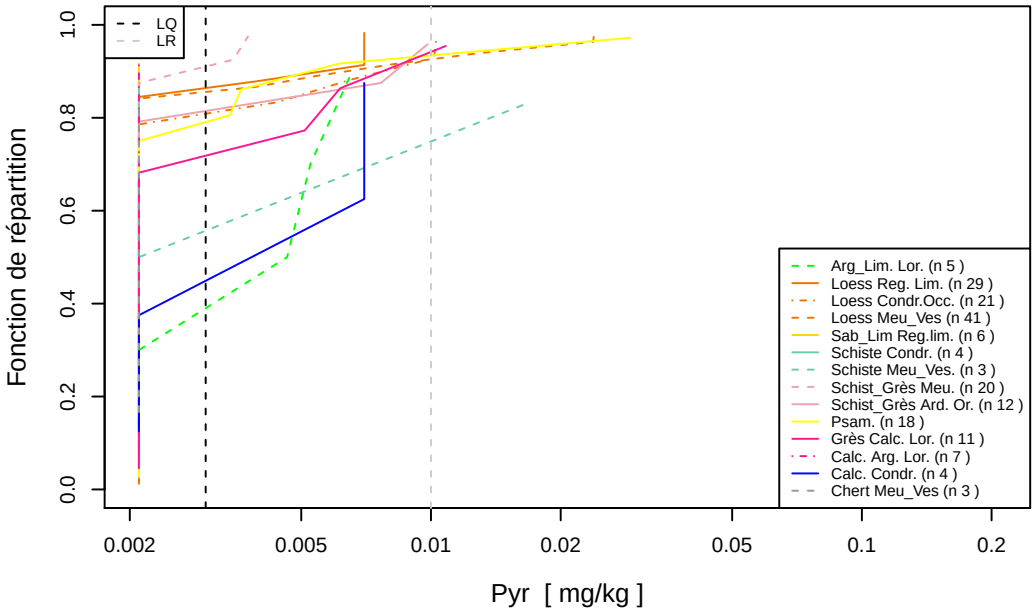
Ant


LQ
LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
2e−04
5e−04
0.001
0.002
0.005
0.01
0.02
0.05
0.1
Ant [mg/kg]
Arg_Lim. Lor. (n 3)
Loess Reg. Lim. (n 29)
Loess Condr.Occ. (n 19)
Loess Meu_Ves (n 39)
Sab_Lim Reg.lim. (n 6)
Schiste Condr. (n 4)
Schist_Grès Meu. (n 19)
Schist_Grès Ard. Or. (n 12)
Psam. (n 17)
Grès Calc. Lor. (n 9)
Calc. Arg. Lor. (n 4)
Calc. Condr. (n 4)
Chert Meu_Ves (n 3)

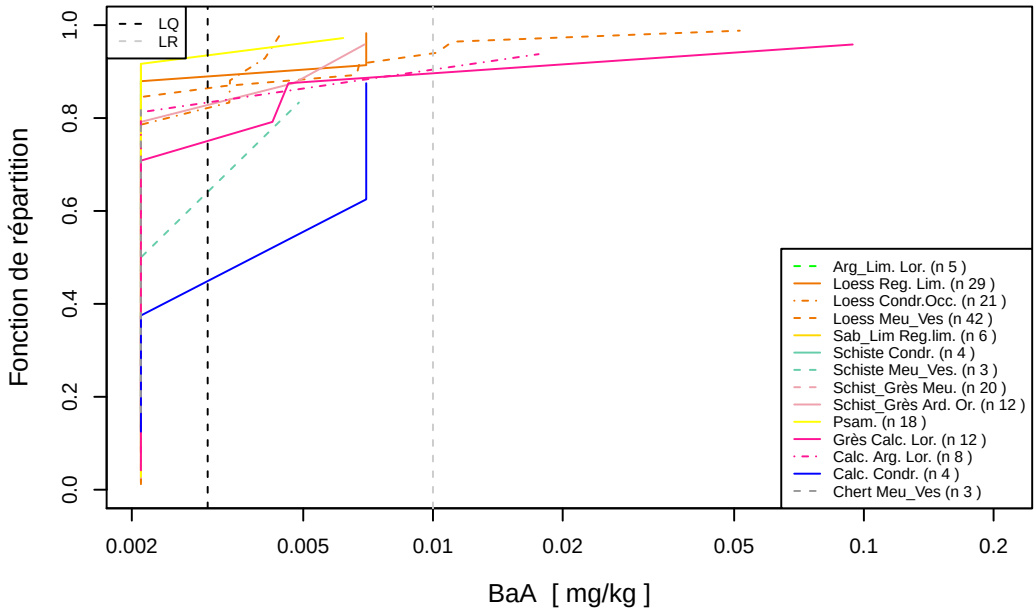
Fla


LQ
LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.002
0.005
0.01
0.02
0.05
0.1
0.2
Fla [mg/kg]
Arg_Lim. Lor. (n 5)
Loess Reg. Lim. (n 29)
Loess Condr.Occ. (n 21)
Loess Meu_Ves (n 41)
Sab_Lim Reg.lim. (n 6)
Schiste Condr. (n 4)
Schiste Meu_Ves. (n 3)
Schist_Grès Meu. (n 20)
Schist_Grès Ard. Or. (n 12)
Psam. (n 18)
Grès Calc. Lor. (n 12)
Calc. Arg. Lor. (n 8)
Calc. Condr. (n 4)
Chert Meu_Ves (n 3)

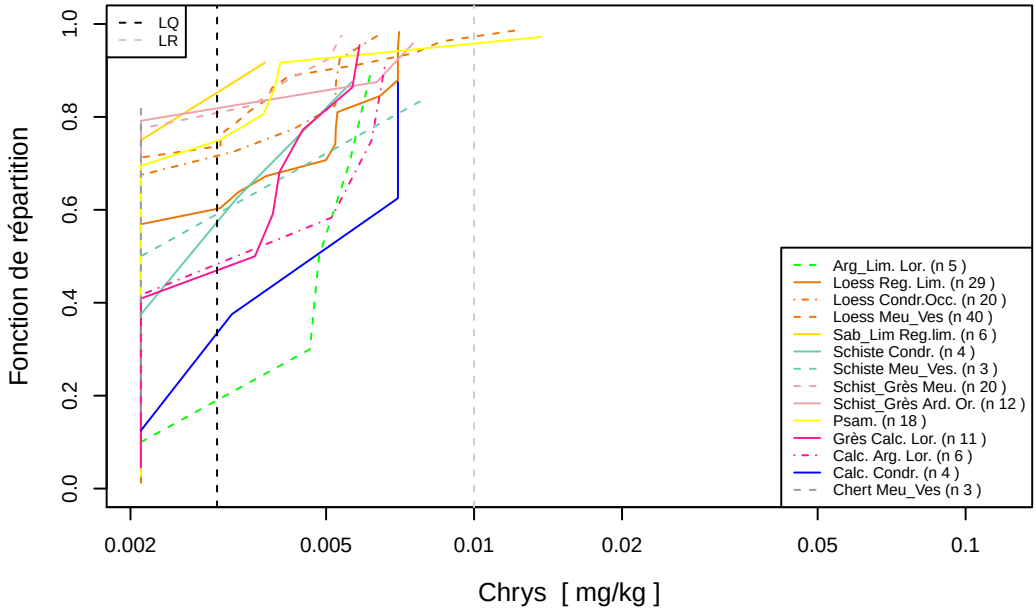
Pyr


LQ
LR
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0.002
0.005
0.01
0.02
0.05
0.1
0.2
Pyr [mg/kg]
Arg_Lim. Lor. (n 5)
Loess Reg. Lim. (n 29)
Loess Condr.Occ. (n 21)
Loess Meu_Ves (n 41)
Sab_Lim Reg.lim. (n 6)
Schiste Condr. (n 4)
Schiste Meu_Ves. (n 3)
Schist_Grès Meu. (n 20)
Schist_Grès Ard. Or. (n 12)
Psam. (n 18)
Grès Calc. Lor. (n 11)
Calc. Arg. Lor. (n 7)
Calc. Condr. (n 4)
Chert Meu_Ves (n 3)

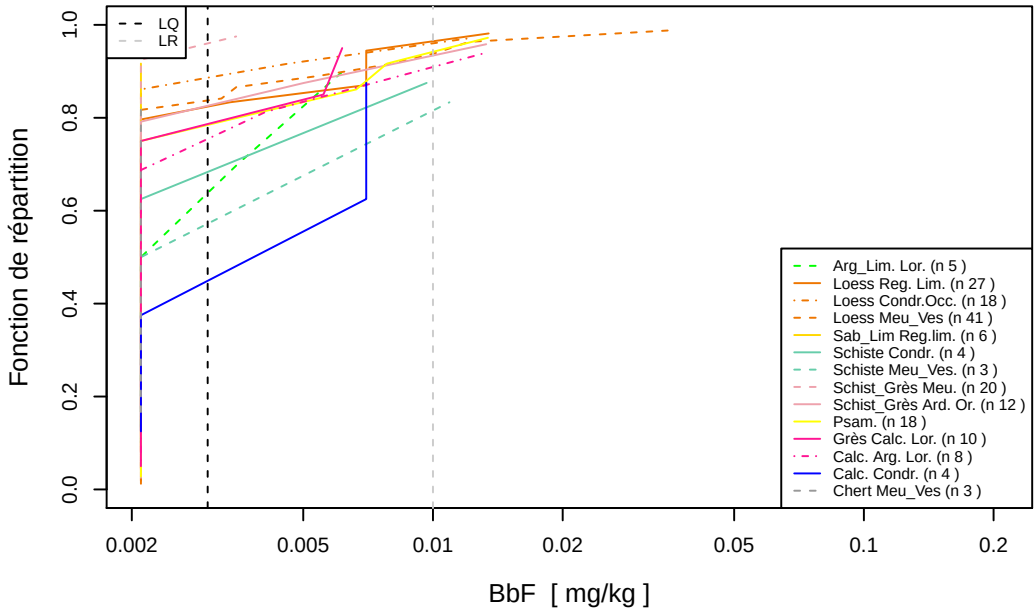
BaA



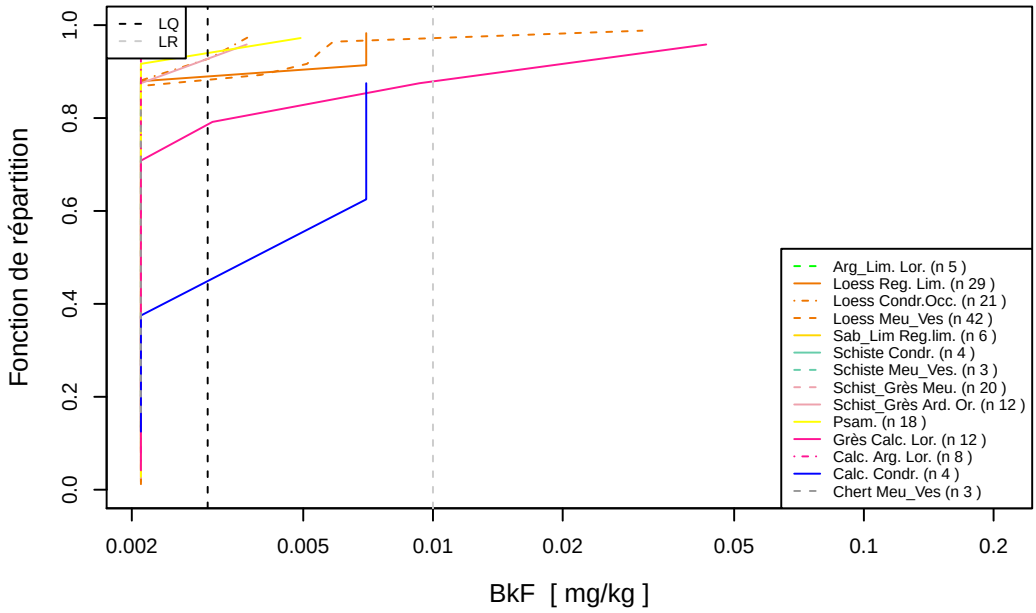
Chrys



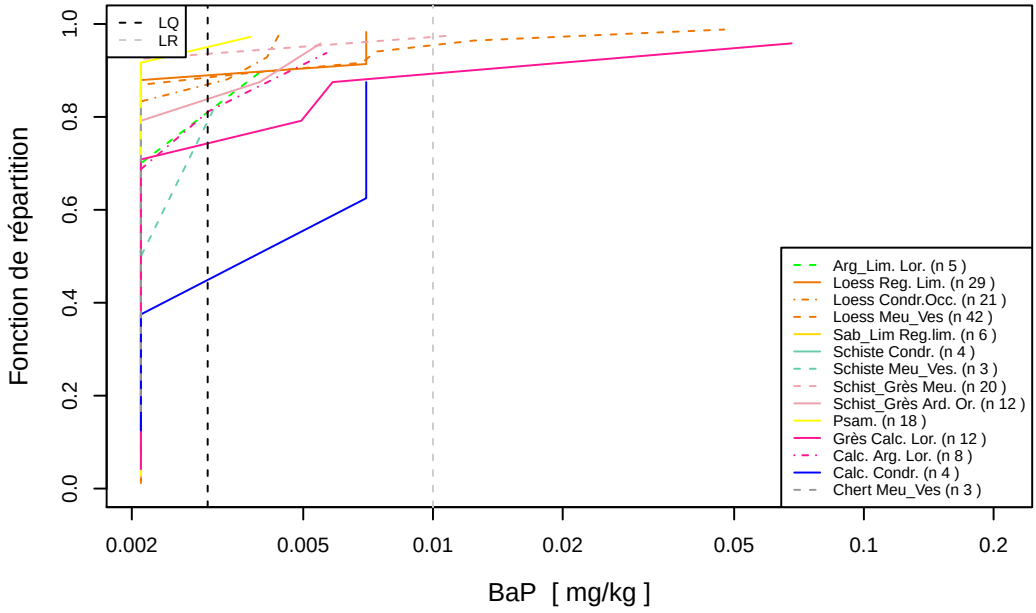
BbF



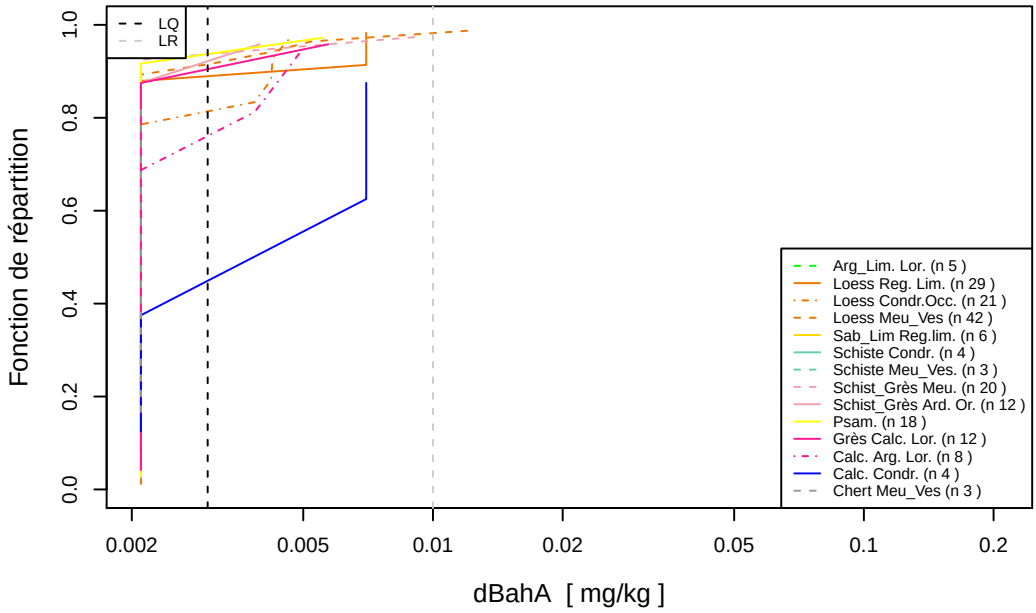
BkF



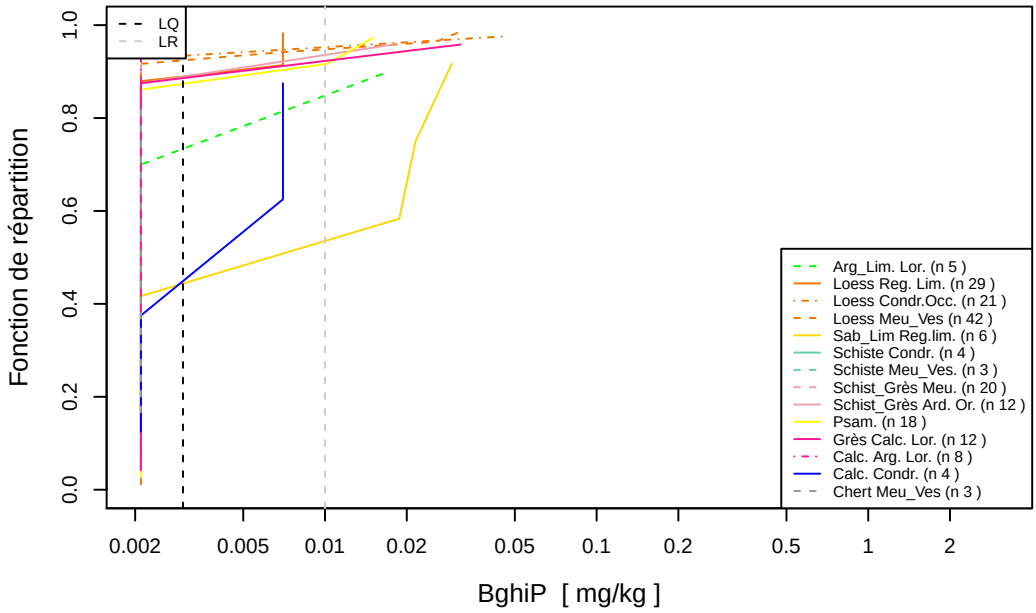
BaP



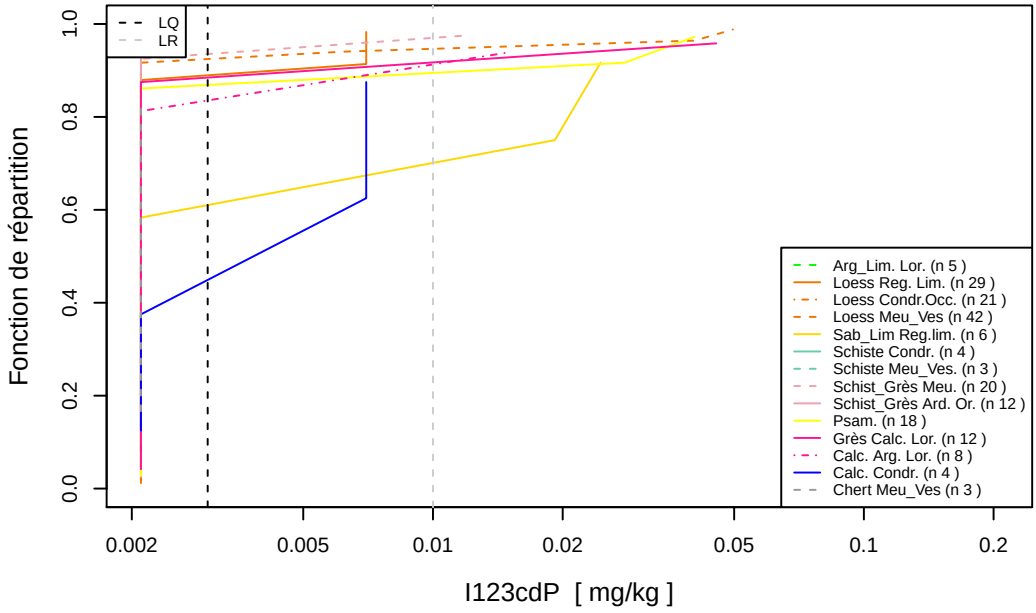
dBahA



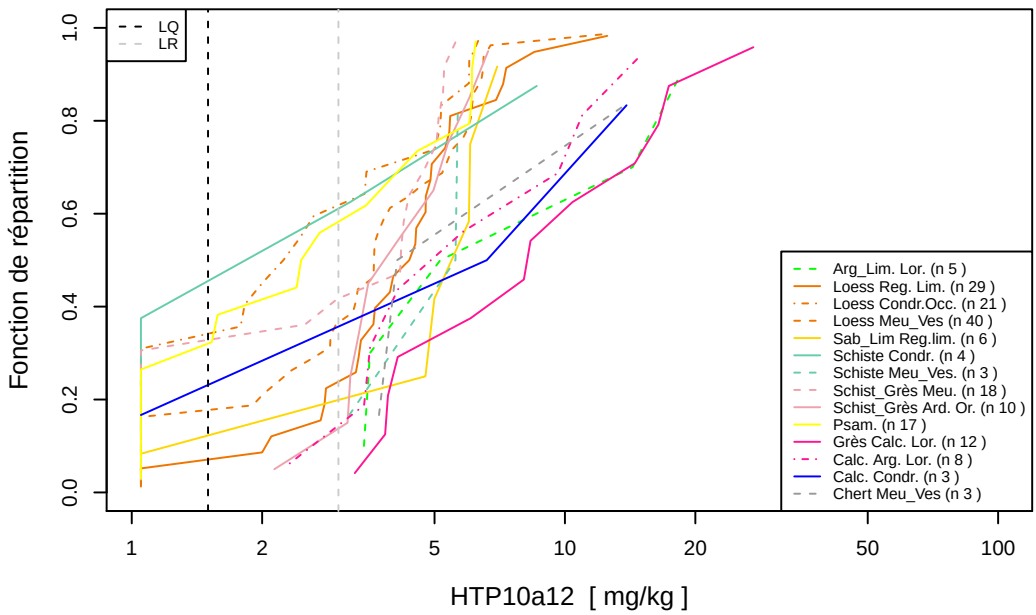
BghiP



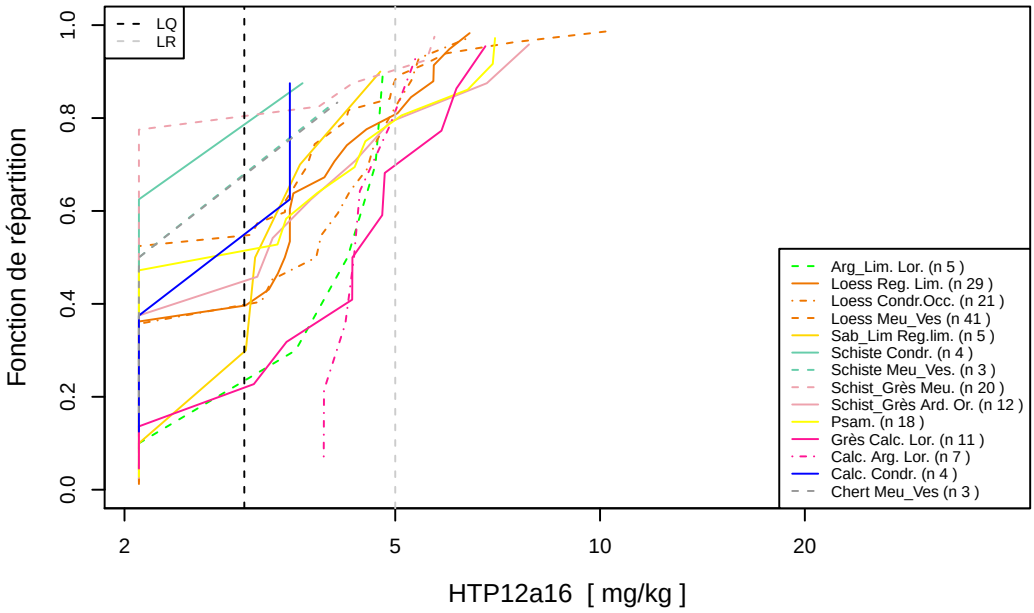
I123cdP



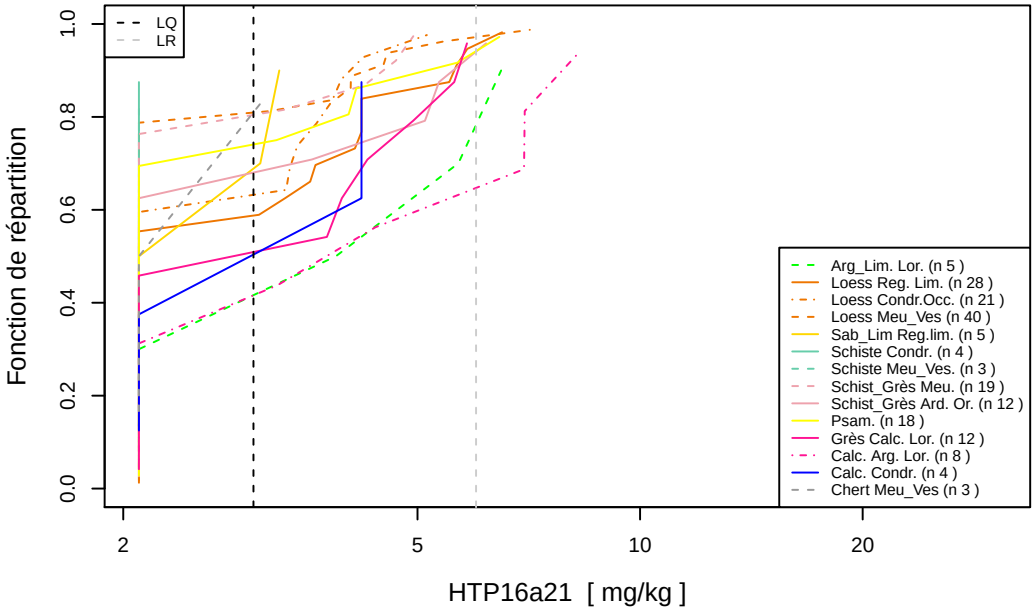
HTP10a12



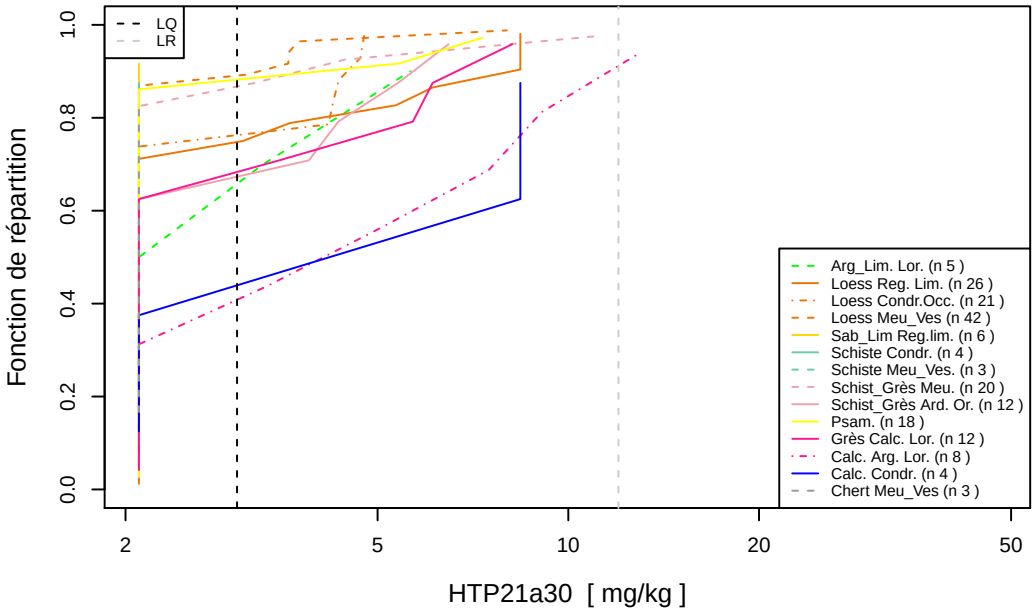
HTP12a16



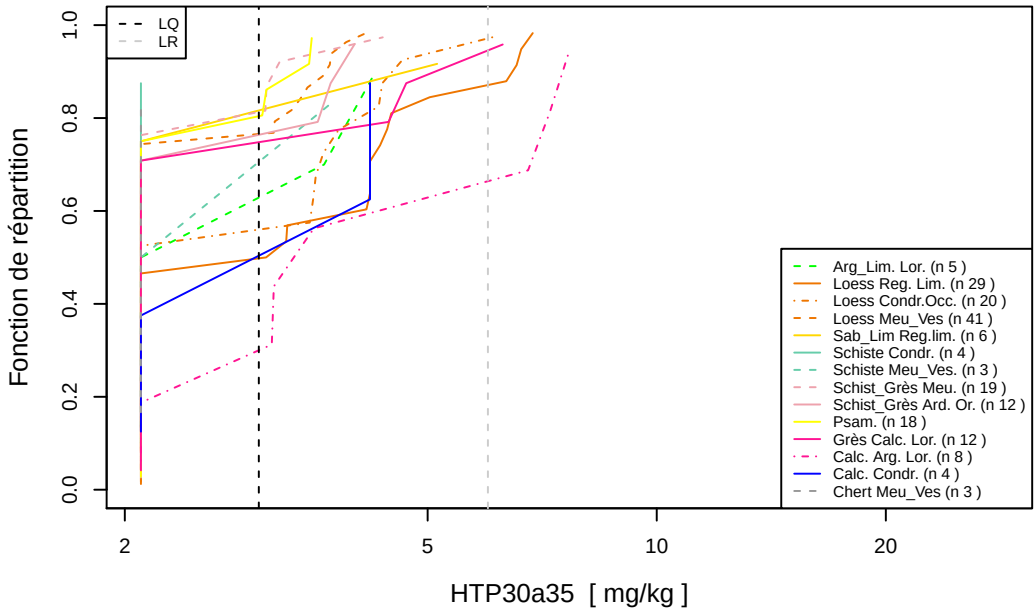
HTP16a21



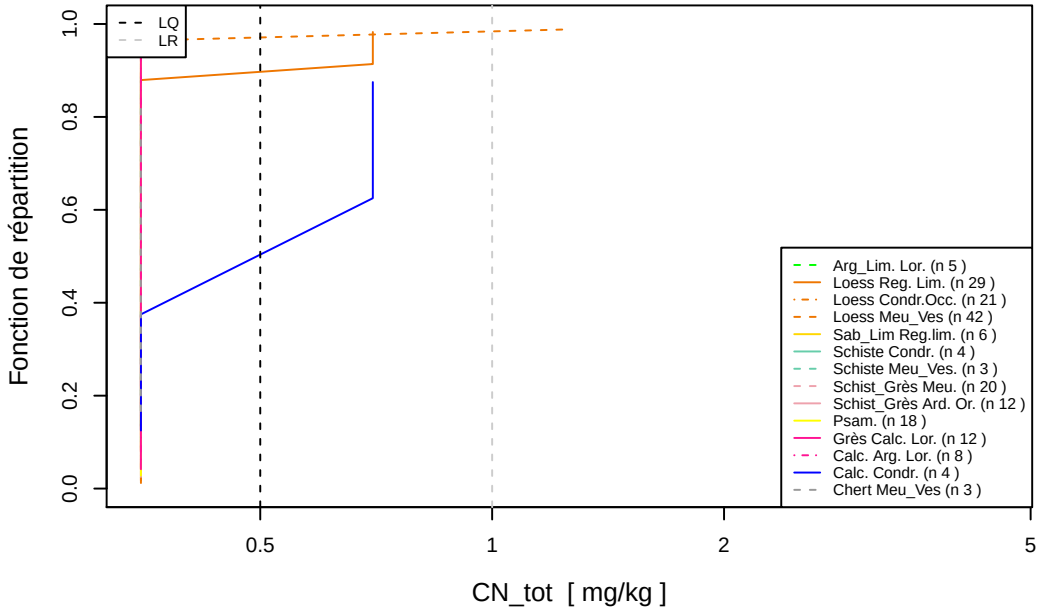
HTP21a30



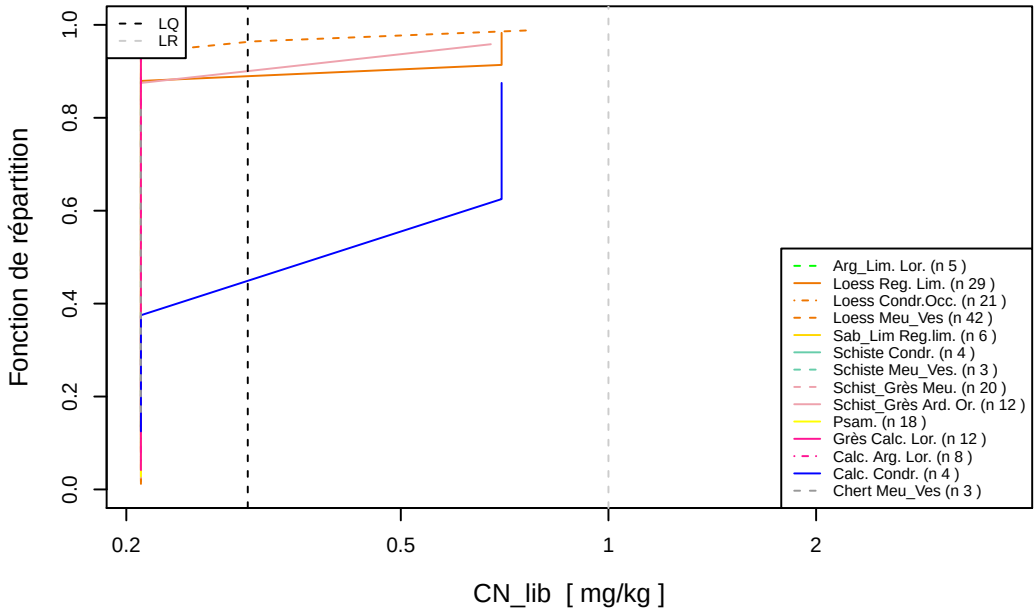
HTP30a35



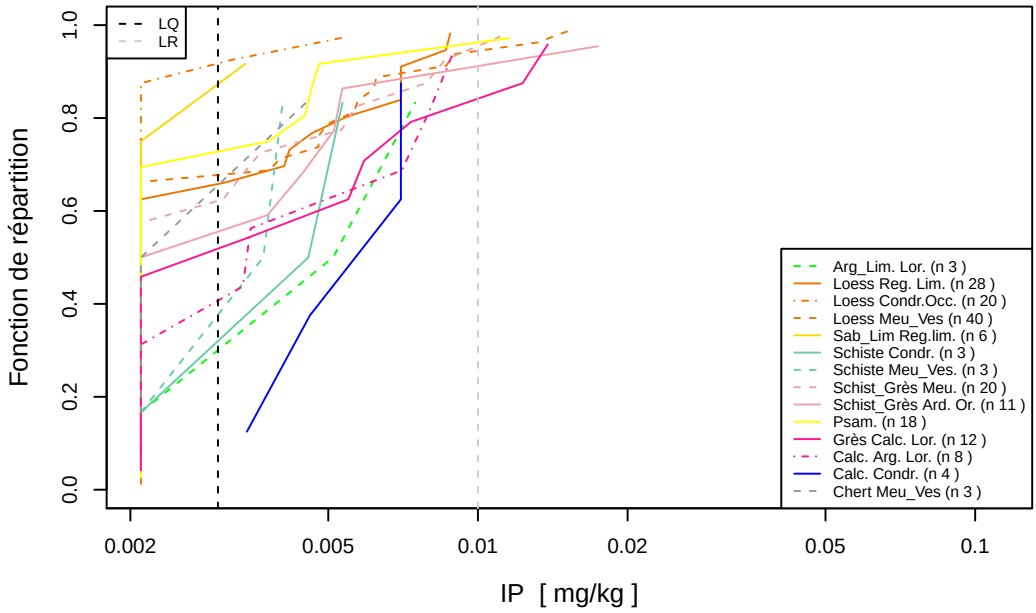
CN_tot



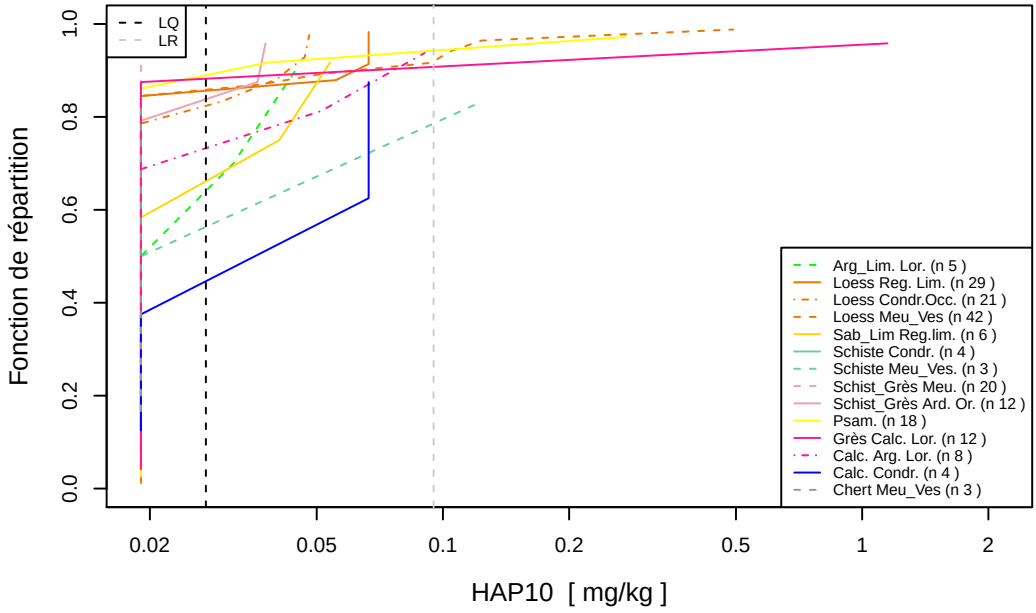
CN_lib



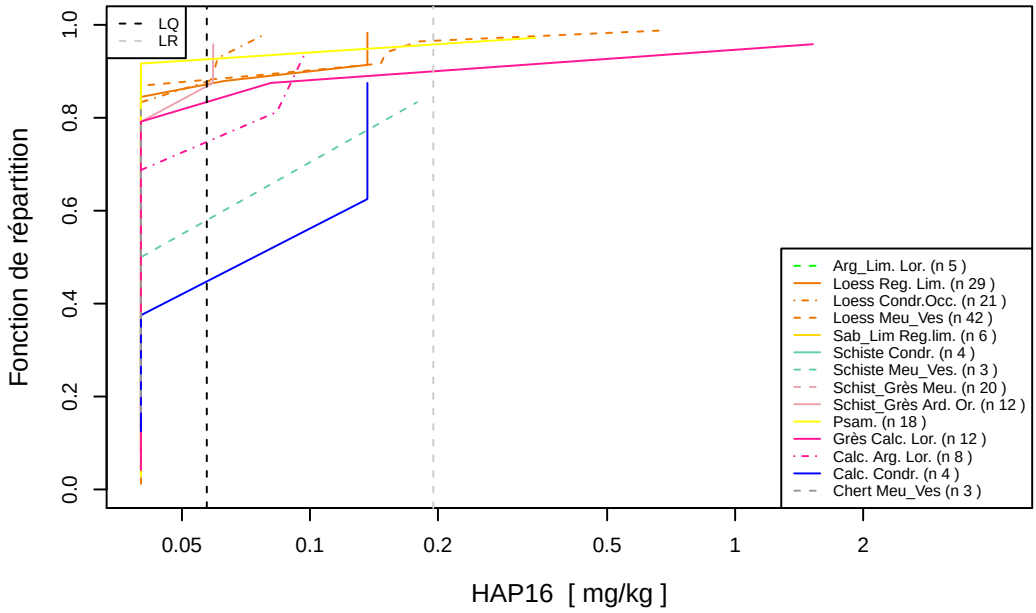
IP

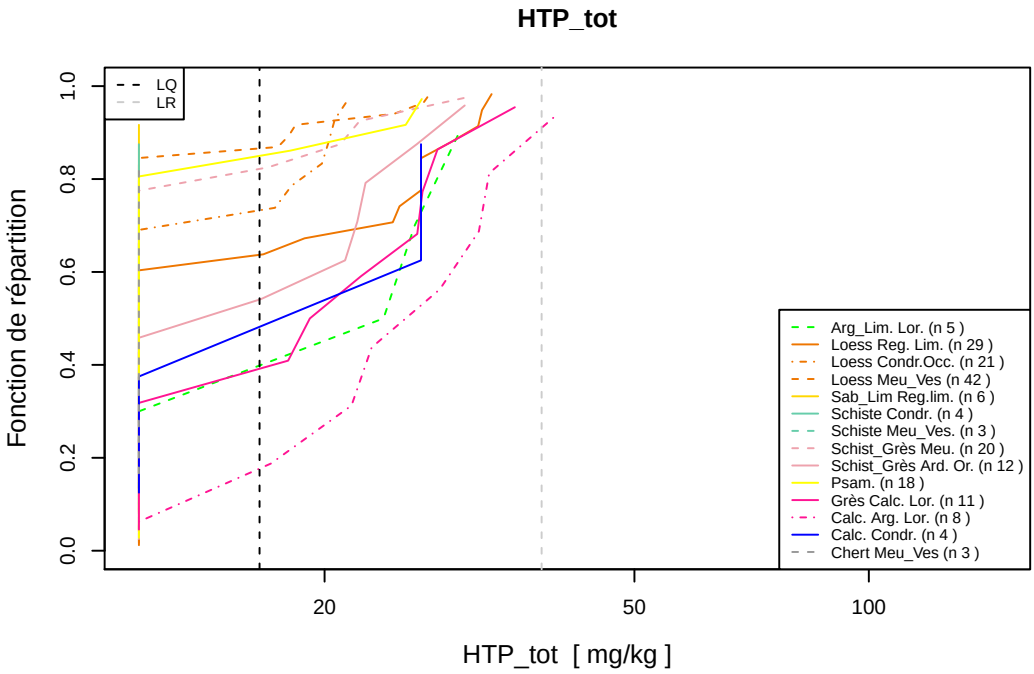


HAP10



HAP16




HTP_tot
Fonction de répartition
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
LQ
LR
20
50
100
HTP_tot [mg/kg]
Arg_Lim. Lor. (n 5)
Loess Reg. Lim. (n 29)
Loess Condr.Occ. (n 21)
Loess Meu_Ves (n 42)
Sab_Lim Reg.lim. (n 6)
Schiste Condr. (n 4)
Schiste Meu_Ves. (n 3)
Schist_Grès Meu. (n 20)
Schist_Grès Ard. Or. (n 12)
Psam. (n 18)
Grès Calc. Lor. (n 11)
Calc. Arg. Lor. (n 8)
Calc. Condr. (n 4)
Chert Meu_Ves (n 3)

3k : Corrélations entre polluants inorganiques et polluants organiques

TABLE 8.61 – Coefficients de corrélations entre polluants inorganiques et polluants organiques dans les 5 sous-jeux de données

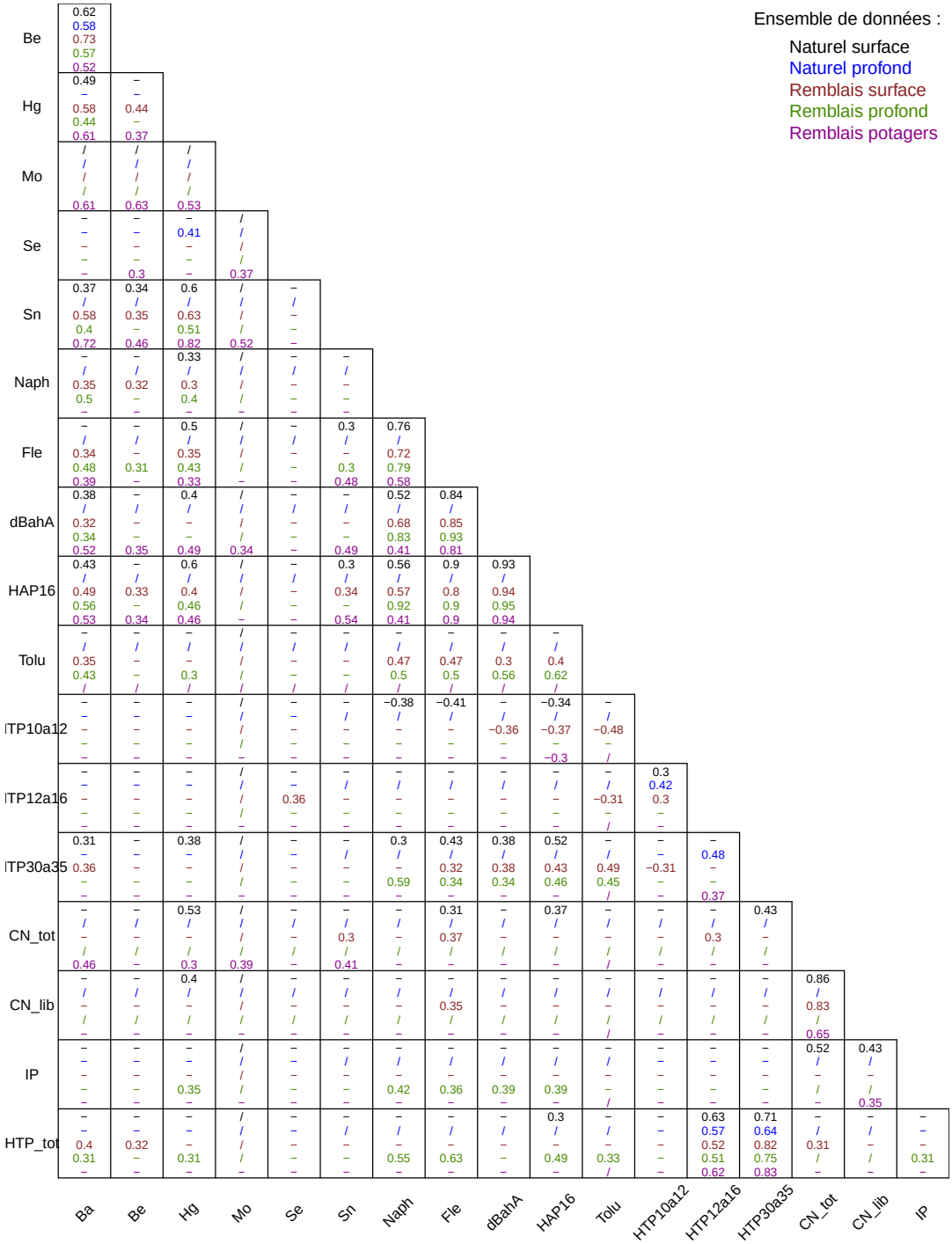


TABLE 8.62 – Coefficients de corrélations entre polluants inorganiques et HAP dans les 5 sous-jeux de données

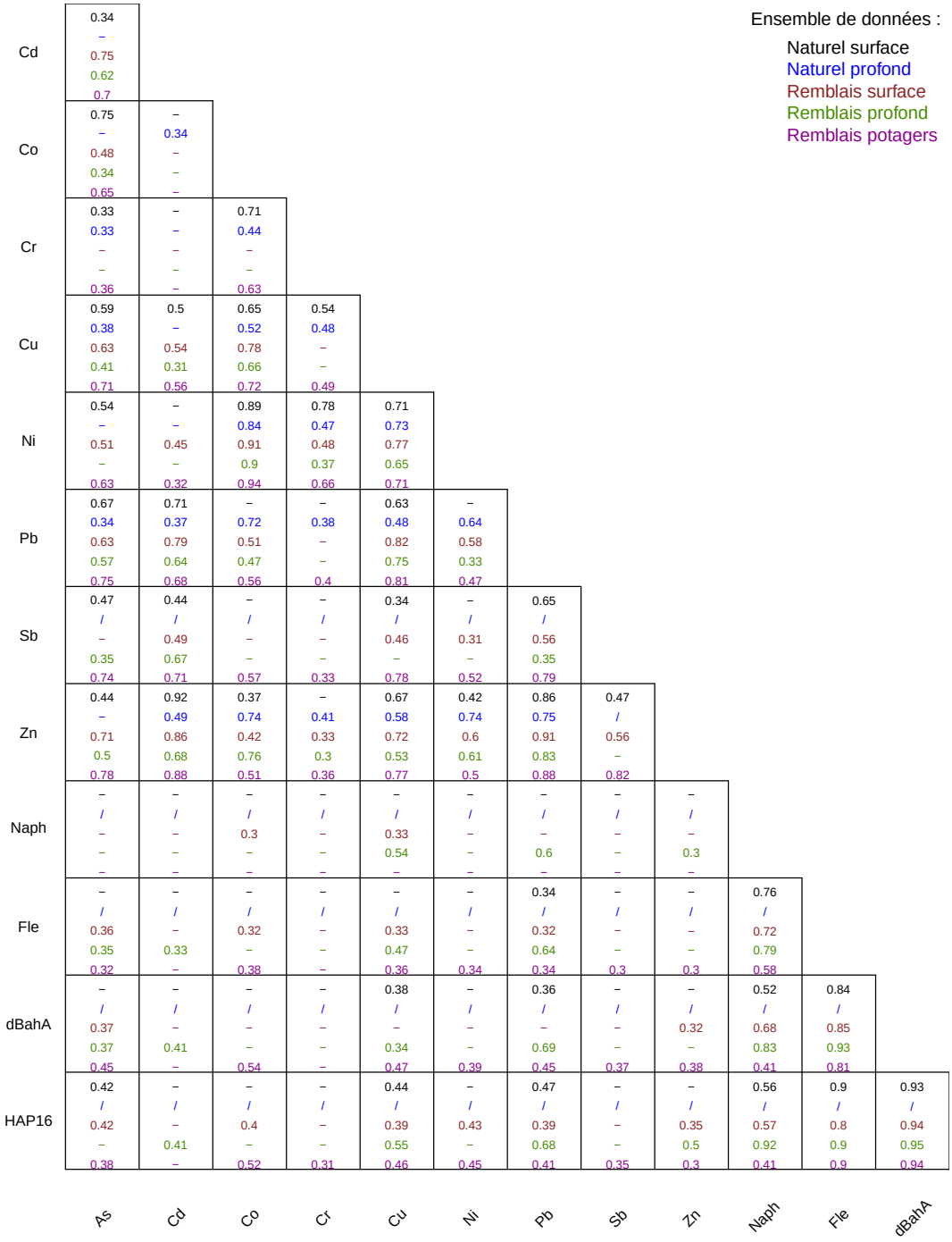
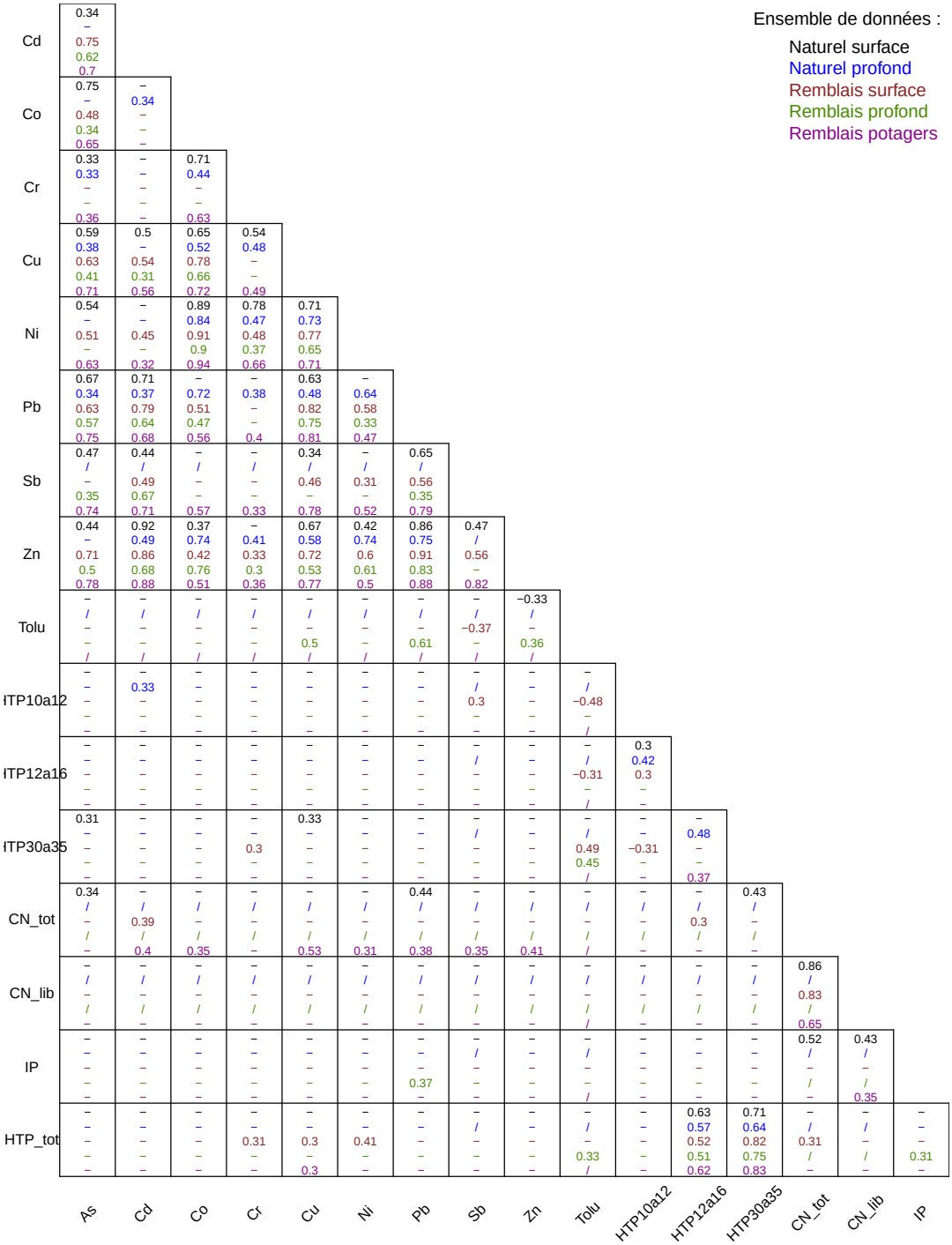


TABLE 8.63 – Coefficients de corrélations entre polluants inorganiques et polluants organiques dans les 5 sous-jeux de données



Annexe 4 : Résultats cartographiques

Carte A3 : Carte de concentration de fond en polluant dans les sols ;

- **A3wal :** Carte de concentration de fond en polluant dans les sols de Wallonie ;
- **A3zone :** Carte de concentration de fond en polluant dans les sols des zones d'étude ;

Carte A4 : Carte de concentration qui a une probabilité inférieure à 5% d'être dépassée ;

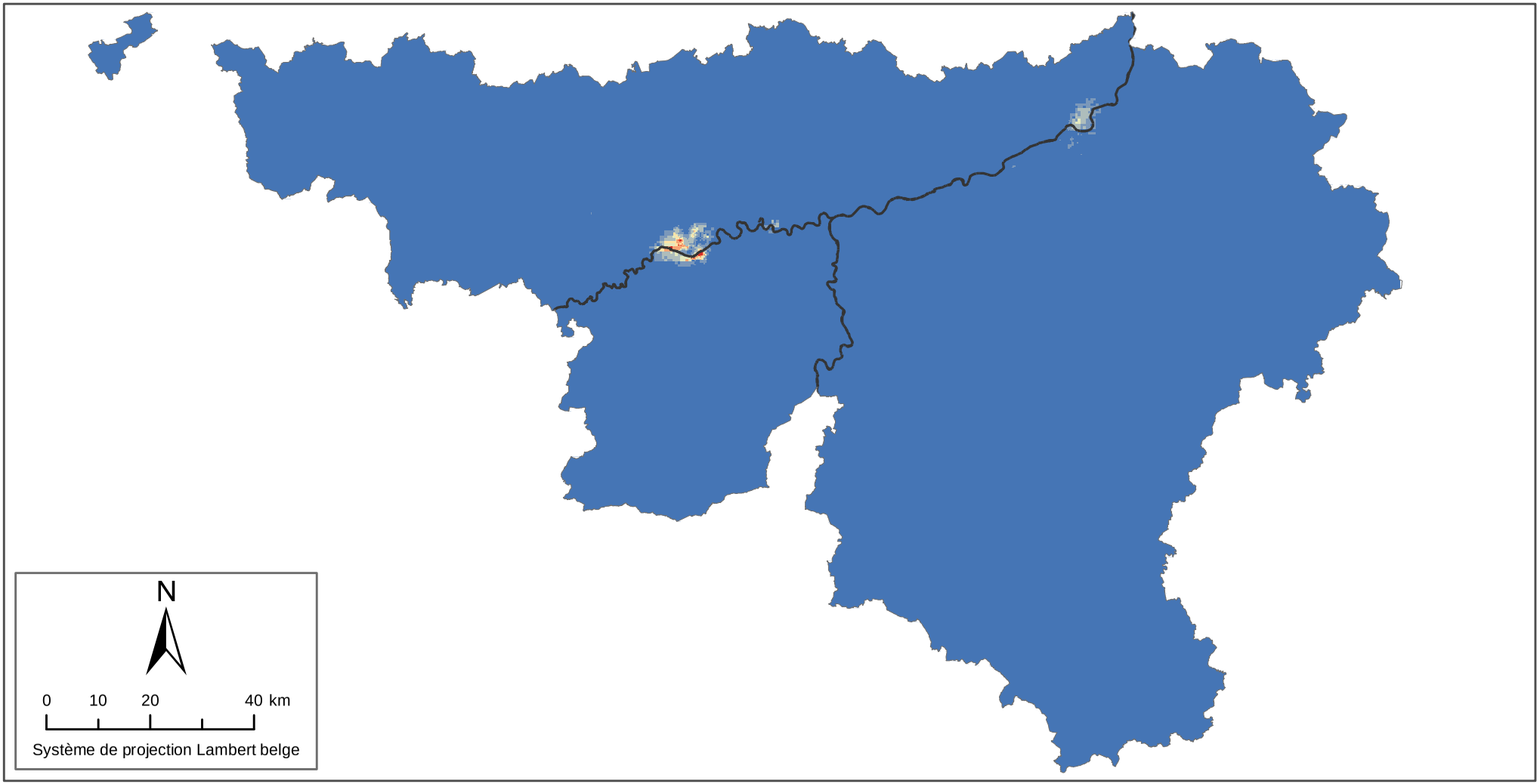
- **A4wal :** Carte de concentration qui a une probabilité inférieure à 5% d'être dépassée dans les sols de Wallonie ;
- **A4zone :** Carte de concentration qui a une probabilité inférieure à 5% d'être dépassée dans les sols des zones d'étude ;

Carte A5 : Concentration dans les sols aux points d'échantillonnage POLLUSOL 2 retenus pour la cartographie ;

Carte A6 : Carte de concentration de fond en polluant dans les sols par rapport aux valeurs normatives du Décret « sols ».

Les cartes disponibles (*cf.* section 6.3.4) sont indiquées par un « OUI » dans le tableau suivant :

	Polluant	A3wal	A3zone	A4wal	A4zone	A5	A6
ETM	As	OUI	OUI	OUI	OUI	\	\
	Ba	\	OUI	\	OUI	\	\
	Be	\	OUI	\	OUI	\	\
	Cd	OUI	OUI	OUI	OUI	\	OUI
	Co	OUI	OUI	OUI	OUI	\	\
	Cr	OUI	OUI	OUI	OUI	\	\
	CrVI	\	\	\	\	OUI	\
	Cu	OUI	OUI	OUI	OUI	\	\
	Hg	OUI	OUI	OUI	OUI	\	\
	Mo	\	\	\	\	OUI	\
	Ni	OUI	OUI	OUI	OUI	\	\
	Pb	OUI	OUI	OUI	OUI	\	OUI
	Sb	\	OUI	\	OUI	\	\
	Se	\	\	\	\	OUI	\
	Sn	\	OUI	\	OUI	\	\
	Tl	\	\	\	\	OUI	\
	Zn	OUI	OUI	OUI	OUI	\	OUI
HAP	Naph	OUI	OUI	OUI	OUI	\	\
	Ace	OUI	OUI	OUI	OUI	\	\
	Fle	OUI	OUI	OUI	OUI	\	\
	Phen	OUI	OUI	OUI	OUI	\	\
	Ant	OUI	OUI	OUI	OUI	\	\
	Fla	OUI	OUI	OUI	OUI	\	\
	Pyr	OUI	OUI	OUI	OUI	\	\
	BaA	OUI	OUI	OUI	OUI	\	\
	Chrys	OUI	OUI	OUI	OUI	\	\
	BbF	OUI	OUI	OUI	OUI	\	OUI
	BkF	OUI	OUI	OUI	OUI	\	\
	BaP	OUI	OUI	OUI	OUI	\	\
	dBahA	OUI	OUI	OUI	OUI	\	\
	Bghip	OUI	OUI	OUI	OUI	\	\
	I123cdP	OUI	OUI	OUI	OUI	\	OUI
	HAP10	OUI	OUI	OUI	OUI	\	\
	HAP16	OUI	OUI	OUI	OUI	\	\
Autres polllu. organiques	HTP10a12	\	\	\	\	OUI	\
	HTP12a16	\	\	\	\	OUI	\
	HTP16a21	\	\	\	\	OUI	\
	HTP21a30	\	\	\	\	OUI	\
	HTP30a35	\	\	\	\	OUI	\
	HTP35a40	\	\	\	\	OUI	\
	HTP_tot	\	\	\	\	OUI	\
	EOX	\	\	\	\	OUI	\
	CN_tot	OUI	OUI	OUI	OUI	\	\
	CN_lib	\	OUI	\	OUI	OUI	\
	CN_ncd	\	\	\	\	OUI	\
	IP	\	OUI	\	OUI	\	\
	Tolu	\	OUI	\	OUI	\	\
	EBen	\	\	\	\	OUI	\
	Ben	\	\	\	\	OUI	\
	Styr	\	\	\	\	OUI	\
	oXyl	\	\	\	\	OUI	\
	mpXyl	\	\	\	\	OUI	\
	Xyl_tot	\	\	\	\	OUI	\
	BTEX	\	\	\	\	OUI	\
	EOX	\	\	\	\	OUI	\



Carte A3wal_Ace : Acénaphtène (Ace) : concentrations de fond dans les sols de Wallonie

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en Ace (mg/kg matière sèche)

- < 0.010 (LQ)
- 0.011 - 0.015
- 0.016 - 0.020
- 0.021 - 0.025
- 0.026 - 0.030
- 0.031 - 0.035
- 0.036 - 0.040
- 0.041 - 0.058

Escaut, Sambre ou Meuse

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

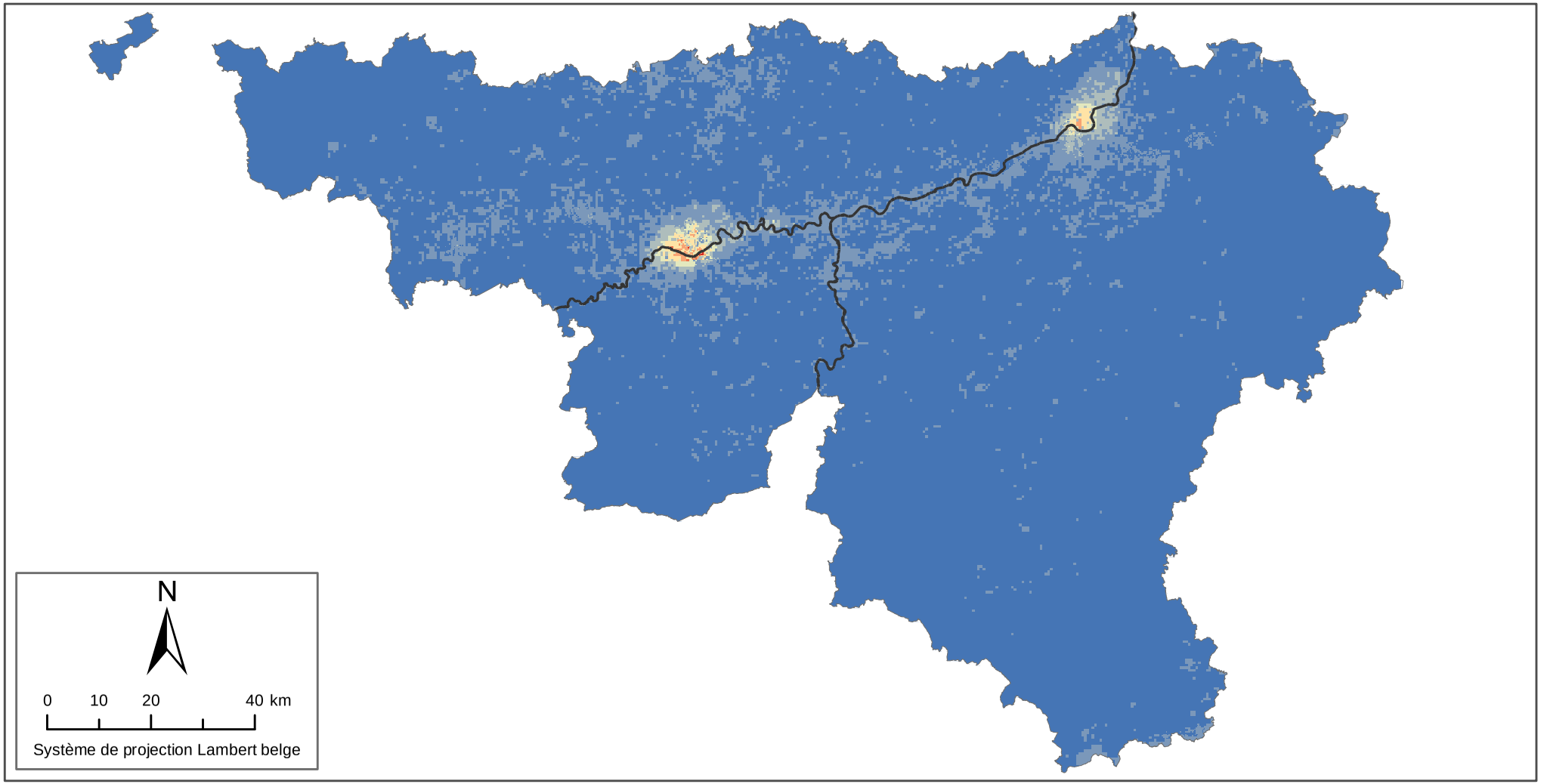
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

UCL Université catholique de Louvain

EARTH & LIFE INSTITUTE



Carte A3wal_Ant : Anthracène (Ant) : concentrations de fond dans les sols de Wallonie

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en Ant (mg/kg matière sèche)

- < 0.01 (LQ)
- 0.02 - 0.03
- 0.04 - 0.05
- 0.06 - 0.07
- 0.08 - 0.09
- 0.10 - 0.11
- 0.12 - 0.13
- 0.14 - 0.18

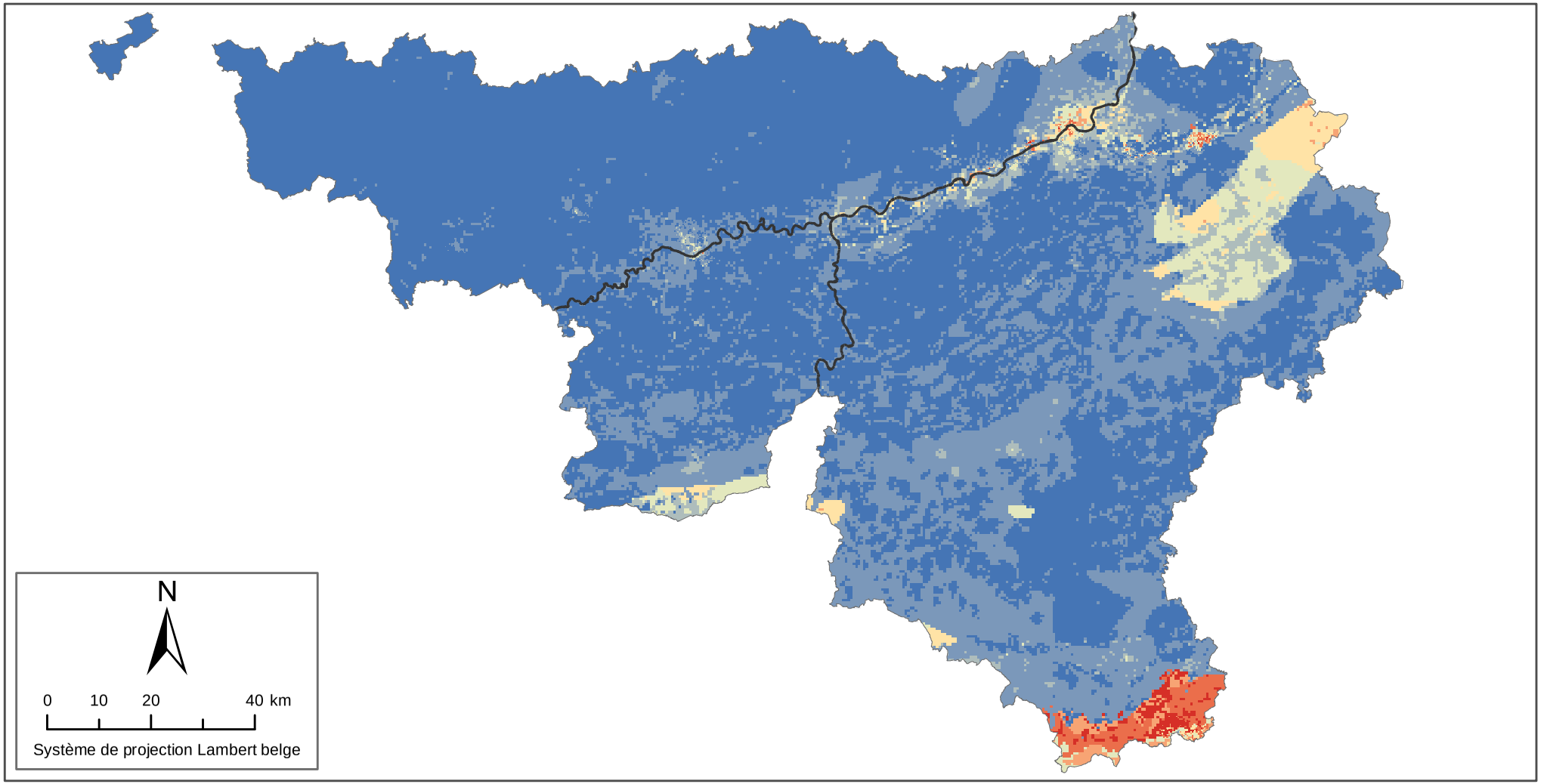
Escaut, Sambre ou Meuse

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)



Carte A3wal_As : Arsenic (As) : concentrations de fond dans les sols de Wallonie

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en As (mg/kg matière sèche)

- < 10 (LQ)
- 11 - 13
- 14 - 16
- 17 - 19
- 20 - 22
- 23 - 25
- 26 - 40
- 41 - 121

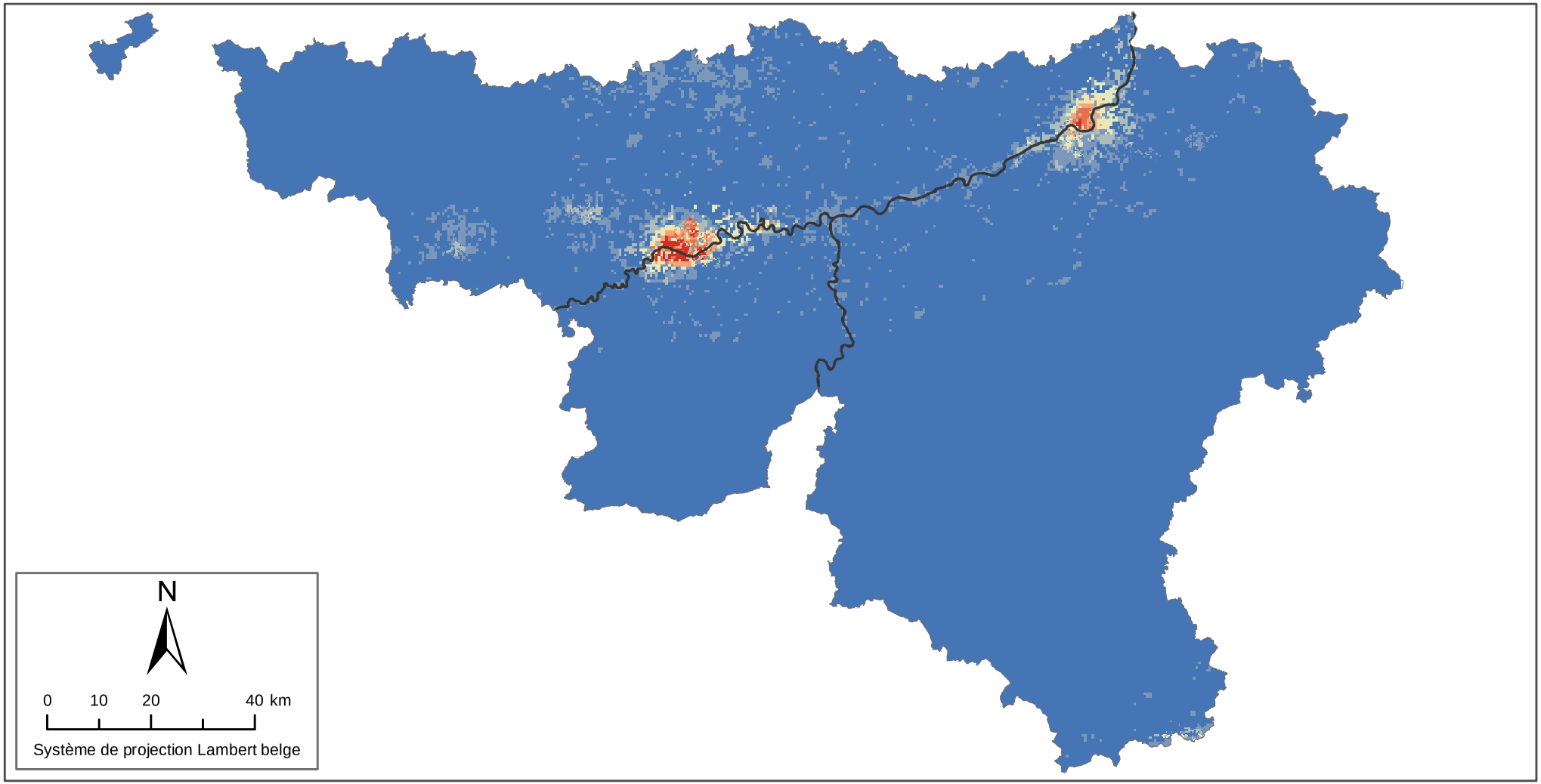
Escaut, Sambre ou Meuse

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)



Carte A3wal_BaA : Benzo[a]anthracène (BaA) : concentrations de fond dans les sols de Wallonie

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en BaA (mg/kg matière sèche)

- < 0.01 - 0.10
- 0.11 - 0.20
- 0.21 - 0.30
- 0.31 - 0.40
- 0.41 - 0.50
- 0.51 - 0.60
- 0.61 - 0.70
- 0.71 - 1.51

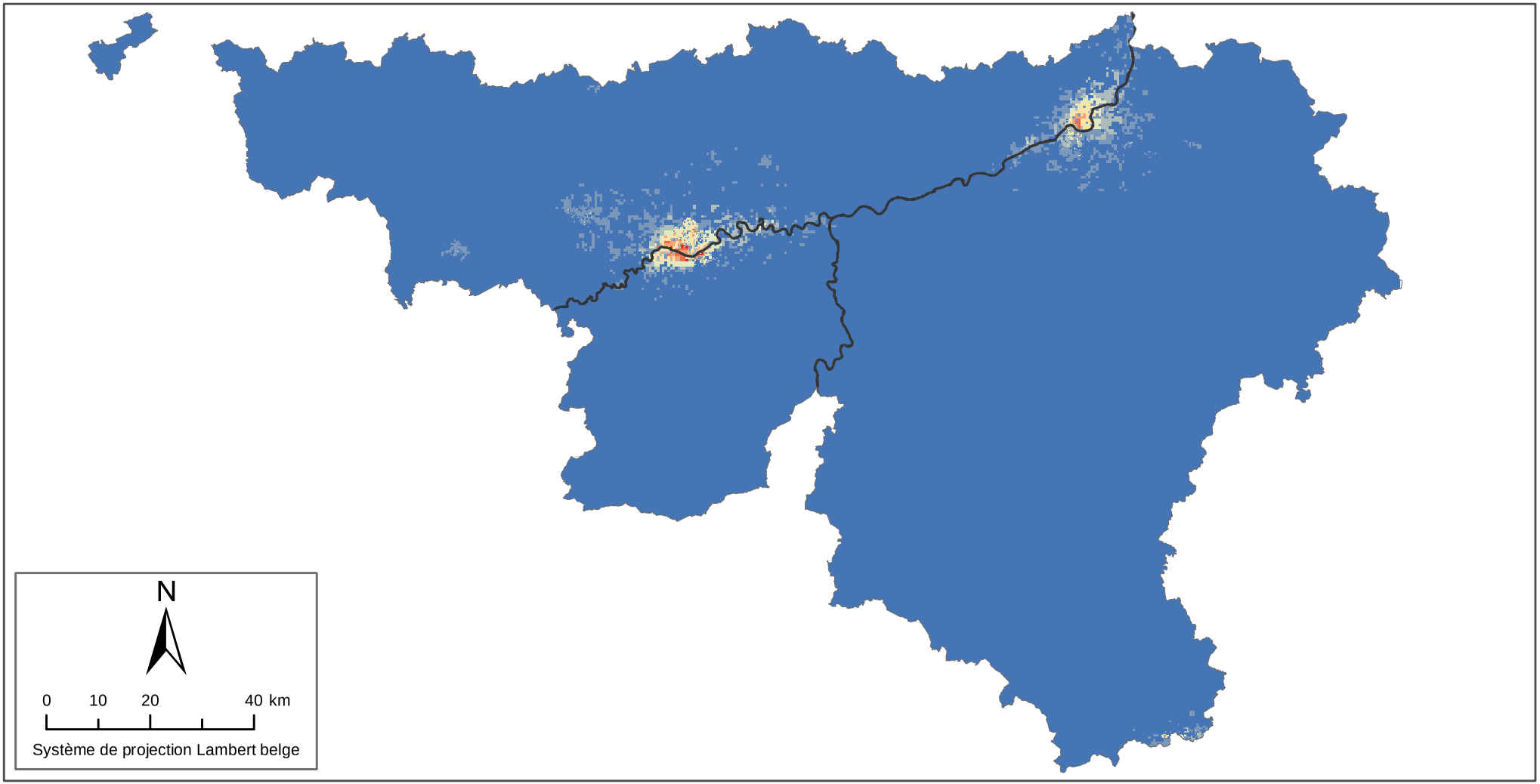
Escaut, Sambre ou Meuse

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)



Carte A3wal_BaP : Benzo[a]pyrène (BaP) : concentrations de fond dans les sols de Wallonie

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en BaP (mg/kg matière sèche)

- < 0.01 - 0.15
- 0.16 - 0.30
- 0.31 - 0.45
- 0.46 - 0.60
- 0.61 - 0.75
- 0.76 - 0.90
- 0.91 - 1.05
- 1.06 - 2.15

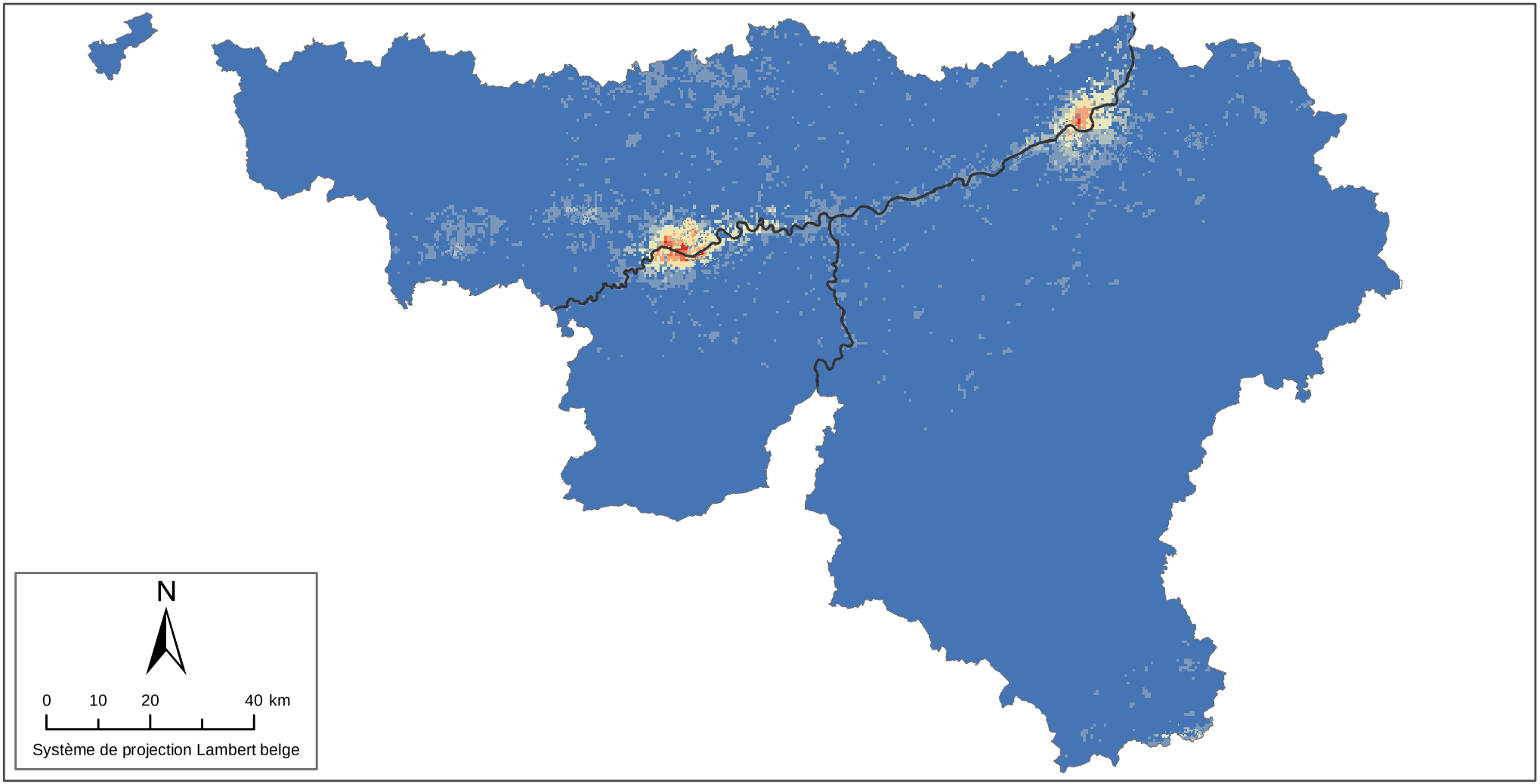
Escaut, Sambre ou Meuse

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)



Carte A3wal_BbF : Benzo[b]fluoranthène (BbF) : concentrations de fond dans les sols de Wallonie

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en BbF (mg/kg matière sèche)

0.02 - 0.15	0.61 - 0.75
0.16 - 0.30	0.76 - 0.90
0.31 - 0.45	0.91 - 1.05
0.46 - 0.60	1.06 - 1.81

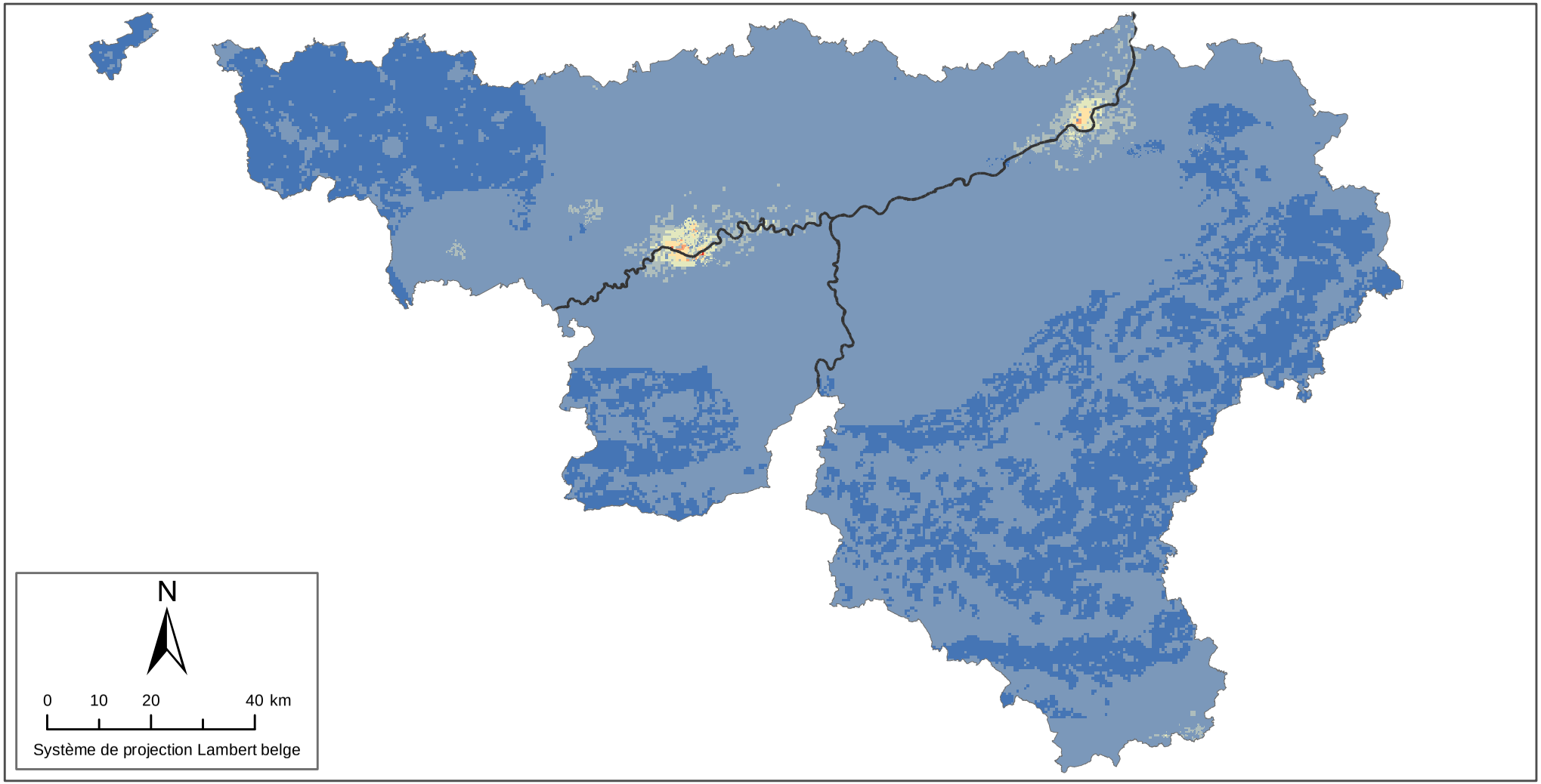
Escaut, Sambre ou Meuse

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)



Carte A3wal_Bghip : Benzo[g,h,i]pérylène (Bghip) : concentrations de fond dans les sols de Wallonie

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en Bghip (mg/kg matière sèche)

- < 0.01 (LQ)
- 0.02 - 0.15
- 0.16 - 0.30
- 0.31 - 0.45
- 0.46 - 0.60
- 0.61 - 0.75
- 0.76 - 0.90
- 0.91 - 0.98

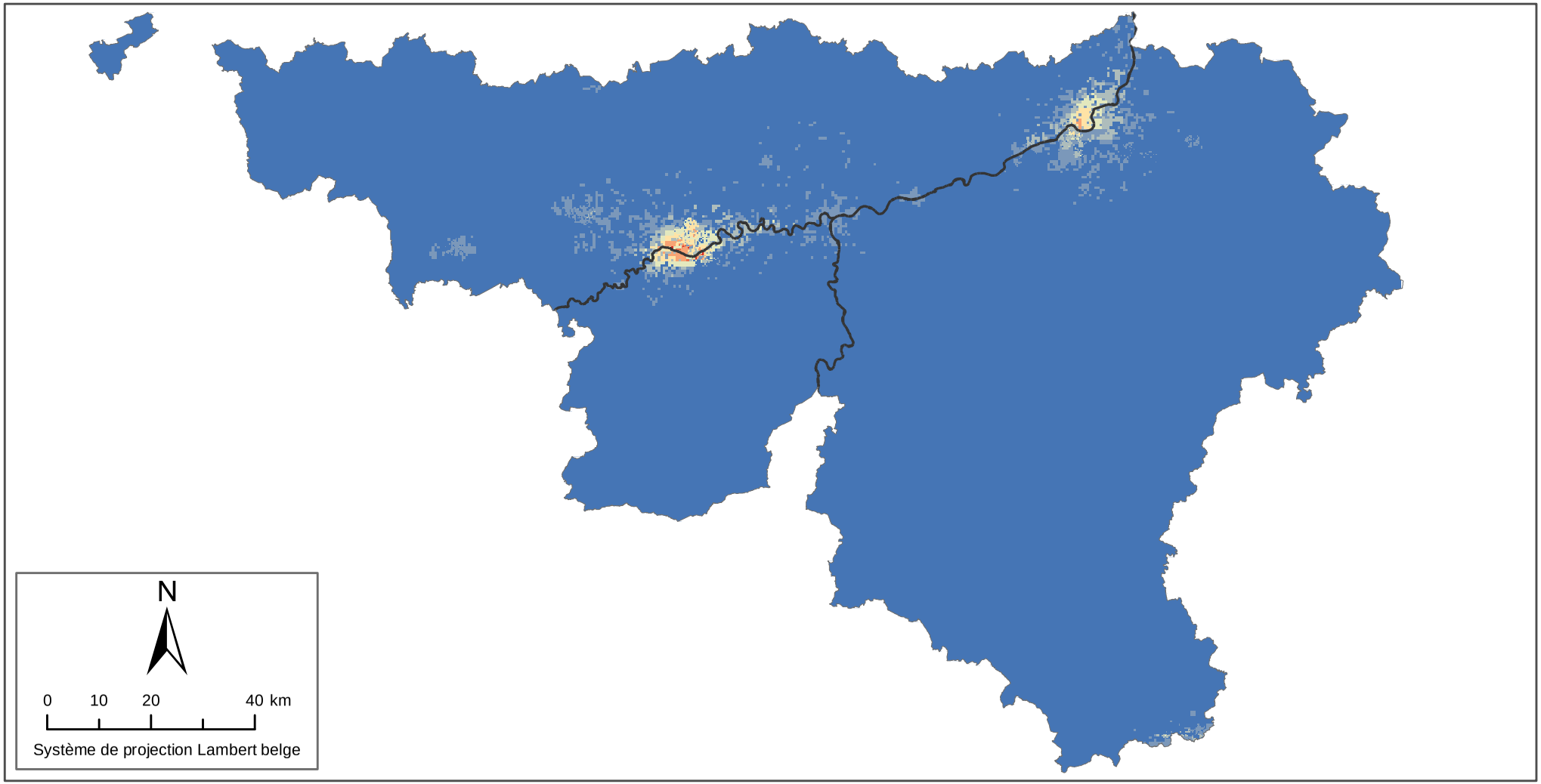
Escaut, Sambre ou Meuse

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)



Carte A3wal_BkF : Benzo[k]fluoranthène (BkF) : concentrations de fond dans les sols de Wallonie

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en BkF (mg/kg matière sèche)

- 0.01 - 0.08
- 0.09 - 0.16
- 0.17 - 0.24
- 0.25 - 0.32
- 0.33 - 0.40
- 0.41 - 0.48
- 0.49 - 0.56
- 0.57 - 1.01

Escaut, Sambre ou Meuse

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

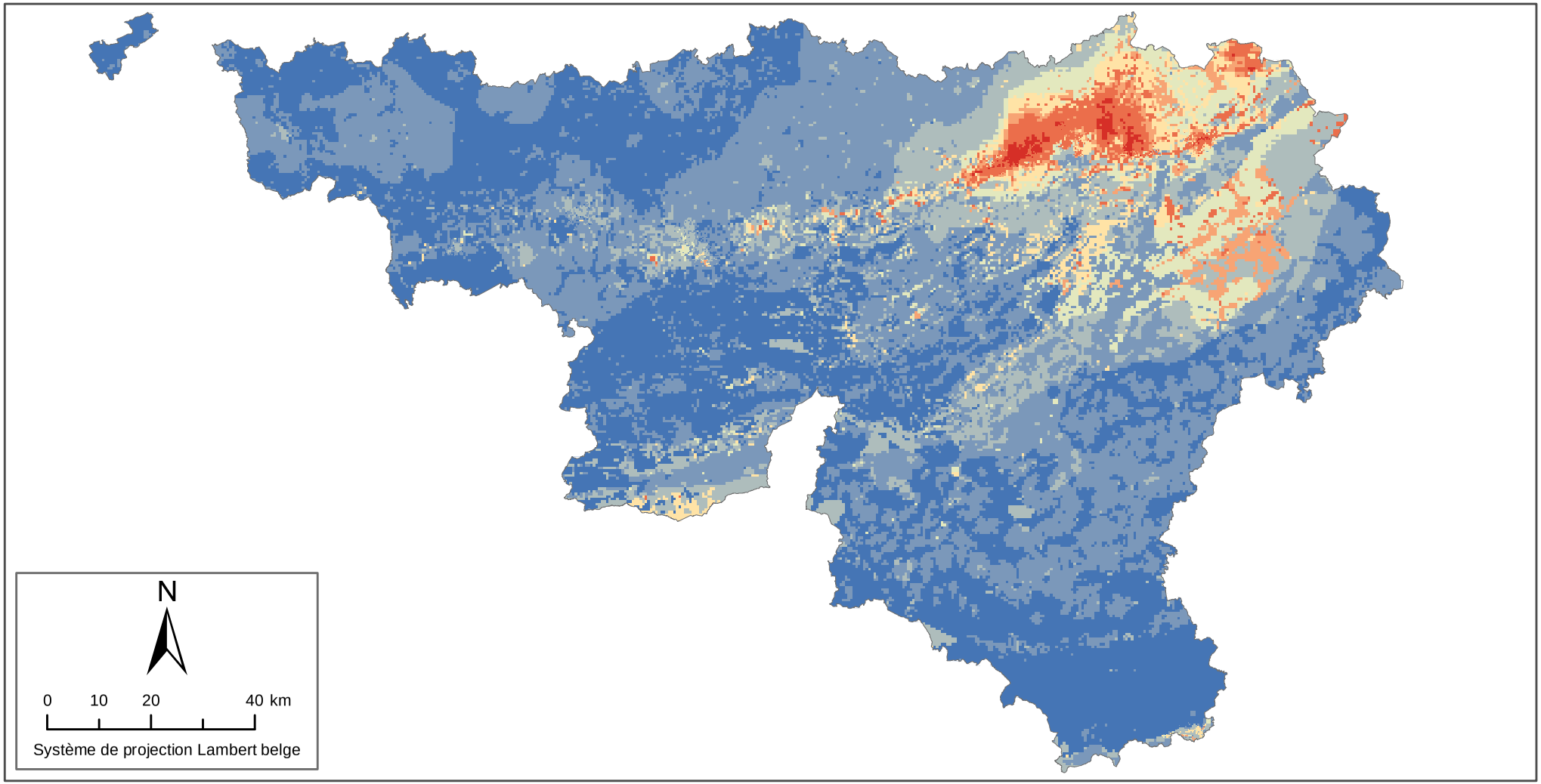
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

UCL Université catholique de Louvain

EARTH & LIFE INSTITUTE



Carte A3wal_Cd : Cadmium (Cd) : concentrations de fond dans les sols de Wallonie

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en Cd (mg/kg matière sèche)

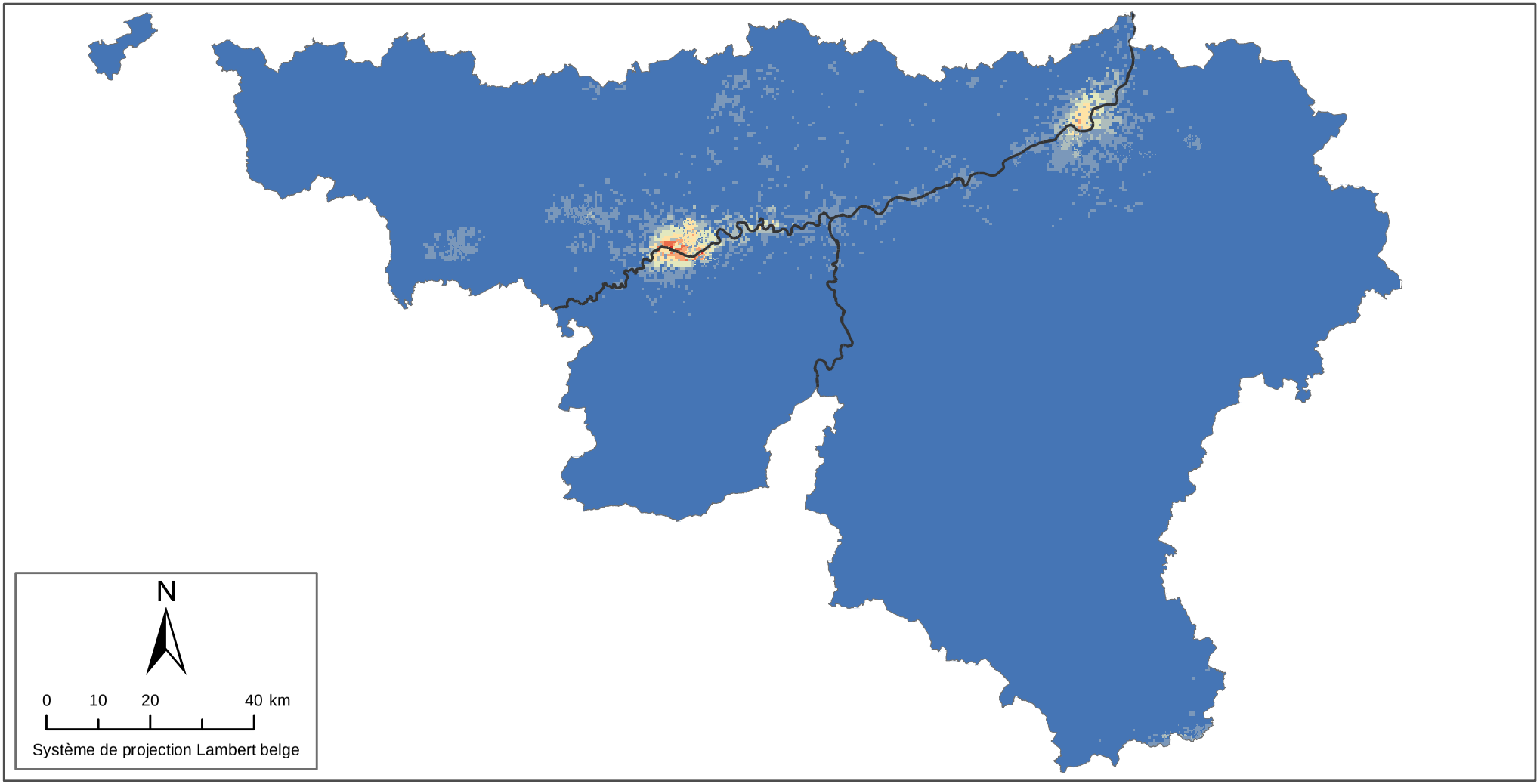
- < 0.4 (LQ)
- 0.5 - 0.6
- 0.7 - 0.8
- 0.9 - 1.0
- 1.1 - 1.5
- 1.6 - 2.0
- 2.1 - 5.0
- 5.1 - 21.4

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)



Carte A3wal_Chrys : Chrysène (Chrys) : concentrations de fond dans les sols de Wallonie

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en Chrys (mg/kg matière sèche)

- < 0.01 - 0.15
- 0.16 - 0.30
- 0.31 - 0.45
- 0.46 - 0.60
- 0.61 - 0.75
- 0.76 - 0.90
- 0.91 - 1.05
- 1.06 - 1.66

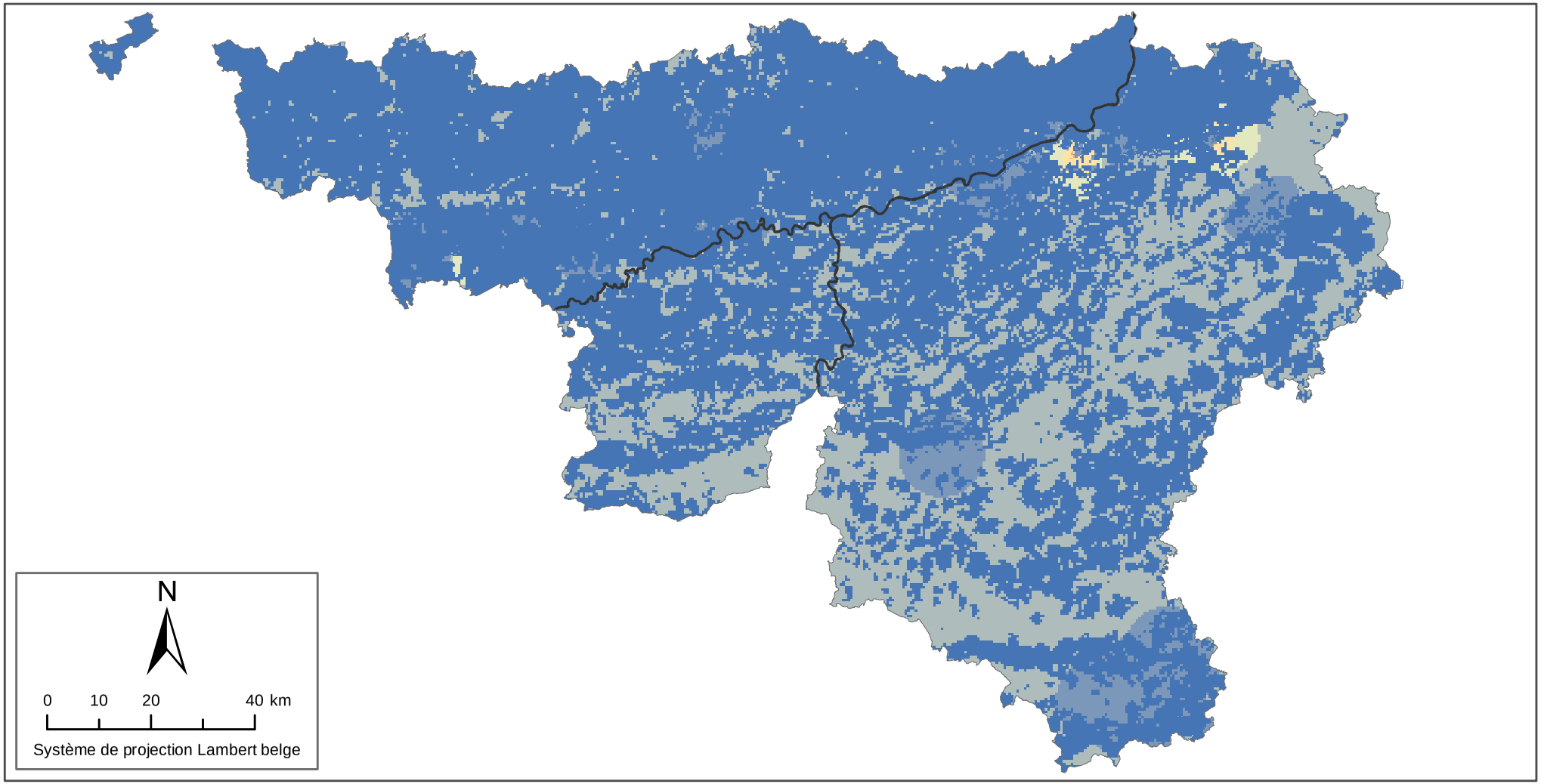
Escaut, Sambre ou Meuse

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)



Carte A3wal_CN_tot : Cyanures totaux (CN_tot) : concentrations de fond dans les sols de Wallonie

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en CN_tot (mg/kg matière sèche)

- < 1.00 (LQ)
- 1.01 - 1.25
- 1.26 - 1.50
- 1.51 - 1.75
- 1.76 - 2.00
- 2.01 - 2.12
- /
- /

Escaut, Sambre ou Meuse

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

* Selon l'US-EPA (U.S. Environmental Protection Agency)

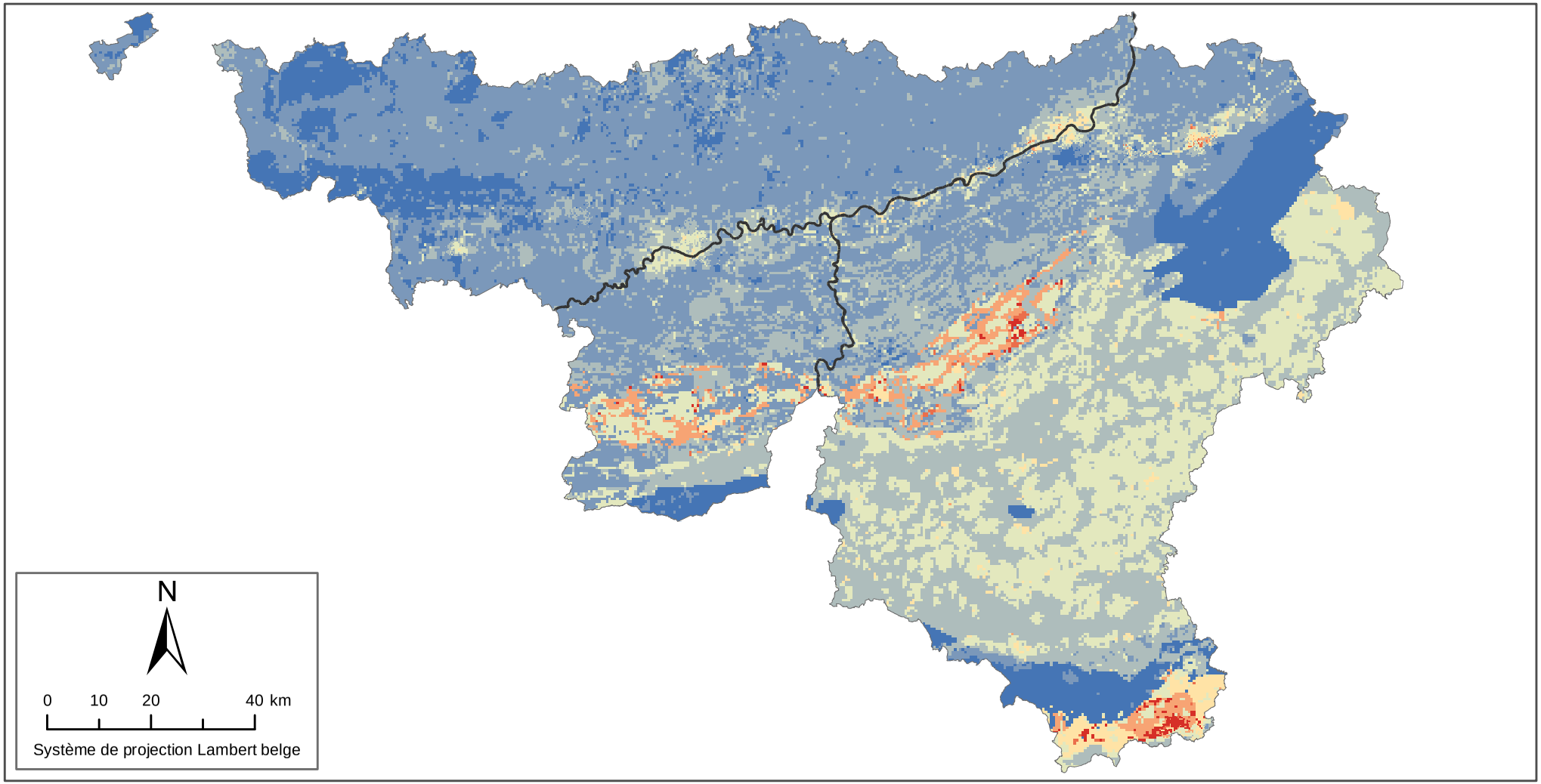
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

UCL Université catholique de Louvain

EARTH & LIFE INSTITUTE



Carte A3wal_Co : Cobalt (Co) : concentrations de fond dans les sols de Wallonie

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en Co (mg/kg matière sèche)

- 1 - 7
- 8 - 10
- 11 - 13
- 14 - 16
- 17 - 19
- 20 - 22
- 23 - 25
- 26 - 58

Escaut, Sambre ou Meuse

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

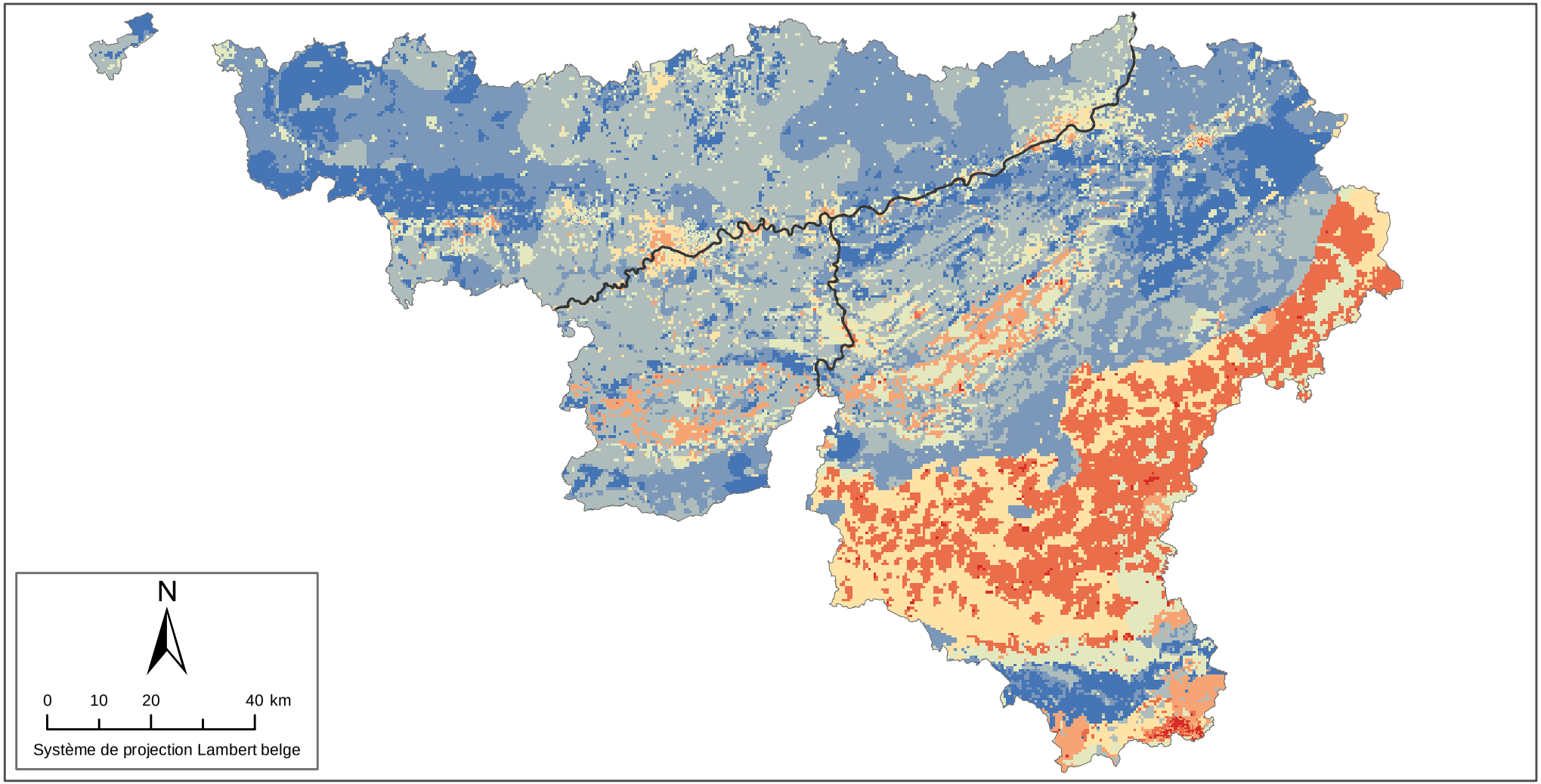
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

UCL Université catholique de Louvain

EARTH & LIFE INSTITUTE



Carte A3wal_Cr : Chrome (Cr) : concentrations de fond dans les sols de Wallonie

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en Cr (mg/kg matière sèche)

- 13 - 25
- 26 - 30
- 31 - 35
- 36 - 40
- 41 - 45
- 46 - 55
- 56 - 65
- 66 - 102

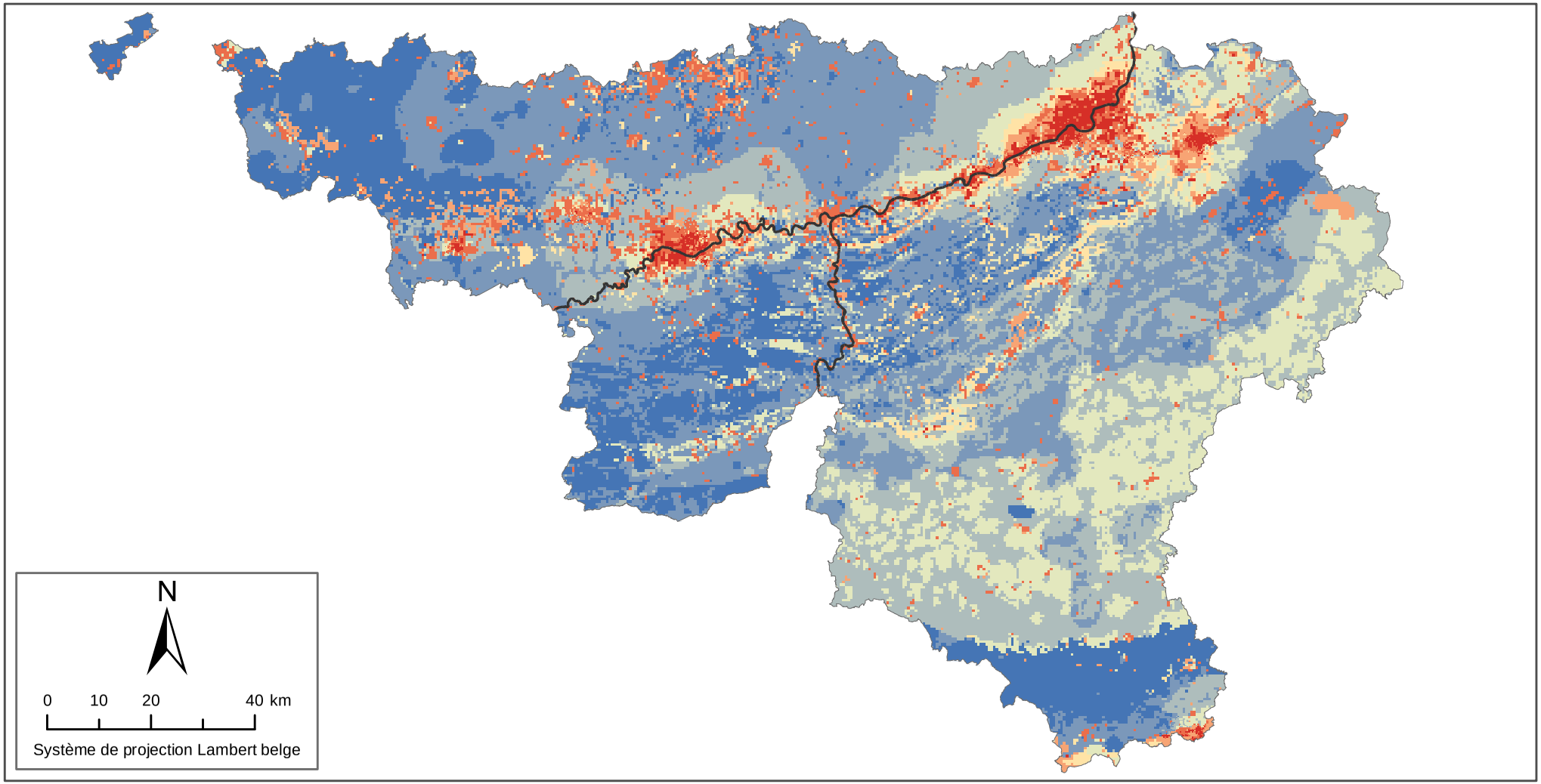
Escaut, Sambre ou Meuse

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)



Carte A3wal_Cu : Cuivre (Cu) : concentrations de fond dans les sols de Wallonie

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en Cu (mg/kg matière sèche)

- 3 - 12
- 13 - 14
- 15 - 16
- 17 - 18
- 19 - 20
- 21 - 30
- 31 - 50
- 51 - 110

Escaut, Sambre ou Meuse

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

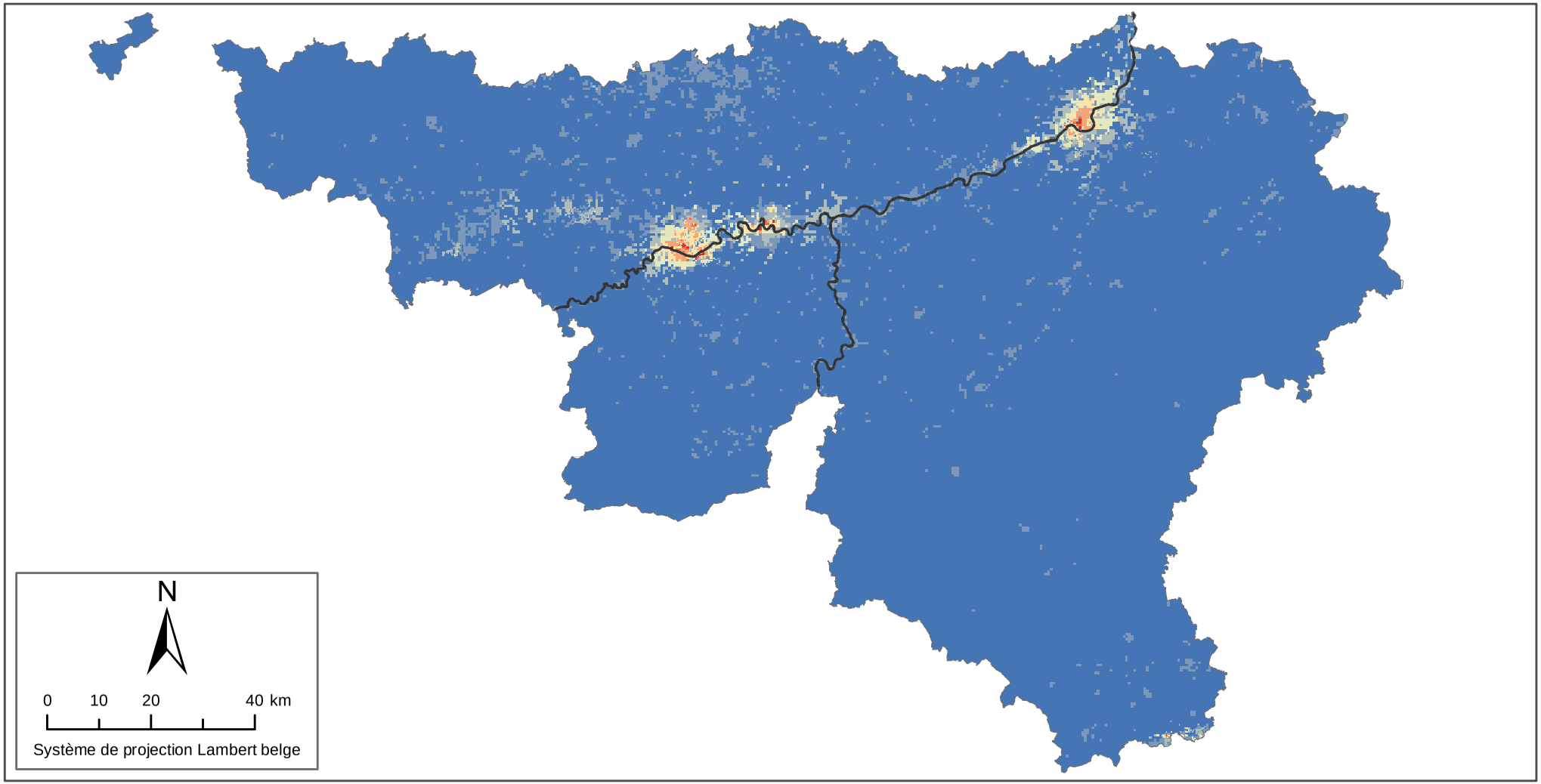
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

UCL Université catholique de Louvain

EARTH & LIFE INSTITUTE



Carte A3wal_dBaHA : Dibenzo[a,h]anthracène (dBaHA) : concentrations de fond dans les sols de Wallonie

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en dBaHA (mg/kg matière sèche)

- < 0.010 (LQ)
- 0.011 - 0.020
- 0.021 - 0.040
- 0.041 - 0.060
- 0.061 - 0.080
- 0.081 - 0.100
- 0.101 - 0.120
- 0.121 - 0.254

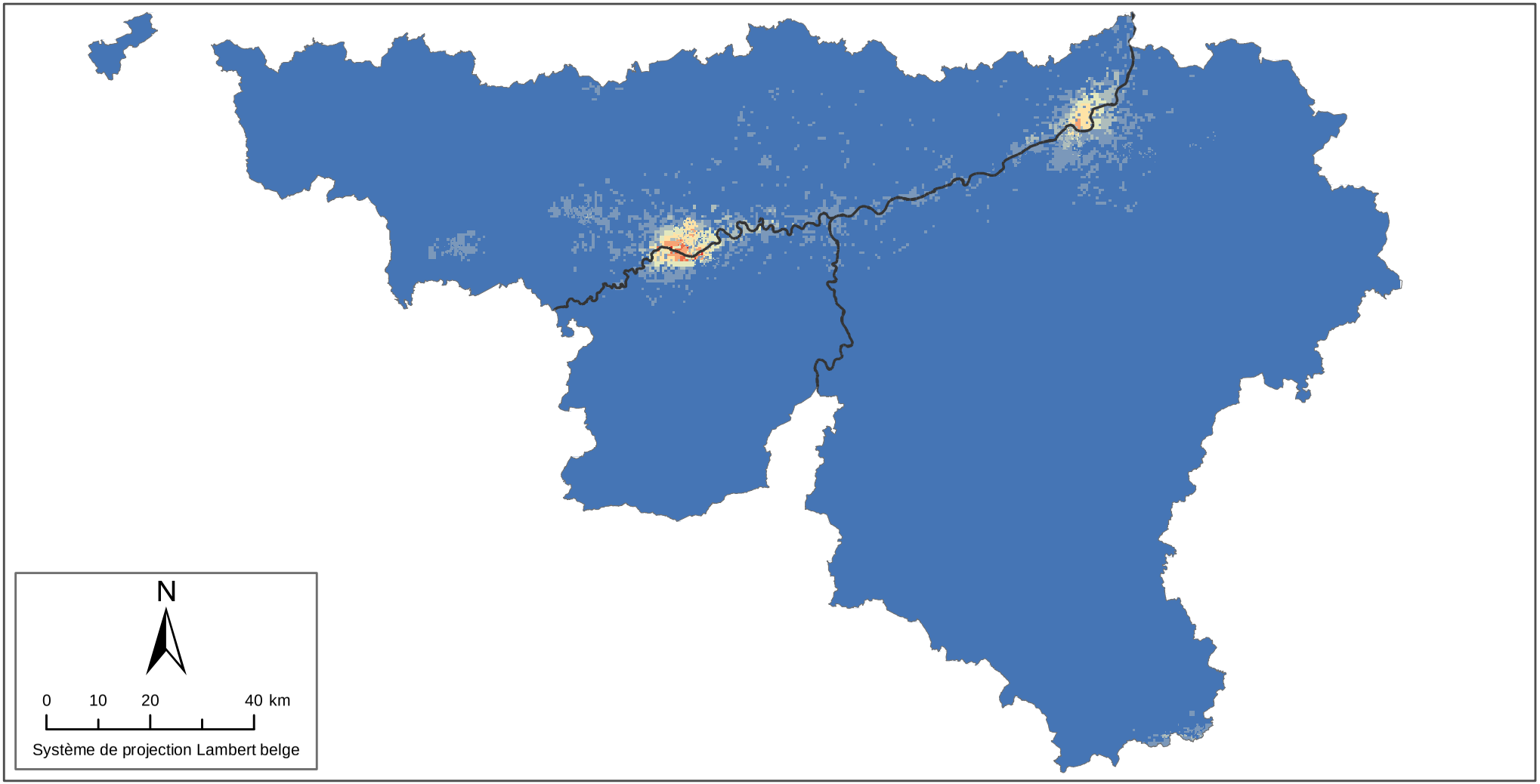
Escaut, Sambre ou Meuse

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)



Carte A3wal_Fla : Fluoranthène (Fla) : concentrations de fond dans les sols de Wallonie

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en Fla (mg/kg matière sèche)

- 0.02 - 0.30
- 0.31 - 0.60
- 0.61 - 0.90
- 0.91 - 1.20
- 1.21 - 1.50
- 1.51 - 1.80
- 1.81 - 2.10
- 2.11 - 4.15

Escaut, Sambre ou Meuse

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

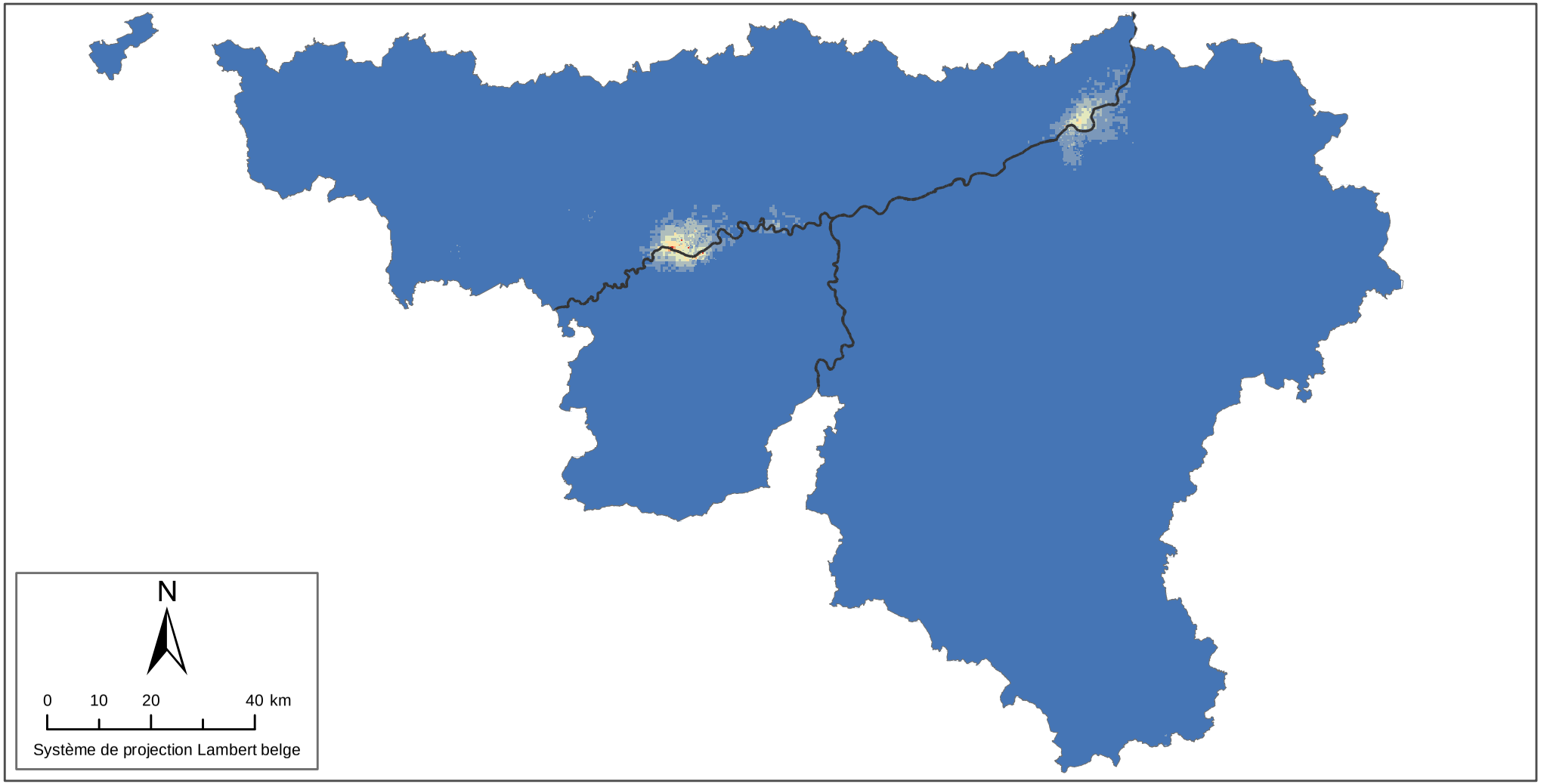
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

UCL Université catholique de Louvain

EARTH & LIFE INSTITUTE



Carte A3wal_Fle : Fluorène (Fle) : concentrations de fond dans les sols de Wallonie

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en Fle (mg/kg matière sèche)

- < 0.010 (LQ)
- 0.011 - 0.020
- 0.021 - 0.030
- 0.031 - 0.040
- 0.041 - 0.050
- 0.051 - 0.060
- 0.061 - 0.070
- 0.071 - 0.102

Escaut, Sambre ou Meuse

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

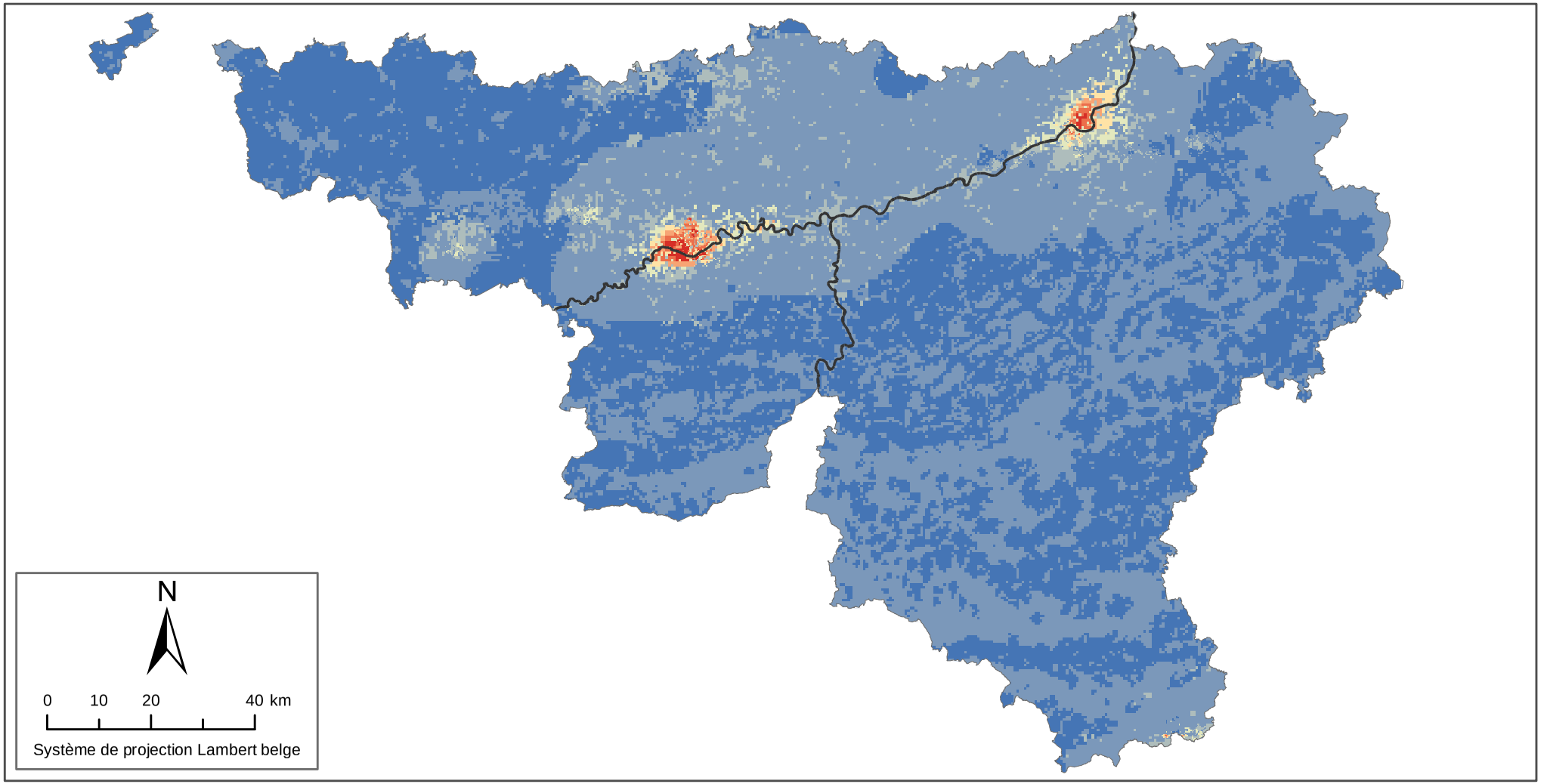
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

UCL Université catholique de Louvain

EARTH & LIFE INSTITUTE



Carte A3wal_HAP10 : 10 HAP prioritaires* (HAP10) : concentrations de fond dans les sols de Wallonie

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en HAP10 (mg/kg matière sèche)

- < 0.2 (LQ)
- 0.3 - 1.0
- 1.1 - 2.0
- 2.1 - 3.0
- 3.1 - 4.0
- 4.1 - 5.0
- 5.1 - 6.0
- 6.1 - 13.6

Escaut, Sambre ou Meuse

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

* Selon le VROM (Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Mileubeheer)

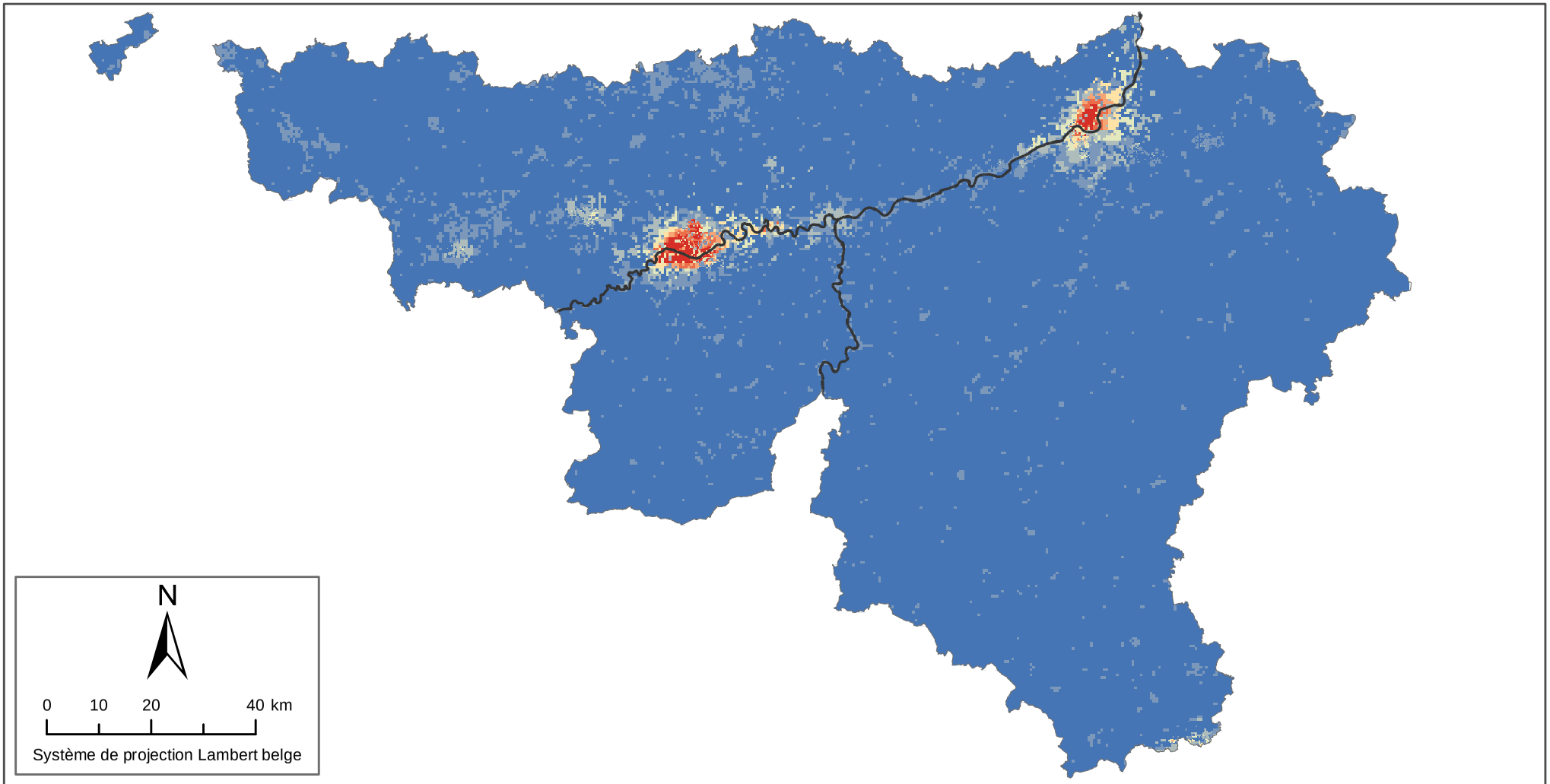
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

UCL Université catholique de Louvain

EARTH & LIFE INSTITUTE



Carte A3wal_HAP16 : 16 HAP prioritaires* (HAP16) : concentrations de fond dans les sols de Wallonie

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en HAP16 (mg/kg matière sèche)

- 0.1 - 1.0
- 1.1 - 2.0
- 2.1 - 3.0
- 3.1 - 4.0
- 4.1 - 5.0
- 5.1 - 6.0
- 6.1 - 7.0
- 7.1 - 17.1

Escaut, Sambre ou Meuse

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

* Selon l'US-EPA (U.S. Environmental Protection Agency)

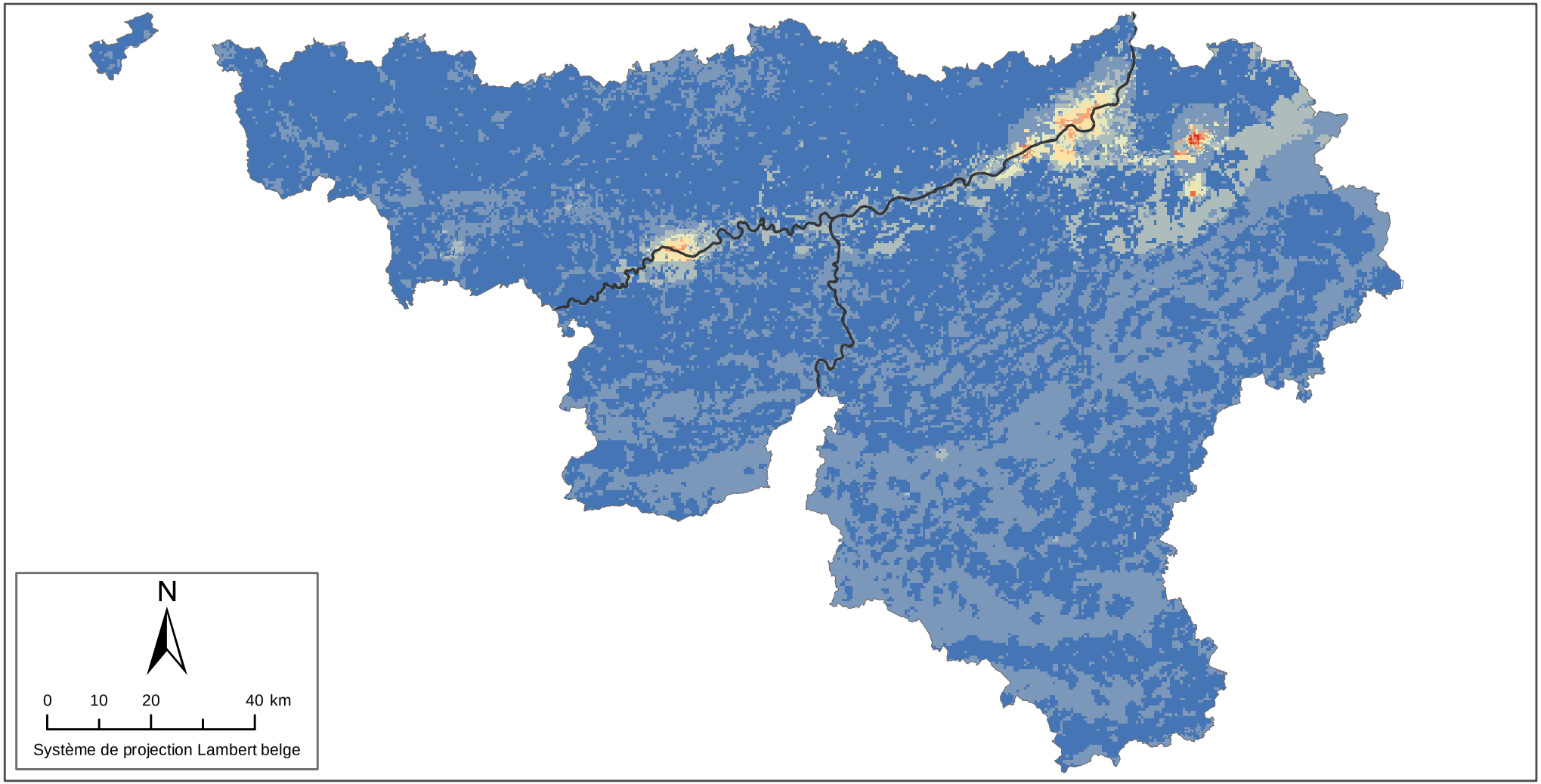
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

UCL Université catholique de Louvain

EARTH & LIFE INSTITUTE



Carte A3wal_Hg : Mercure (Hg) : concentrations de fond dans les sols de Wallonie

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en Hg (mg/kg matière sèche)

- < 0.10 (LQ)
- 0.11 - 0.18
- 0.19 - 0.26
- 0.27 - 0.34
- 0.35 - 0.42
- 0.43 - 0.50
- 0.51 - 0.58
- 0.59 - 0.80

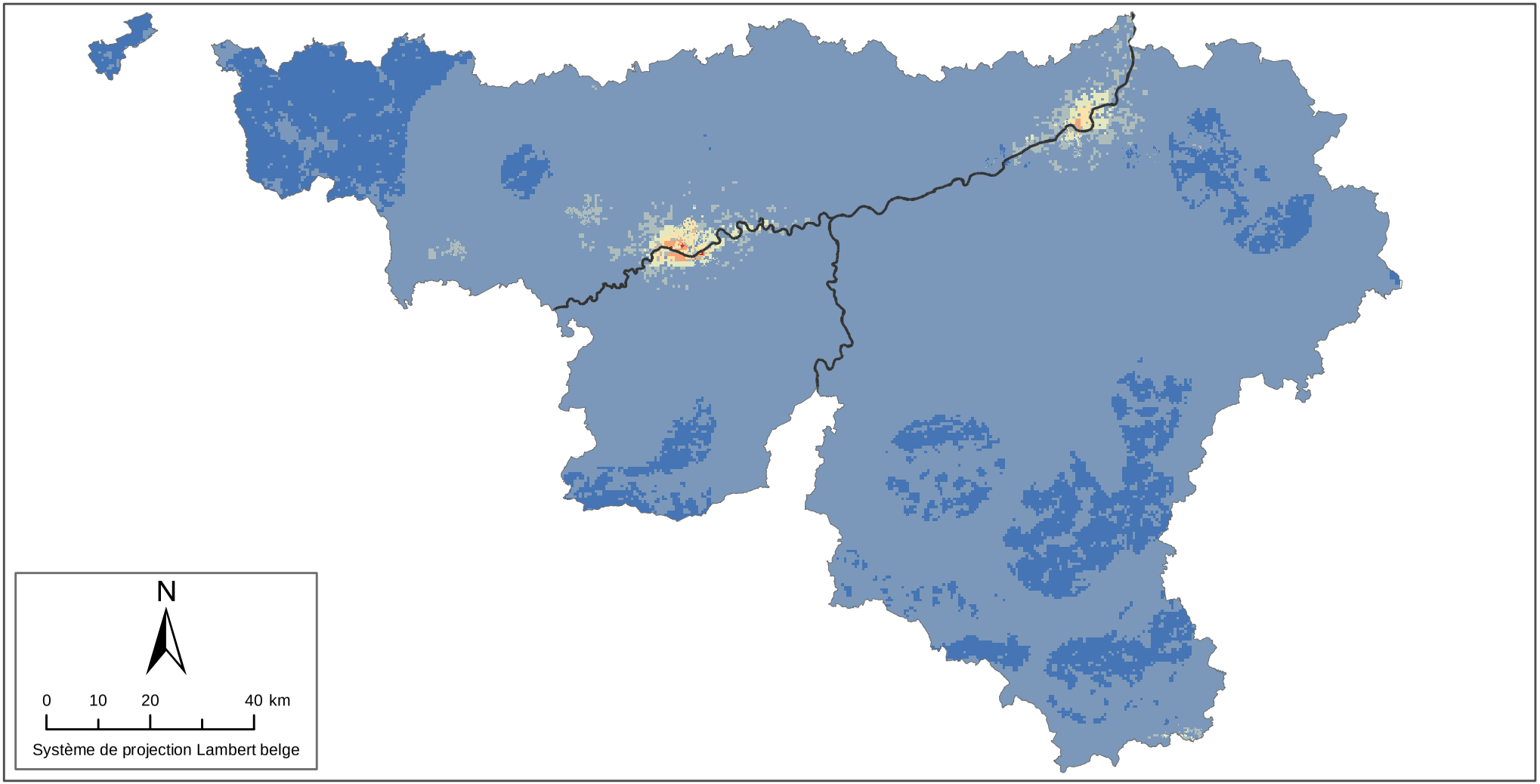
Escaut, Sambre ou Meuse

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)



Carte A3wal_I123cdP : Indeno(1,2,3-c,d)pyrène (I123cdP) : concentrations de fond dans les sols de Wallonie

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en I123cdP (mg/kg matière sèche)

- < 0.01 (LQ)
- 0.02 - 0.15
- 0.16 - 0.30
- 0.31 - 0.45
- 0.46 - 0.60
- 0.61 - 0.75
- 0.76 - 0.90
- 0.91 - 1.27

Escaut, Sambre ou Meuse

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

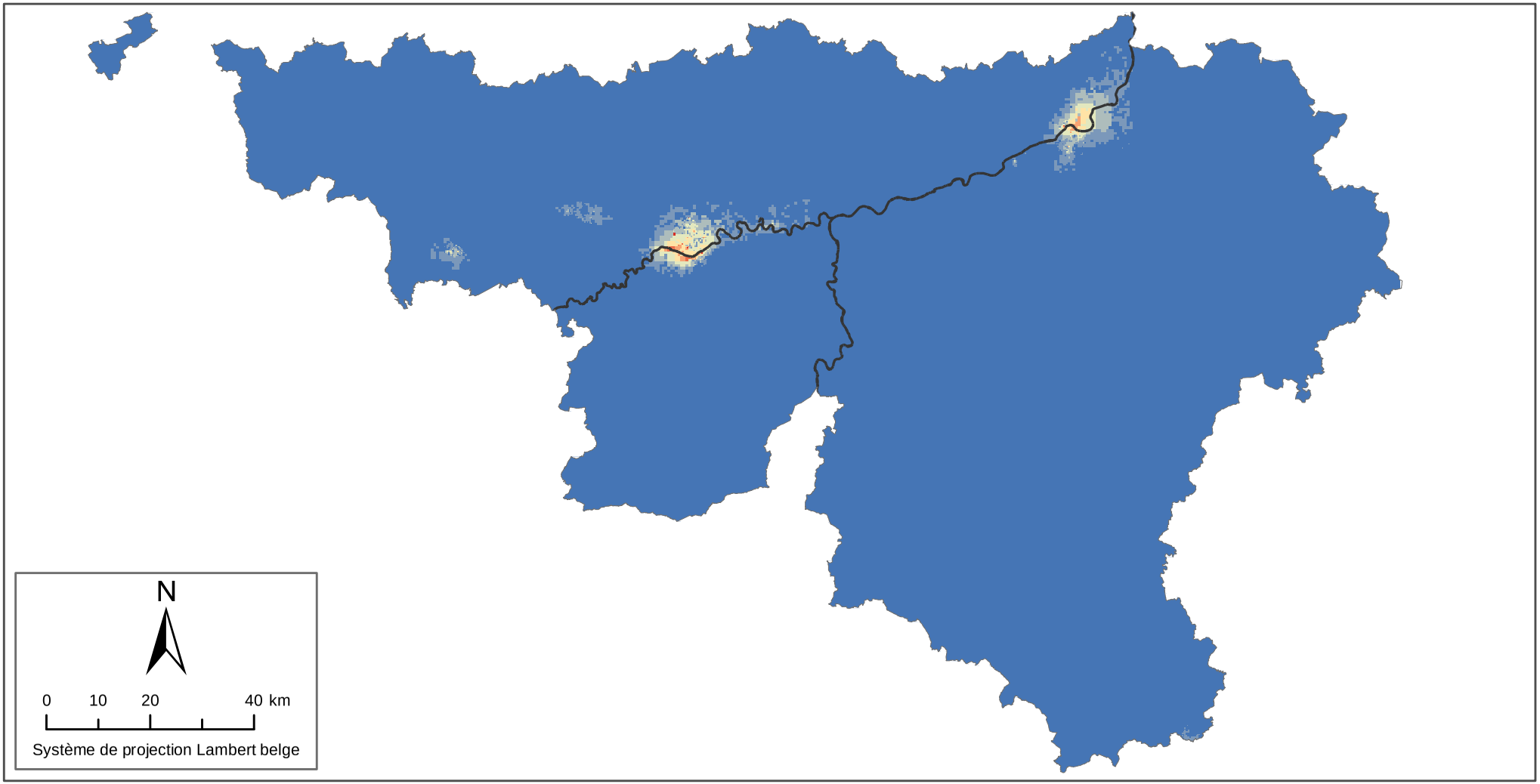
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

UCL Université catholique de Louvain

EARTH & LIFE INSTITUTE



Carte A3wal_Naph : Naphtalène (Naph) : concentrations de fond dans les sols de Wallonie

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en Naph (mg/kg matière sèche)

- < 0.010 (LQ)
- 0.011 - 0.020
- 0.021 - 0.030
- 0.031 - 0.040
- 0.041 - 0.050
- 0.051 - 0.060
- 0.061 - 0.070
- 0.071 - 0.172

Escaut, Sambre ou Meuse

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

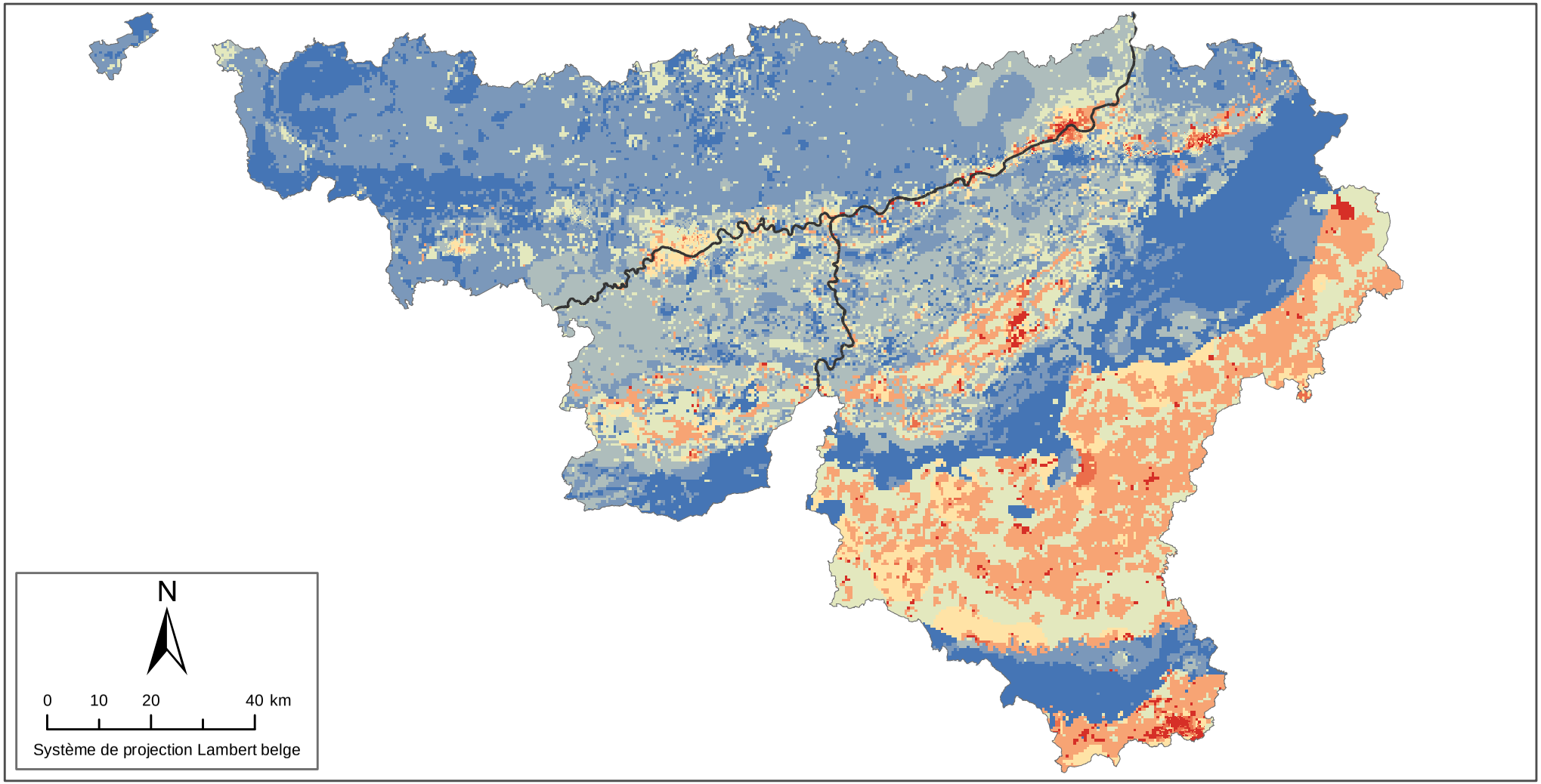
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

UCL Université catholique de Louvain

EARTH & LIFE INSTITUTE



Carte A3wal_Ni : Nickel (Ni) : concentrations de fond dans les sols de Wallonie

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en Ni (mg/kg matière sèche)

- 1 - 15
- 16 - 20
- 21 - 25
- 26 - 30
- 31 - 35
- 36 - 40
- 41 - 45
- 46 - 134

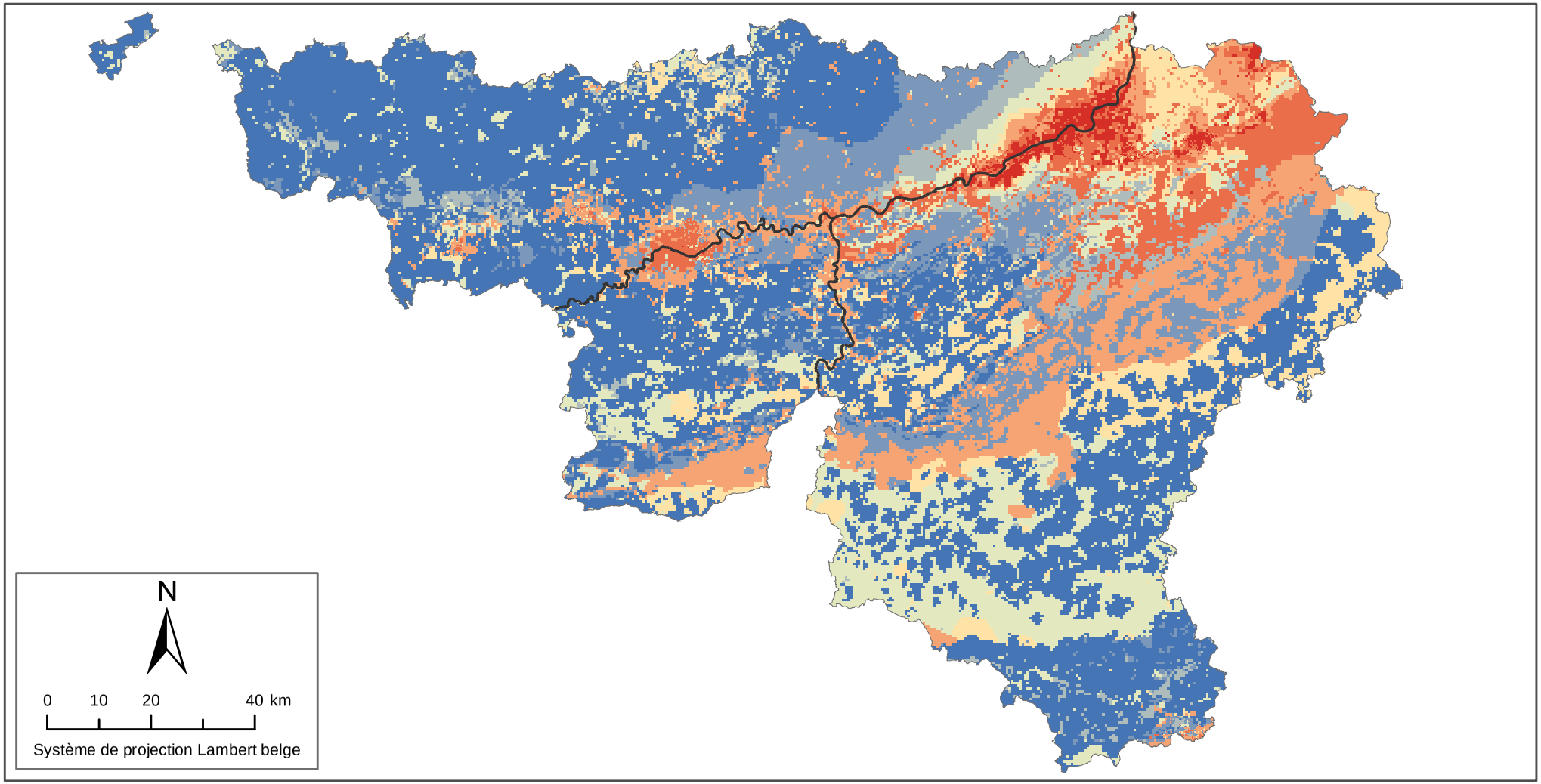
Escaut, Sambre ou Meuse

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)



Carte A3wal_Pb : Plomb (Pb) : concentrations de fond dans les sols de Wallonie

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en Pb (mg/kg matière sèche)

- 14 - 30
- 31 - 40
- 41 - 50
- 51 - 60
- 61 - 70
- 71 - 100
- 101 - 200
- 201 - 530

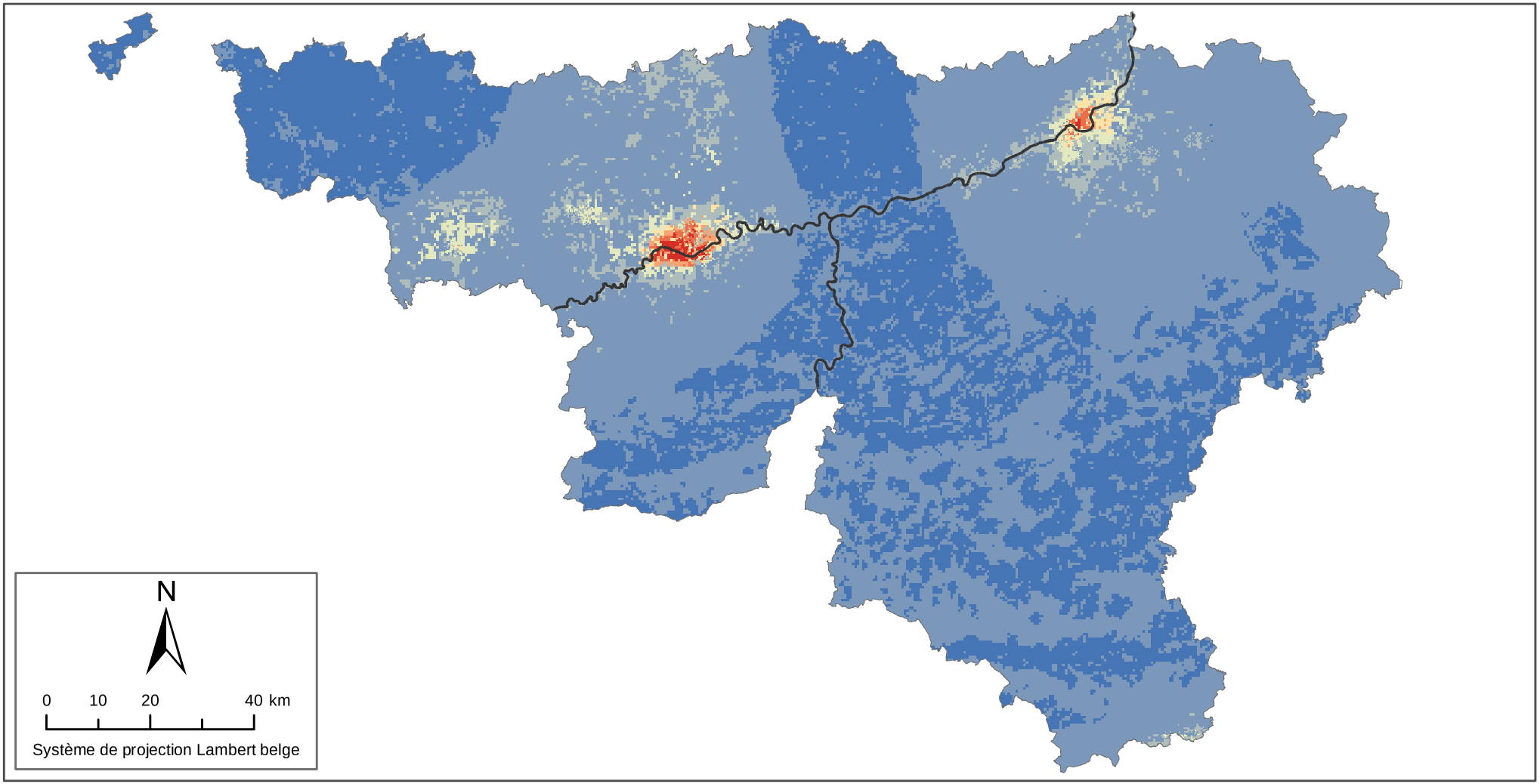
Escaut, Sambre ou Meuse

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)



Carte A3wal_Phen : Phénanthrène (Phen) : concentrations de fond dans les sols de Wallonie

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en Phen (mg/kg matière sèche)

- < 0.01 (LQ)
- 0.02 - 0.10
- 0.11 - 0.20
- 0.21 - 0.30
- 0.31 - 0.40
- 0.41 - 0.50
- 0.51 - 0.60
- 0.61 - 1.27

Escaut, Sambre ou Meuse

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

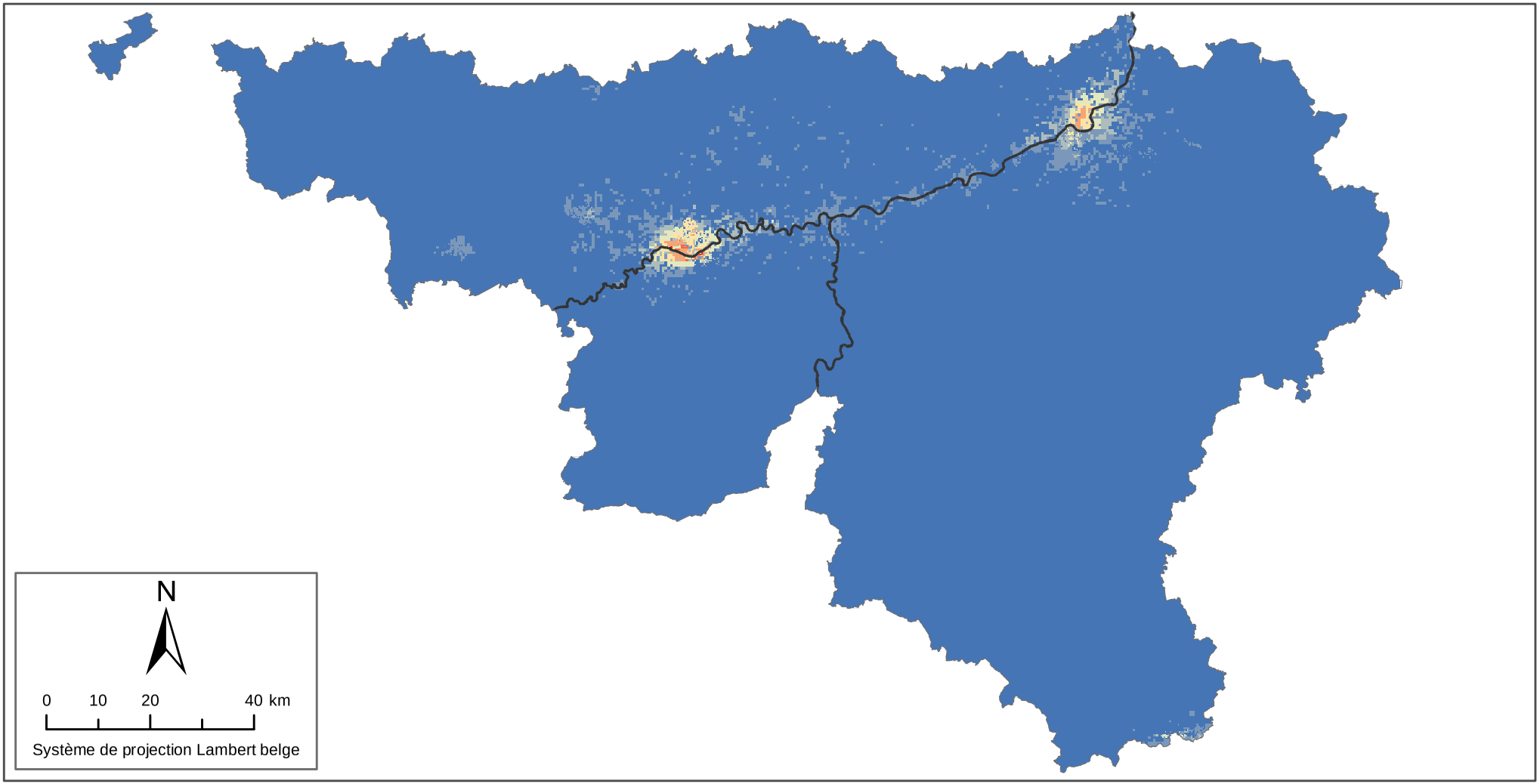
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

UCL Université catholique de Louvain

EARTH & LIFE INSTITUTE



Carte A3wal_Pyr : Pyrène (Pyr) : concentrations de fond dans les sols de Wallonie

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en Pyr (mg/kg matière sèche)

- < 0.01 - 0.20
- 0.21 - 0.40
- 0.41 - 0.60
- 0.61 - 0.80
- 0.81 - 1.00
- 1.01 - 1.20
- 1.21 - 1.40
- 1.41 - 1.58

Escaut, Sambre ou Meuse

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

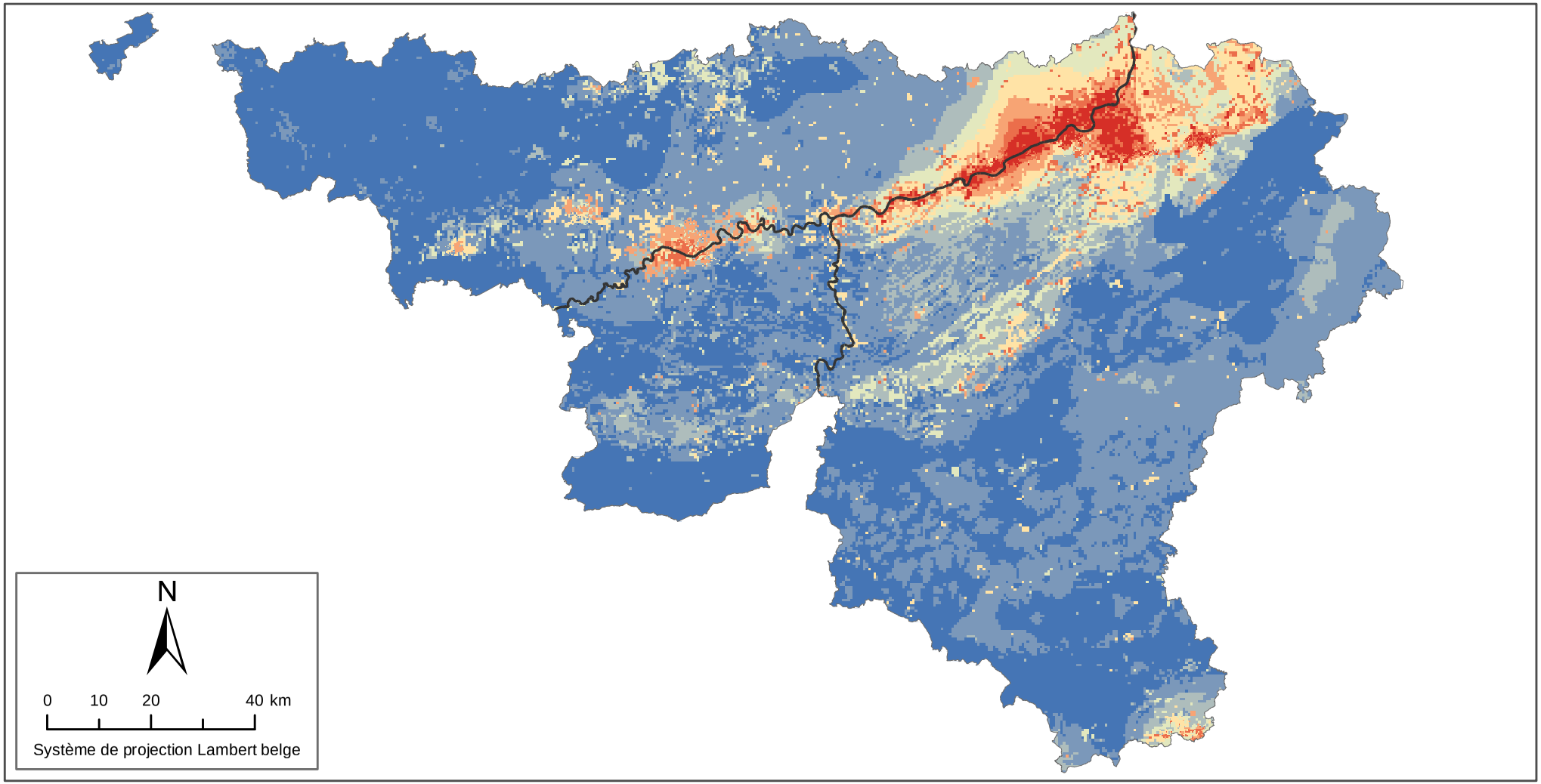
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

UCL Université catholique de Louvain

EARTH & LIFE INSTITUTE



Carte A3wal_Zn : Zinc (Zn) : concentrations de fond dans les sols de Wallonie

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en Zn (mg/kg matière sèche)

- 21 - 60
- 61 - 90
- 91 - 120
- 121 - 150
- 151 - 200
- 201 - 300
- 301 - 500
- 501 - 2235

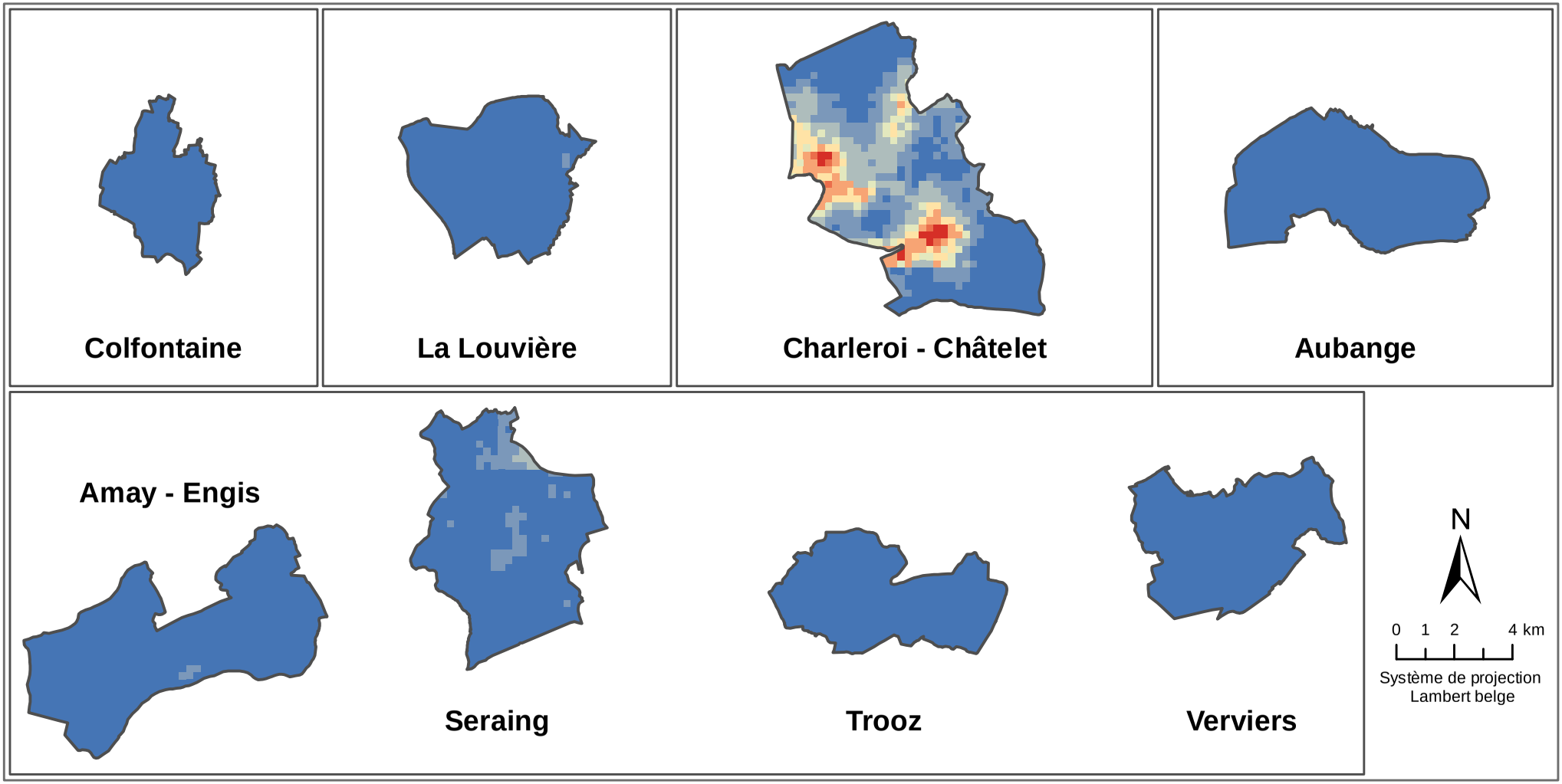
Escaut, Sambre ou Meuse

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)



Carte A3zones_Ace : Acénaphtène (Ace) : concentrations de fond dans les sols des zones d'étude

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en Ace (mg/kg matière sèche)

- < 0.010 (LQ)
- 0.011 - 0.015
- 0.016 - 0.020
- 0.021 - 0.025
- 0.026 - 0.030
- 0.031 - 0.035
- 0.036 - 0.040
- 0.041 - 0.058

Limites des zones d'étude

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

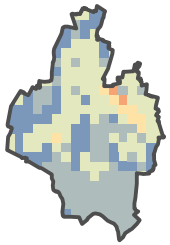
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

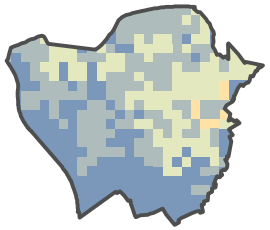
Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

UCL Université catholique de Louvain

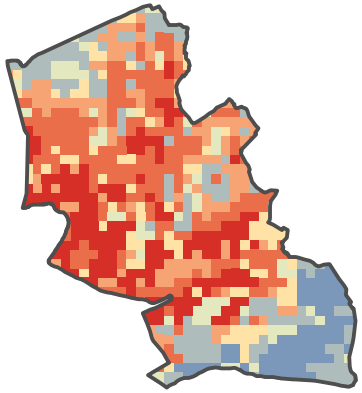
EARTH & LIFE INSTITUTE



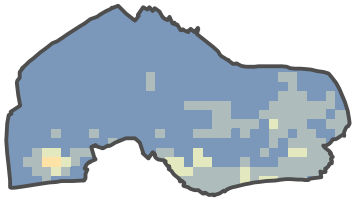
Colfontaine



La Louvière

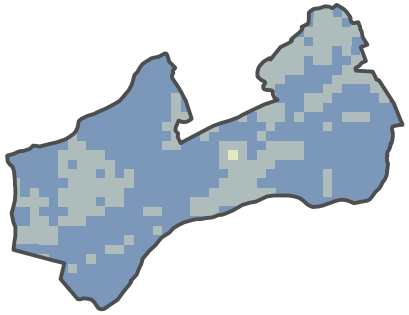


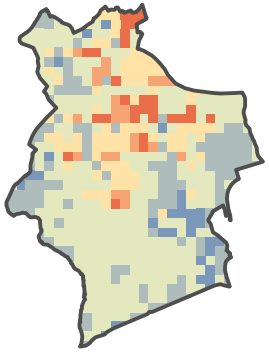
Charleroi - Châtelet



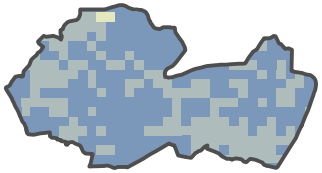
Aubange

Amay - Engis

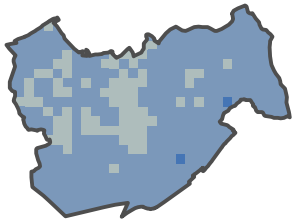




Seraing



Trooz



Verviers

N

0 1 2 4 km

Système de projection
Lambert belge

Carte A3zones_Phen : Phénanthrène (Phen) : concentrations de fond dans les sols des zones d'étude

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en Phen (mg/kg matière sèche)

- < 0.01 (LQ)
- 0.02 - 0.10
- 0.11 - 0.20
- 0.21 - 0.30
- 0.31 - 0.40
- 0.41 - 0.50
- 0.51 - 0.60
- 0.61 - 1.27

Limites des zones d'étude

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

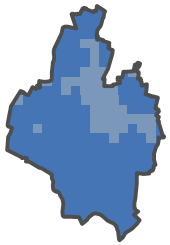
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

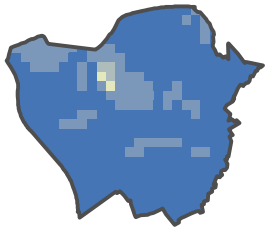
Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

UCL Université catholique de Louvain

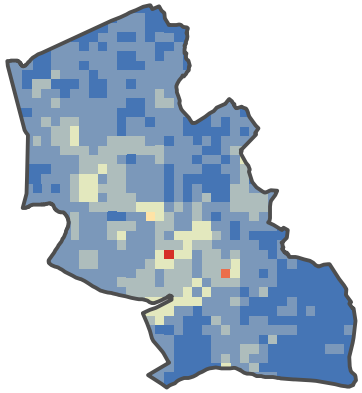
EARTH & LIFE INSTITUTE



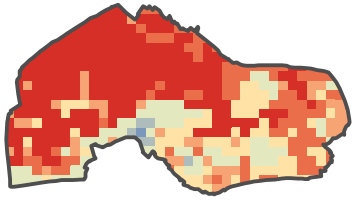
Colfontaine



La Louvière

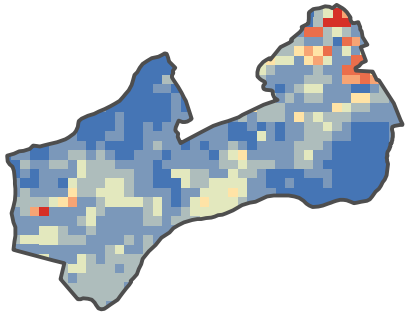


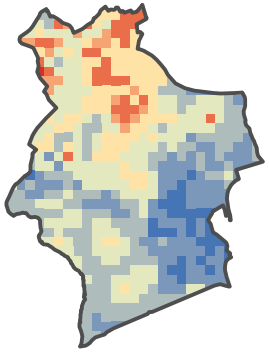
Charleroi - Châtelet



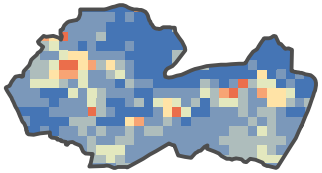
Aubange

Amay - Engis

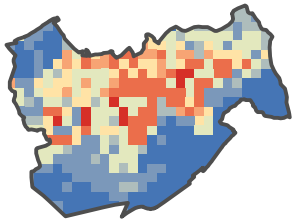




Seraing



Trooz



Verviers

N

0 1 2 4 km

Système de projection
Lambert belge

Carte A3zones_As : Arsenic (As) : concentrations de fond dans les sols des zones d'étude

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en As (mg/kg matière sèche)

- < 10 (LQ)
- 11 - 13
- 14 - 16
- 17 - 19
- 20 - 22
- 23 - 25
- 26 - 40
- 41 - 121

Limites des zones d'étude

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

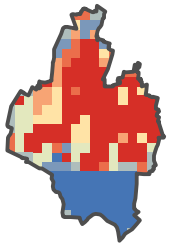
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

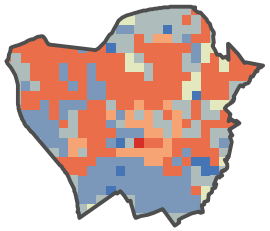
Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

UCL Université catholique de Louvain

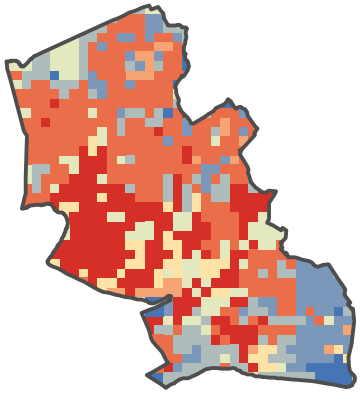
EARTH & LIFE INSTITUTE



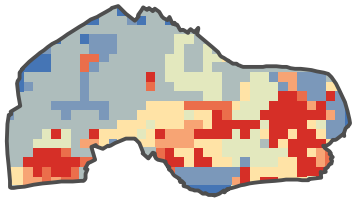
Colfontaine



La Louvière

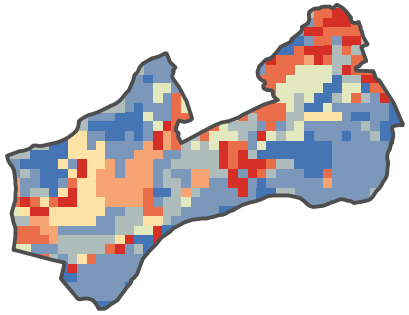


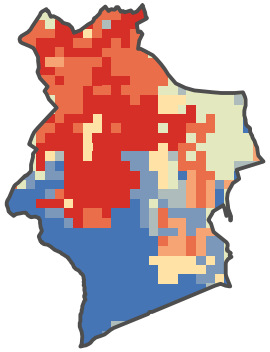
Charleroi - Châtelet



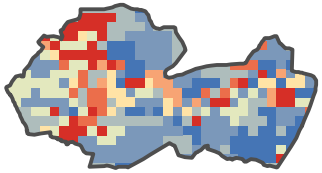
Aubange

Amay - Engis

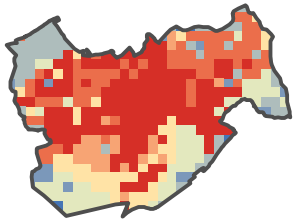




Seraing



Trooz



Verviers

N

0 1 2 4 km

Système de projection
Lambert belge

Carte A3zones_Ba : Baryum (Ba) : concentration de fond dans les sols des zones d'étude

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en Ba (mg/kg matière sèche)

25 - 50	111 - 130
51 - 70	131 - 150
71 - 90	151 - 200
91 - 110	201 - 507

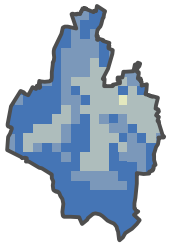
Limites des zones d'étude

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

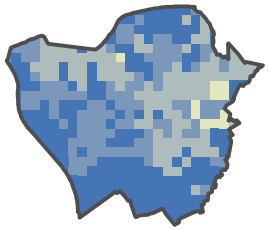
Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

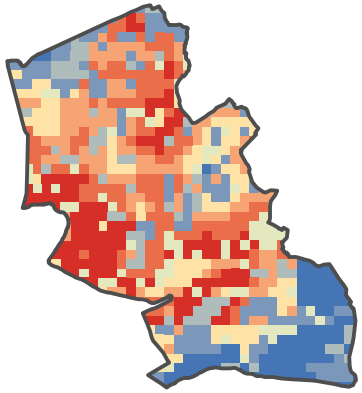
Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)



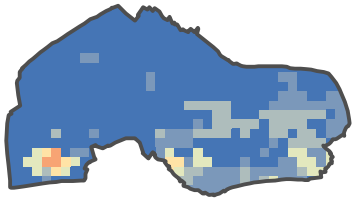
Colfontaine



La Louvière

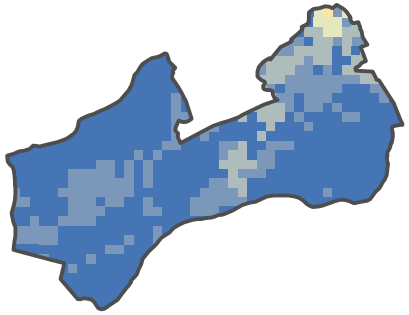


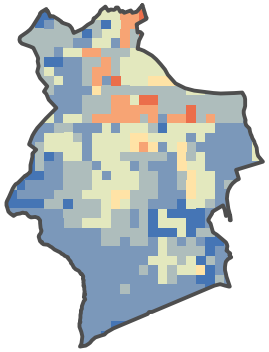
Charleroi - Châtelet



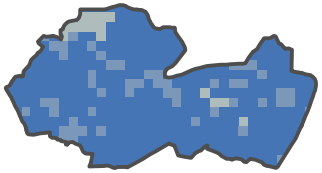
Aubange

Amay - Engis

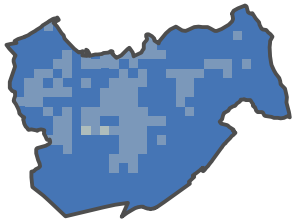




Seraing



Trooz



Verviers

N

0 1 2 4 km

Système de projection
Lambert belge

Carte A3zones_BaA : Benzo[a]anthracène (BaA) : concentrations de fond dans les sols des zones d'étude

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en BaA (mg/kg matière sèche)

- < 0.01 - 0.10
- 0.11 - 0.20
- 0.21 - 0.30
- 0.31 - 0.40
- 0.41 - 0.50
- 0.51 - 0.60
- 0.61 - 0.70
- 0.71 - 1.51

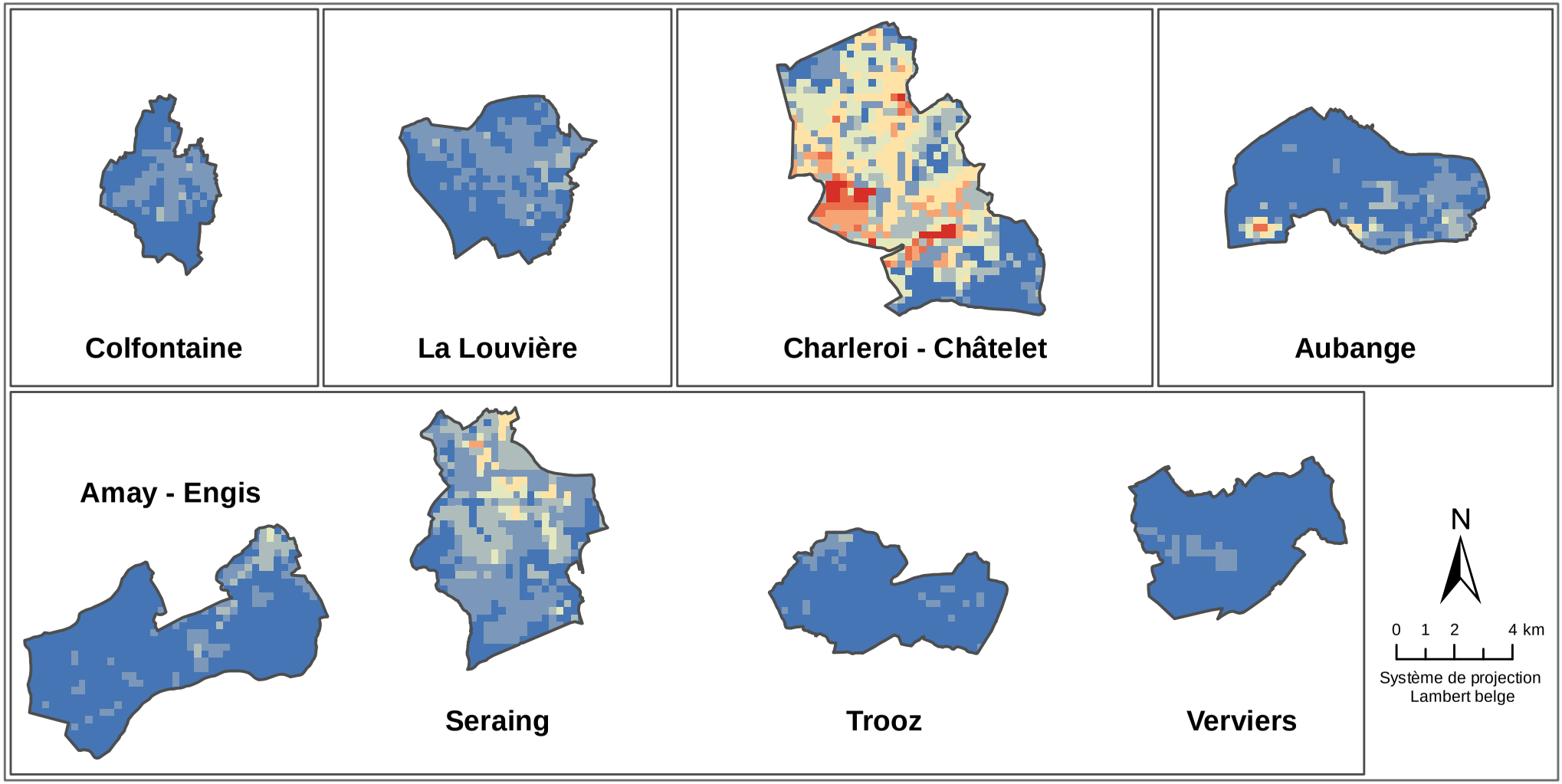
Limites des zones d'étude

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)



Carte A3zones_BaP : Benzo[a]pyrène (BaP) : concentrations de fond dans les sols des zones d'étude

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en BaP (mg/kg matière sèche)

- < 0.01 - 0.15
- 0.16 - 0.30
- 0.31 - 0.45
- 0.46 - 0.60
- 0.61 - 0.75
- 0.76 - 0.90
- 0.91 - 1.05
- 1.06 - 2.15

Limites des zones d'étude

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

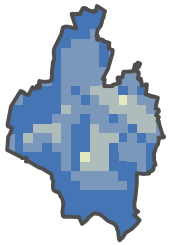
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

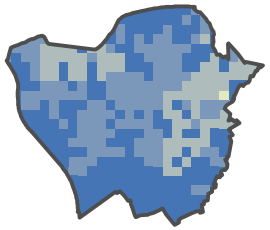
Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

UCL Université catholique de Louvain

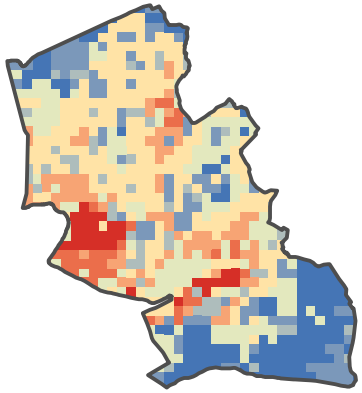
EARTH & LIFE INSTITUTE



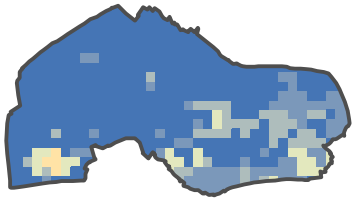
Colfontaine



La Louvière

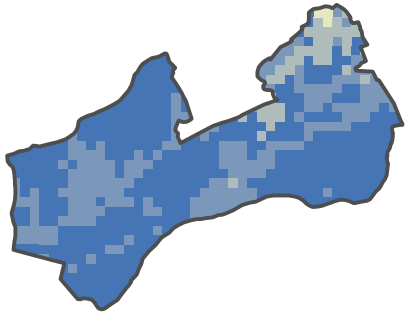


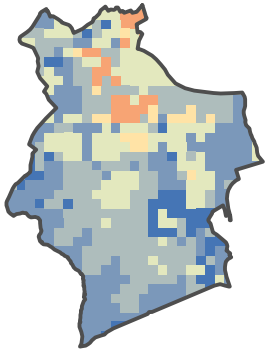
Charleroi - Châtelet



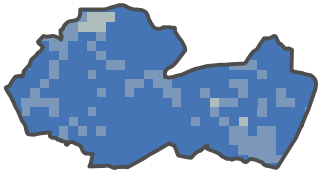
Aubange

Amay - Engis

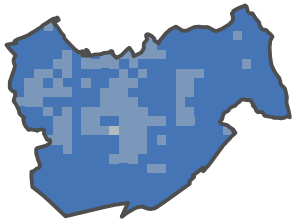




Seraing



Trooz



Verviers

N

0 1 2 4 km

Système de projection
Lambert belge

Carte A3zones_BbF : Benzo[b]fluoranthène (BbF) : concentrations de fond dans les sols des zones d'étude

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en BbF (mg/kg matière sèche)

- 0.02 - 0.15
- 0.16 - 0.30
- 0.31 - 0.45
- 0.46 - 0.60
- 0.61 - 0.75
- 0.76 - 0.90
- 0.91 - 1.05
- 1.06 - 1.81

Limites des zones d'étude

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

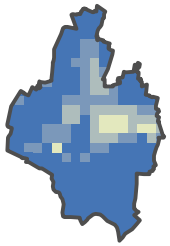
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

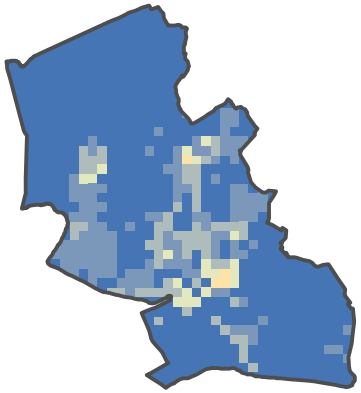
UCL Université catholique de Louvain

EARTH & LIFE INSTITUTE

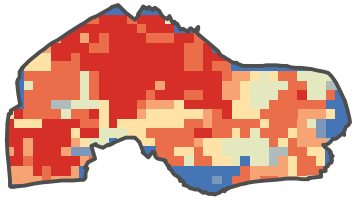


Colfontaine

La Louvière

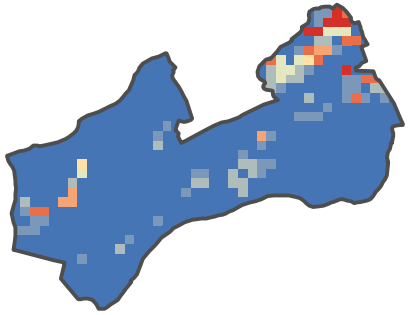


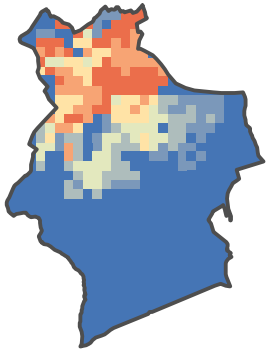
Charleroi - Châtelet



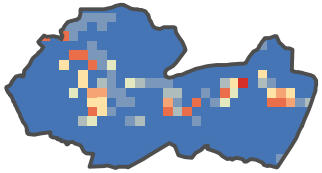
Aubange

Amay - Engis

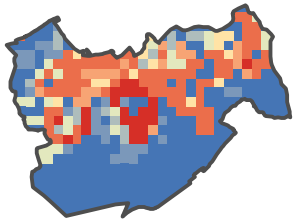




Seraing



Trooz



Verviers

N

0 1 2 4 km

Système de projection
Lambert belge

Carte A3zones_Be : Béryllium (Be) : concentration de fond dans les sols des zones d'étude

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en Be (mg/kg matière sèche)

- < 1.00 (LQ)
- 1.01 - 1.10
- 1.11 - 1.20
- 1.21 - 1.30
- 1.31 - 1.40
- 1.41 - 1.50
- 1.51 - 2.00
- 2.01 - 3.13

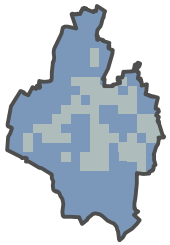
Limites des zones d'étude

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

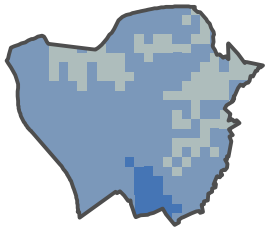
Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW,
- LQ : limite de quantification
projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

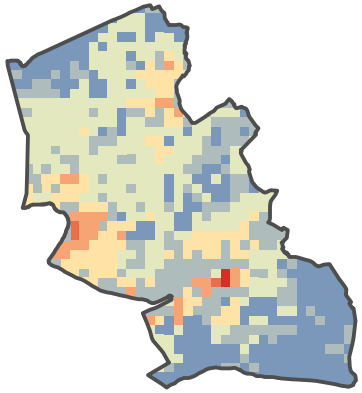
Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)



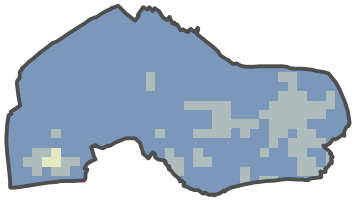
Colfontaine



La Louvière

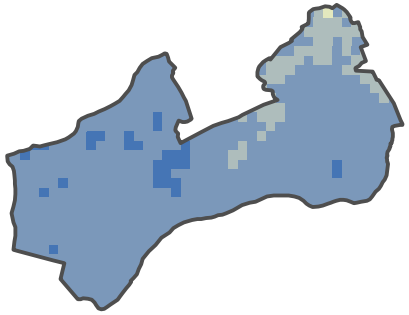


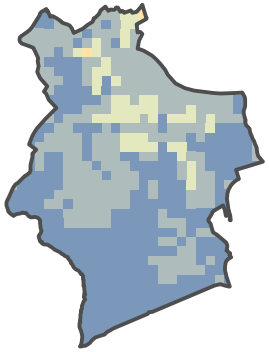
Charleroi - Châtelet



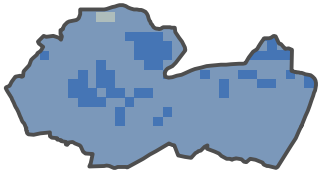
Aubange

Amay - Engis

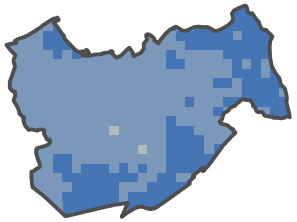




Seraing



Trooz



Verviers

N

0 1 2 4 km

Système de projection
Lambert belge

Carte A3zones_BghiP : Benzo[g,h,i]pérylène (BghiP) : concentrations de fond dans les sols des zones d'étude

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en BghiP (mg/kg matière sèche)

- < 0.01 (LQ)
- 0.02 - 0.15
- 0.16 - 0.30
- 0.31 - 0.45
- 0.46 - 0.60
- 0.61 - 0.75
- 0.76 - 0.90
- 0.91 - 0.98

Limites des zones d'étude

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

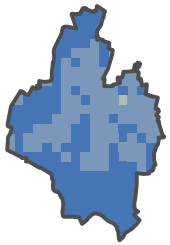
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

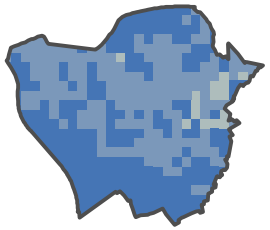
Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

UCL Université catholique de Louvain

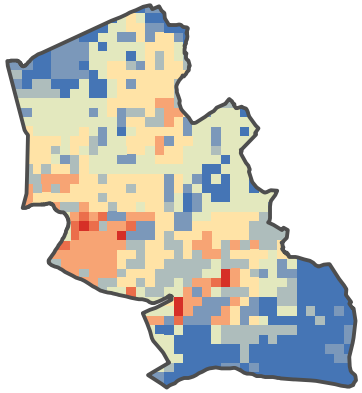
EARTH & LIFE INSTITUTE



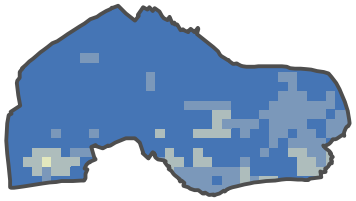
Colfontaine



La Louvière

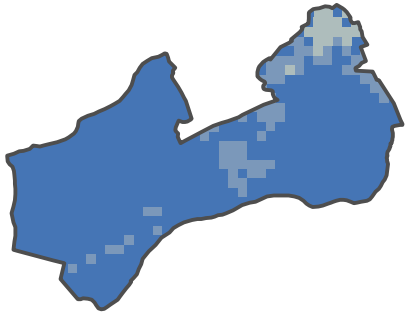


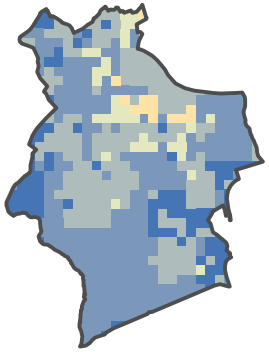
Charleroi - Châtelet



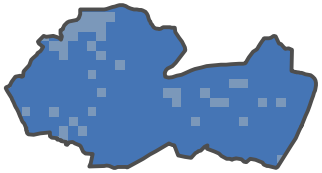
Aubange

Amay - Engis

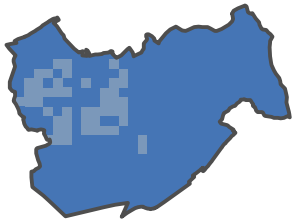




Seraing



Trooz



Verviers

N

0 1 2 4 km

Système de projection
Lambert belge

Carte A3zones_BkF : Benzo[k]fluoranthène (BkF) : concentrations de fond dans les sols des zones d'étude

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en BkF (mg/kg matière sèche)

0.01 - 0.08	0.33 - 0.40
0.09 - 0.16	0.41 - 0.48
0.17 - 0.24	0.49 - 0.56
0.25 - 0.32	0.57 - 1.01

Limites des zones d'étude

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

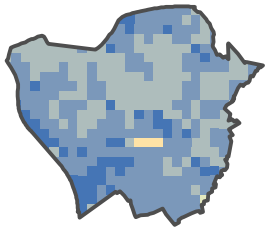
SPAQuE

Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

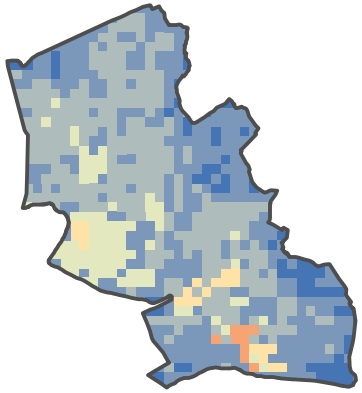
UCL Université catholique de Louvain

EARTH & LIFE INSTITUTE

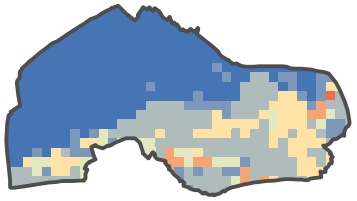
Colfontaine



La Louvière

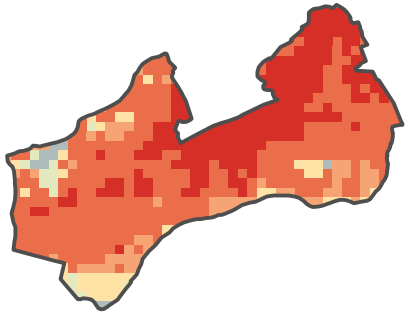


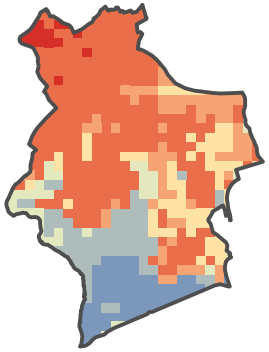
Charleroi - Châtelet



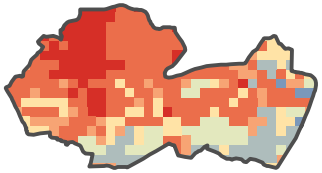
Aubange

Amay - Engis

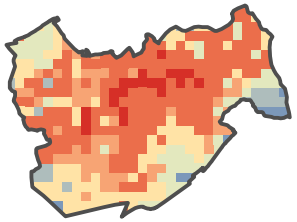




Seraing



Trooz



Verviers

N

0 1 2 4 km

Système de projection
Lambert belge

Carte A3zones_Cd : Cadmium (Cd) : concentrations de fond dans les sols des zones d'étude

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en Cd (mg/kg matière sèche)

- < 0.4 (LQ)
- 0.5 - 0.6
- 0.7 - 0.8
- 0.9 - 1.0
- 1.1 - 1.5
- 1.6 - 2.0
- 2.1 - 5.0
- 5.1 - 21.4

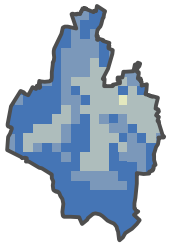
Limites des zones d'étude

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

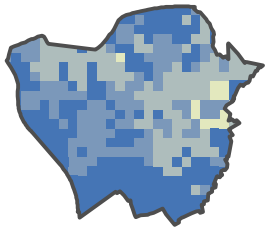
Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

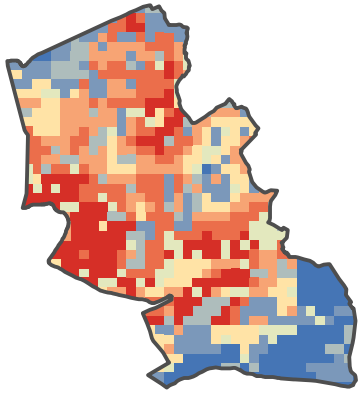
Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)



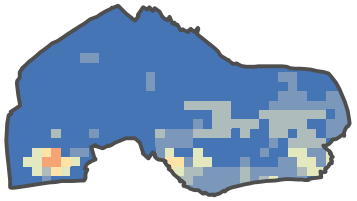
Colfontaine



La Louvière

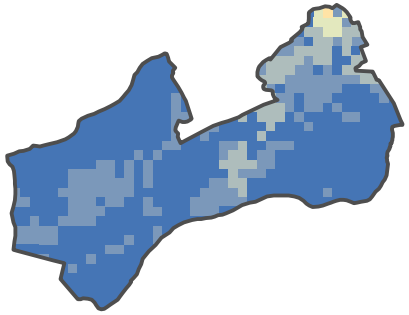


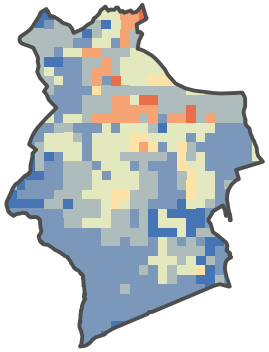
Charleroi - Châtelet



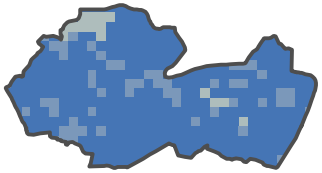
Aubange

Amay - Engis

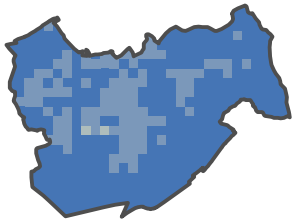




Seraing



Trooz



Verviers

N

0 1 2 4 km

Système de projection
Lambert belge

Carte A3zones_BaA : Benzo[a]anthracène (BaA) : concentrations de fond dans les sols des zones d'étude

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en BaA (mg/kg matière sèche)

- < 0.01 - 0.10
- 0.11 - 0.20
- 0.21 - 0.30
- 0.31 - 0.40
- 0.41 - 0.50
- 0.51 - 0.60
- 0.61 - 0.70
- 0.71 - 1.51

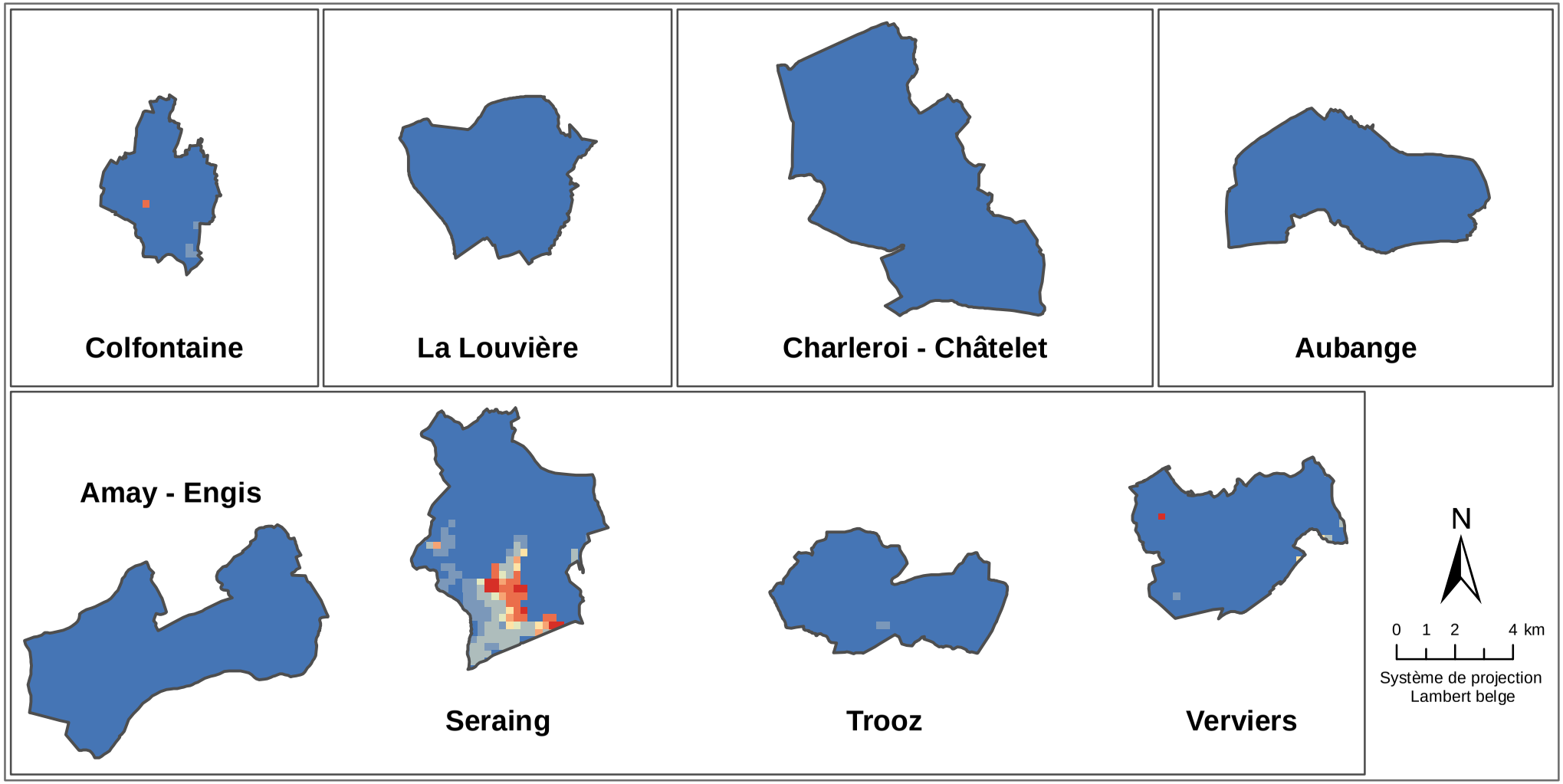
Limites des zones d'étude

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)



Carte A3zones_CN_lib : Cyanures libres (CN_lib) : concentration de fond dans les sols des zones d'étude

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en CN_lib (mg/kg matière sèche)

- < 1.00 (LQ)
- 1.01 - 1.05
- 1.06 - 1.10
- 1.11 - 1.15
- 1.16 - 1.20
- 1.21 - 1.25
- 1.26 - 1.30
- 1.31 - 1.49

Limites des zones d'étude

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

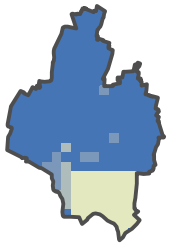
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

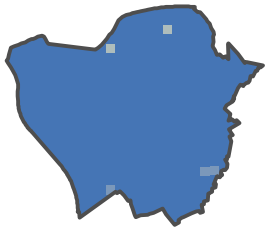
Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

UCL Université catholique de Louvain

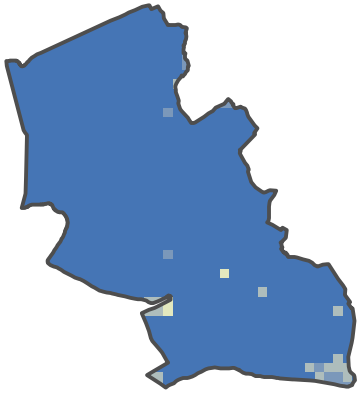
EARTH & LIFE INSTITUTE



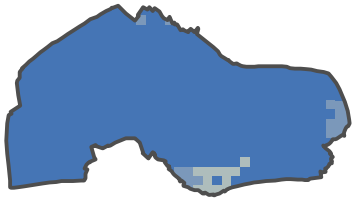
Colfontaine



La Louvière

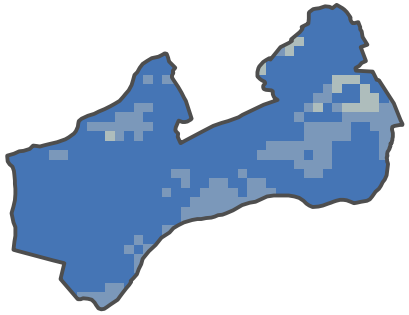


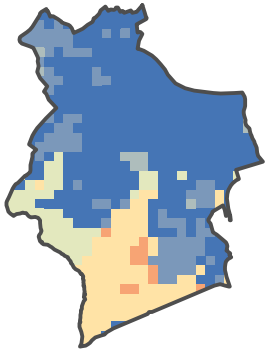
Charleroi - Châtelet



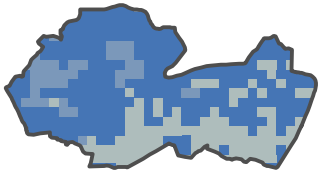
Aubange

Amay - Engis

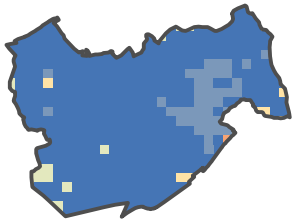




Seraing



Trooz



Verviers

N

0 1 2 4 km

Système de projection
Lambert belge

Carte A3zones_CN_tot : Cyanures totaux (CN_tot) : concentrations de fond dans les sols des zones d'étude

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en CN_tot (mg/kg matière sèche)

- < 1.00 (LQ)
- 1.01 - 1.25
- 1.26 - 1.50
- 1.51 - 1.75
- 1.76 - 2.00
- 2.01 - 2.12
- /
- /

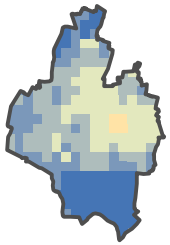
Limites des zones d'étude

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

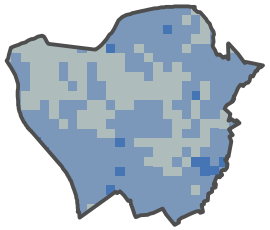
Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

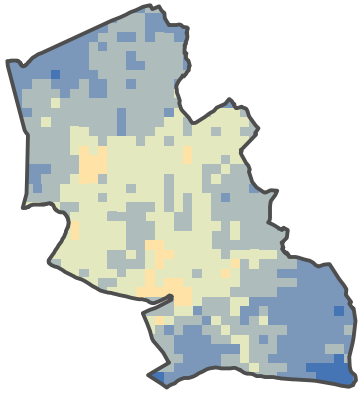
Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)



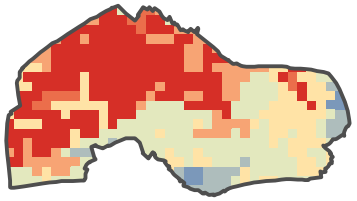
Colfontaine



La Louvière

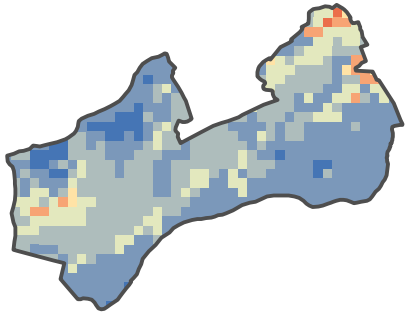


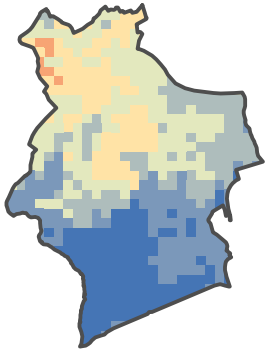
Charleroi - Châtelet



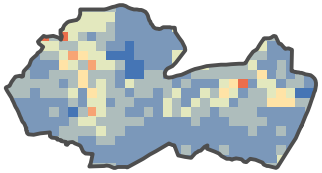
Aubange

Amay - Engis

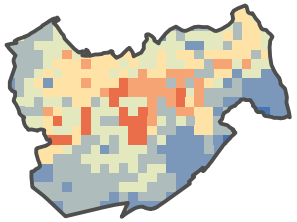




Seraing



Trooz



Verviers

N

0 1 2 4 km

Système de projection
Lambert belge

Carte A3zones_Co : Cobalt (Co) : concentrations de fond dans les sols des zones d'étude

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en Co (mg/kg matière sèche)

3 - 7	17 - 19
8 - 10	20 - 22
11 - 13	23 - 25
14 - 16	26 - 58

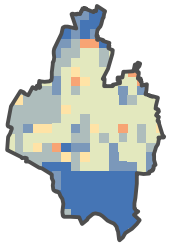
Limites des zones d'étude

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

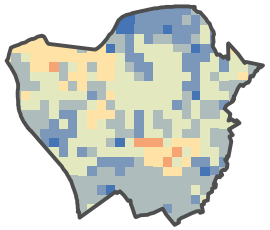
Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

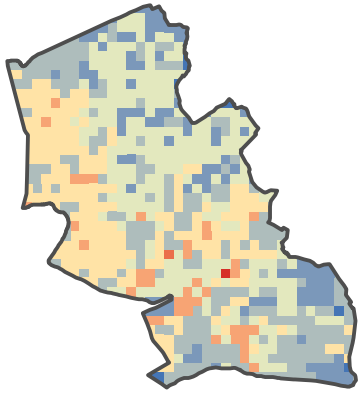
Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)



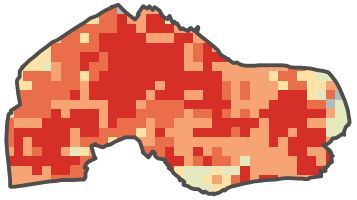
Colfontaine



La Louvière

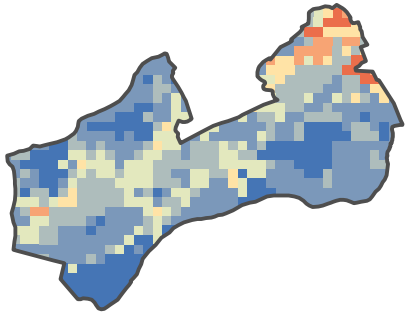


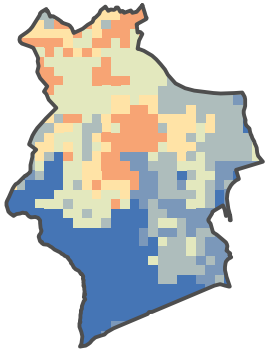
Charleroi - Châtelet



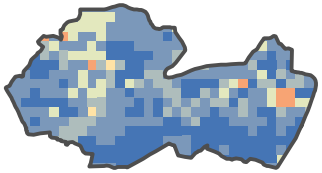
Aubange

Amay - Engis

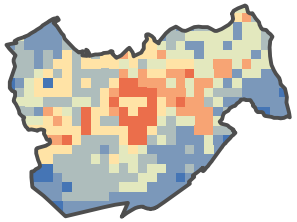




Seraing



Trooz



Verviers

N

0 1 2 4 km

Système de projection
Lambert belge

Carte A3zones_Cr : Chrome (Cr) : concentrations de fond dans les sols des zones d'étude

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en Cr (mg/kg matière sèche)

- 13 - 25
- 26 - 30
- 31 - 35
- 36 - 40
- 41 - 45
- 46 - 55
- 56 - 65
- 66 - 102

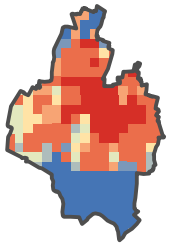
Limites des zones d'étude

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

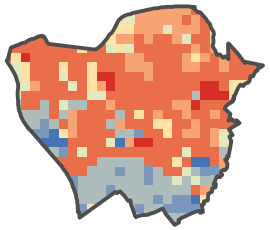
Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

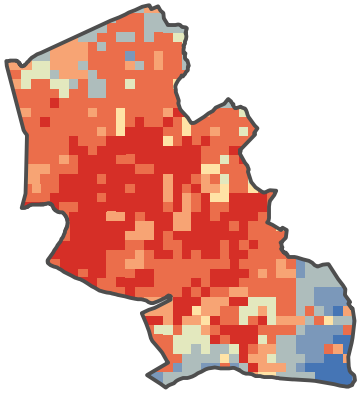
Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)



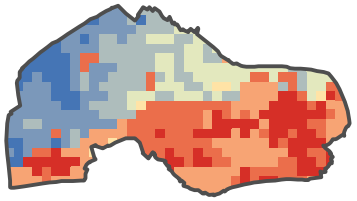
Colfontaine



La Louvière

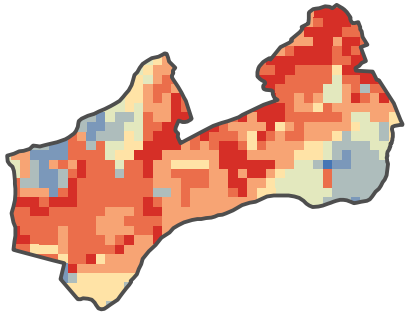


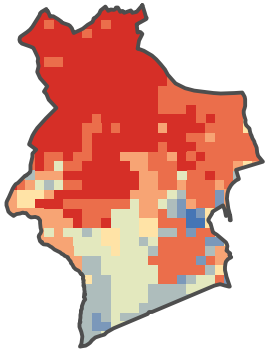
Charleroi - Châtelet



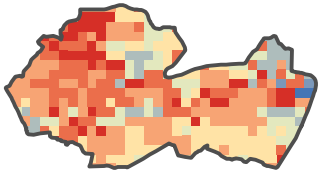
Aubange

Amay - Engis

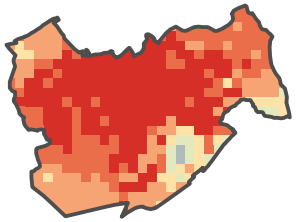




Seraing



Trooz



Verviers

N

0 1 2 4 km

Système de projection
Lambert belge

Carte A3zones_Cu : Cuivre (Cu) : concentrations de fond dans les sols des zones d'étude

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en Cu (mg/kg matière sèche)

8 - 12	19 - 20
13 - 14	21 - 30
15 - 16	31 - 50
17 - 18	51 - 110

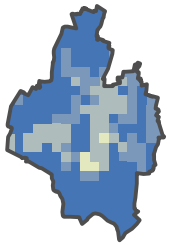
Limites des zones d'étude

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

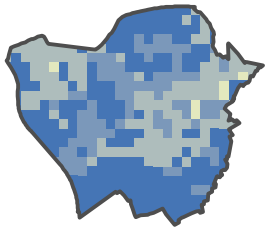
Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

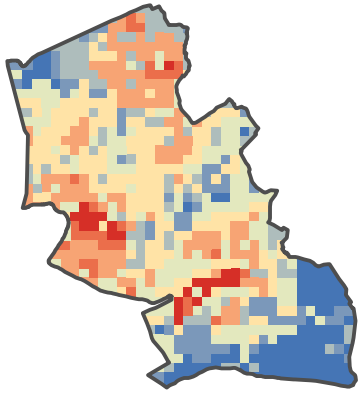
Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)



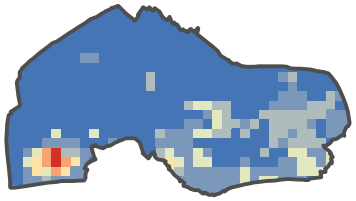
Colfontaine



La Louvière

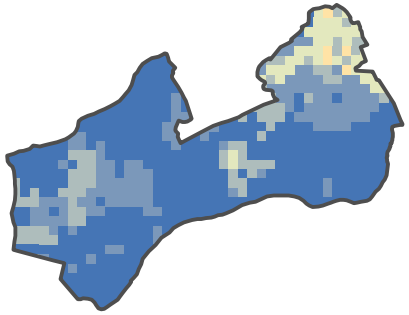


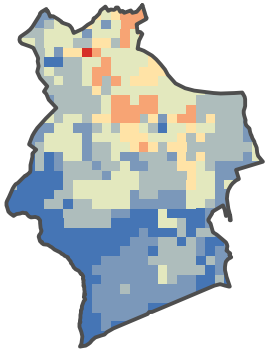
Charleroi - Châtelet



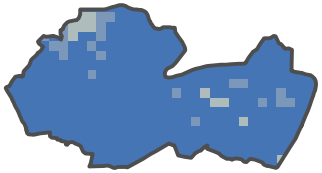
Aubange

Amay - Engis

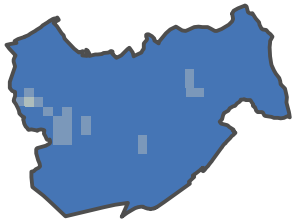




Seraing



Trooz



Verviers

N

0 1 2 4 km

Système de projection
Lambert belge

Carte A3zones_dBahA : Dibenzo[a,h]anthracène (dBahA) : concentrations de fond dans les sols des zones d'étude

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en dBahA (mg/kg matière sèche)

- < 0.010 (LQ)
- 0.011 - 0.020
- 0.021 - 0.040
- 0.041 - 0.060
- 0.061 - 0.080
- 0.081 - 0.100
- 0.101 - 0.120
- 0.121 - 0.254

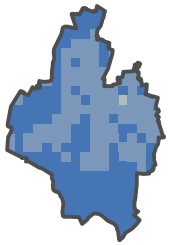
Limites des zones d'étude

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

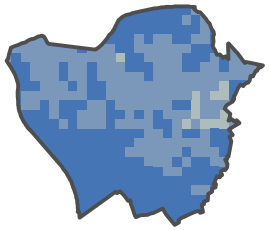
Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

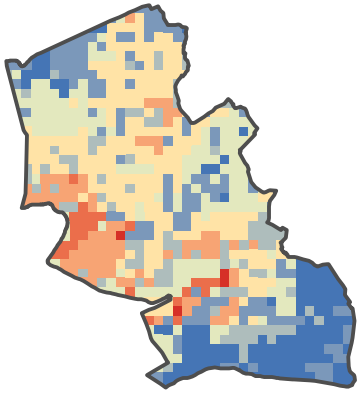
Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)



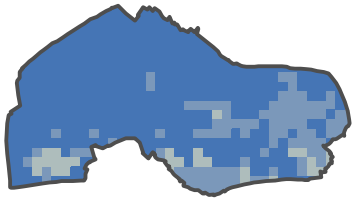
Colfontaine



La Louvière

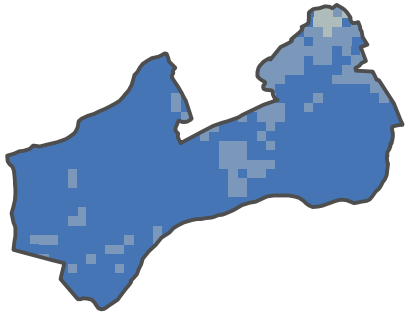


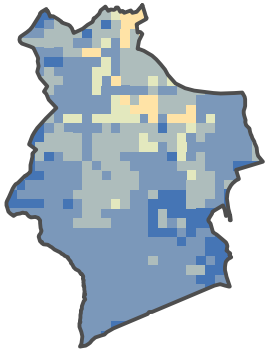
Charleroi - Châtelet



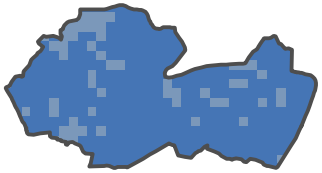
Aubange

Amay - Engis

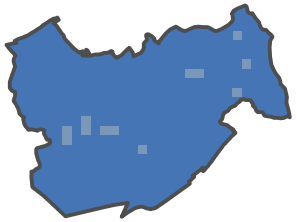




Seraing



Trooz



Verviers

N

0 1 2 4 km

Système de projection
Lambert belge

Carte A3zones_Fla : Fluoranthène (Fla) : concentrations de fond dans les sols des zones d'étude

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en Fla (mg/kg matière sèche)

- 0.02 - 0.30
- 0.31 - 0.60
- 0.61 - 0.90
- 0.91 - 1.20
- 1.21 - 1.50
- 1.51 - 1.80
- 1.81 - 2.10
- 2.11 - 4.15

Limites des zones d'étude

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

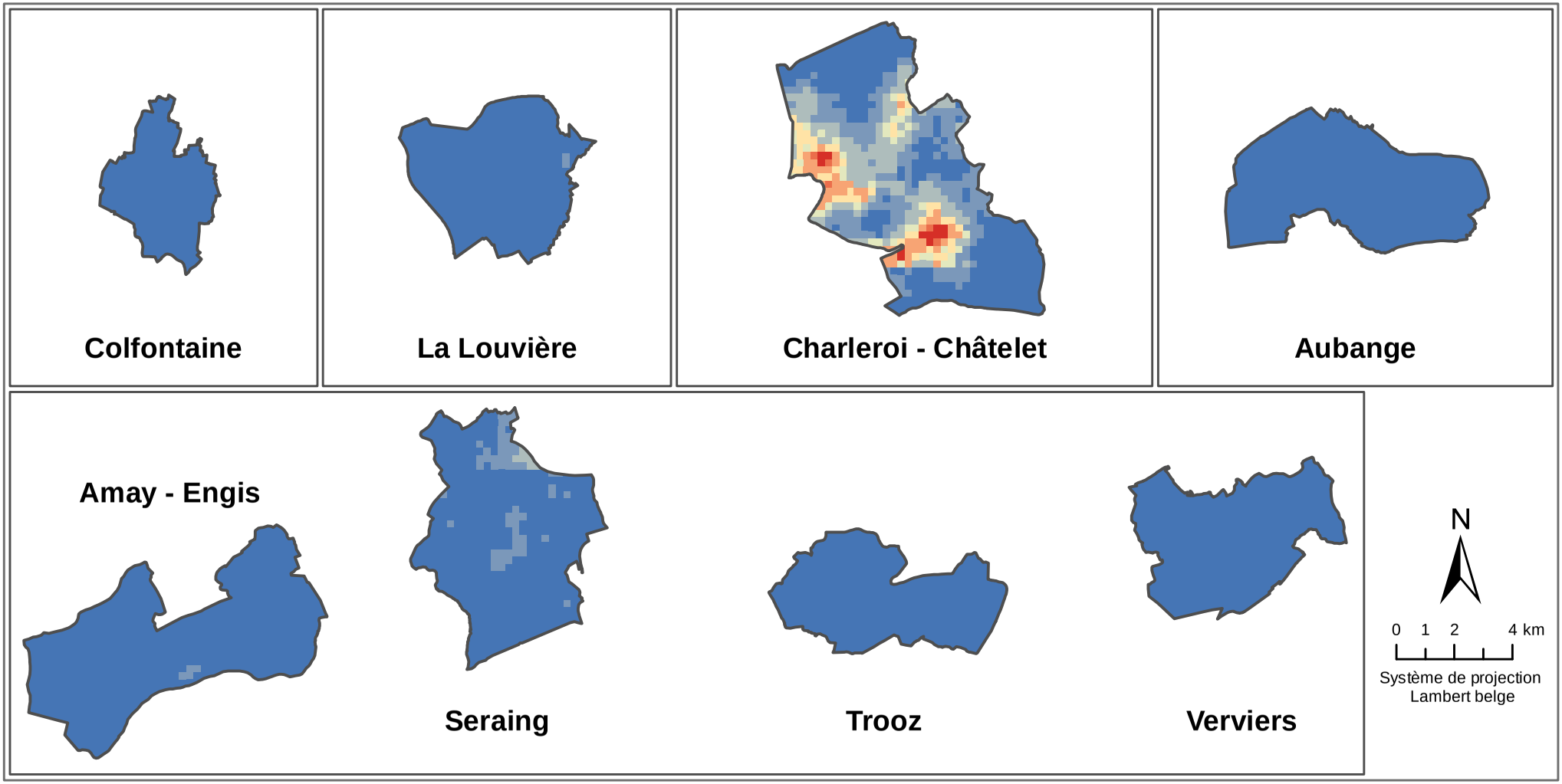
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

UCL Université catholique de Louvain

EARTH & LIFE INSTITUTE



Carte A3zones_Ace : Acénaphtène (Ace) : concentrations de fond dans les sols des zones d'étude

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en Ace (mg/kg matière sèche)

- < 0.010 (LQ)
- 0.011 - 0.015
- 0.016 - 0.020
- 0.021 - 0.025
- 0.026 - 0.030
- 0.031 - 0.035
- 0.036 - 0.040
- 0.041 - 0.058

Limites des zones d'étude

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

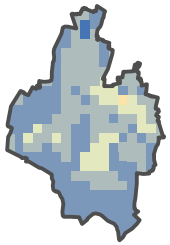
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

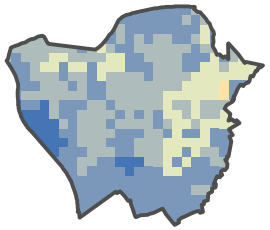
Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

UCL Université catholique de Louvain

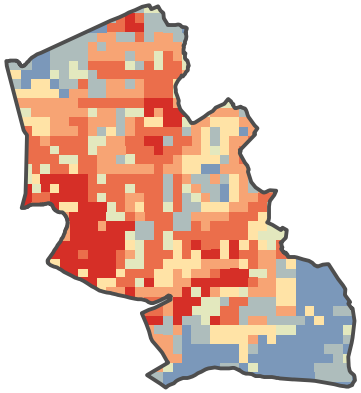
EARTH & LIFE INSTITUTE



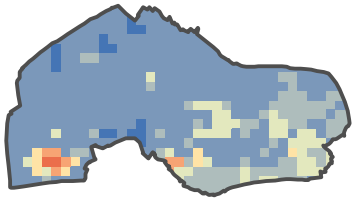
Colfontaine



La Louvière

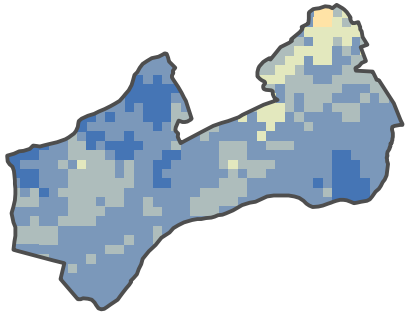


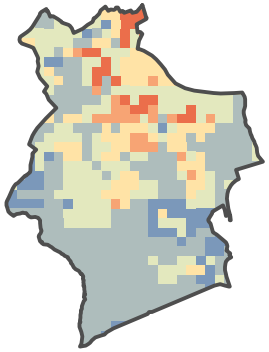
Charleroi - Châtelet



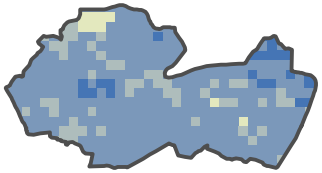
Aubange

Amay - Engis

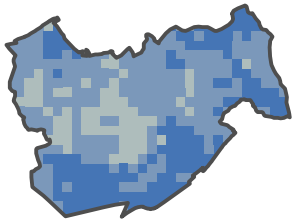




Seraing



Trooz



Verviers

N

0 1 2 4 km

Système de projection
Lambert belge

Carte A3zones_HAP10 : 10 HAP prioritaires* (HAP10) : concentrations de fond dans les sols des zones d'étude

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en HAP10 (mg/kg matière sèche)

- < 0.2 (LQ)
- 0.3 - 1.0
- 1.1 - 2.0
- 2.1 - 3.0
- 3.1 - 4.0
- 4.1 - 5.0
- 5.1 - 6.0
- 6.1 - 13.6

Limites des zones d'étude

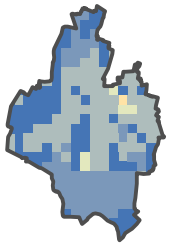
Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

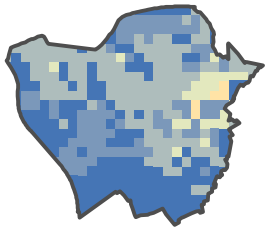
* 10 HAP prioritaires selon le VROM (Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Mileubeheer)

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

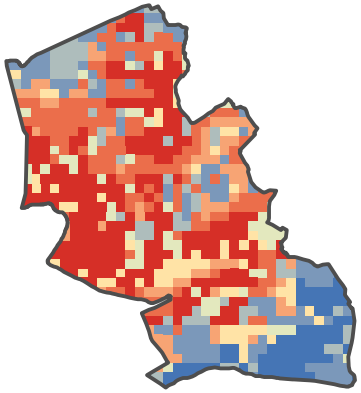
Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)



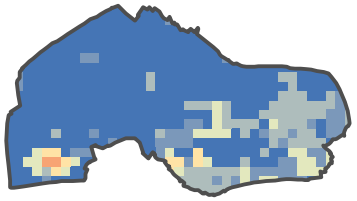
Colfontaine



La Louvière

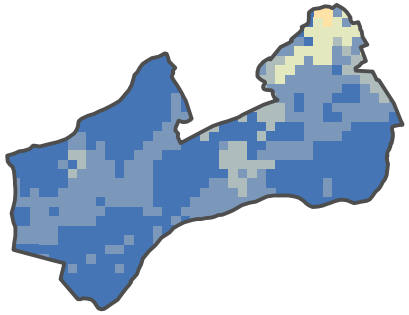


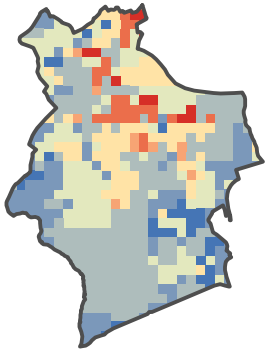
Charleroi - Châtelet



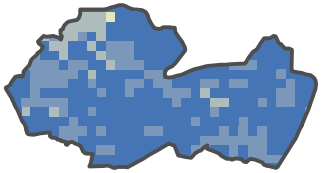
Aubange

Amay - Engis

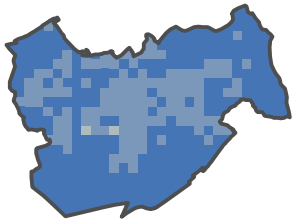




Seraing



Trooz



Verviers

N

0 1 2 4 km

Système de projection
Lambert belge

Carte A3zones_HAP16 : 16 HAP prioritaires* (HAP16) : concentrations de fond dans les sols des zones d'étude

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en HAP16 (mg/kg matière sèche)

- 0.1 - 1.0
- 1.1 - 2.0
- 2.1 - 3.0
- 3.1 - 4.0
- 4.1 - 5.0
- 5.1 - 6.0
- 6.1 - 7.0
- 7.1 - 17.1

Limites des zones d'étude

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

* 16 HAP prioritaires selon l'US-EPA (U.S. Environmental Protection Agency)

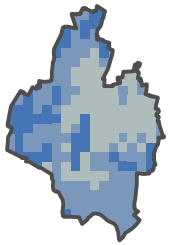
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

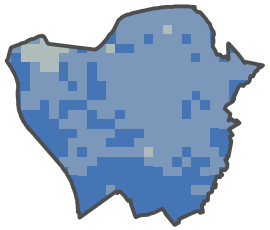
Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

UCL Université catholique de Louvain

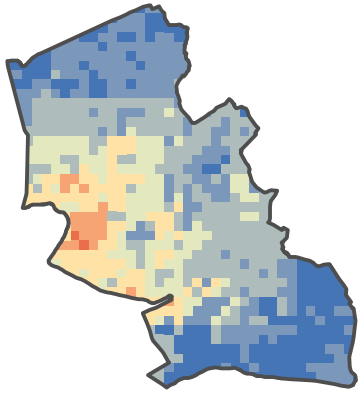
EARTH & LIFE INSTITUTE



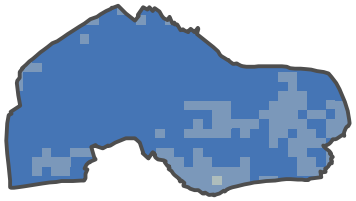
Colfontaine



La Louvière

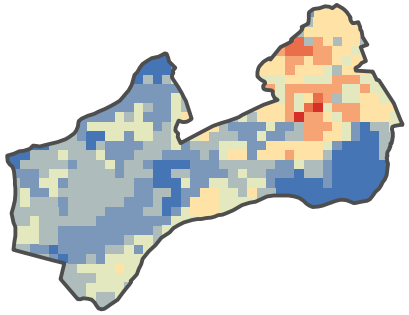


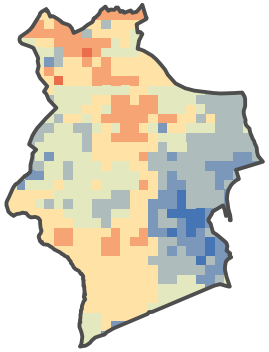
Charleroi - Châtelet



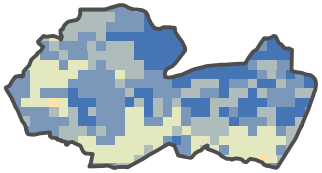
Aubange

Amay - Engis

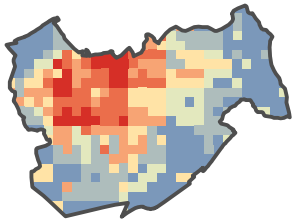




Seraing



Trooz



Verviers

N

0 1 2 4 km

Système de projection
Lambert belge

Carte A3zones_Hg : Mercure (Hg) : concentrations de fond dans les sols des zones d'étude

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en Hg (mg/kg matière sèche)

- < 0.10 (LQ)
- 0.11 - 0.18
- 0.19 - 0.26
- 0.27 - 0.34
- 0.35 - 0.42
- 0.43 - 0.50
- 0.51 - 0.58
- 0.59 - 0.80

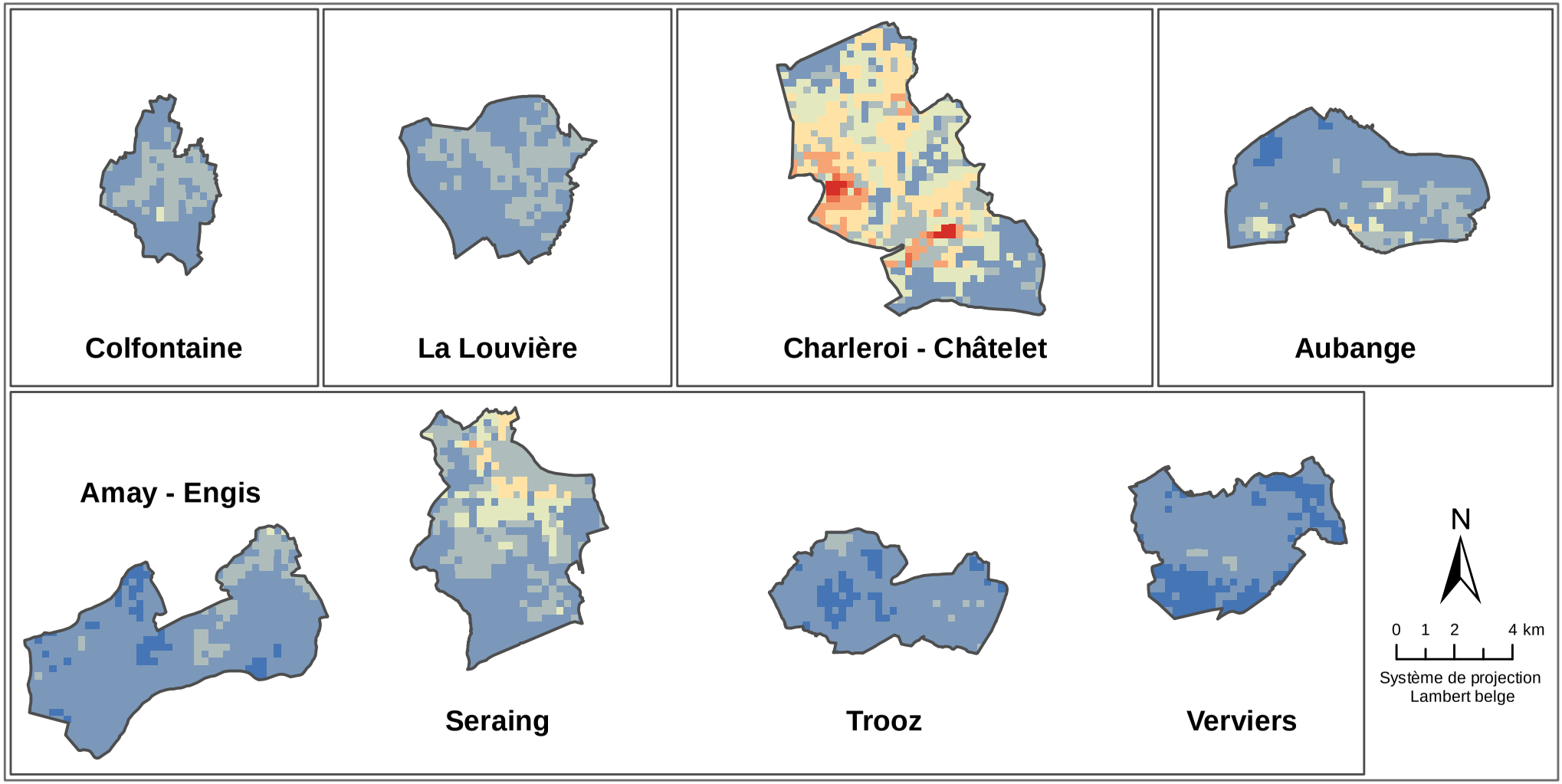
Limites des zones d'étude

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)



Carte A3zones_I123cdP : Indeno[1,2,3-c,d]pyrène (I123cdP) : concentrations de fond dans les sols des zones d'étude

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en I123cdP (mg/kg matière sèche)

- < 0.01 (LQ)
- 0.02 - 0.15
- 0.16 - 0.30
- 0.31 - 0.45
- 0.46 - 0.60
- 0.61 - 0.75
- 0.76 - 0.90
- 0.91 - 1.27

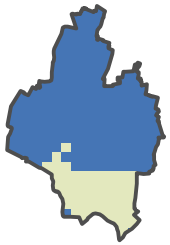
Limites des zones d'étude

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

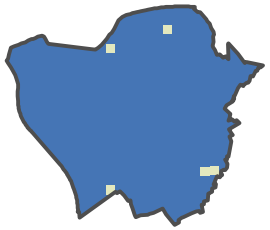
Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

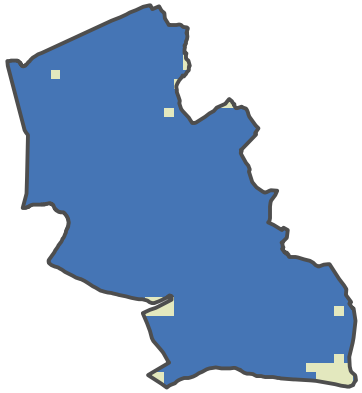
Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)



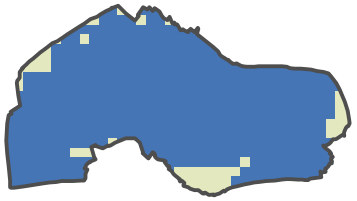
Colfontaine



La Louvière

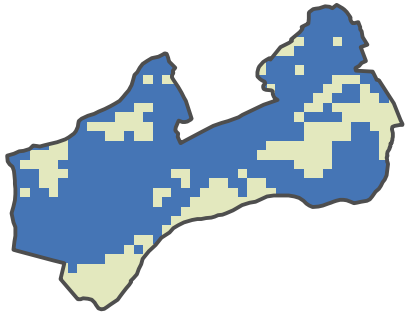


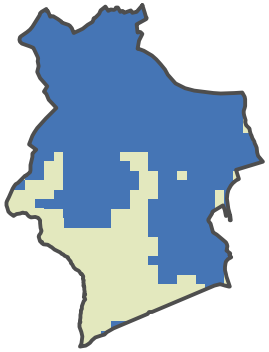
Charleroi - Châtelet



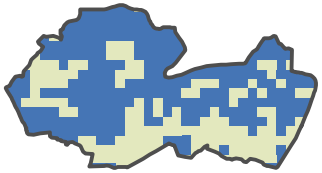
Aubange

Amay - Engis

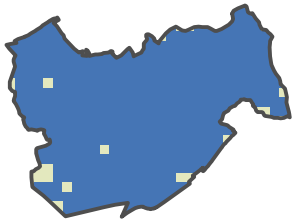




Seraing



Trooz



Verviers

N

0 1 2 4 km

Système de projection
Lambert belge

Carte A3zones_IP : Indice phénol (IP) : concentrations de fond dans les sols des zones d'étude

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en IP (mg/kg matière sèche)

- 0.02 - 0.05
- 0.06 - 0.10
- 0.11 - 0.15
- 0.16 - 0.20
- 0.21 - 0.25
- 0.26 - 0.30
- 0.31 - 0.35
- 0.36 - 0.37

Limites des zones d'étude

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

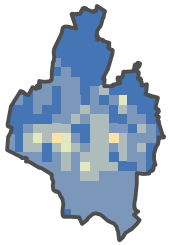
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

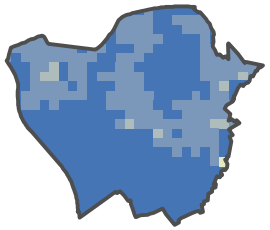
Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

UCL Université catholique de Louvain

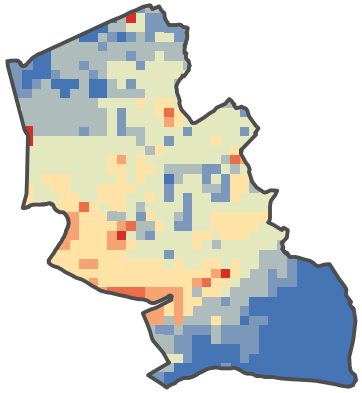
EARTH & LIFE INSTITUTE



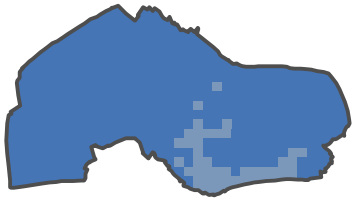
Colfontaine



La Louvière

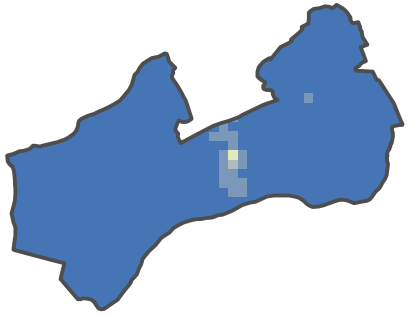


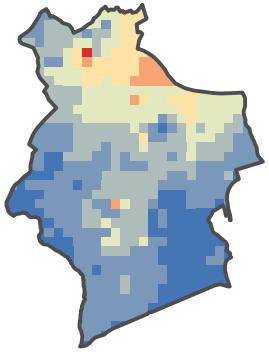
Charleroi - Châtelet



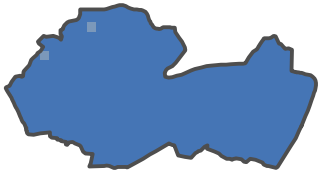
Aubange

Amay - Engis

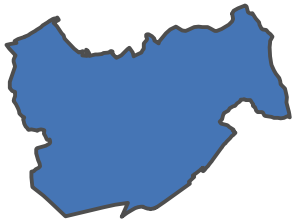




Seraing



Trooz



Verviers

N

0 1 2 4 km

Système de projection
Lambert belge

Carte A3zones_Naph : Naphtalène (Naph) : concentrations de fond dans les sols des zones d'étude

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en Naph (mg/kg matière sèche)

- < 0.010 (LQ)
- 0.011 - 0.020
- 0.021 - 0.030
- 0.031 - 0.040
- 0.041 - 0.050
- 0.051 - 0.060
- 0.061 - 0.070
- 0.071 - 0.172

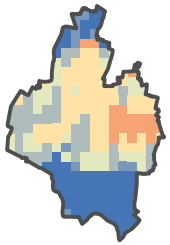
Limites des zones d'étude

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

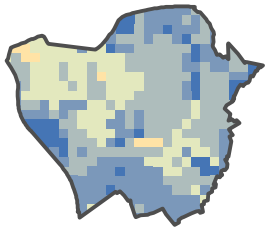
Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

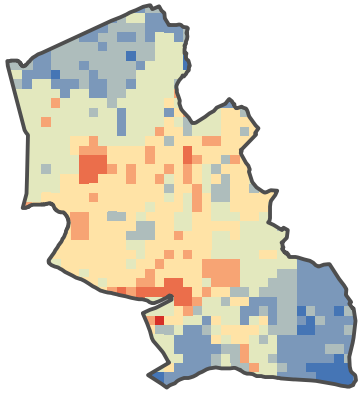
Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)



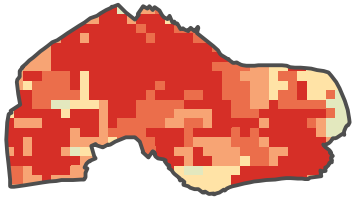
Colfontaine



La Louvière

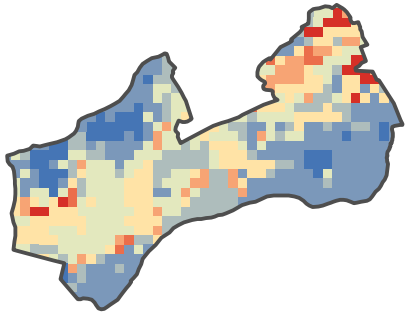


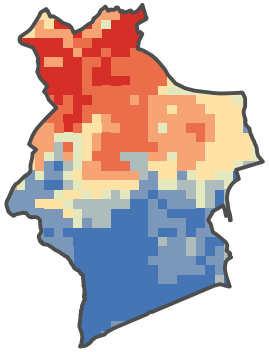
Charleroi - Châtelet



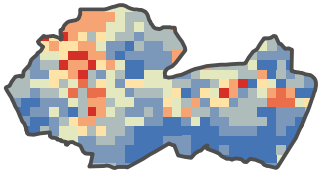
Aubange

Amay - Engis

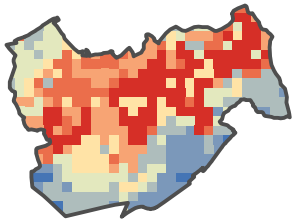




Seraing



Trooz



Verviers

N

0 1 2 4 km

Système de projection
Lambert belge

Carte A3zones_Ni : Nickel (Ni) : concentrations de fond dans les sols des zones d'étude

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en Ni (mg/kg matière sèche)

6 - 15	31 - 35
16 - 20	36 - 40
21 - 25	41 - 45
26 - 30	46 - 134

Limites des zones d'étude

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

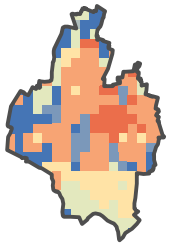
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

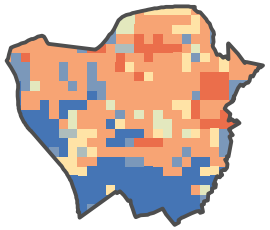
Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

UCL Université catholique de Louvain

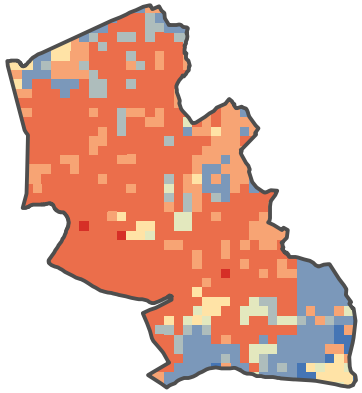
EARTH & LIFE INSTITUTE



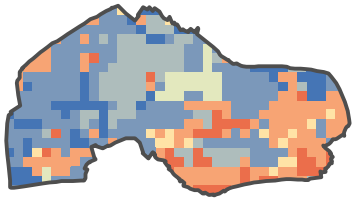
Colfontaine



La Louvière

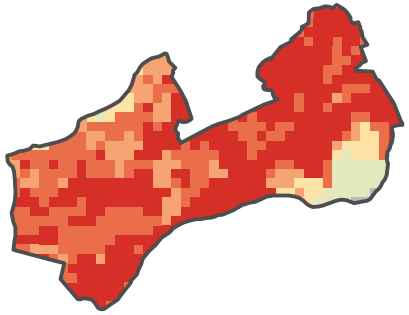


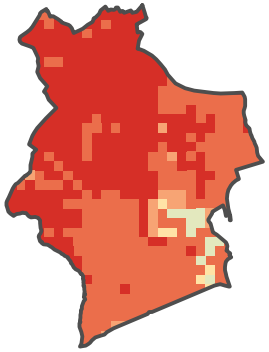
Charleroi - Châtelet



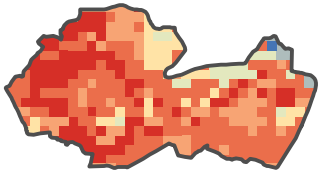
Aubange

Amay - Engis

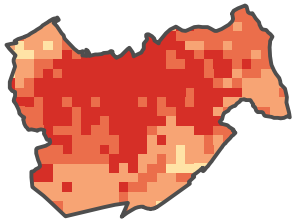




Seraing



Trooz



Verviers

N

0 1 2 4 km

Système de projection
Lambert belge

Carte A3zones_Pb : Plomb (Pb) : concentrations de fond dans les sols des zones d'étude

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en Pb (mg/kg matière sèche)

19 - 30	61 - 70
31 - 40	71 - 100
41 - 50	101 - 200
51 - 60	201 - 530

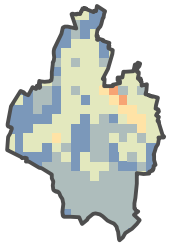
Limites des zones d'étude

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

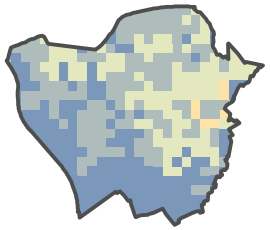
Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

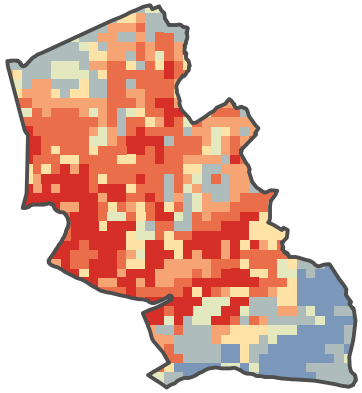
Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)



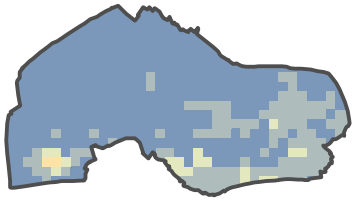
Colfontaine



La Louvière

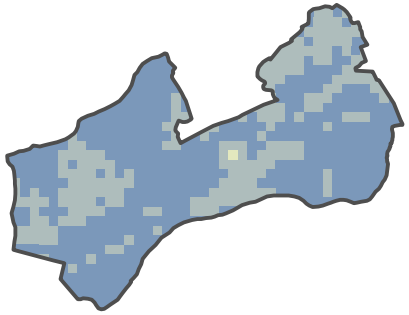


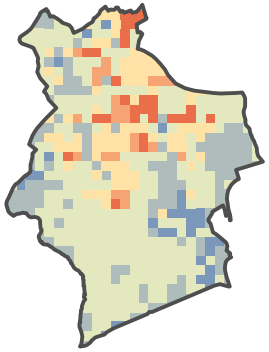
Charleroi - Châtelet



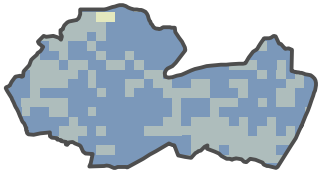
Aubange

Amay - Engis

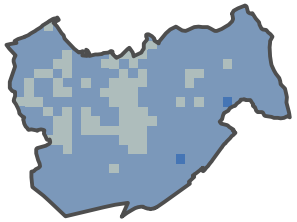




Seraing



Trooz



Verviers

N

0 1 2 4 km

Système de projection
Lambert belge

Carte A3zones_Phen : Phénanthrène (Phen) : concentrations de fond dans les sols des zones d'étude

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en Phen (mg/kg matière sèche)

- < 0.01 (LQ)
- 0.02 - 0.10
- 0.11 - 0.20
- 0.21 - 0.30
- 0.31 - 0.40
- 0.41 - 0.50
- 0.51 - 0.60
- 0.61 - 1.27

Limites des zones d'étude

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

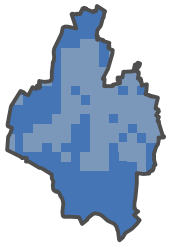
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

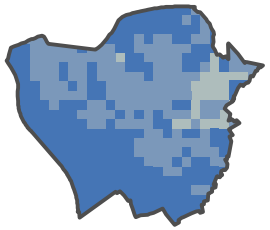
Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

UCL Université catholique de Louvain

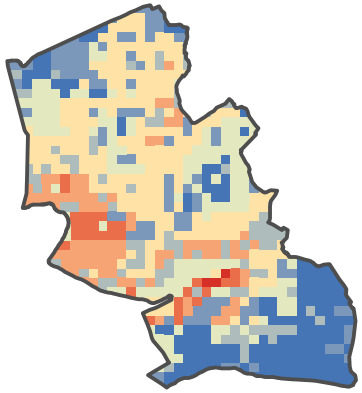
EARTH & LIFE INSTITUTE



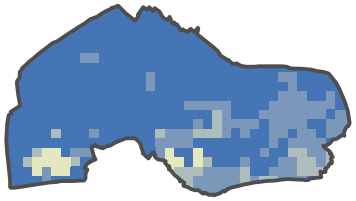
Colfontaine



La Louvière

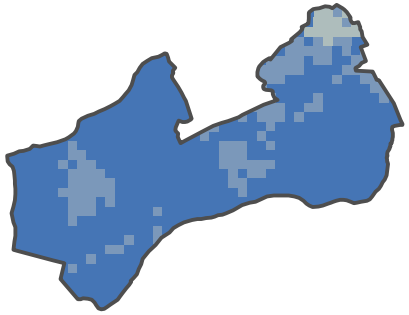


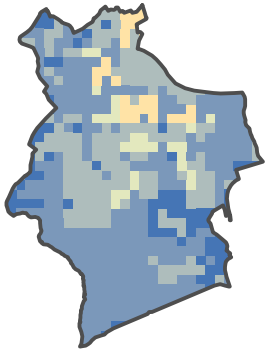
Charleroi - Châtelet



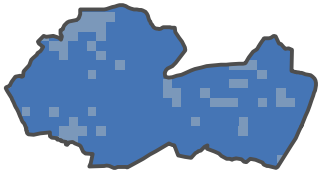
Aubange

Amay - Engis

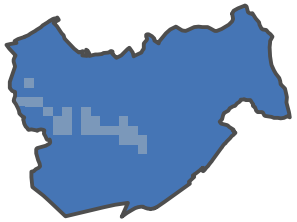




Seraing



Trooz



Verviers

N

0 1 2 4 km

Système de projection
Lambert belge

Carte A3zones_Pyr : Pyrène (Pyr) : concentrations de fond dans les sols des zones d'étude

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en Pyr (mg/kg matière sèche)

- < 0.01 - 0.20
- 0.21 - 0.40
- 0.41 - 0.60
- 0.61 - 0.80
- 0.81 - 1.00
- 1.01 - 1.20
- 1.21 - 1.40
- 1.41 - 1.58

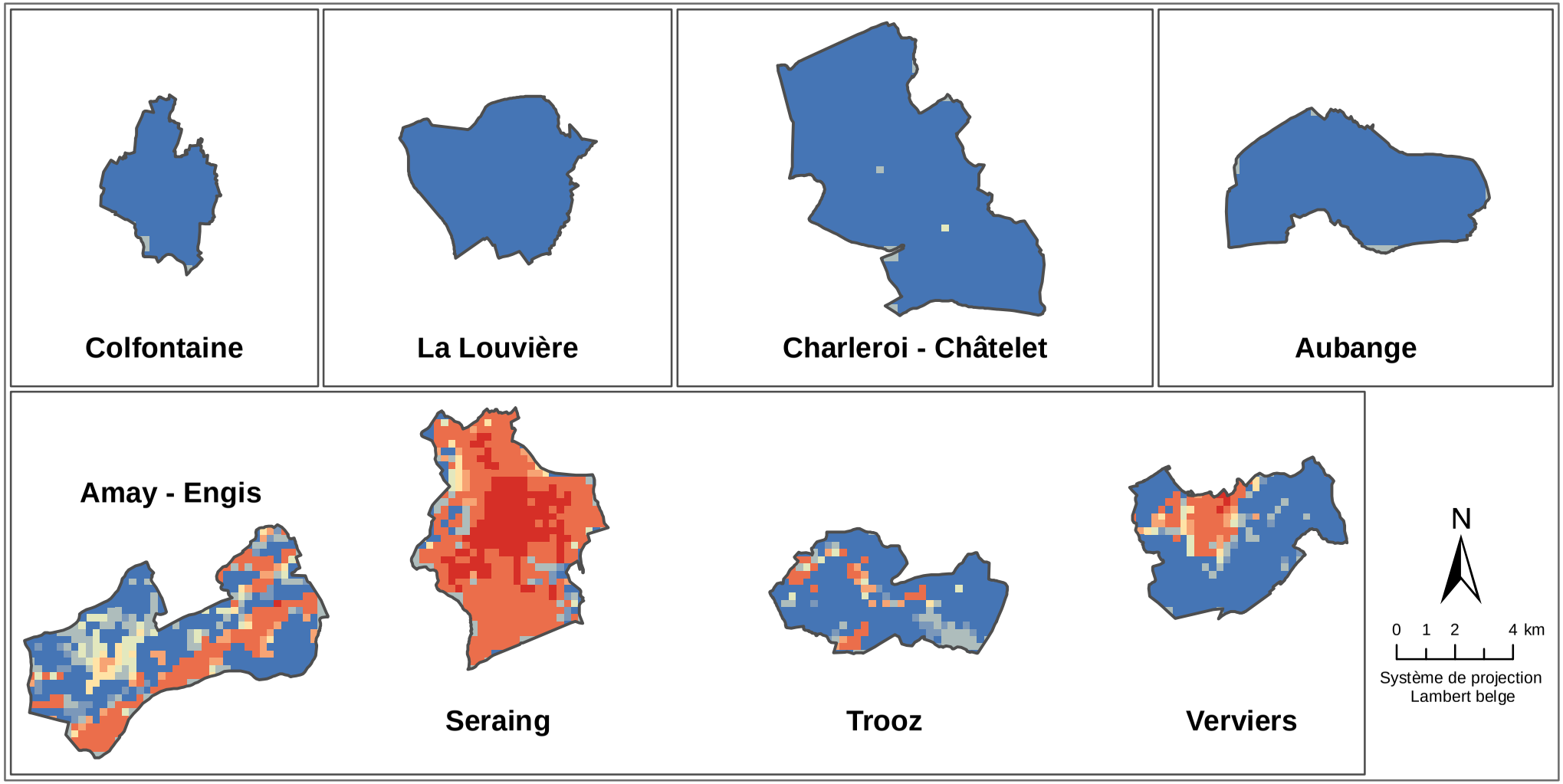
Limites des zones d'étude

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)



Carte A3zones_Sb : Antimoine (Sb) : concentration de fond dans les sols des zones d'étude

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en Sb (mg/kg matière sèche)

- < 2.0 (LQ)
- 2.1 - 2.2
- 2.3 - 2.4
- 2.5 - 2.6
- 2.7 - 2.8
- 2.9 - 3.0
- 3.1 - 5.0
- 5.1 - 8.8

Limites des zones d'étude

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW,
- LQ : limite de quantification
projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

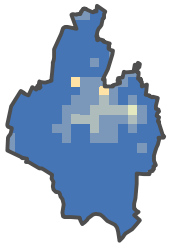
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

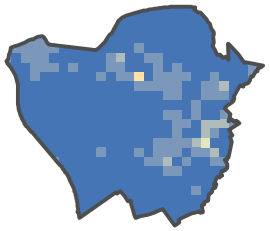
Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

UCL Université catholique de Louvain

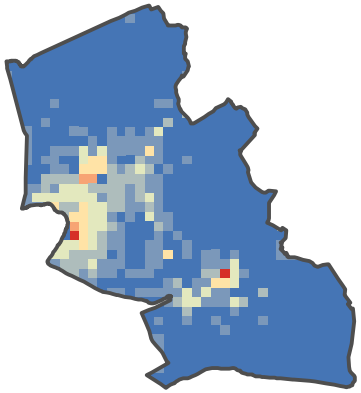
EARTH & LIFE INSTITUTE



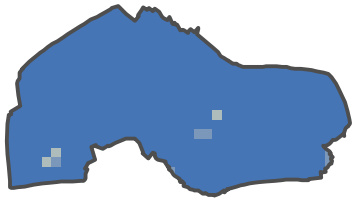
Colfontaine



La Louvière

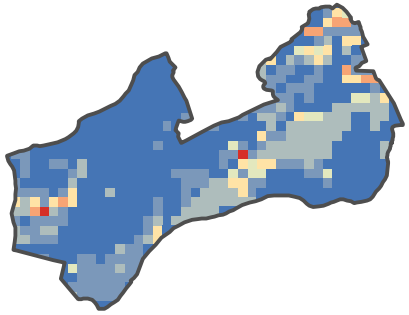


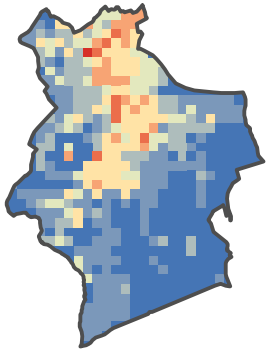
Charleroi - Châtelet



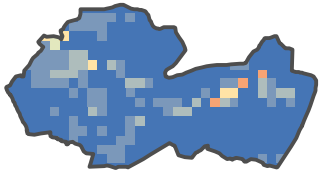
Aubange

Amay - Engis

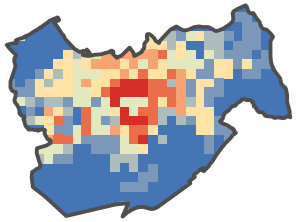




Seraing



Trooz



Verviers

N

0 1 2 4 km

Système de projection
Lambert belge

Carte A3zones_Sn : Etain (Sn) : concentration de fond dans les sols des zones d'étude

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en Sn (mg/kg matière sèche)

- < 5.0 (LQ)
- 5.1 - 6.0
- 6.1 - 7.0
- 7.1 - 8.0
- 8.1 - 10.0
- 10.1 - 12.0
- 12.1 - 14.0
- 14.1 - 40.5

Limites des zones d'étude

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW,
- LQ : limite de quantification
projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

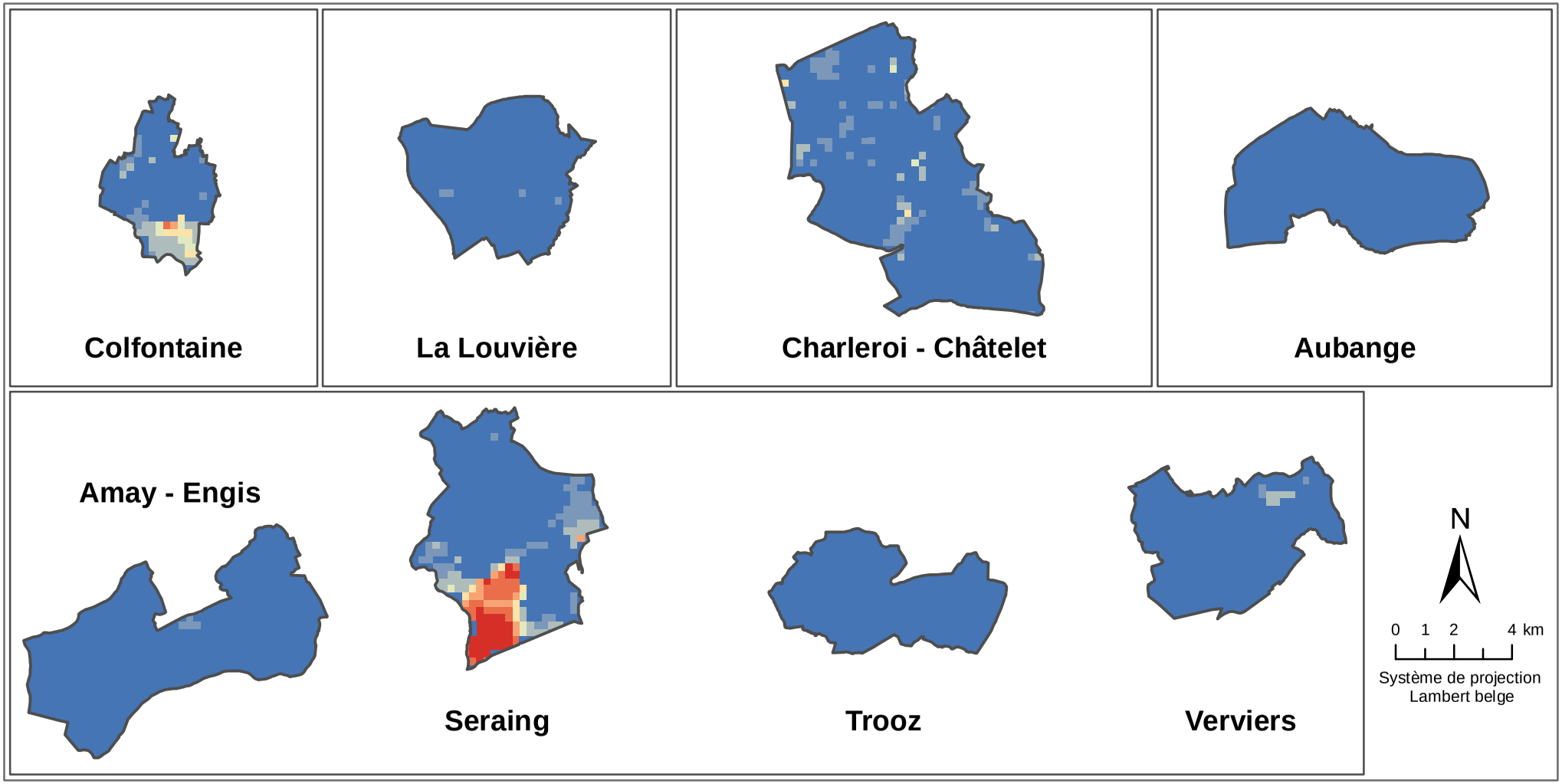
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

UCL Université catholique de Louvain

EARTH & LIFE INSTITUTE



Carte A3zones_Tolu : Toluène (Tolu) : concentration de fond dans les sols des zones d'étude

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en Tolu (mg/kg matière sèche)

- < 0.05 (LQ)
- 0.06 - 0.10
- 0.11 - 0.15
- 0.16 - 0.20
- 0.21 - 0.25
- 0.26 - 0.30
- 0.31 - 0.35
- 0.36 - 0.60

Limites des zones d'étude

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

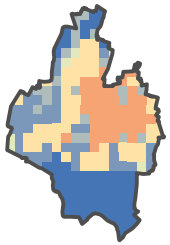
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

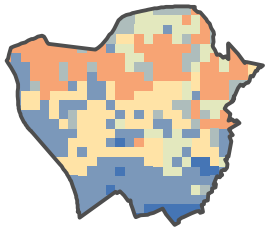
Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

UCL Université catholique de Louvain

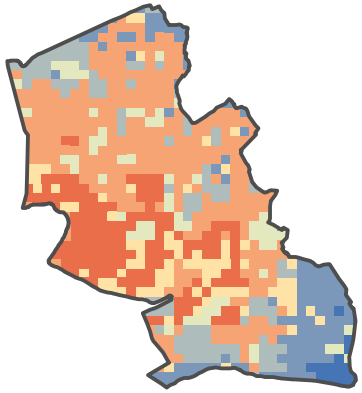
EARTH & LIFE INSTITUTE



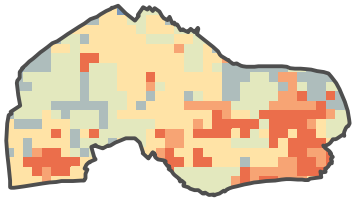
Colfontaine



La Louvière

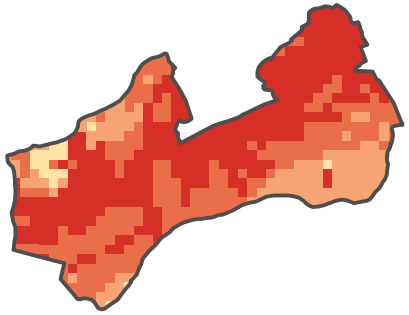


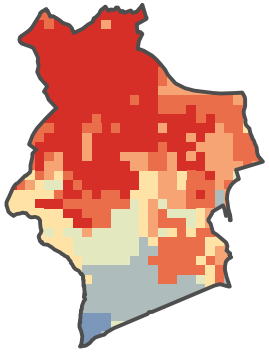
Charleroi - Châtelet



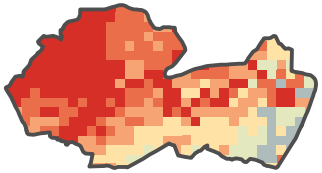
Aubange

Amay - Engis

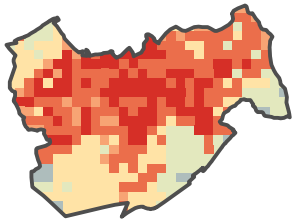




Seraing



Trooz



Verviers

N

0 1 2 4 km

Système de projection
Lambert belge

Carte A3zones_Zn : Zinc (Zn) : concentrations de fond dans les sols des zones d'étude

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en Zn (mg/kg matière sèche)

- 21 - 60
- 61 - 90
- 91 - 120
- 121 - 150
- 151 - 200
- 201 - 300
- 301 - 500
- 501 - 2235

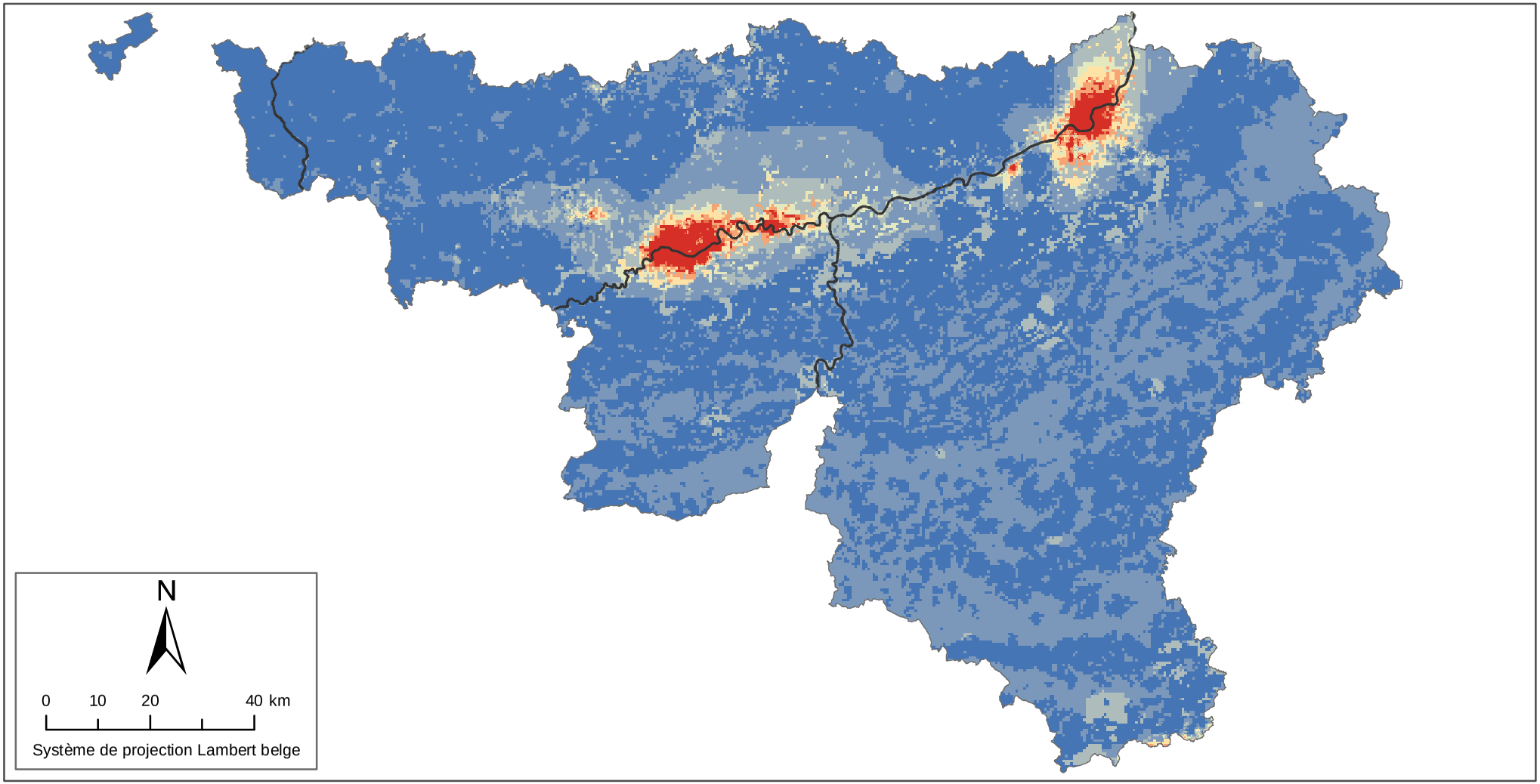
Limites des zones d'étude

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)



Carte A4wal_Ace : Acénaphtène (Ace) : concentration qui a une probabilité inférieure à 5% d'être dépassée dans les sols de Wallonie

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en Ace (mg/kg matière sèche)

- < 0.010 (LQ)
- 0.011 - 0.015
- 0.016 - 0.020
- 0.021 - 0.025
- 0.026 - 0.030
- 0.031 - 0.035
- 0.036 - 0.040
- 0.041 - 0.150

Escaut, Sambre ou Meuse

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

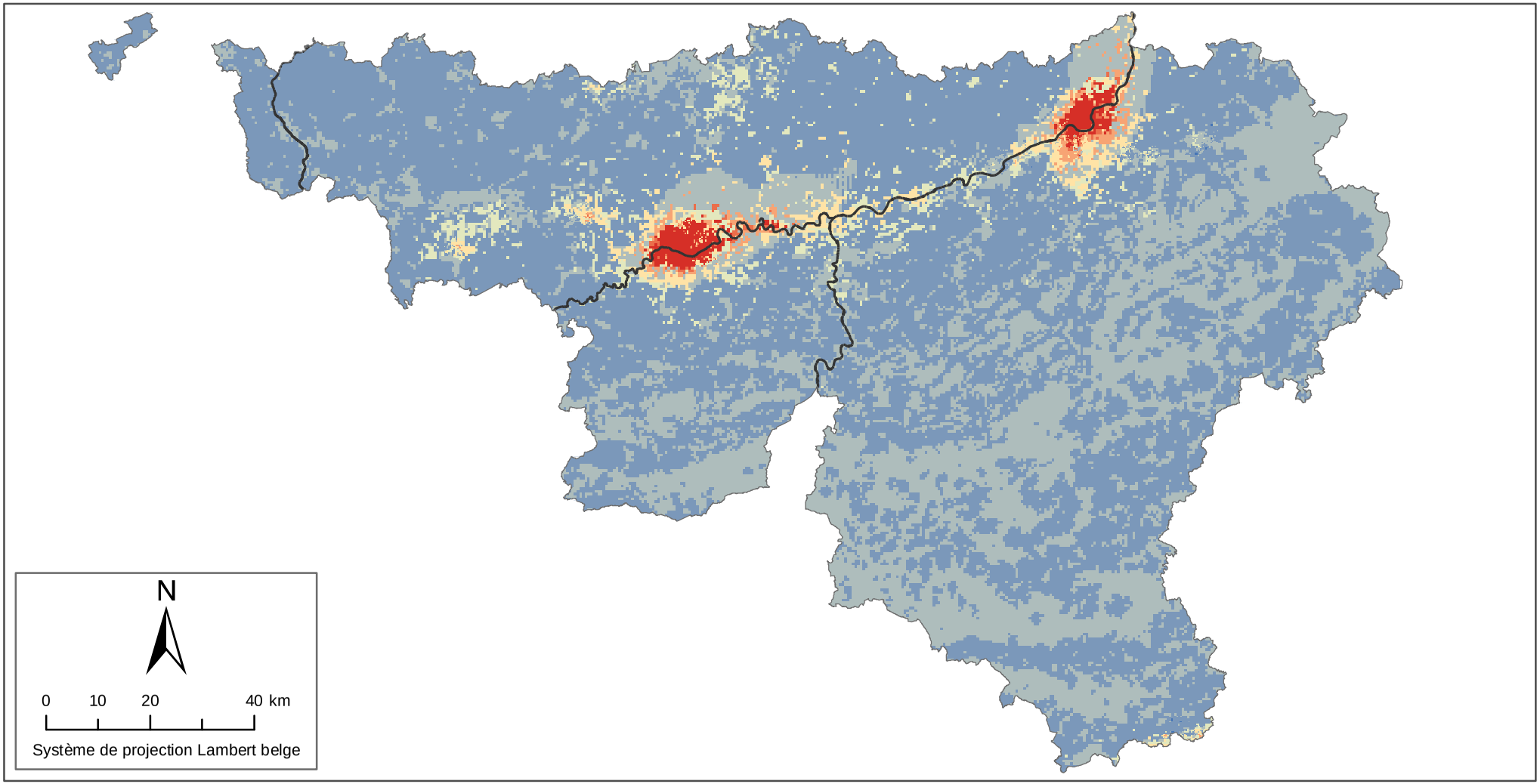
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

UCL Université catholique de Louvain

EARTH & LIFE INSTITUTE



Carte A4wal_Ant : Anthracène (Ant) : concentration qui a une probabilité inférieure à 5% d'être dépassée dans les sols de Wallonie

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en Ant (mg/kg matière sèche)

- < 0.01 (LQ)
- 0.02 - 0.03
- 0.04 - 0.05
- 0.06 - 0.07
- 0.08 - 0.09
- 0.10 - 0.11
- 0.12 - 0.13
- 0.14 - 0.48

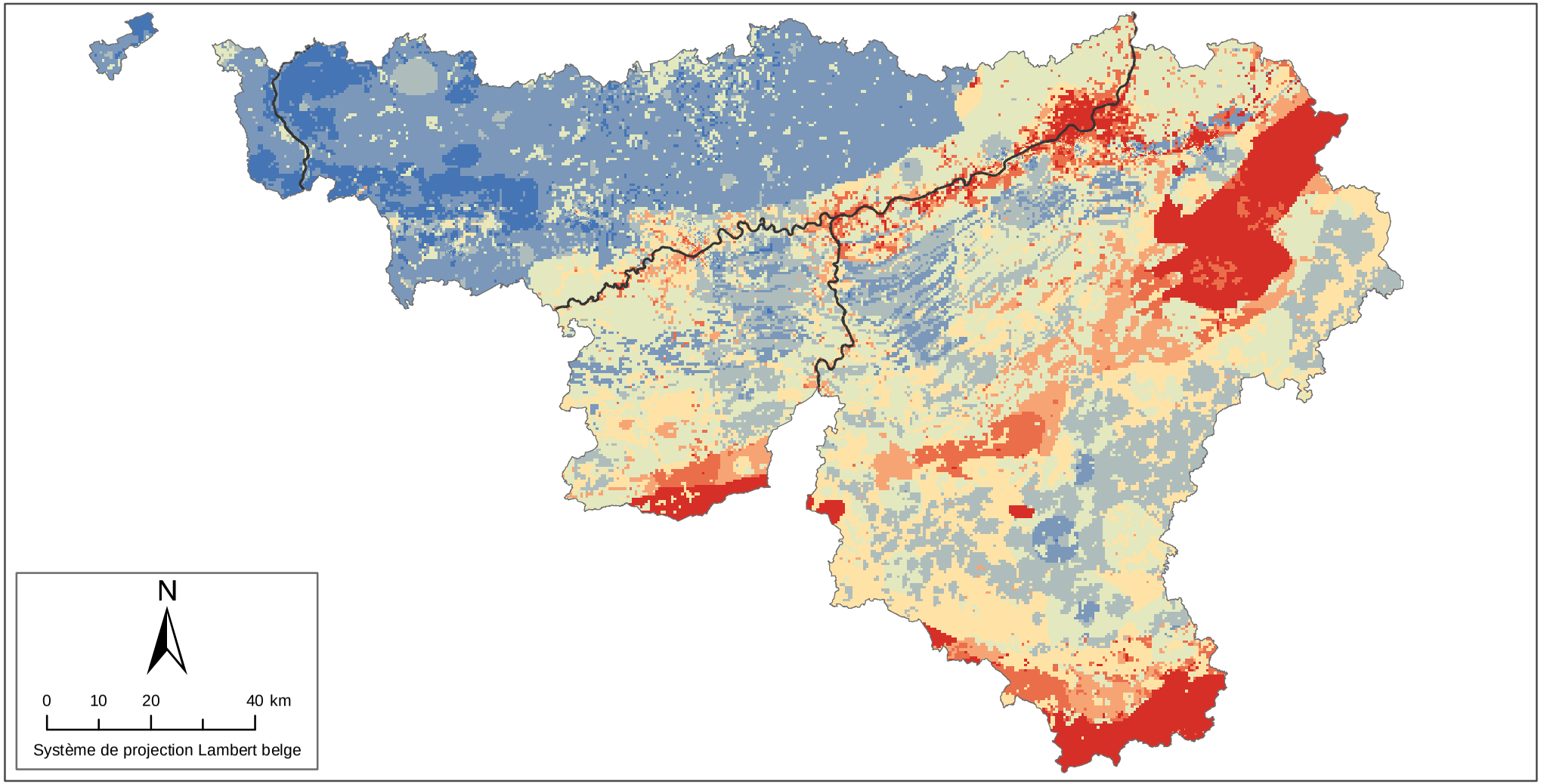
Escaut, Sambre ou Meuse

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)



Carte A4wal_As : Arsenic (As) : concentration qui a une probabilité inférieure à 5% d'être dépassée dans les sols de Wallonie

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en As (mg/kg matière sèche)

- < 10.0 (LQ)
- 10.1 - 13.0
- 13.1 - 16.0
- 16.1 - 19.0
- 19.1 - 22.0
- 22.1 - 25.0
- 25.1 - 40.0
- 40.1 - 130.0

Escaut, Sambre ou Meuse

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

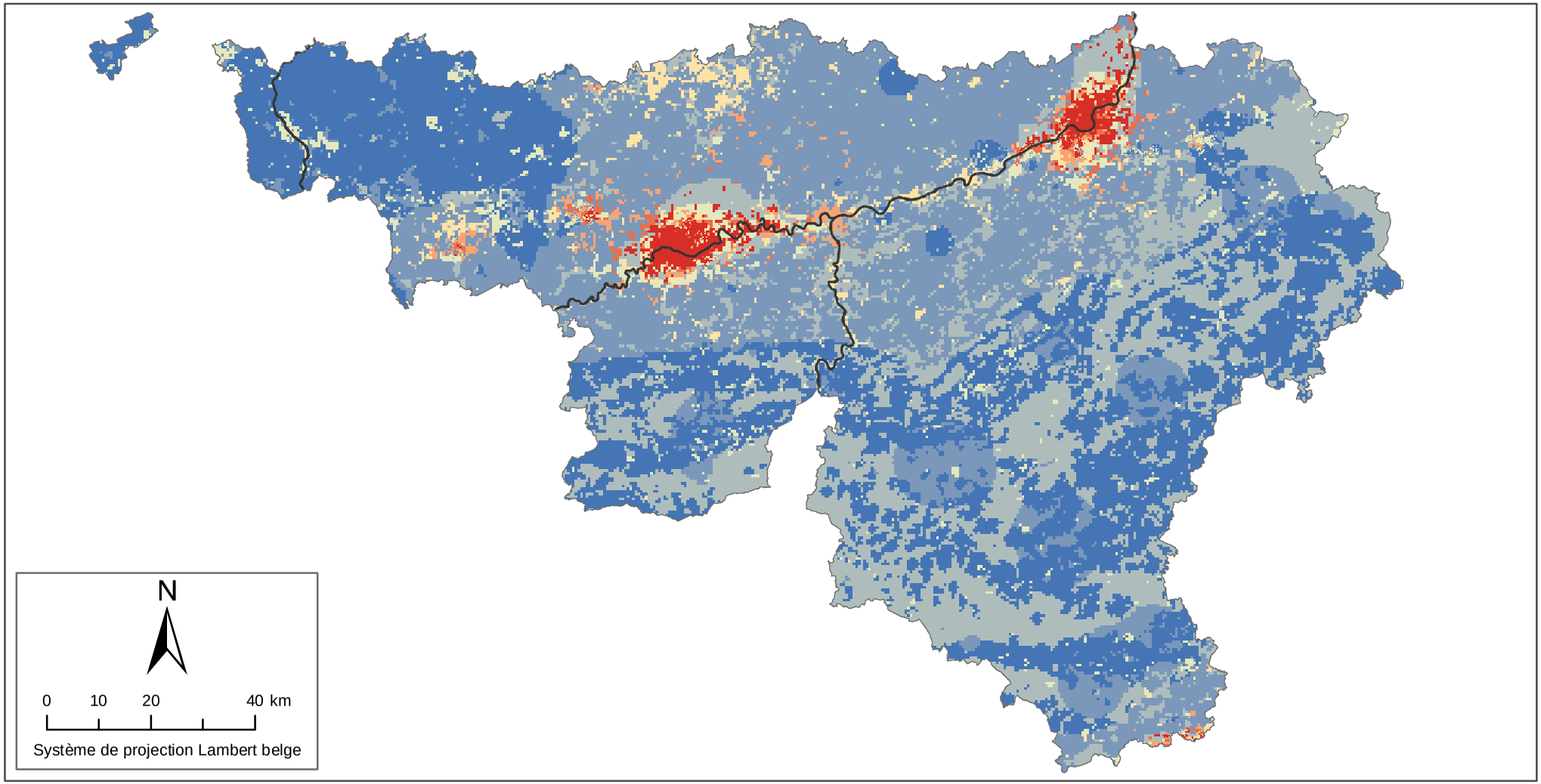
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

UCL Université catholique de Louvain

EARTH & LIFE INSTITUTE



Carte A4wal_BaA : Benzo[a]anthracène (BaA) : concentration qui a une probabilité inférieure à 5% d'être dépassée dans les sols de Wallonie

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en BaA (mg/kg matière sèche)

- < 0.01 - 0.10
- 0.11 - 0.20
- 0.21 - 0.30
- 0.31 - 0.40
- 0.41 - 0.50
- 0.51 - 0.60
- 0.61 - 0.70
- 0.71 - 4.09

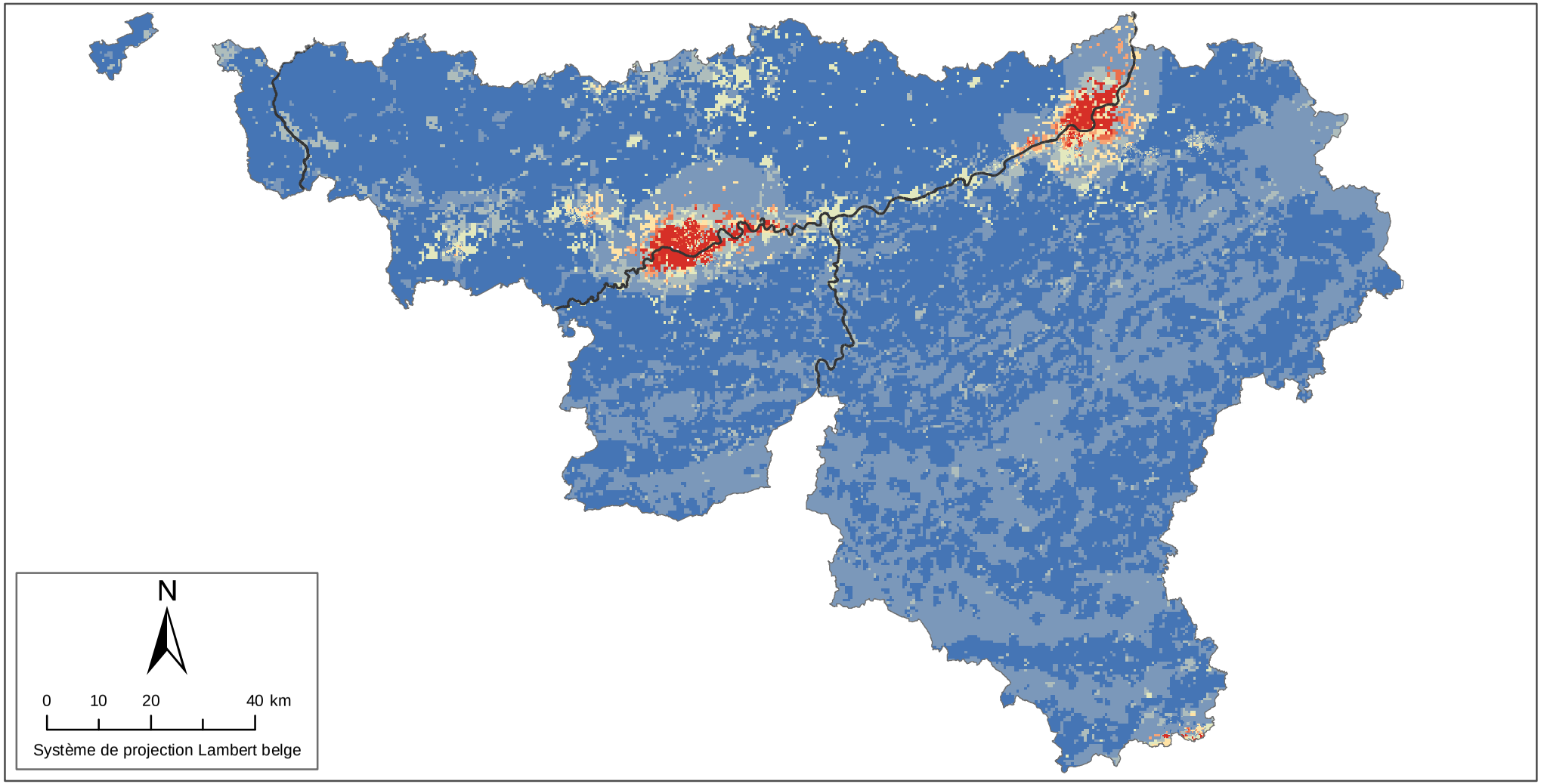
Escaut, Sambre ou Meuse

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)



Carte A4wal_BaP : Benzo[a]pyrène (BaP) : concentration qui a une probabilité inférieure à 5% d'être dépassée dans les sols de Wallonie

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en BaP (mg/kg matière sèche)

0.01 - 0.15	0.61 - 0.75
0.16 - 0.30	0.76 - 0.90
0.31 - 0.45	0.91 - 1.05
0.46 - 0.60	1.06 - 2.15

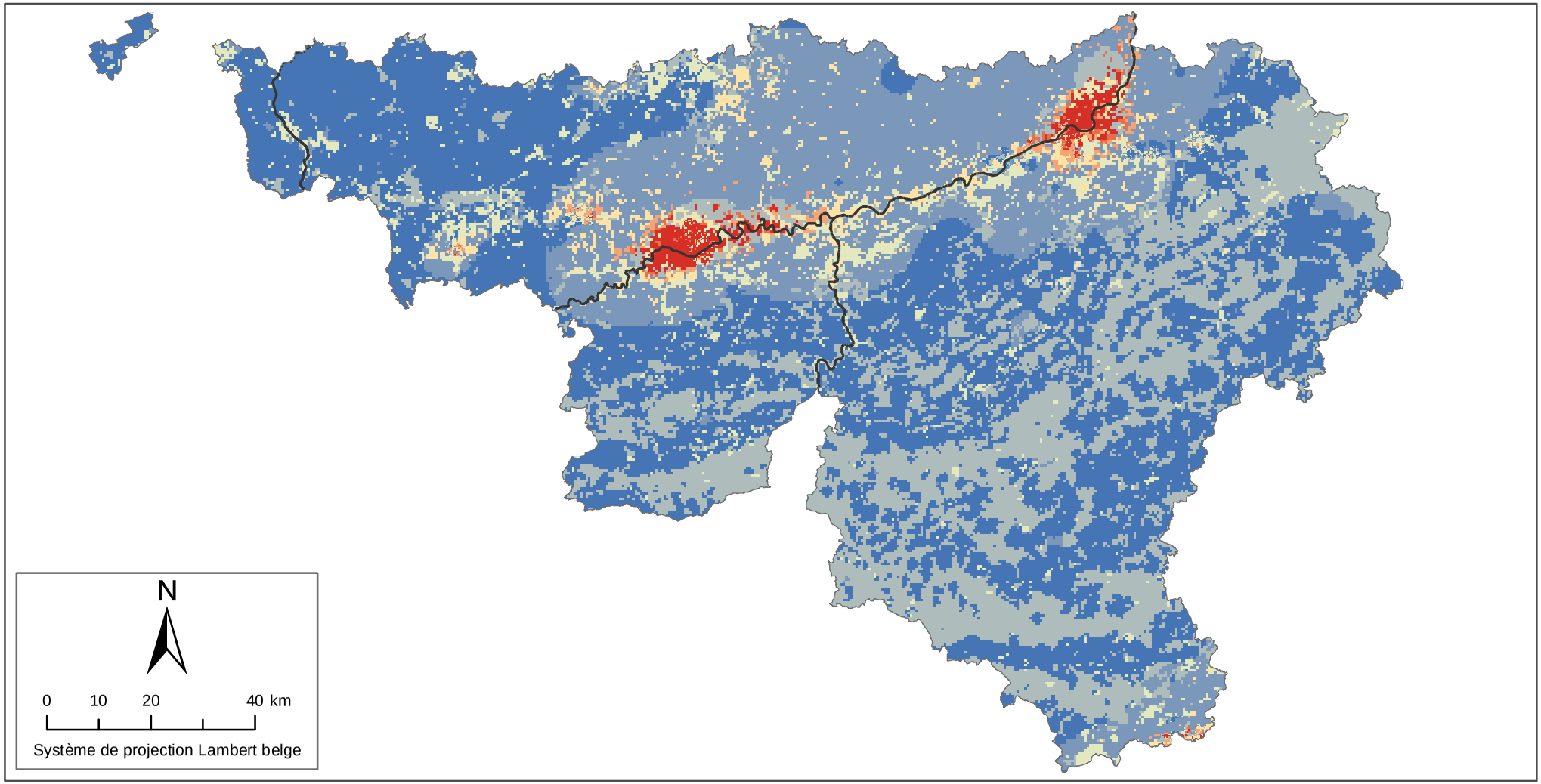
Escaut, Sambre ou Meuse

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)



Carte A4wal_BbF : Benzo[b]fluoranthène (BbF) : concentration qui a une probabilité inférieure à 5% d'être dépassée dans les sols de Wallonie

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en BbF (mg/kg matière sèche)

- 0.02 - 0.15
- 0.16 - 0.30
- 0.31 - 0.45
- 0.46 - 0.60
- 0.61 - 0.75
- 0.76 - 0.90
- 0.91 - 1.05
- 1.06 - 3.17

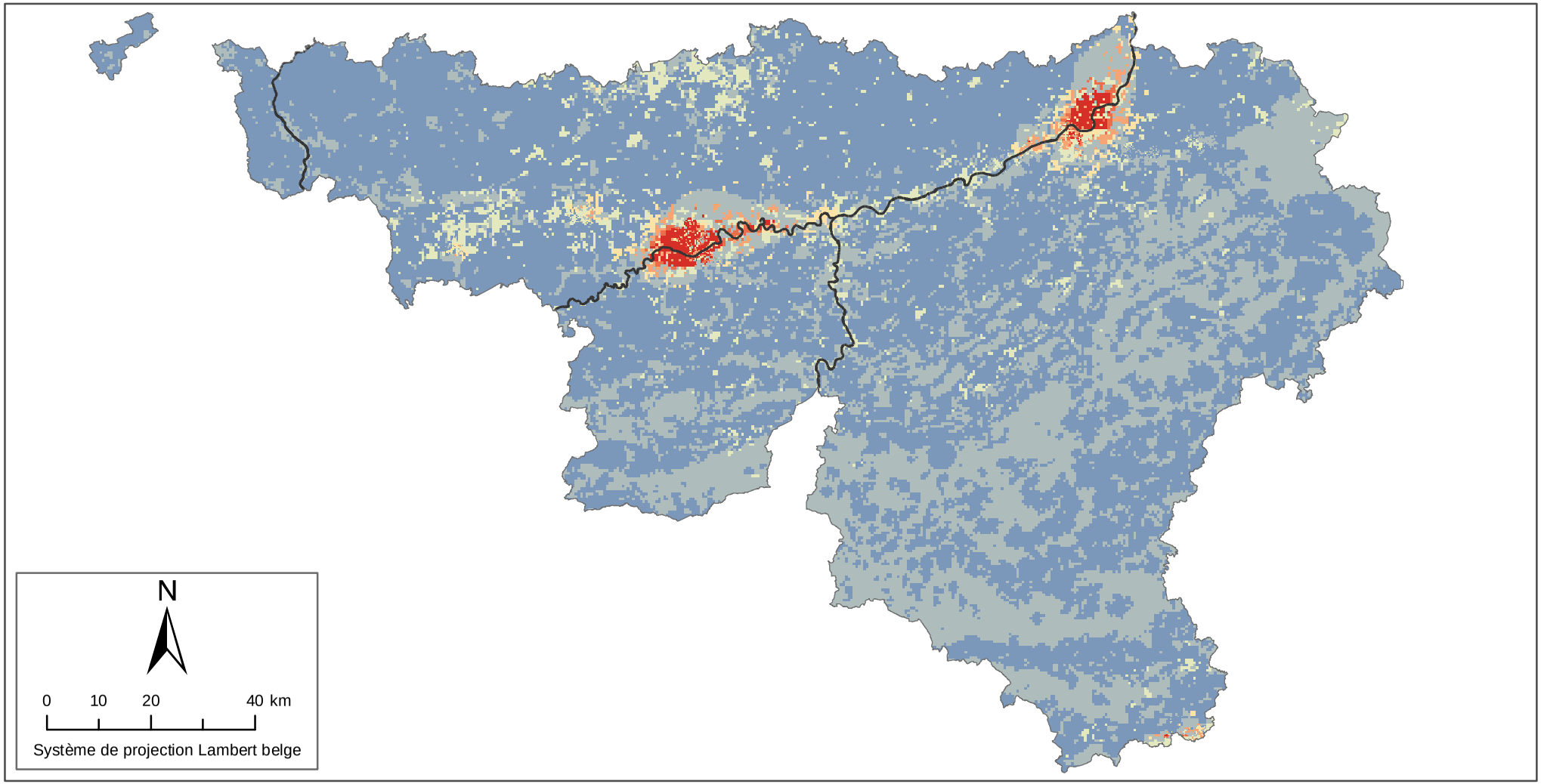
Escaut, Sambre ou Meuse

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)



Carte A4wal_Bghip : Benzo[g,h,i]pérylène (Bghip) : concentration qui a une probabilité inférieure à 5% d'être dépassée dans les sols de Wallonie

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en Bghip (mg/kg matière sèche)

- < 0.01 (LQ)
- 0.02 - 0.15
- 0.16 - 0.30
- 0.31 - 0.45
- 0.46 - 0.60
- 0.61 - 0.75
- 0.76 - 0.90
- 0.91 - 1.22

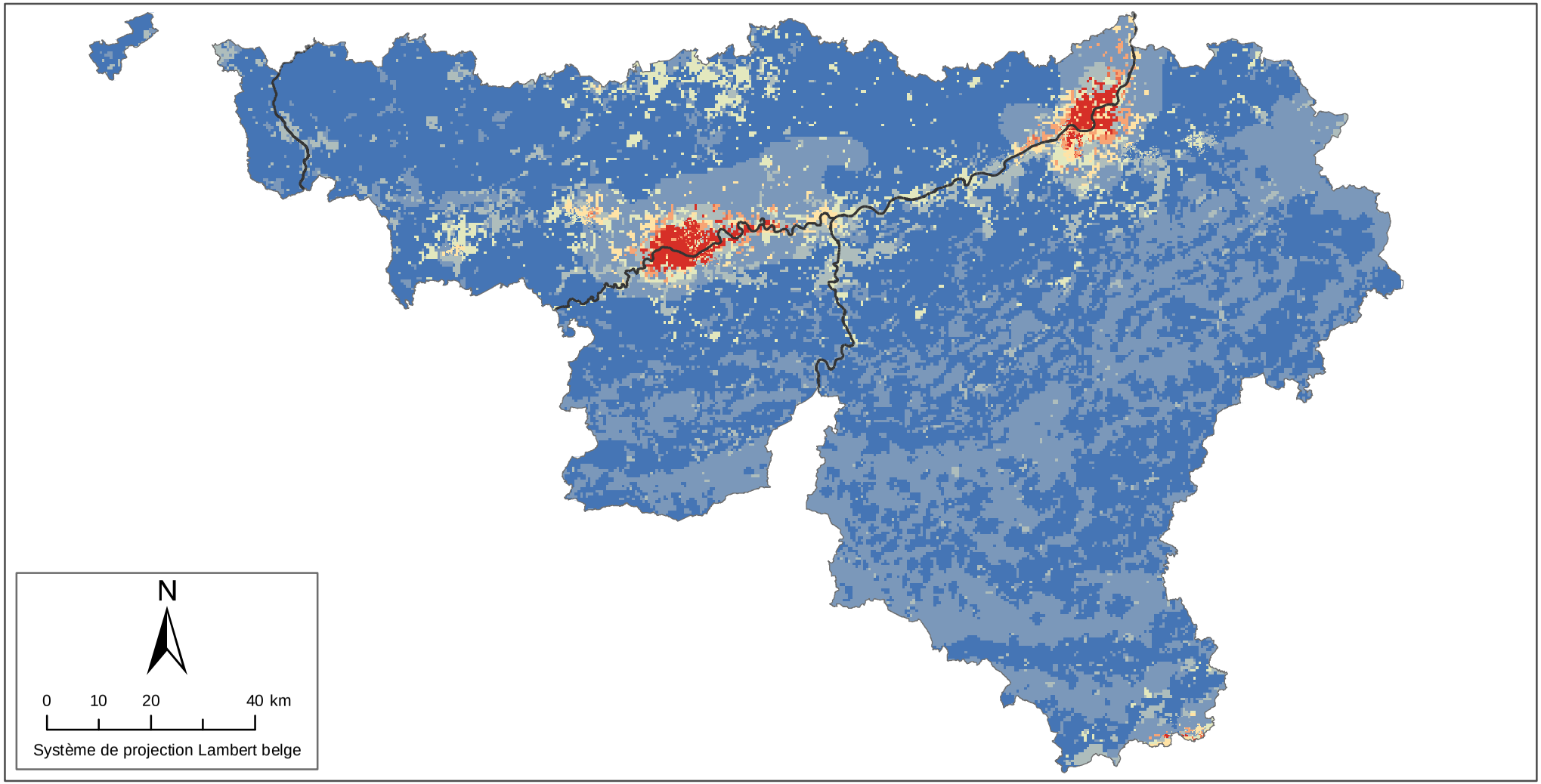
Escaut, Sambre ou Meuse

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)



Carte A4wal_BkF : Benzo[k]fluoranthène (BkF) : concentration qui a une probabilité inférieure à 5% d'être dépassée dans les sols de Wallonie

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en BkF (mg/kg matière sèche)

- 0.01 - 0.08
- 0.09 - 0.16
- 0.17 - 0.24
- 0.25 - 0.32
- 0.33 - 0.40
- 0.41 - 0.48
- 0.49 - 0.56
- 0.57 - 1.34

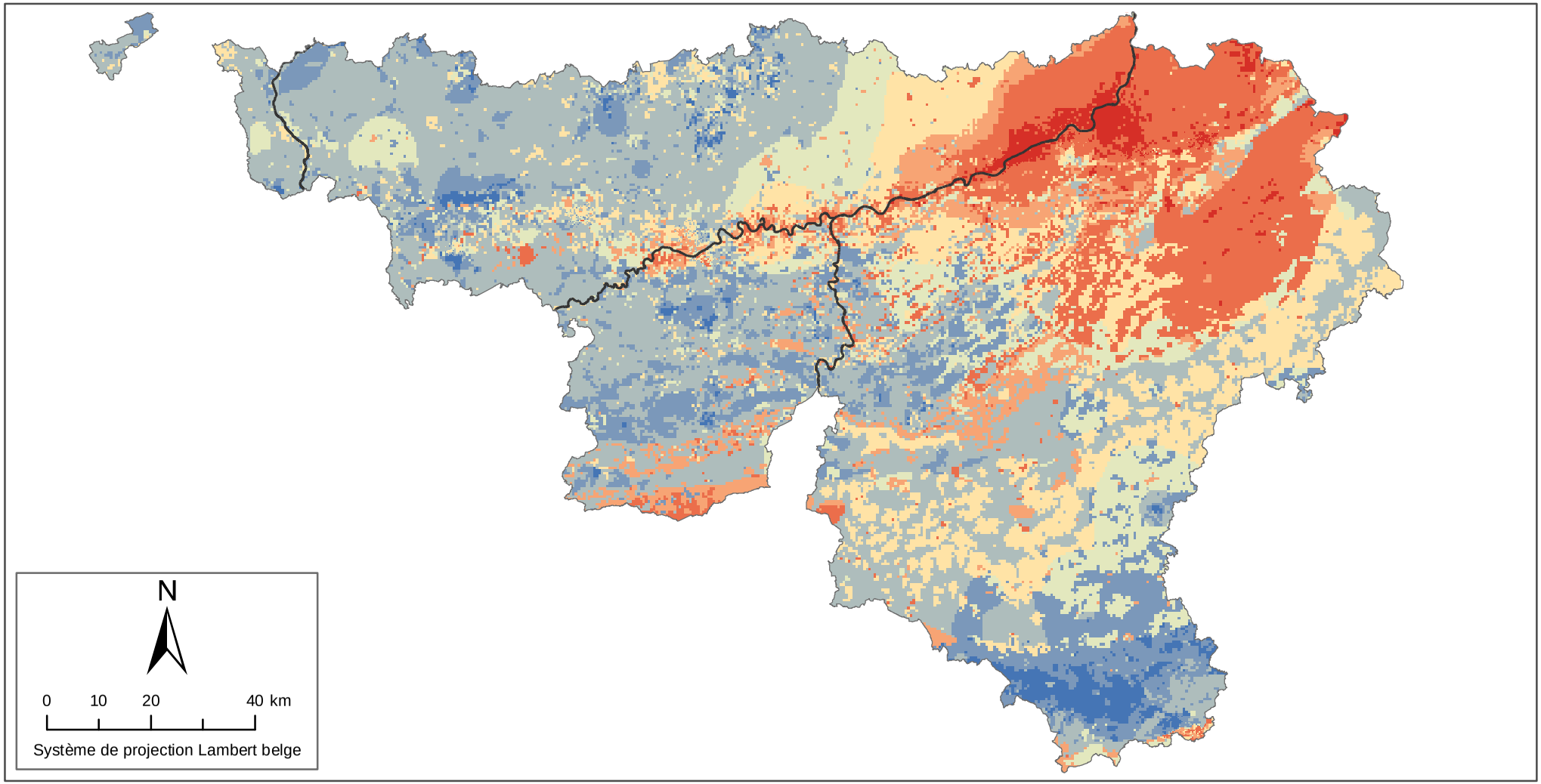
Escaut, Sambre ou Meuse

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)



Carte A4wal_Cd : Cadmium (Cd) : concentration qui a une probabilité inférieure à 5% d'être dépassée dans les sols de Wallonie

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en Cd (mg/kg matière sèche)

- < 0.4 (LQ)
- 0.5 - 0.6
- 0.7 - 0.8
- 0.9 - 1.0
- 1.1 - 1.5
- 1.6 - 2.0
- 2.1 - 5.0
- 5.1 - 21.4

Escaut, Sambre ou Meuse

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

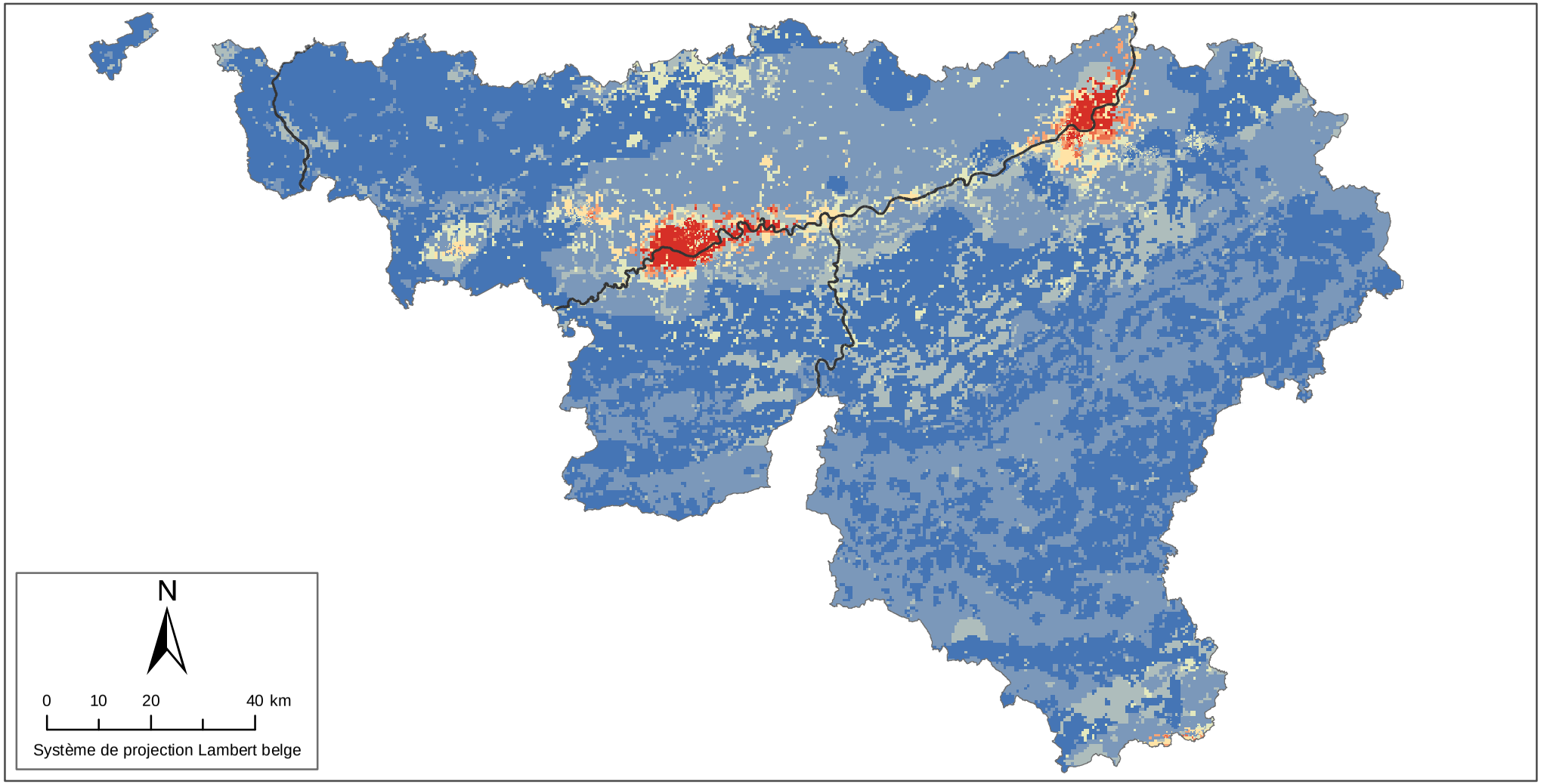
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

UCL Université catholique de Louvain

EARTH & LIFE INSTITUTE



Carte A4wal_Chrys : Chrysène (Chrys) : concentration qui a une probabilité inférieure à 5% d'être dépassée dans les sols de Wallonie

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en Chrys (mg/kg matière sèche)

- < 0.01 - 0.15
- 0.16 - 0.30
- 0.31 - 0.45
- 0.46 - 0.60
- 0.61 - 0.75
- 0.76 - 0.90
- 0.91 - 1.05
- 1.06 - 2.49

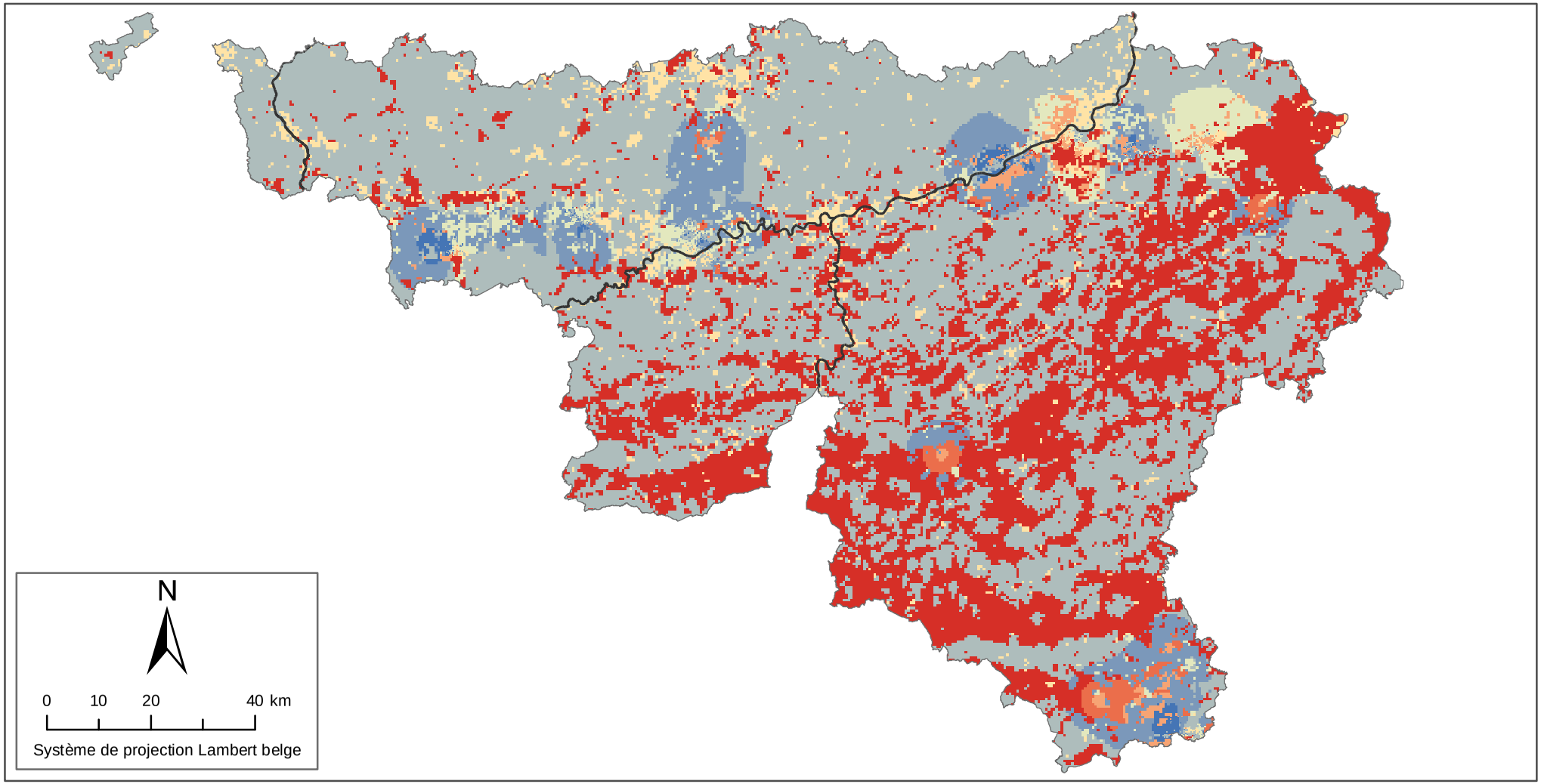
Escaut, Sambre ou Meuse

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)



Carte A4wal_CN_tot : Cyanures totaux (CN_tot) : concentration qui a une probabilité inférieure à 5% d'être dépassée dans les sols de Wallonie

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en CN_tot (mg/kg matière sèche)

- < 1.00 (LQ)
- 1.01 - 1.25
- 1.26 - 1.50
- 1.51 - 1.75
- 1.76 - 2.00
- 2.01 - 2.25
- 2.26 - 2.50
- 2.51 - 3.81

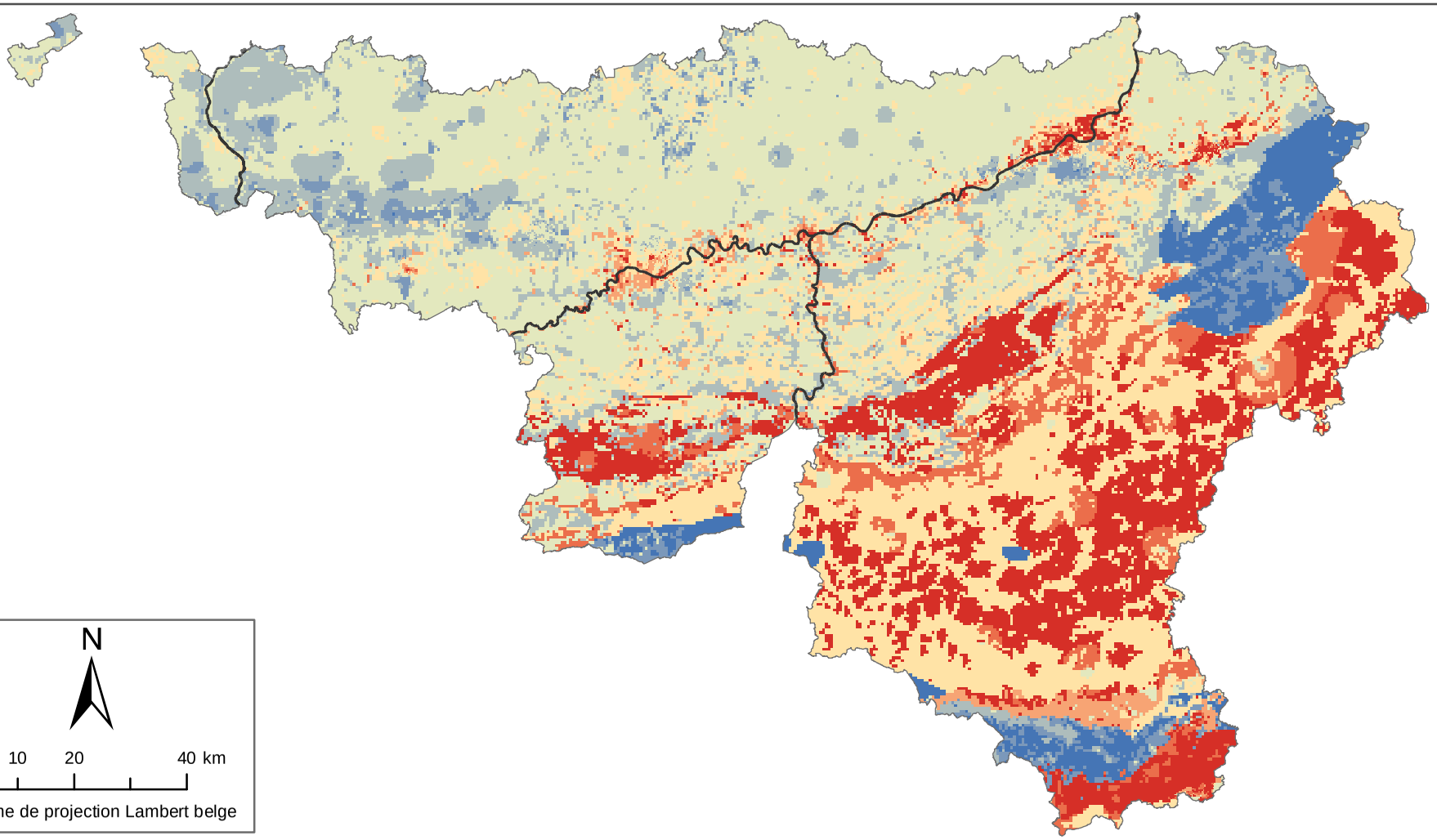
Escaut, Sambre ou Meuse

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)



Carte A4wal_Co : Cobalt (Co) : concentration qui a une probabilité inférieure à 5% d'être dépassée dans les sols de Wallonie

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en Co (mg/kg matière sèche)

- 4 - 7
- 8 - 10
- 11 - 13
- 14 - 16
- 17 - 19
- 20 - 22
- 23 - 25
- 26 - 58

Escaut, Sambre ou Meuse

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

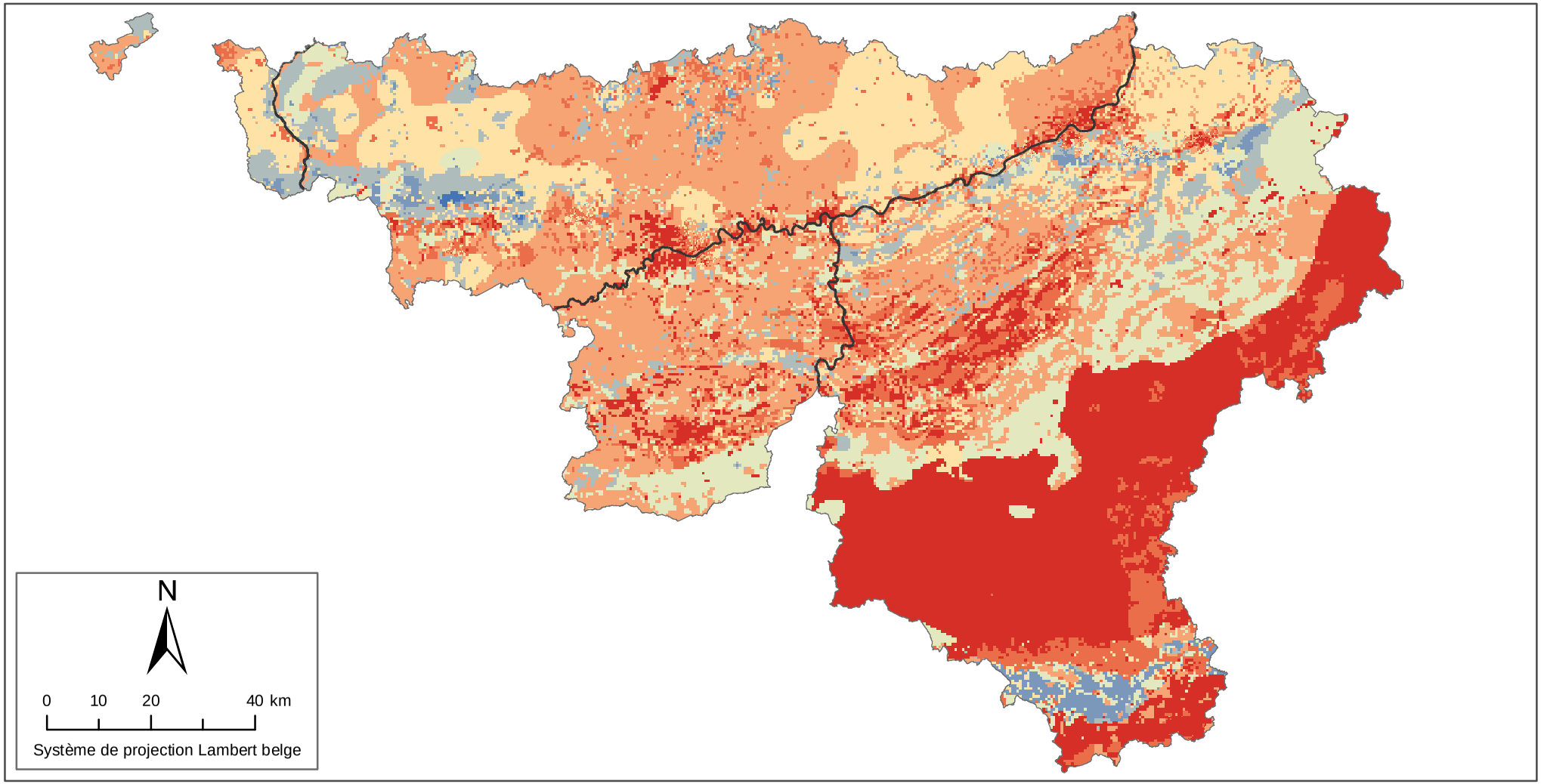
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

UCL Université catholique de Louvain

EARTH & LIFE INSTITUTE



Carte A4wal_Cr : Chrome (Cr) : concentration qui a une probabilité inférieure à 5% d'être dépassée dans les sols de Wallonie

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en Cr (mg/kg matière sèche)

- 22 - 25
- 26 - 30
- 31 - 35
- 36 - 40
- 41 - 45
- 46 - 55
- 56 - 65
- 66 - 117

Escaut, Sambre ou Meuse

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

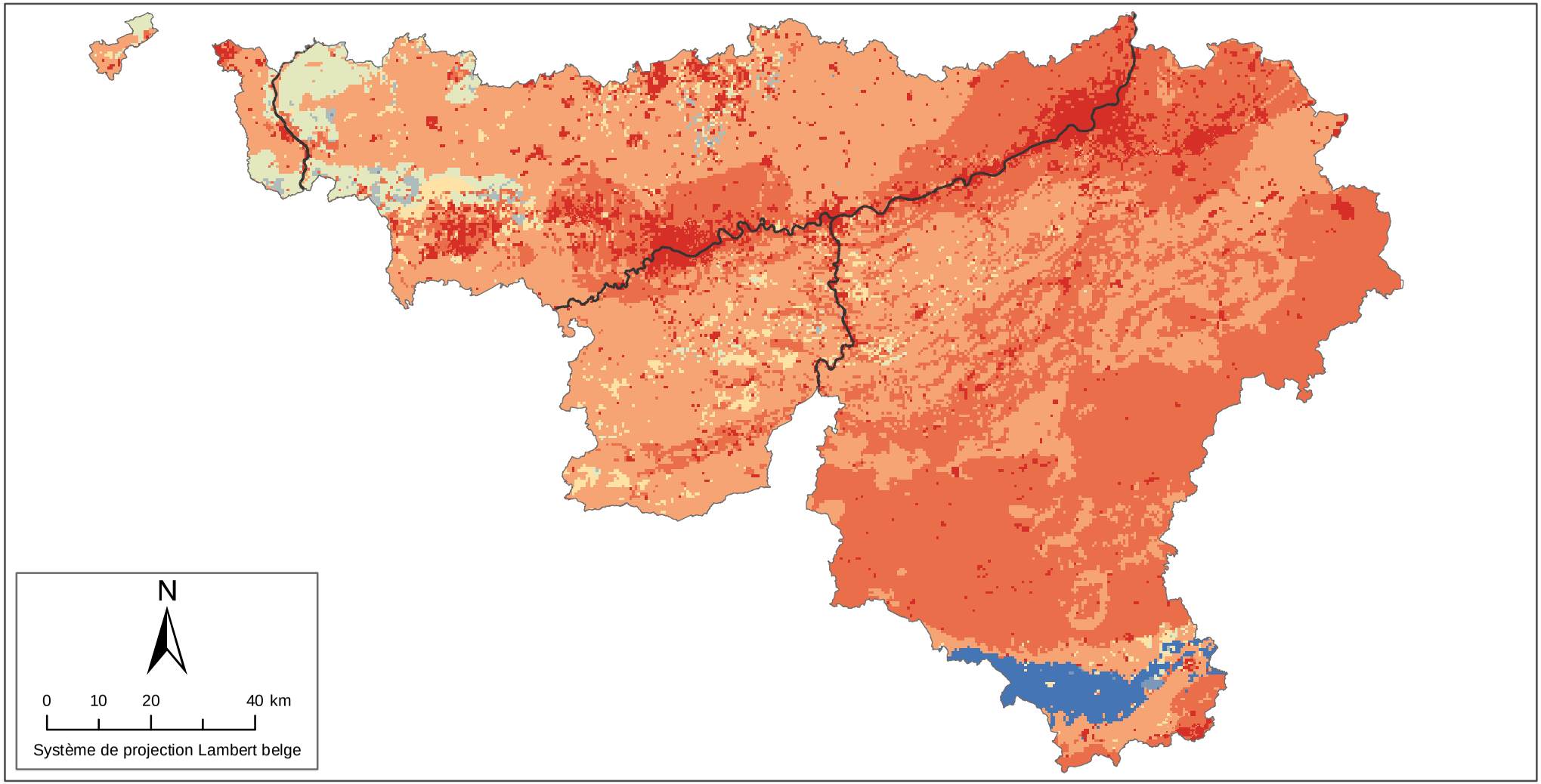
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

UCL Université catholique de Louvain

EARTH & LIFE INSTITUTE



Carte A4wal_Cu : Cuivre (Cu) : concentration qui a une probabilité inférieure à 5% d'être dépassée dans les sols de Wallonie

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en Cu (mg/kg matière sèche)

- 6 - 12
- 13 - 14
- 15 - 16
- 17 - 18
- 19 - 20
- 21 - 30
- 31 - 50
- 51 - 161

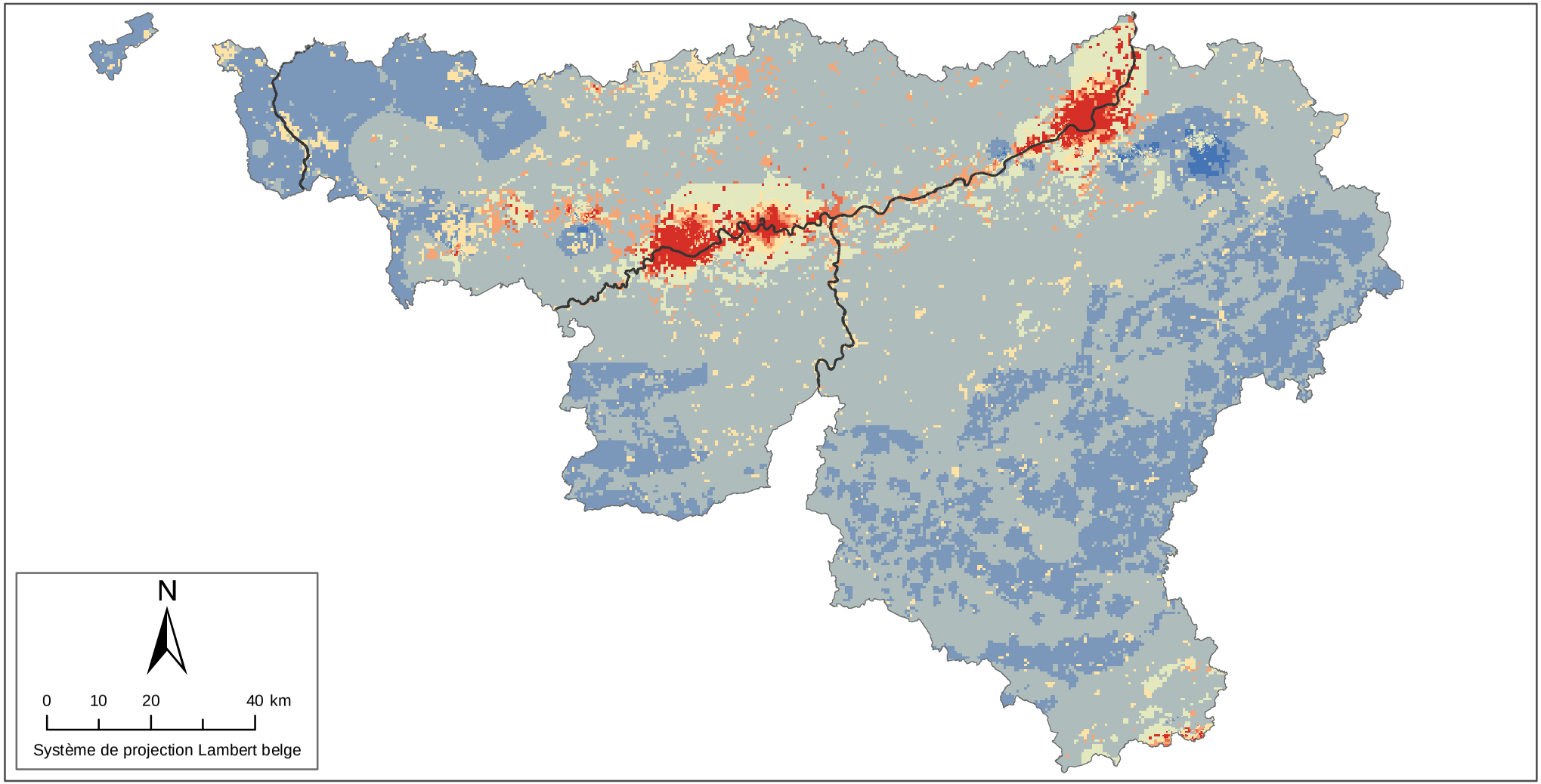
Escaut, Sambre ou Meuse

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)



Carte A4wal_dBahA : Dibenzo[a,h]anthracène (dBahA) : concentration qui a une probabilité inférieure à 5% d'être dépassée dans les sols de Wallonie

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en dBahA (mg/kg matière sèche)

- < 0.010 (LQ)
- 0.011 - 0.020
- 0.021 - 0.040
- 0.041 - 0.060
- 0.061 - 0.080
- 0.081 - 0.100
- 0.101 - 0.120
- 0.121 - 0.359

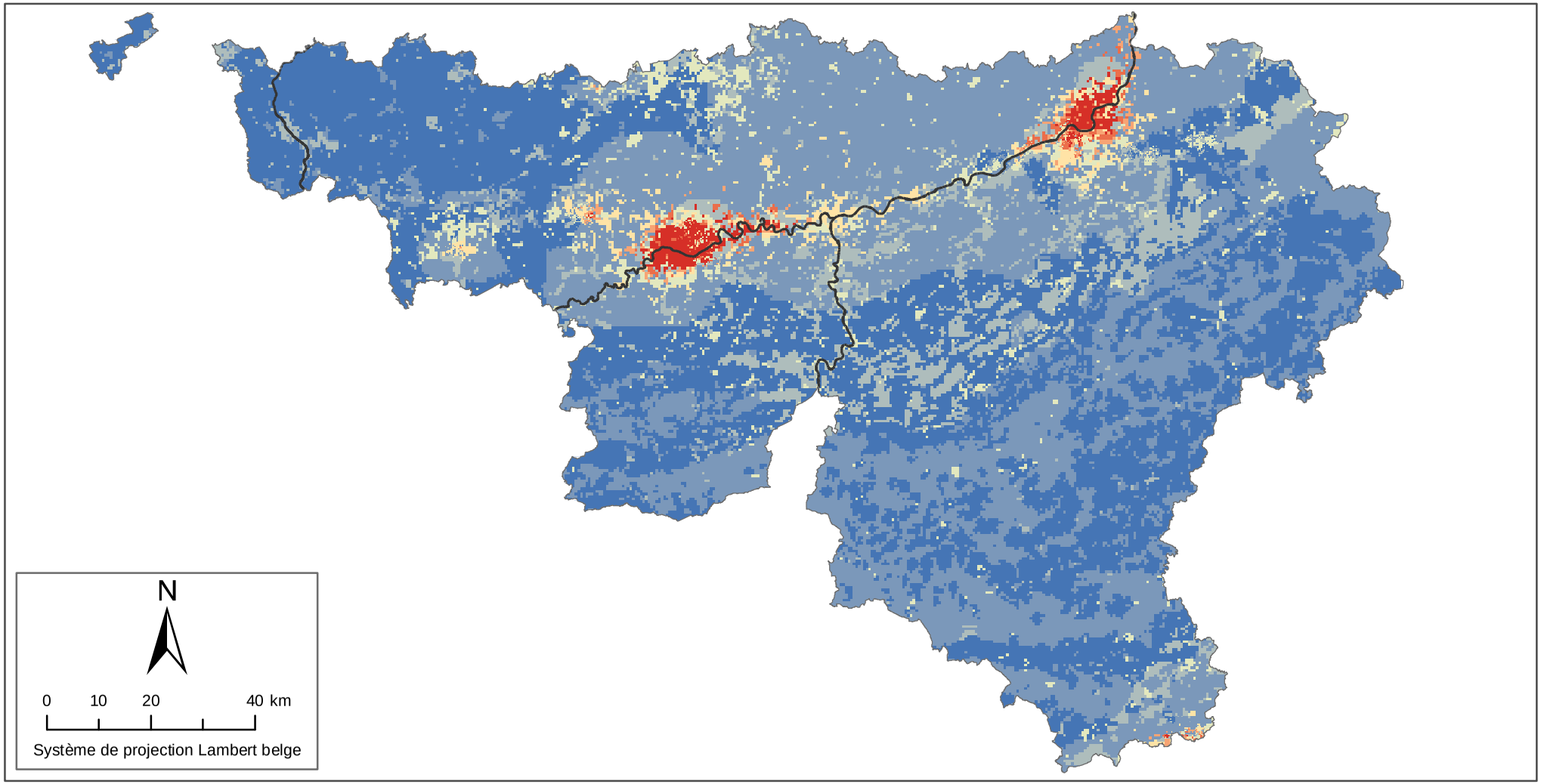
Escaut, Sambre ou Meuse

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)



Carte A4wal_Fla : Fluoranthène (Fla) : concentration qui a une probabilité inférieure à 5% d'être dépassée dans les sols de Wallonie

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en Fla (mg/kg matière sèche)

- 0.02 - 0.30
- 0.31 - 0.60
- 0.61 - 0.90
- 0.91 - 1.20
- 1.21 - 1.50
- 1.51 - 1.80
- 1.81 - 2.10
- 2.11 - 5.94

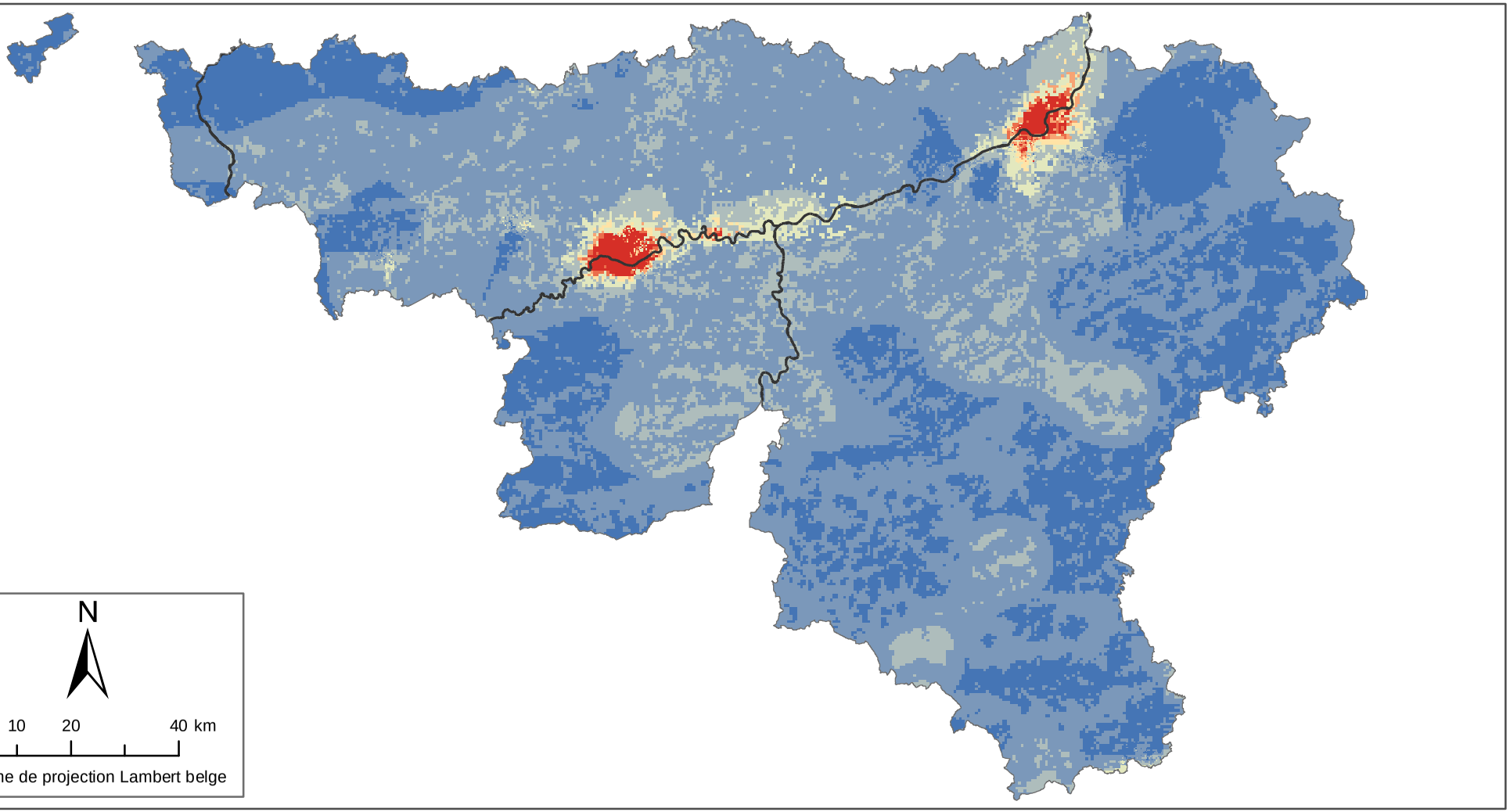
Escaut, Sambre ou Meuse

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)



Carte A4wal_Fle : Fluorène (Fle) : concentration qui a une probabilité inférieure à 5% d'être dépassée dans les sols de Wallonie

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en Fle (mg/kg matière sèche)

- < 0.010 (LQ)
- 0.011 - 0.020
- 0.021 - 0.030
- 0.031 - 0.040
- 0.041 - 0.050
- 0.051 - 0.060
- 0.061 - 0.070
- 0.071 - 0.286

Escaut, Sambre ou Meuse

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

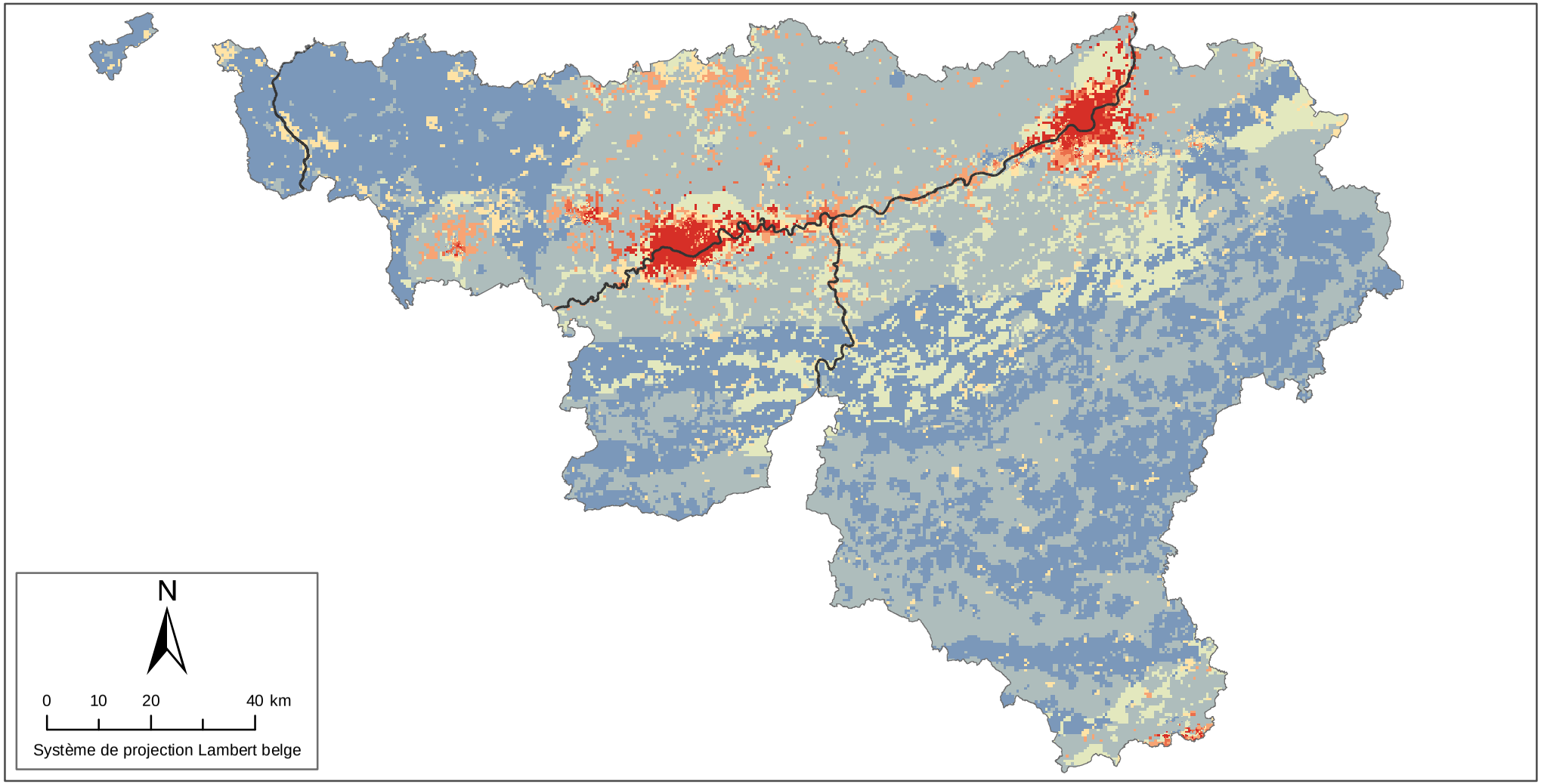
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

UCL Université catholique de Louvain

EARTH & LIFE INSTITUTE



Carte A4wal_HAP10 : 10 HAP prioritaires* (HAP10) : concentration qui a une probabilité inférieure à 5% d'être dépassée dans les sols de Wallonie

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en HAP10 (mg/kg matière sèche)

- < 0.2 (LQ)
- 0.3 - 1.0
- 1.1 - 2.0
- 2.1 - 3.0
- 3.1 - 4.0
- 4.1 - 5.0
- 5.1 - 6.0
- 6.1 - 19.1

Escaut, Sambre ou Meuse

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

* 10 HAP prioritaires selon le VROM (Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Mileubeheer)

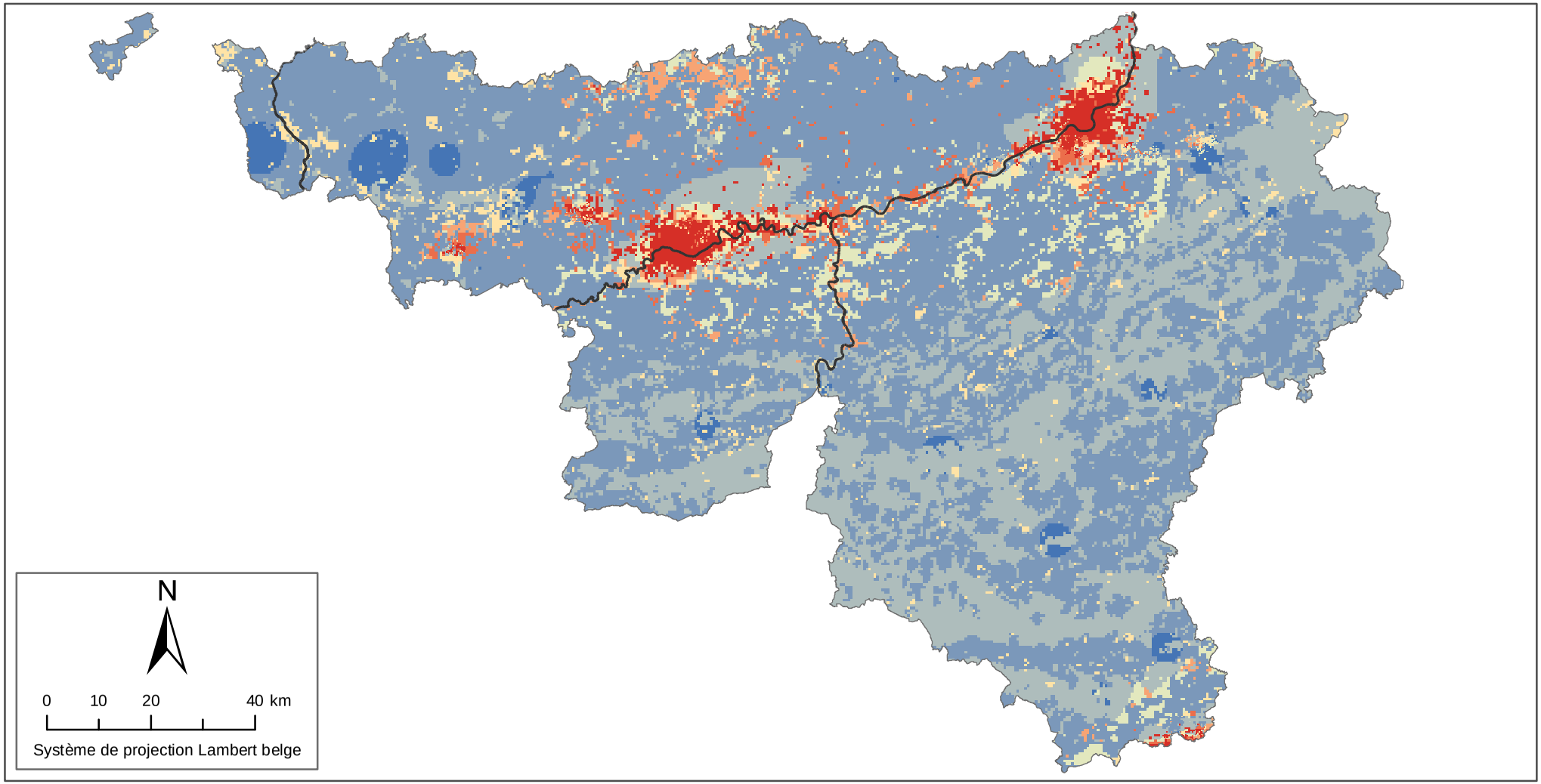
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

UCL Université catholique de Louvain

EARTH & LIFE INSTITUTE



Carte A4wal_HAP16 : 16 HAP prioritaires* (HAP16) : concentration qui a une probabilité inférieure à 5% d'être dépassée dans les sols de Wallonie

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en HAP16 (mg/kg matière sèche)

- 0.1 - 1.0
- 1.1 - 2.0
- 2.1 - 3.0
- 3.1 - 4.0
- 4.1 - 5.0
- 5.1 - 6.0
- 6.1 - 7.0
- 7.1 - 25.9

Escaut, Sambre ou Meuse

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

* 16 HAP prioritaires selon l'US-EPA (U.S. Environmental Protection Agency)

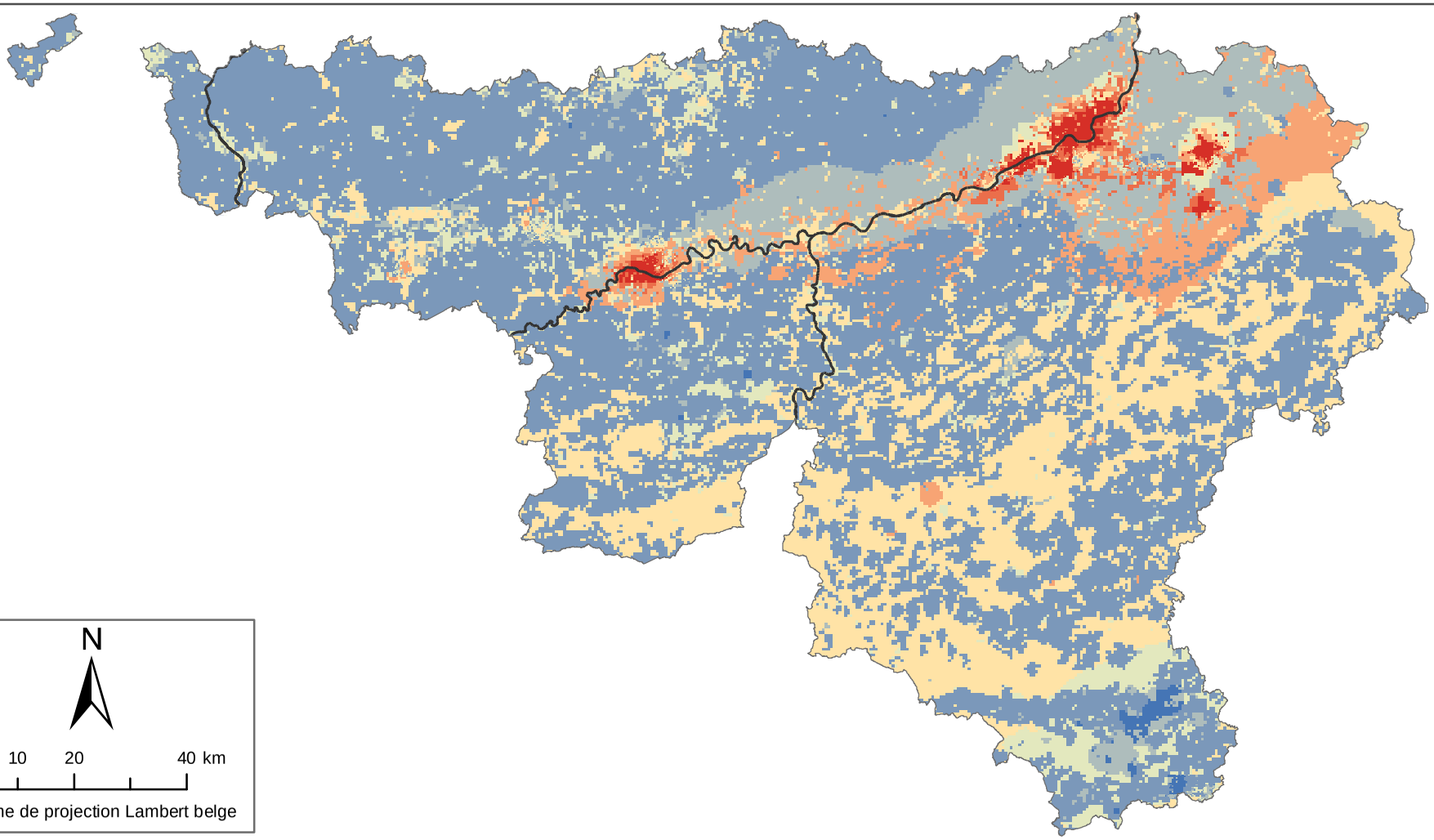
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

UCL Université catholique de Louvain

EARTH & LIFE INSTITUTE



Carte A4wal_Hg : Mercure (Hg) : concentration qui a une probabilité inférieure à 5% d'être dépassée dans les sols de Wallonie

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en Hg (mg/kg matière sèche)

- < 0.10 (LQ)
- 0.11 - 0.18
- 0.19 - 0.26
- 0.27 - 0.34
- 0.35 - 0.42
- 0.43 - 0.50
- 0.51 - 0.58
- 0.59 - 1.09

Escaut, Sambre ou Meuse

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

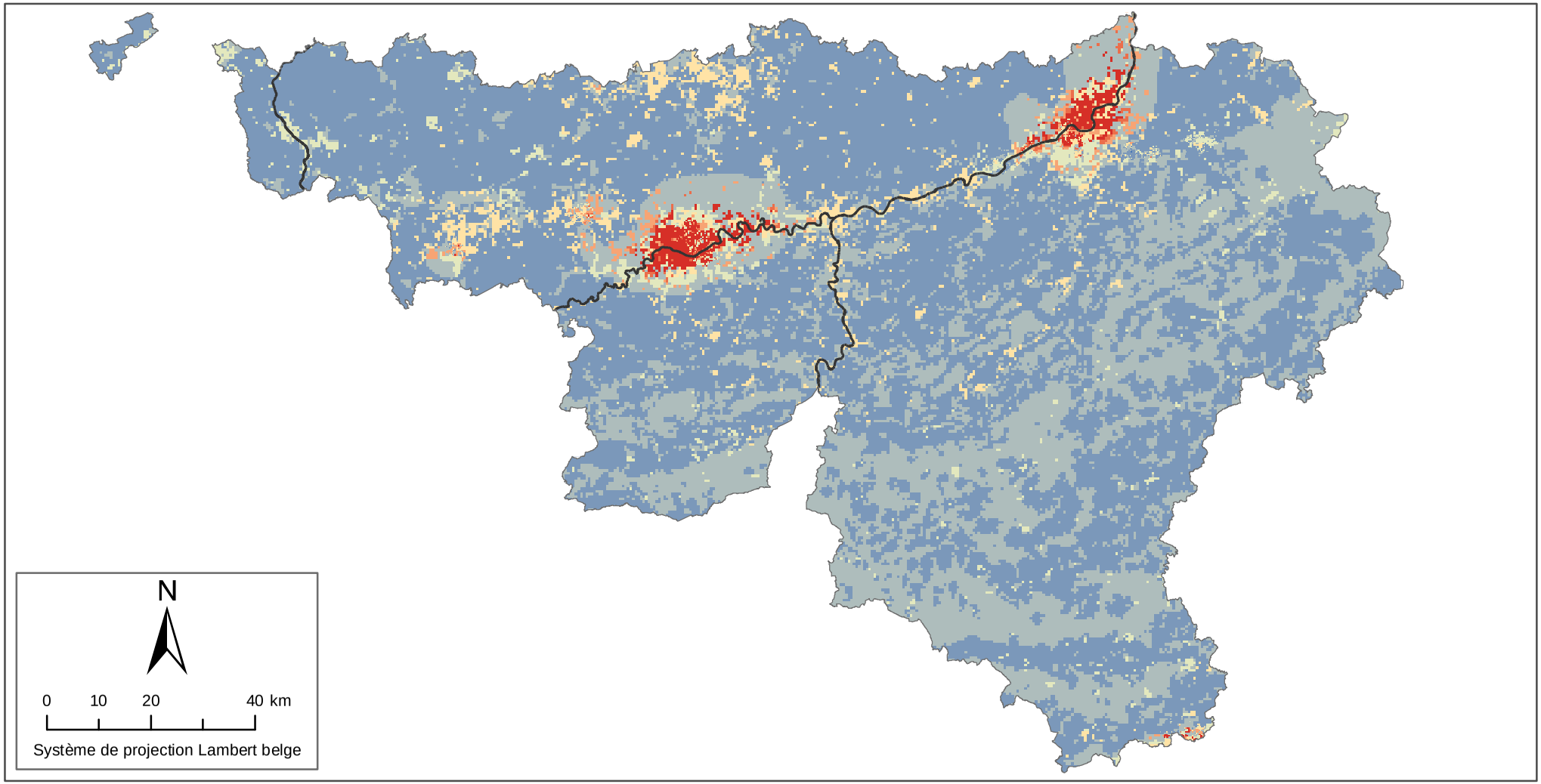
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

UCL Université catholique de Louvain

EARTH & LIFE INSTITUTE



Carte A4wal_I123cdP : Indeno(1,2,3-c,d)pyrène (I123cdP) : concentration qui a une probabilité inférieure à 5% d'être dépassée dans les sols de Wallonie

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en I123cdP (mg/kg matière sèche)

- < 0.01 (LQ)
- 0.02 - 0.15
- 0.16 - 0.30
- 0.31 - 0.45
- 0.46 - 0.60
- 0.61 - 0.75
- 0.76 - 0.90
- 0.91 - 1.72

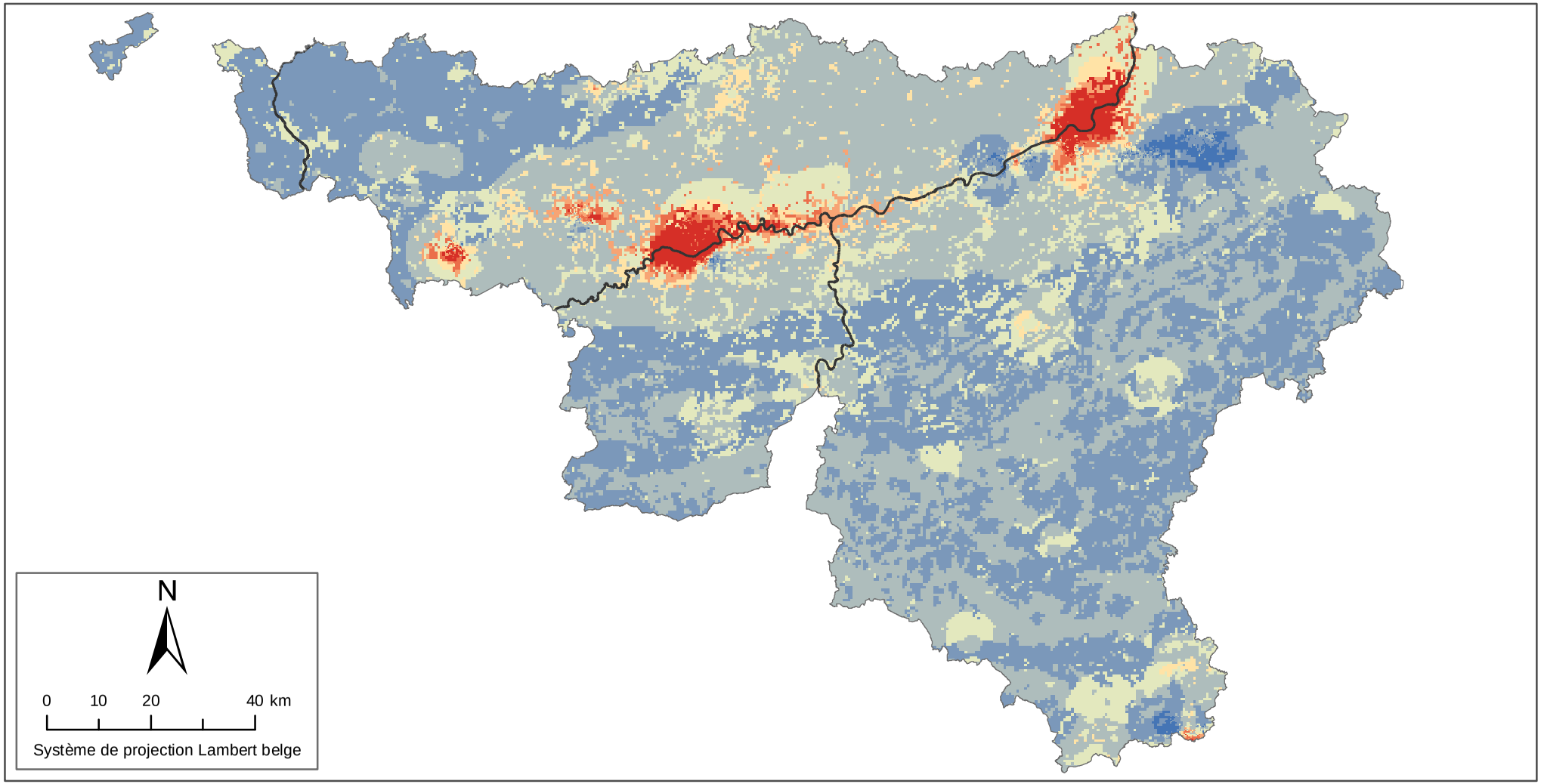
Escaut, Sambre ou Meuse

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)



Carte A4wal_Naph : Naphtalène (Naph) : concentration qui a une probabilité inférieure à 5% d'être dépassée dans les sols de Wallonie

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en Naph (mg/kg matière sèche)

- < 0.010 (LQ)
- 0.011 - 0.020
- 0.021 - 0.030
- 0.031 - 0.040
- 0.041 - 0.050
- 0.051 - 0.060
- 0.061 - 0.070
- 0.071 - 0.264

Escaut, Sambre ou Meuse

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

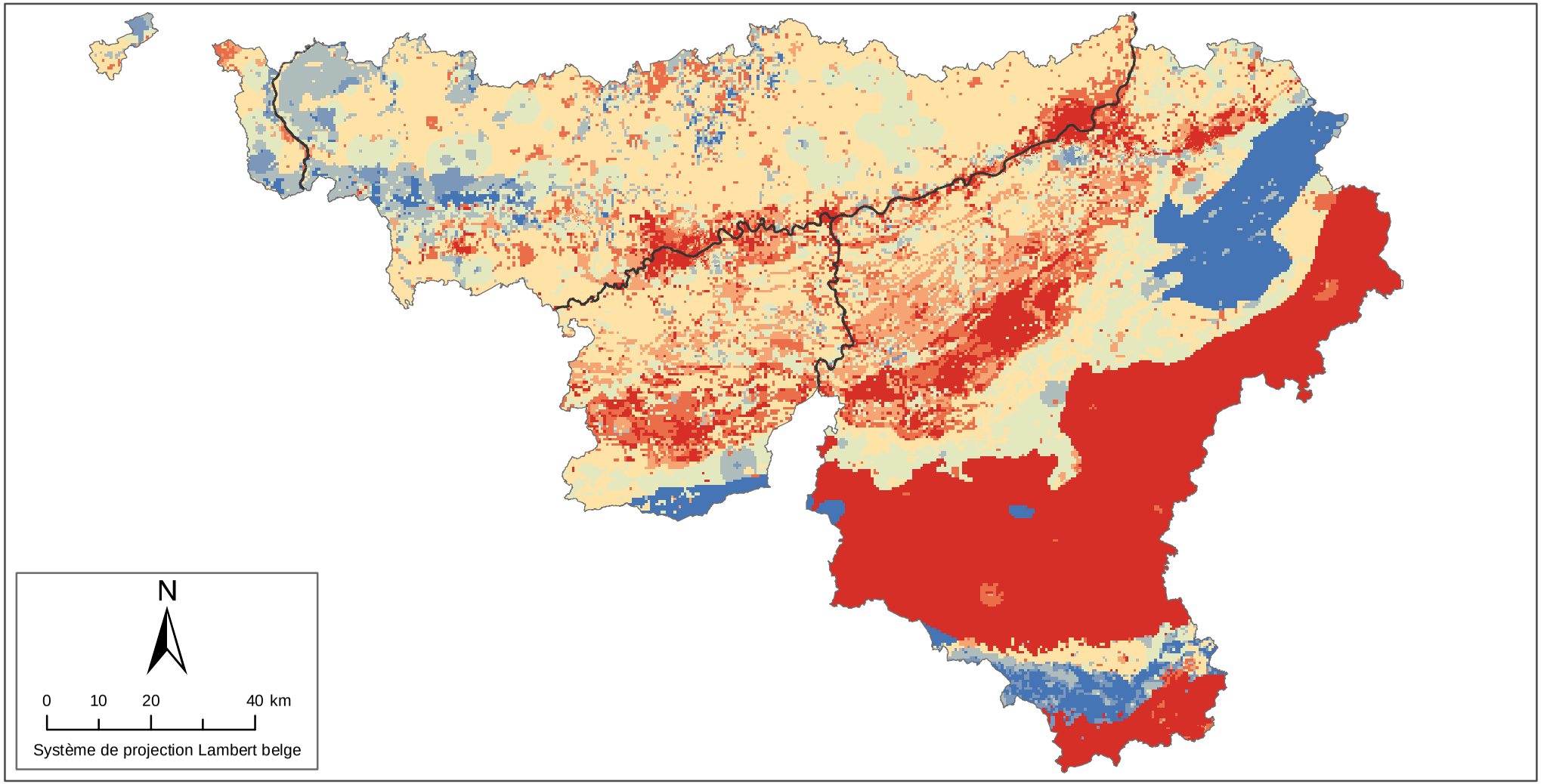
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

UCL Université catholique de Louvain

EARTH & LIFE INSTITUTE



Carte A4wal_Ni : Nickel (Ni) : concentration qui a une probabilité inférieure à 5% d'être dépassée dans les sols de Wallonie

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en Ni (mg/kg matière sèche)

- 8 - 15
- 16 - 20
- 21 - 25
- 26 - 30
- 31 - 35
- 36 - 40
- 41 - 45
- 46 - 140

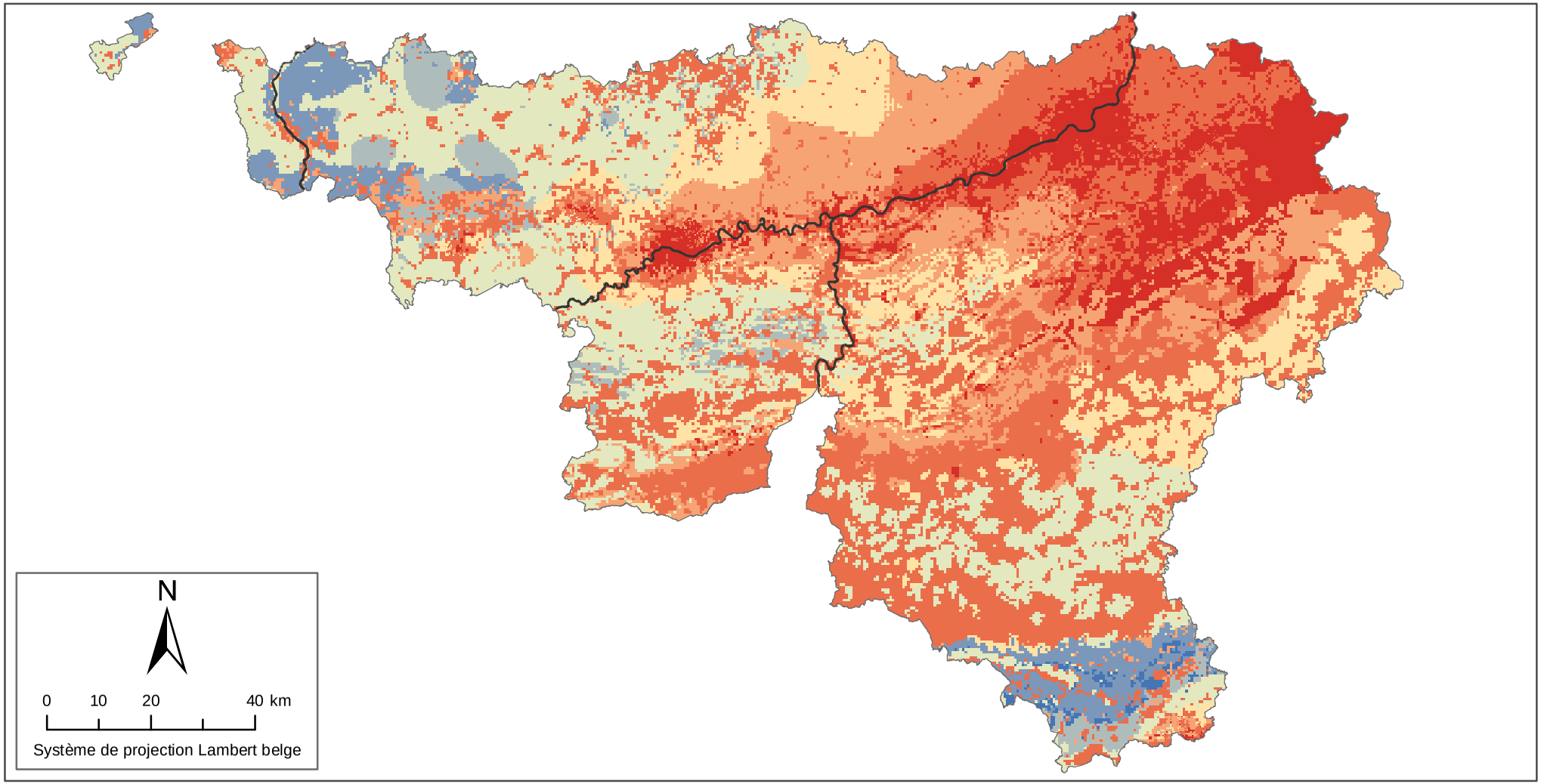
Escaut, Sambre ou Meuse

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)



Carte A4wal_Pb : Plomb (Pb) : concentration qui a une probabilité inférieure à 5% d'être dépassée dans les sols de Wallonie

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en Pb (mg/kg matière sèche)

19 - 30	61 - 70
31 - 40	71 - 100
41 - 50	101 - 200
51 - 60	201 - 712

Escaut, Sambre ou Meuse

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

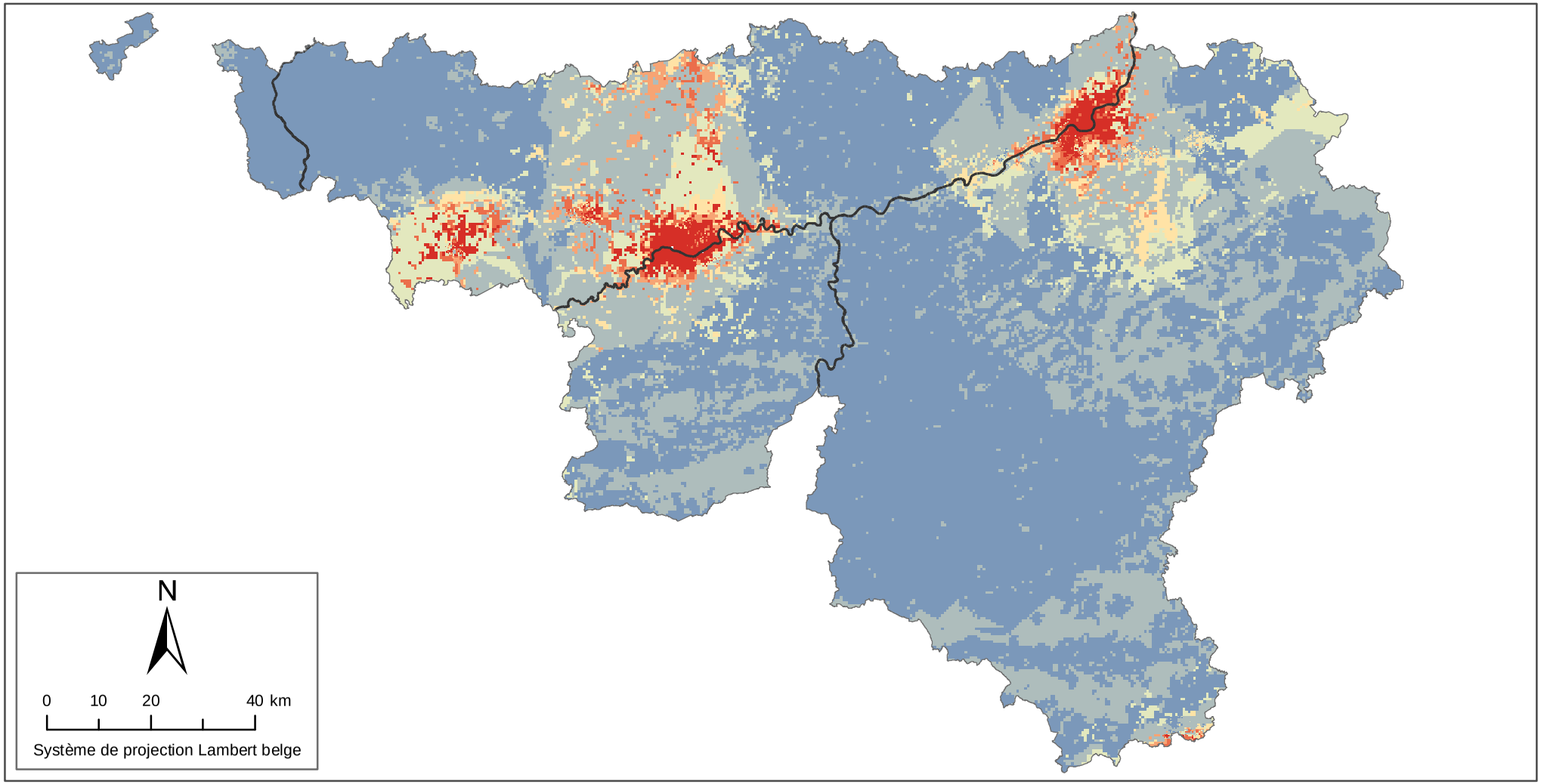
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

UCL Université catholique de Louvain

EARTH & LIFE INSTITUTE



Carte A4wal_Phen : Phenantrène (Phen) : concentration qui a une probabilité inférieure à 5% d'être dépassée dans les sols de Wallonie

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en Phen (mg/kg matière sèche)

- < 0.01 (LQ)
- 0.02 - 0.10
- 0.11 - 0.20
- 0.21 - 0.30
- 0.31 - 0.40
- 0.41 - 0.50
- 0.51 - 0.60
- 0.61 - 2.66

Escaut, Sambre ou Meuse

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

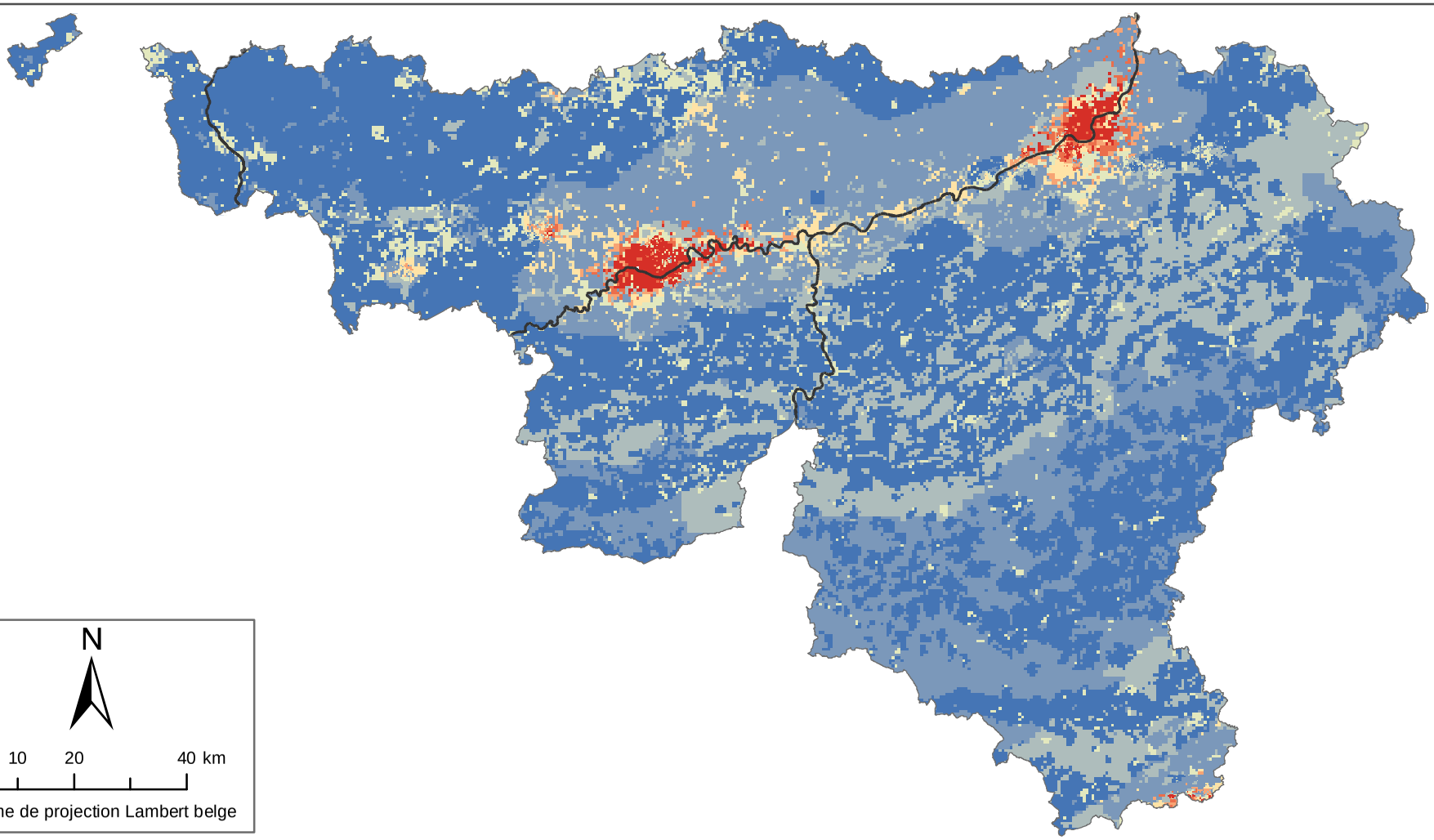
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

UCL Université catholique de Louvain

EARTH & LIFE INSTITUTE



Carte A4wal_Pyr : Pyrène (Pyr) : concentration qui a une probabilité inférieure à 5% d'être dépassée dans les sols de Wallonie

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en Pyr (mg/kg matière sèche)

- < 0.01 - 0.20
- 0.21 - 0.40
- 0.41 - 0.60
- 0.61 - 0.80
- 0.81 - 1.00
- 1.01 - 1.20
- 1.21 - 1.40
- 1.41 - 3.70

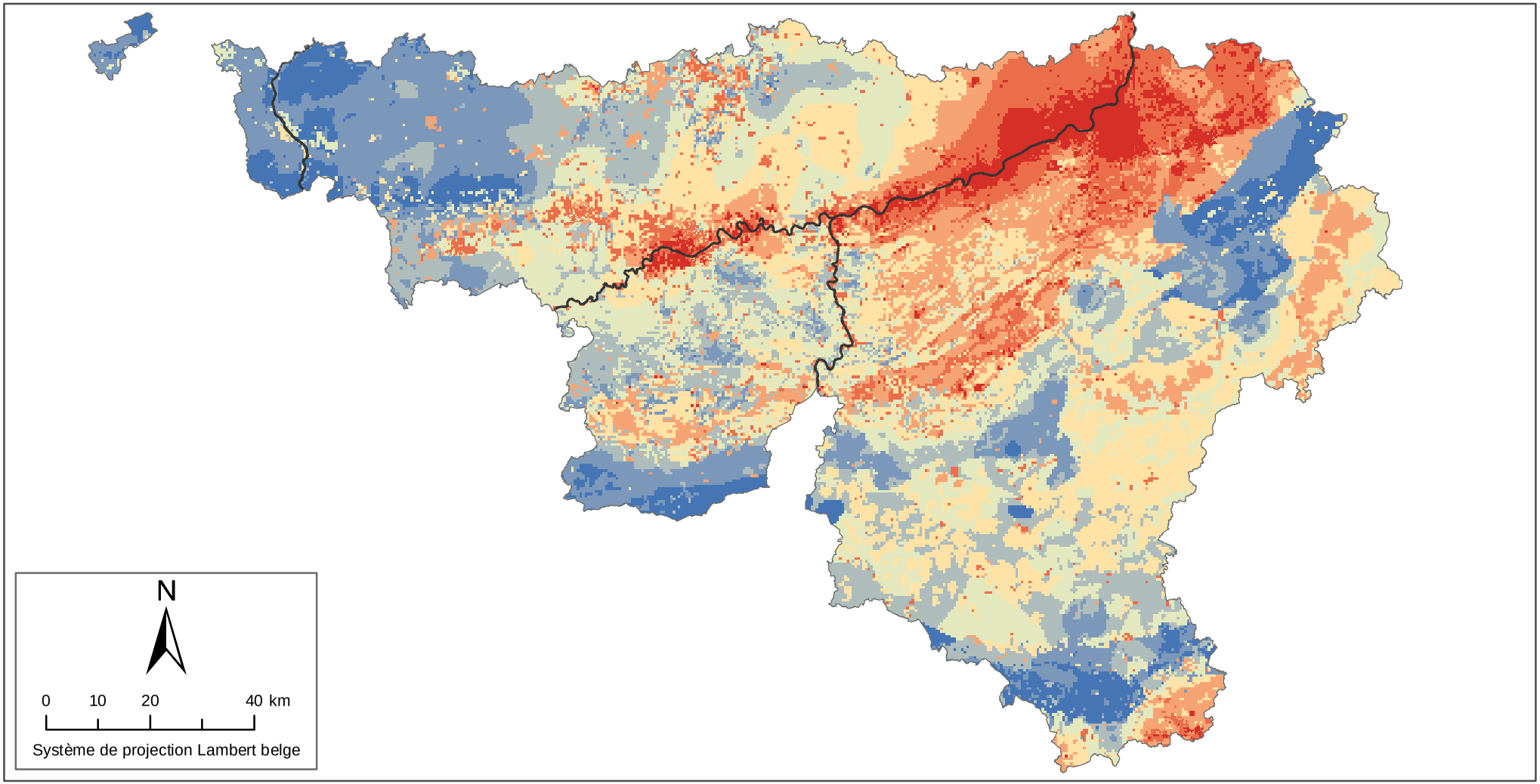
Escaut, Sambre ou Meuse

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)



Carte A4wal_Zn : Zinc (Zn) : concentration qui a une probabilité inférieure à 5% d'être dépassée dans les sols de Wallonie

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en Zn (mg/kg matière sèche)

- 33 - 60
- 61 - 90
- 91 - 120
- 121 - 150
- 151 - 200
- 201 - 300
- 301 - 500
- 501 - 2401

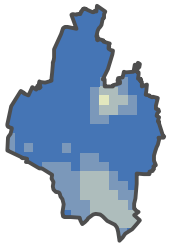
Escaut, Sambre ou Meuse

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

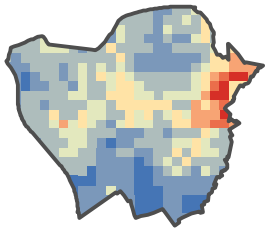
Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

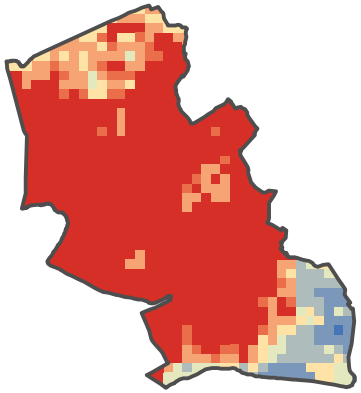
Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)



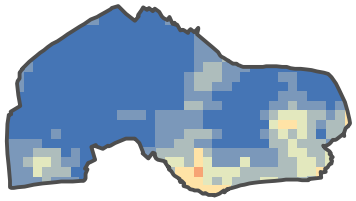
Colfontaine



La Louvière

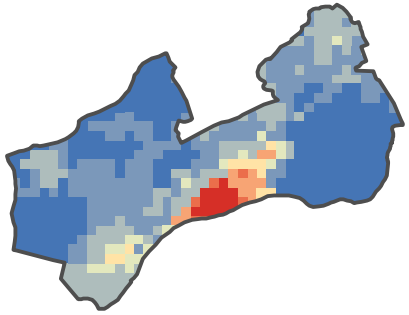


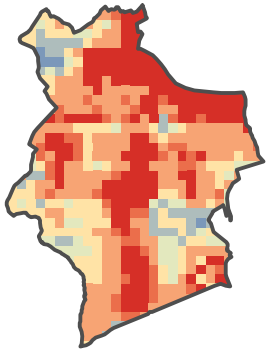
Charleroi - Châtelet



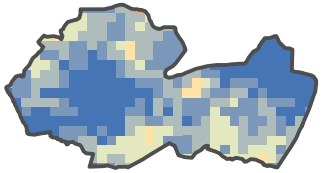
Aubange

Amay - Engis

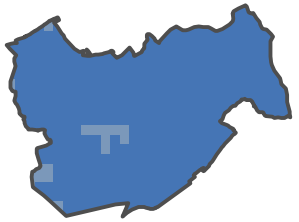




Seraing



Trooz



Verviers

N

0 1 2 4 km

Système de projection
Lambert belge

Carte A4zones_Ace : Acénaphtène (Ace) : concentration qui a une probabilité inférieure à 5% d'être dépassée dans les sols des zones d'étude

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en Ace (mg/kg matière sèche)

- < 0.010 (LQ)
- 0.011 - 0.015
- 0.016 - 0.020
- 0.021 - 0.025
- 0.026 - 0.030
- 0.031 - 0.035
- 0.036 - 0.040
- 0.041 - 0.150

Limites des zones d'étude

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

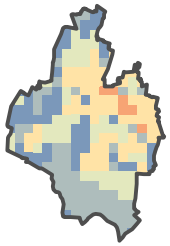
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

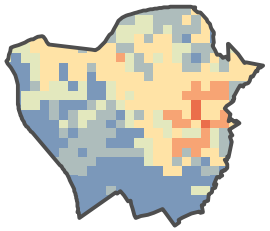
Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

UCL Université catholique de Louvain

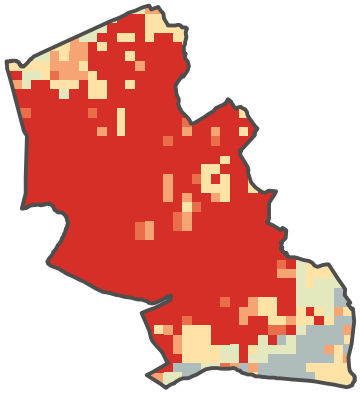
EARTH & LIFE INSTITUTE



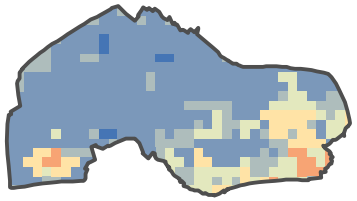
Colfontaine



La Louvière

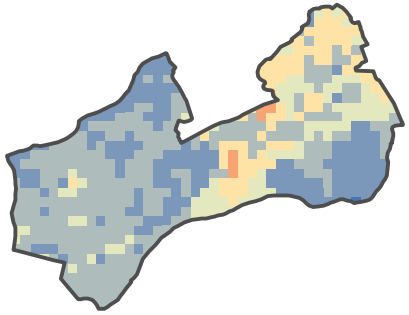


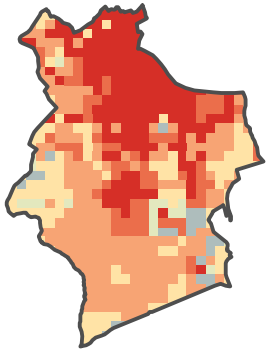
Charleroi - Châtelet



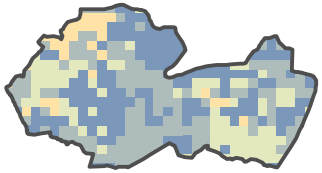
Aubange

Amay - Engis

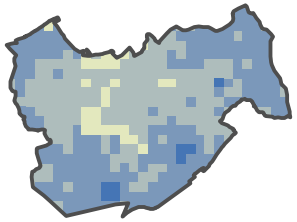




Seraing



Trooz



Verviers

N

0 1 2 4 km

Système de projection
Lambert belge

Carte A4zones_Ant : Anthracène (Ant) : concentration qui a une probabilité inférieure à 5% d'être dépassée dans les sols des zones d'étude

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en Ant (mg/kg matière sèche)

- < 0.01 (LQ)
- 0.02 - 0.03
- 0.04 - 0.05
- 0.06 - 0.07
- 0.08 - 0.09
- 0.10 - 0.11
- 0.12 - 0.13
- 0.14 - 0.48

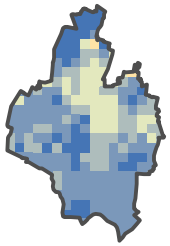
Limites des zones d'étude

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

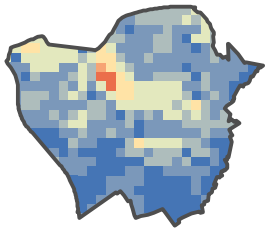
Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

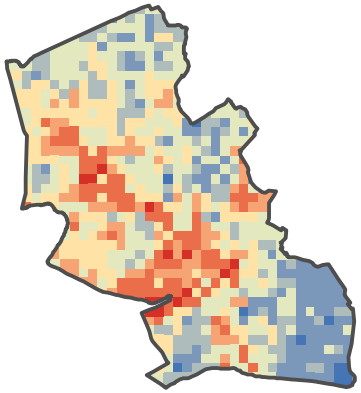
Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)



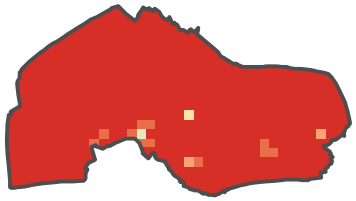
Colfontaine



La Louvière

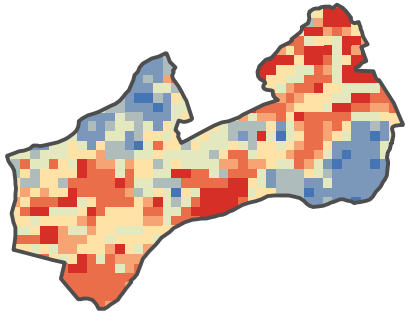


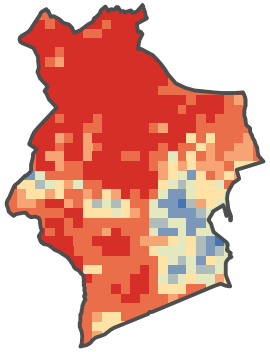
Charleroi - Châtelet



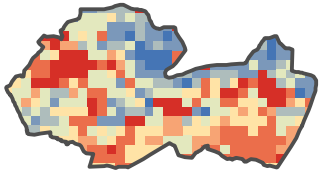
Aubange

Amay - Engis

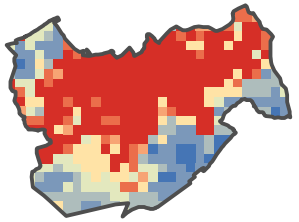




Seraing



Trooz



Verviers

N

0 1 2 4 km

Système de projection
Lambert belge

Carte A4zones_As : Arsenic (As) : concentration qui a une probabilité inférieure à 5% d'être dépassée dans les sols des zones d'étude

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en As (mg/kg matière sèche)

- < 10 (LQ)
- 11 - 13
- 14 - 16
- 17 - 19
- 20 - 22
- 23 - 25
- 26 - 40
- 41 - 130

Limites des zones d'étude

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

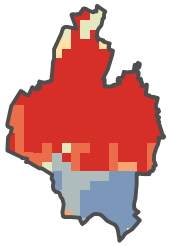
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

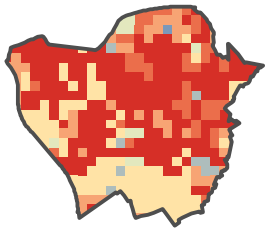
Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

UCL Université catholique de Louvain

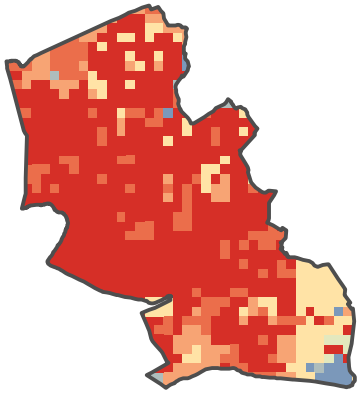
EARTH & LIFE INSTITUTE



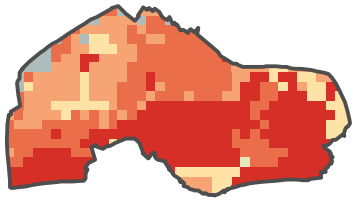
Colfontaine



La Louvière

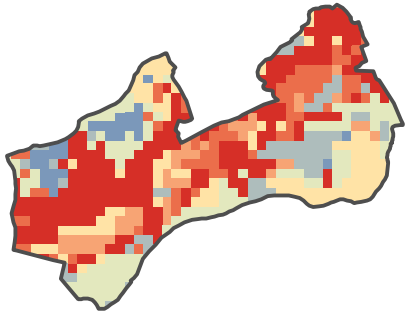


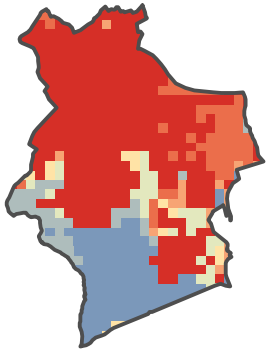
Charleroi - Châtelet



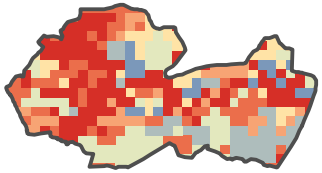
Aubange

Amay - Engis

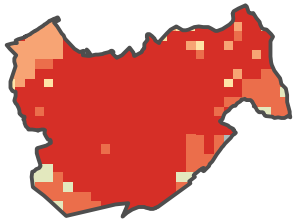




Seraing



Trooz



Verviers

N

0 1 2 4 km

Système de projection
Lambert belge

Carte A4zones_Ba : Baryum (Ba) : concentration qui a une probabilité inférieure à 5% d'être dépassée dans les sols des zones d'étude

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en Ba (mg/kg matière sèche)

- 25 - 50
- 51 - 70
- 71 - 90
- 91 - 110
- 111 - 130
- 131 - 150
- 151 - 200
- 201 - 639

Limites des zones d'étude

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

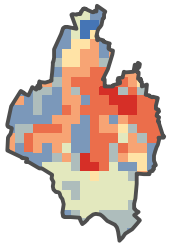
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

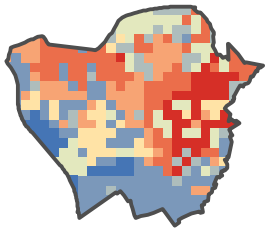
Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

UCL Université catholique de Louvain

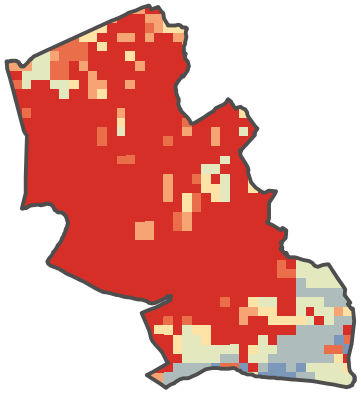
EARTH & LIFE INSTITUTE



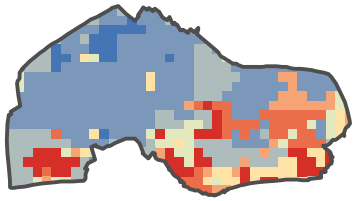
Colfontaine



La Louvière

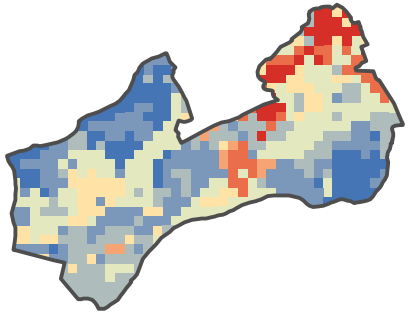


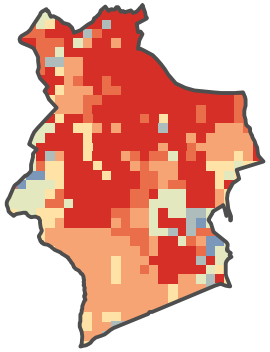
Charleroi - Châtelet



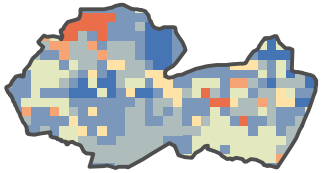
Aubange

Amay - Engis

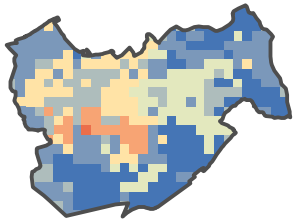




Seraing



Trooz



Verviers

N

0 1 2 4 km

Système de projection
Lambert belge

Carte A4zones_BaA : Benzo[a]anthracène (BaA) : concentration qui a une probabilité inférieure à 5% d'être dépassée dans les sols des zones d'étude

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en BaA (mg/kg matière sèche)

- < 0.01 - 0.10
- 0.11 - 0.20
- 0.21 - 0.30
- 0.31 - 0.40
- 0.41 - 0.50
- 0.51 - 0.60
- 0.61 - 0.70
- 0.71 - 4.09

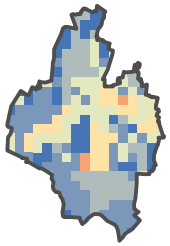
Limites des zones d'étude

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

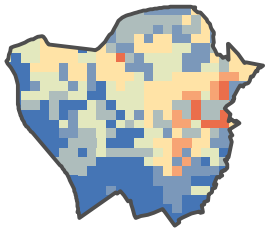
Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

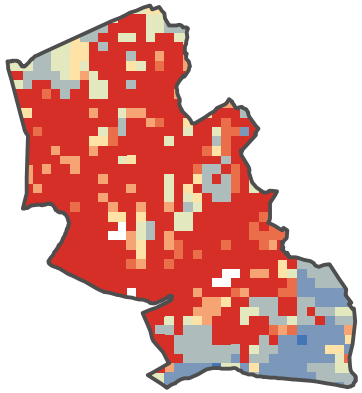
Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)



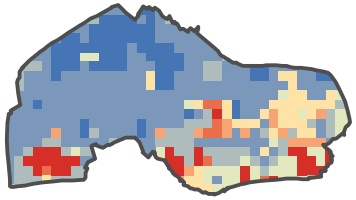
Colfontaine



La Louvière

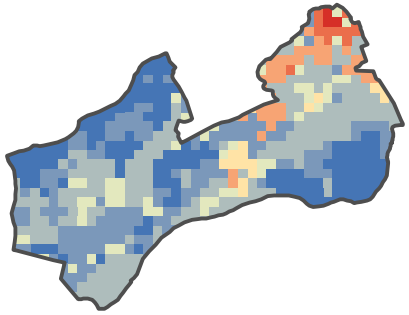


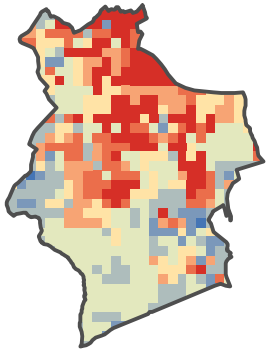
Charleroi - Châtelet



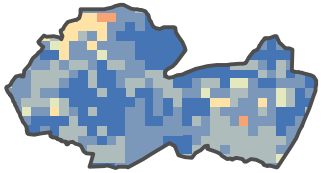
Aubange

Amay - Engis

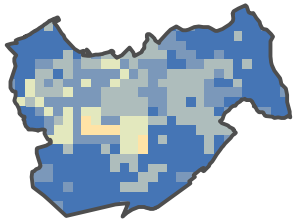




Seraing



Trooz



Verviers

N

0 1 2 4 km

Système de projection
Lambert belge

Carte A4zones_BaP : Benzo[a]pyrène (BaP) : concentration qui a une probabilité inférieure à 5% d'être dépassée dans les sols des zones d'étude

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en BaP (mg/kg matière sèche)

- 0.01 - 0.15
- 0.16 - 0.30
- 0.31 - 0.45
- 0.46 - 0.60
- 0.61 - 0.75
- 0.76 - 0.90
- 0.91 - 1.05
- 1.06 - 2.15

Limites des zones d'étude

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

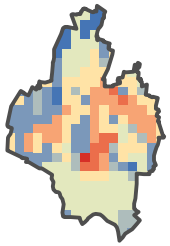
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

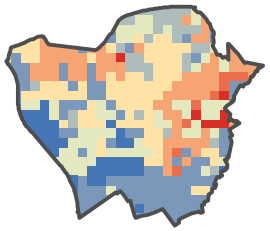
Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

UCL Université catholique de Louvain

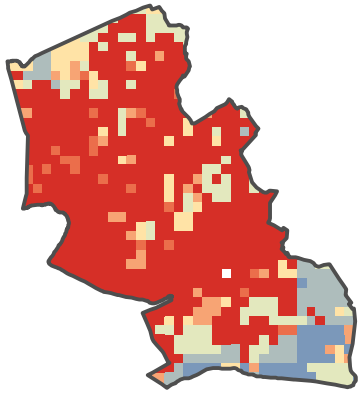
EARTH & LIFE INSTITUTE



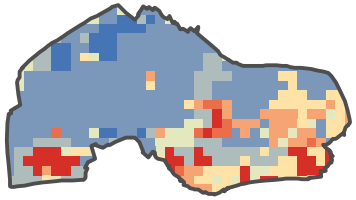
Colfontaine



La Louvière

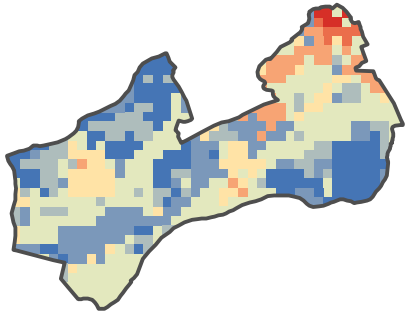


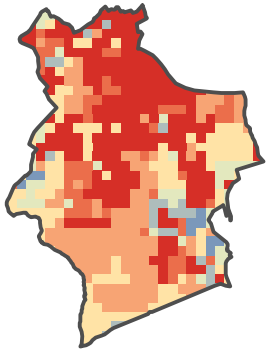
Charleroi - Châtelet



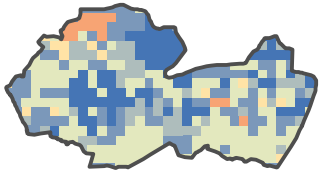
Aubange

Amay - Engis

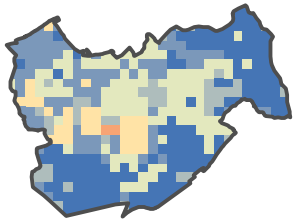




Seraing



Trooz



Verviers

N

0 1 2 4 km

Système de projection
Lambert belge

Carte A4zones_BbF : Benzo[b]fluoranthène (BbF) : concentration qui a une probabilité inférieure à 5% d'être dépassée dans les sols des zones d'étude

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en BbF (mg/kg matière sèche)

- 0.02 - 0.15
- 0.16 - 0.30
- 0.31 - 0.45
- 0.46 - 0.60
- 0.61 - 0.75
- 0.76 - 0.90
- 0.91 - 1.05
- 1.06 - 3.17

Limites des zones d'étude

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

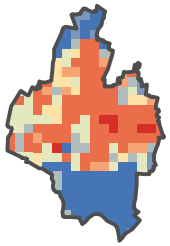
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

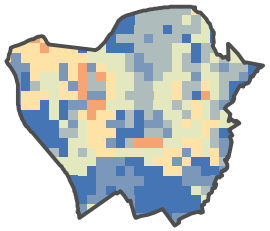
Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

UCL Université catholique de Louvain

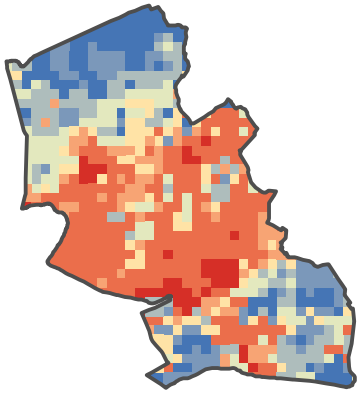
EARTH & LIFE INSTITUTE



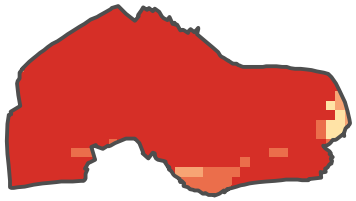
Colfontaine



La Louvière

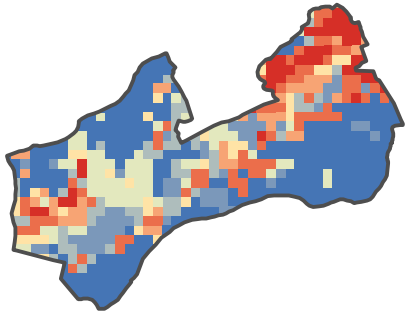


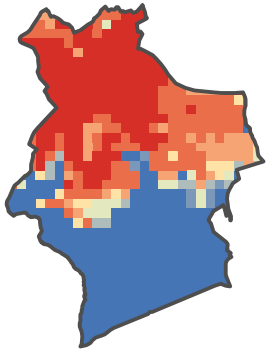
Charleroi - Châtelet



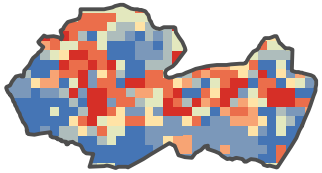
Aubange

Amay - Engis

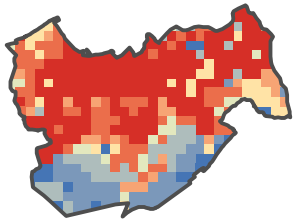




Seraing



Trooz



Verviers

N

0 1 2 4 km

Système de projection
Lambert belge

Carte A4zones_Be : Béryllium (Be) : concentration qui a une probabilité inférieure à 5% d'être dépassée dans les sols des zones d'étude

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en Be (mg/kg matière sèche)

- < 1.00 (LQ)
- 1.01 - 1.10
- 1.11 - 1.20
- 1.21 - 1.30
- 1.31 - 1.40
- 1.41 - 1.50
- 1.51 - 2.00
- 2.01 - 3.51

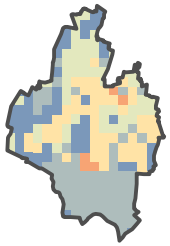
Limites des zones d'étude

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

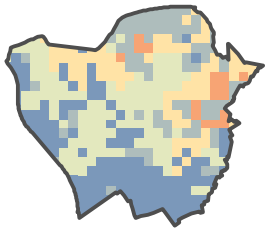
Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

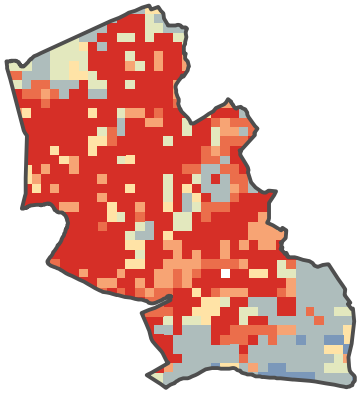
Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)



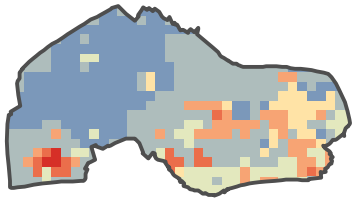
Colfontaine



La Louvière

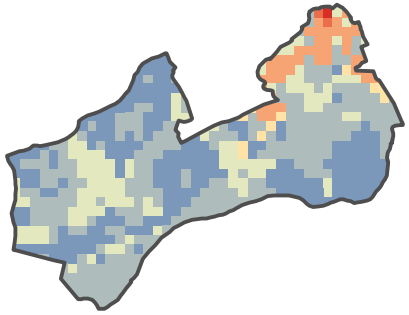


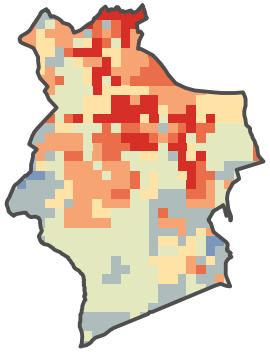
Charleroi - Châtelet



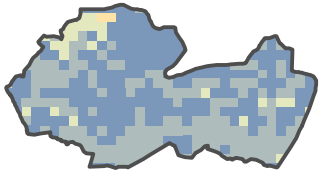
Aubange

Amay - Engis

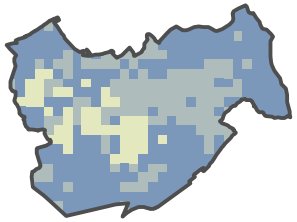




Seraing



Trooz



Verviers

N

0 1 2 4 km

Système de projection
Lambert belge

Carte A4zones_BghiP : Benzo[g,h,i]pérylène (BghiP) : concentration qui a une probabilité inférieure à 5% d'être dépassée dans les sols des zones d'étude

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en BghiP (mg/kg matière sèche)

- < 0.01 (LQ)
- 0.02 - 0.15
- 0.16 - 0.30
- 0.31 - 0.45
- 0.46 - 0.60
- 0.61 - 0.75
- 0.76 - 0.90
- 0.91 - 1.22

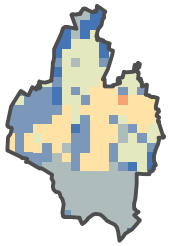
Limites des zones d'étude

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

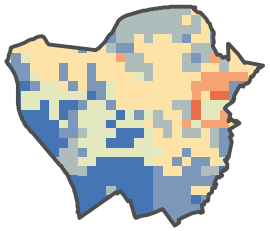
Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

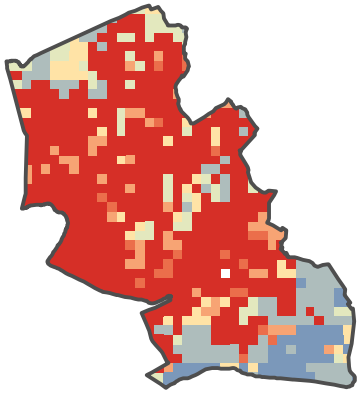
Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)



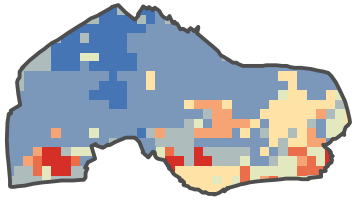
Colfontaine



La Louvière

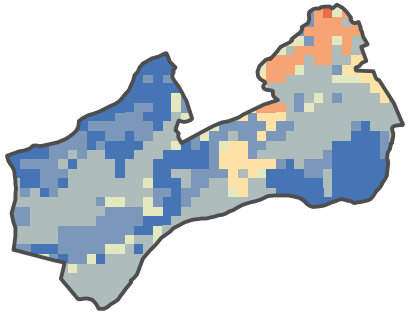


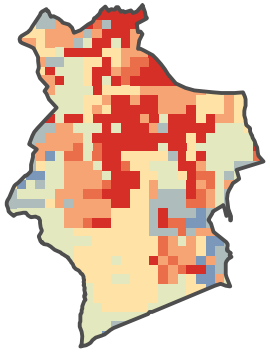
Charleroi - Châtelet



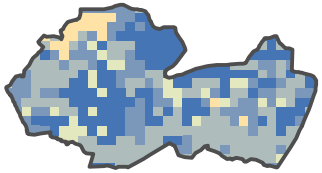
Aubange

Amay - Engis

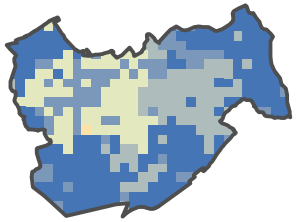




Seraing



Trooz



Verviers

N

0 1 2 4 km

Système de projection
Lambert belge

Carte A4zones_BkF : Benzo[k]fluoranthène (BkF) : concentration qui a une probabilité inférieure à 5% d'être dépassée dans les sols des zones d'étude

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en BkF (mg/kg matière sèche)

- 0.01 - 0.08
- 0.09 - 0.16
- 0.17 - 0.24
- 0.25 - 0.32
- 0.33 - 0.40
- 0.41 - 0.48
- 0.49 - 0.56
- 0.57 - 1.34

Limites des zones d'étude

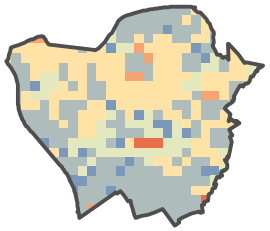
Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

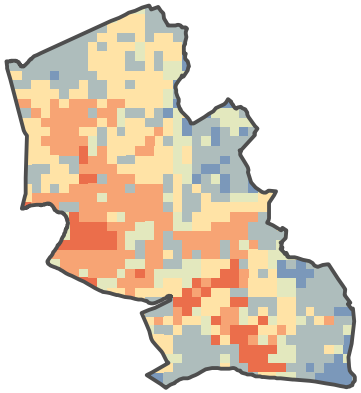
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

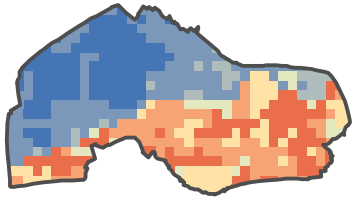
Colfontaine



La Louvière

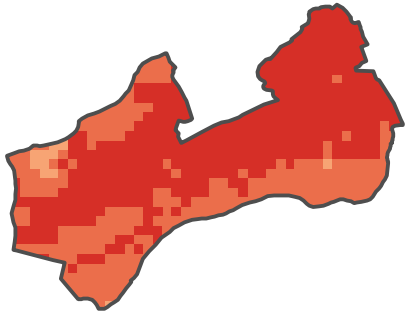


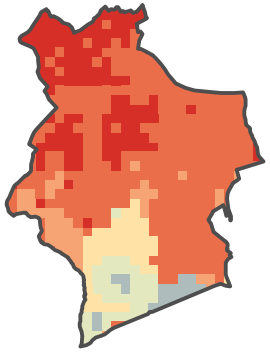
Charleroi - Châtelet



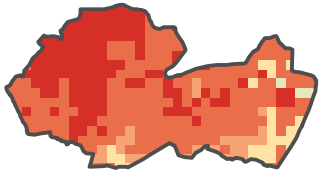
Aubange

Amay - Engis

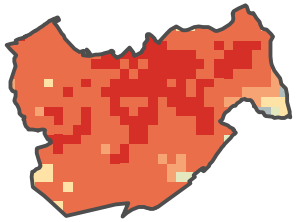




Seraing



Trooz



Verviers

N

0 1 2 4 km

Système de projection
Lambert belge

Carte A4zones_Cd : Cadmium (Cd) : concentration qui a une probabilité inférieure à 5% d'être dépassée dans les sols des zones d'étude

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en Cd (mg/kg matière sèche)

- < 0.4 (LQ)
- 0.5 - 0.6
- 0.7 - 0.8
- 0.9 - 1.0
- 1.1 - 1.5
- 1.6 - 2.0
- 2.1 - 5.0
- 5.1 - 21.4

Limites des zones d'étude

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

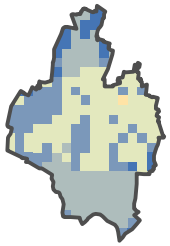
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

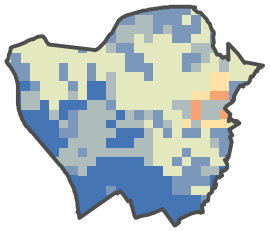
Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

UCL Université catholique de Louvain

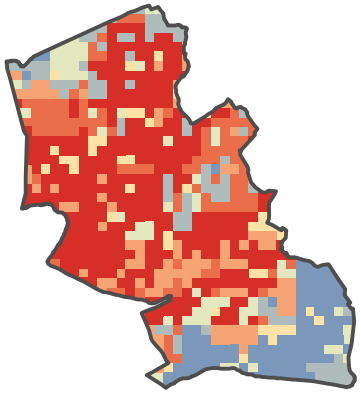
EARTH & LIFE INSTITUTE



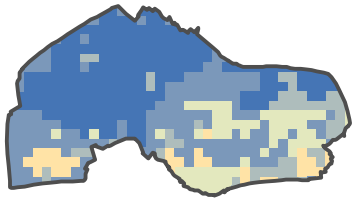
Colfontaine



La Louvière

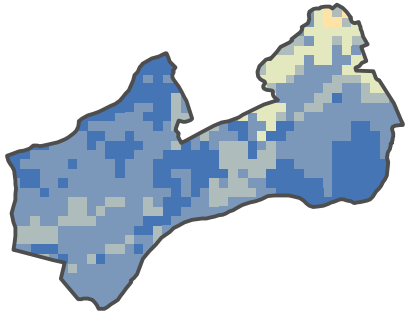


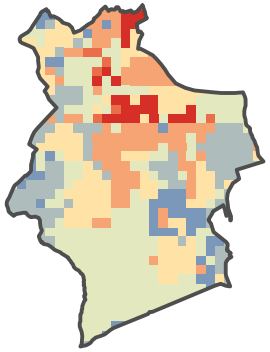
Charleroi - Châtelet



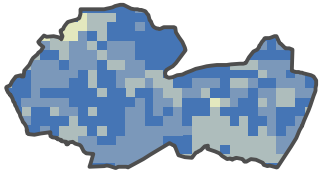
Aubange

Amay - Engis

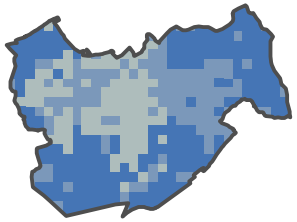




Seraing



Trooz



Verviers

N

0 1 2 4 km

Système de projection
Lambert belge

Carte A4zones_Chrys : Chrysène (Chrys) : concentration qui a une probabilité inférieure à 5% d'être dépassée dans les sols des zones d'étude

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en Chrys (mg/kg matière sèche)

- 0.01 - 0.20
- 0.21 - 0.40
- 0.41 - 0.60
- 0.61 - 0.80
- 0.81 - 1.00
- 1.01 - 1.20
- 1.21 - 1.40
- 1.41 - 2.49

Limites des zones d'étude

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

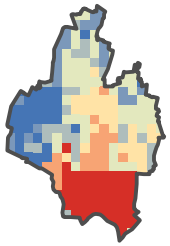
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

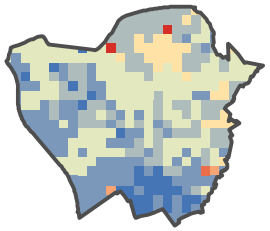
Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

UCL Université catholique de Louvain

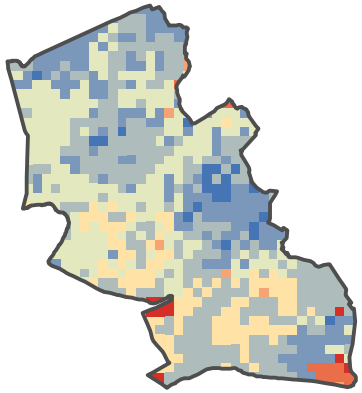
EARTH & LIFE INSTITUTE



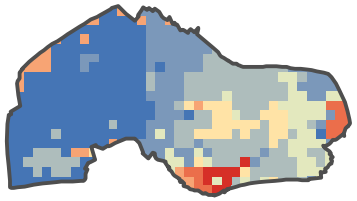
Colfontaine



La Louvière

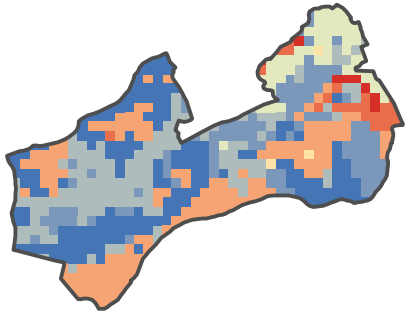


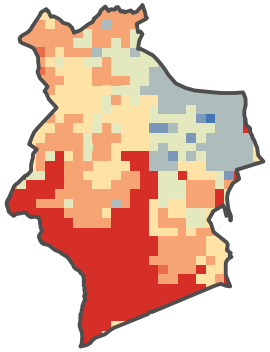
Charleroi - Châtelet



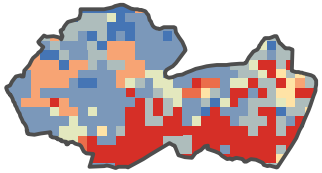
Aubange

Amay - Engis

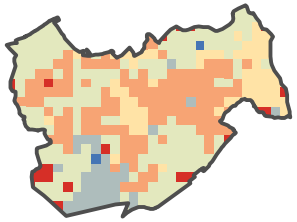




Seraing



Trooz



Verviers

N

0 1 2 4 km

Système de projection
Lambert belge

Carte A4zones_CN_tot : Cyanures totaux (CN_tot) : concentration qui a une probabilité inférieure à 5% d'être dépassée dans les sols des zones d'étude

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en CN_tot (mg/kg matière sèche)

- < 1.00 (LQ)
- 1.01 - 1.25
- 1.26 - 1.50
- 1.51 - 1.75
- 1.76 - 2.00
- 2.01 - 2.25
- 2.26 - 2.50
- 2.51 - 3.81

Limites des zones d'étude

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

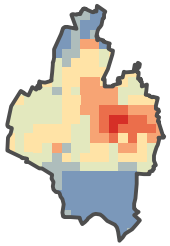
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

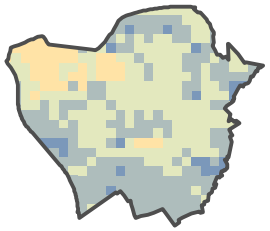
Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

UCL Université catholique de Louvain

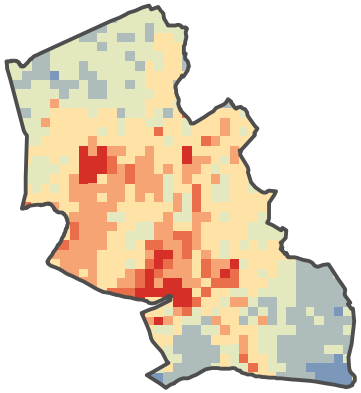
EARTH & LIFE INSTITUTE



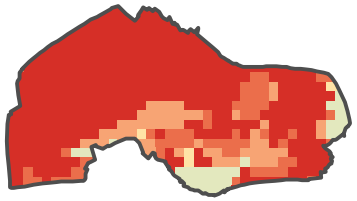
Colfontaine



La Louvière

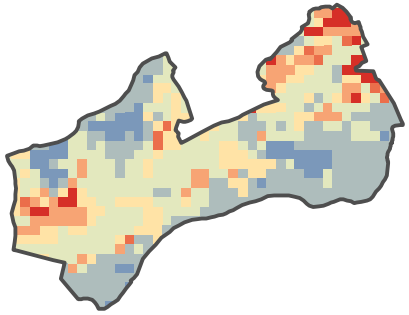


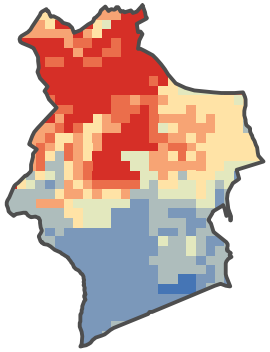
Charleroi - Châtelet



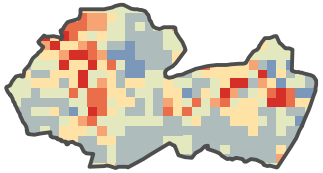
Aubange

Amay - Engis

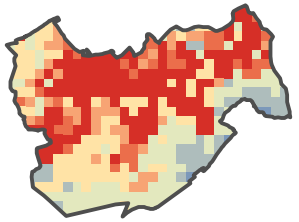




Seraing



Trooz



Verviers

N

0 1 2 4 km

Système de projection
Lambert belge

Carte A4zones_Co : Cobalt (Co) : concentration qui a une probabilité inférieure à 5% d'être dépassée dans les sols des zones d'étude

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en Co (mg/kg matière sèche)

1 - 7	17 - 19
8 - 10	20 - 22
11 - 13	23 - 25
14 - 16	26 - 58

Limites des zones d'étude

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

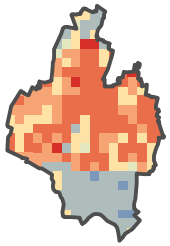
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

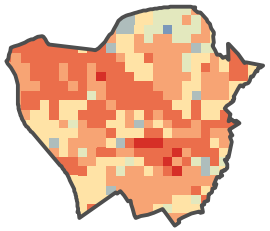
Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

UCL Université catholique de Louvain

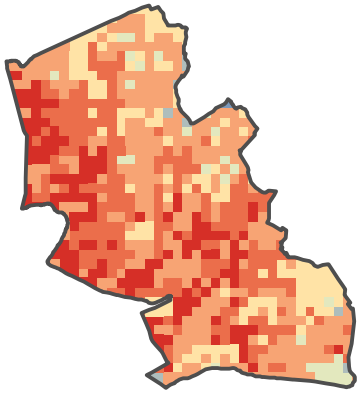
EARTH & LIFE INSTITUTE



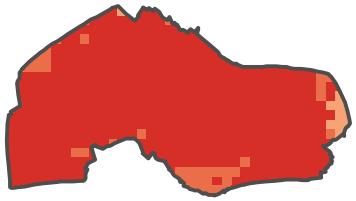
Colfontaine



La Louvière

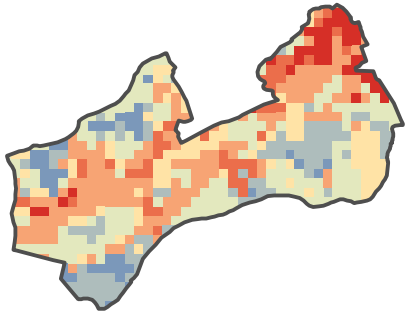


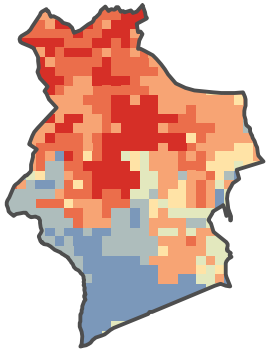
Charleroi - Châtelet



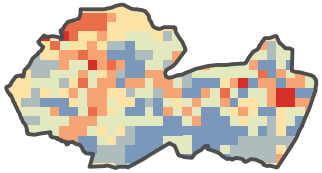
Aubange

Amay - Engis

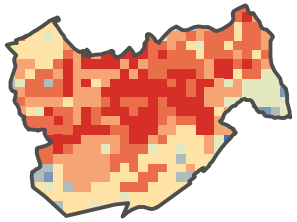




Seraing



Trooz



Verviers

N

0 1 2 4 km

Système de projection
Lambert belge

Carte A4zones_Cr : Chrome (Cr) : concentration qui a une probabilité inférieure à 5% d'être dépassée dans les sols des zones d'étude

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en Cr (mg/kg matière sèche)

- 22 - 25
- 26 - 30
- 31 - 35
- 36 - 40
- 41 - 45
- 46 - 55
- 56 - 65
- 66 - 117

Limites des zones d'étude

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

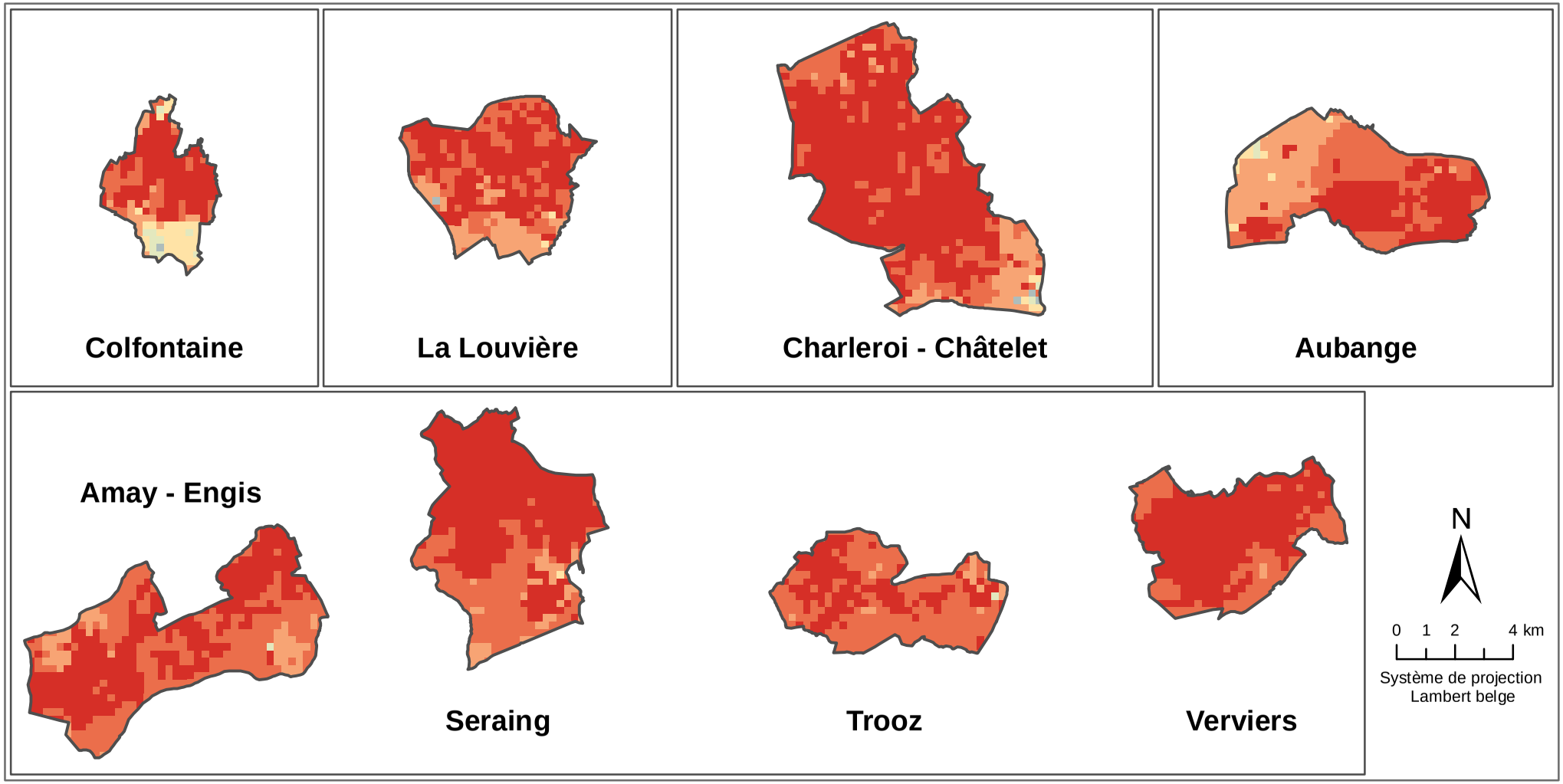
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

UCL Université catholique de Louvain

EARTH & LIFE INSTITUTE



Carte A4zones_Cu : Cuivre (Cu) : concentration qui a une probabilité inférieure à 5% d'être dépassée dans les sols des zones d'étude

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en Cu (mg/kg matière sèche)

- 8 - 12
- 13 - 14
- 15 - 16
- 17 - 18
- 19 - 20
- 21 - 30
- 31 - 50
- 51 - 161

Limites des zones d'étude

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

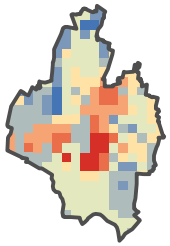
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

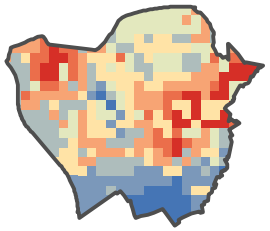
Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

UCL Université catholique de Louvain

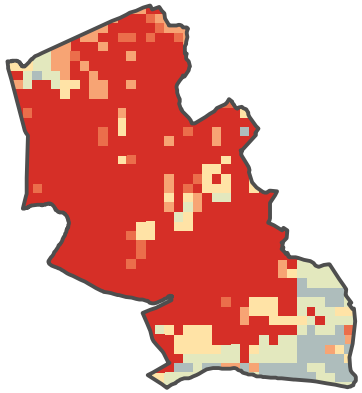
EARTH & LIFE INSTITUTE



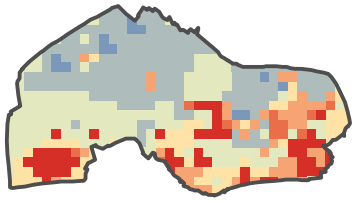
Colfontaine



La Louvière

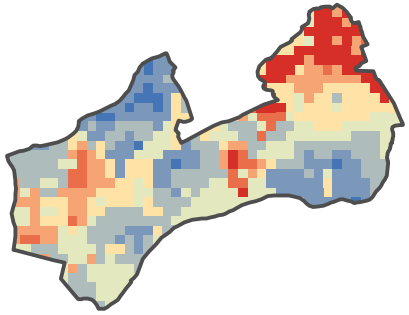


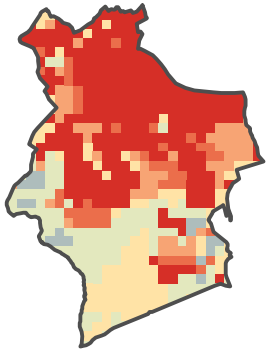
Charleroi - Châtelet



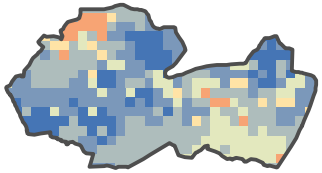
Aubange

Amay - Engis

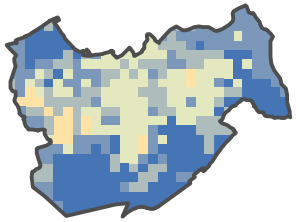




Seraing



Trooz



Verviers

N

0 1 2 4 km

Système de projection
Lambert belge

Carte A4zones_dBahA : Dibenzo[a,h]anthracène (dBahA) : concentration qui a une probabilité inférieure à 5% d'être dépassée dans les sols des zones d'étude

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en dBahA (mg/kg matière sèche)

- < 0.010 (LQ)
- 0.011 - 0.020
- 0.021 - 0.040
- 0.041 - 0.060
- 0.061 - 0.080
- 0.081 - 0.100
- 0.101 - 0.120
- 0.121 - 0.359

Limites des zones d'étude

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

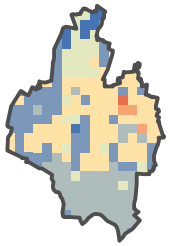
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

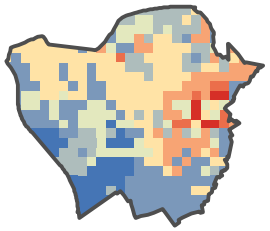
Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

UCL Université catholique de Louvain

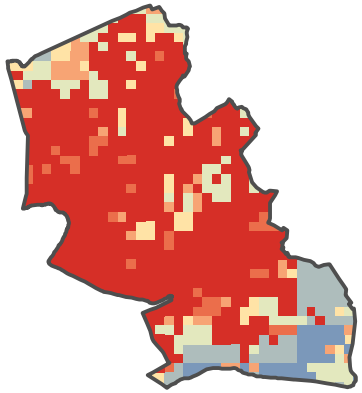
EARTH & LIFE INSTITUTE



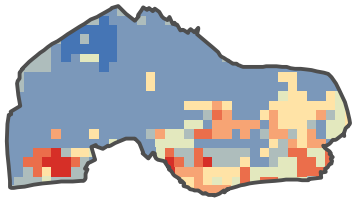
Colfontaine



La Louvière

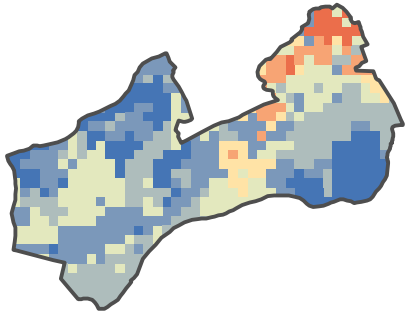


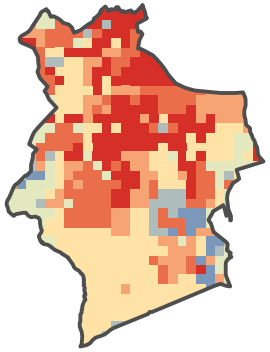
Charleroi - Châtelet



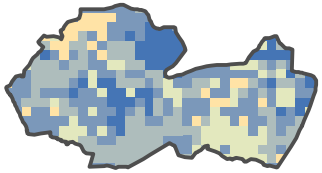
Aubange

Amay - Engis

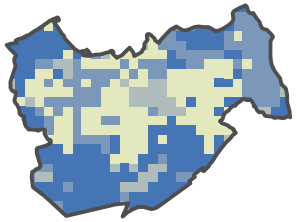




Seraing



Trooz



Verviers

N

0 1 2 4 km

Système de projection
Lambert belge

Carte A4zones_Fla : Fluoranthène (Fla) : concentration qui a une probabilité inférieure à 5% d'être dépassée dans les sols des zones d'étude

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en Fla (mg/kg matière sèche)

- 0.02 - 0.30
- 0.31 - 0.60
- 0.61 - 0.90
- 0.91 - 1.20
- 1.21 - 1.50
- 1.51 - 1.80
- 1.81 - 2.10
- 2.11 - 5.94

Limites des zones d'étude

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

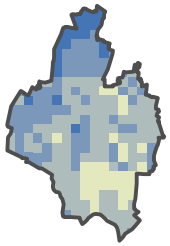
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

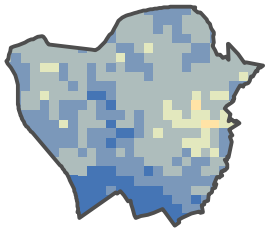
Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

UCL Université catholique de Louvain

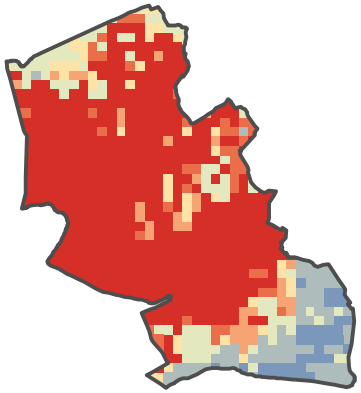
EARTH & LIFE INSTITUTE



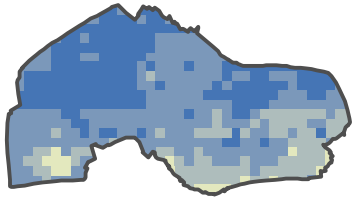
Colfontaine



La Louvière

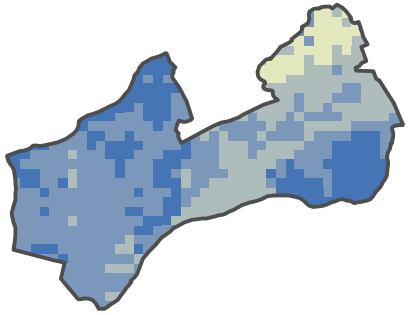


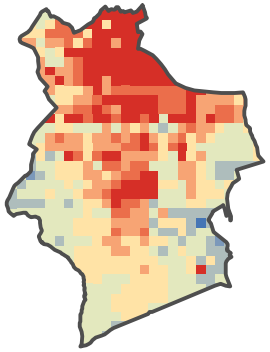
Charleroi - Châtelet



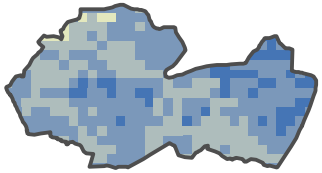
Aubange

Amay - Engis

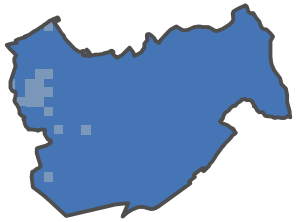




Seraing



Trooz



Verviers

N

0 1 2 4 km

Système de projection
Lambert belge

Carte A4zones_Fle : Fluorène (Fle) : concentration qui a une probabilité inférieure à 5% d'être dépassée dans les sols des zones d'étude

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en Fle (mg/kg matière sèche)

- < 0.010 (LQ)
- 0.011 - 0.020
- 0.021 - 0.030
- 0.031 - 0.040
- 0.041 - 0.050
- 0.051 - 0.060
- 0.061 - 0.070
- 0.071 - 0.286

Limites des zones d'étude

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

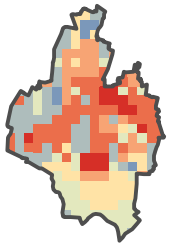
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

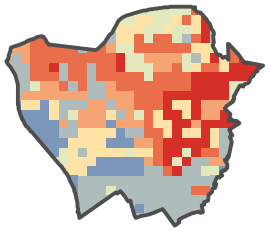
Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

UCL Université catholique de Louvain

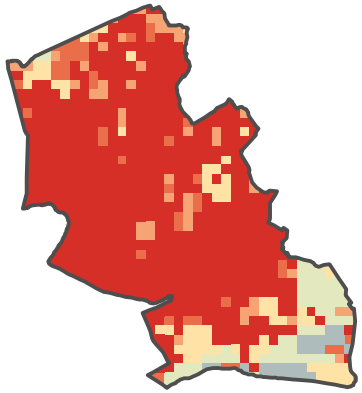
EARTH & LIFE INSTITUTE



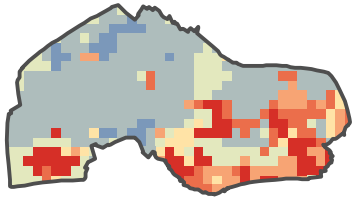
Colfontaine



La Louvière

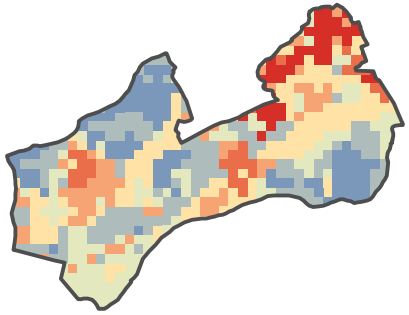


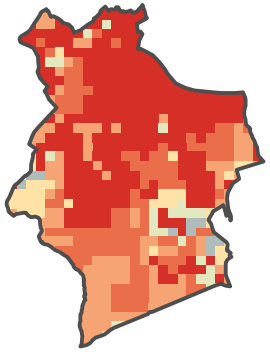
Charleroi - Châtelet



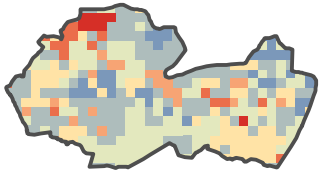
Aubange

Amay - Engis

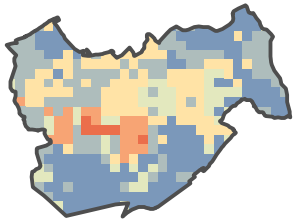




Seraing



Trooz



Verviers

N

0 1 2 4 km

Système de projection
Lambert belge

Carte A4zones_HAP10 : 10 HAP prioritaires* (HAP10) : concentration qui a une probabilité inférieure à 5% d'être dépassée dans les sols des zones d'étude

Légende

Concentration en HAP10 (mg/kg matière sèche)

- < 0.2 (LQ)
- 0.3 - 1.0
- 1.1 - 2.0
- 2.1 - 3.0
- 3.1 - 4.0
- 4.1 - 5.0
- 5.1 - 6.0
- 6.1 - 19.1

Limites des zones d'étude

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

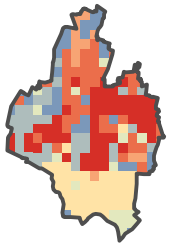
Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

* 10 HAP prioritaires selon le VROM (Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Mileubeheer)

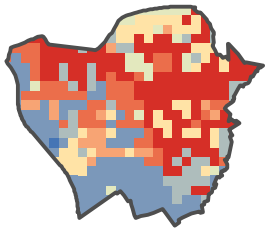
Projet POLLUSOL 2

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

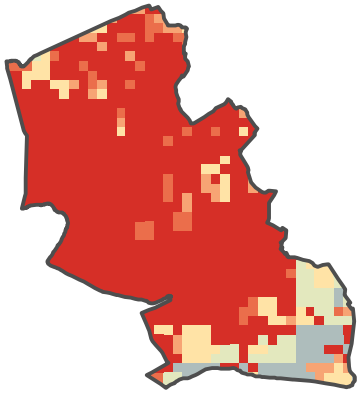
Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)



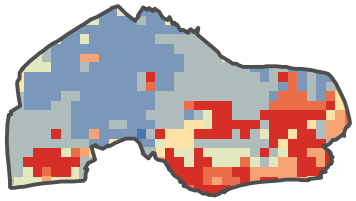
Colfontaine



La Louvière

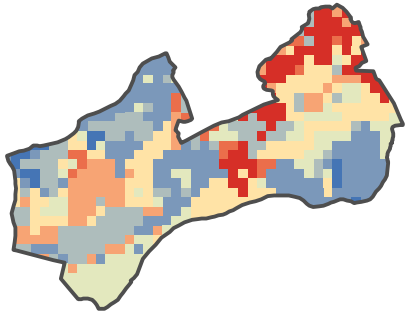


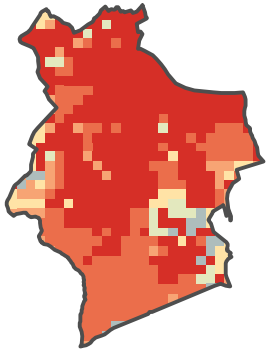
Charleroi - Châtelet



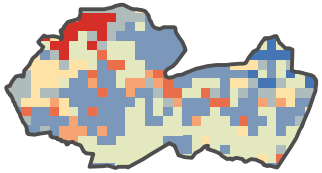
Aubange

Amay - Engis

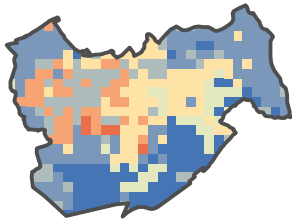




Seraing



Trooz



Verviers

N

0 1 2 4 km

Système de projection
Lambert belge

Carte A4zones_HAP16 : 16 HAP prioritaires* (HAP16) : concentration qui a une probabilité inférieure à 5% d'être dépassée dans les sols des zones d'étude

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en HAP16 (mg/kg matière sèche)

- 0.1 - 1.0
- 1.1 - 2.0
- 2.1 - 3.0
- 3.1 - 4.0
- 4.1 - 5.0
- 5.1 - 6.0
- 6.1 - 7.0
- 7.1 - 25.9

Limites des zones d'étude

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

* 16 HAP prioritaires selon l'US-EPA (U.S. Environmental Protection Agency)

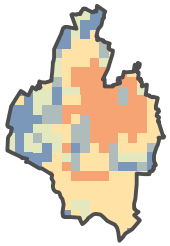
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

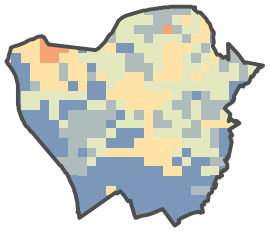
Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

UCL Université catholique de Louvain

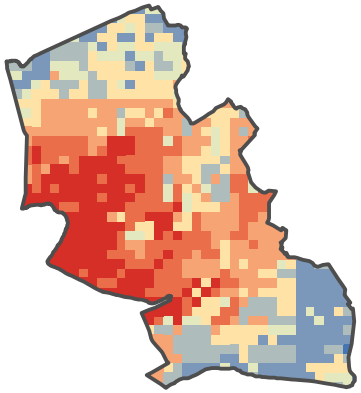
EARTH & LIFE INSTITUTE



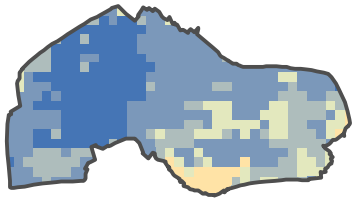
Colfontaine



La Louvière

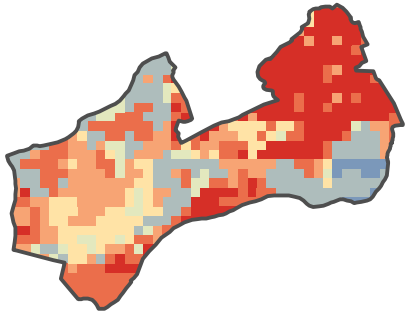


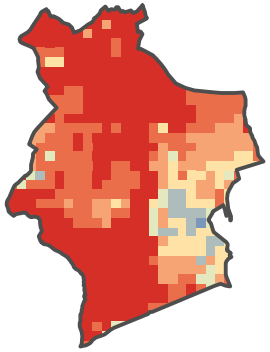
Charleroi - Châtelet



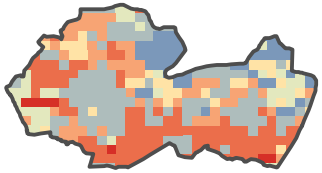
Aubange

Amay - Engis

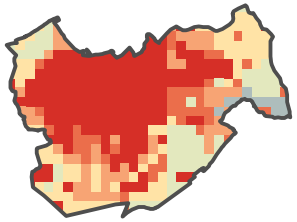




Seraing



Trooz



Verviers

N

0 1 2 4 km

Système de projection
Lambert belge

Carte A4zones_Hg : Mercure (Hg) : concentration qui a une probabilité inférieure à 5% d'être dépassée dans les sols des zones d'étude

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en Hg (mg/kg matière sèche)

- < 0.10 (LQ)
- 0.11 - 0.18
- 0.19 - 0.26
- 0.27 - 0.34
- 0.35 - 0.42
- 0.43 - 0.50
- 0.51 - 0.58
- 0.59 - 1.09

Limites des zones d'étude

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

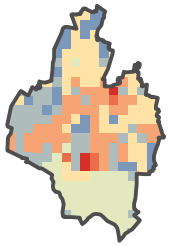
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

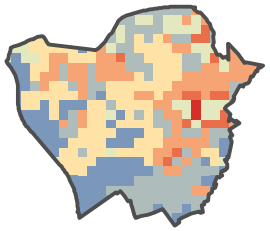
Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

UCL Université catholique de Louvain

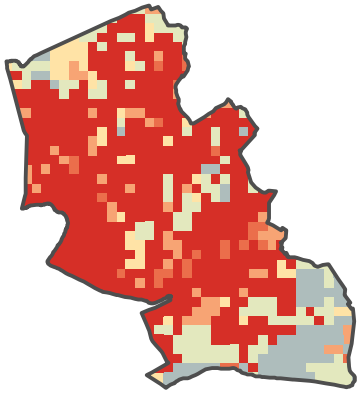
EARTH & LIFE INSTITUTE



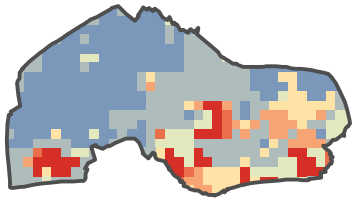
Colfontaine



La Louvière

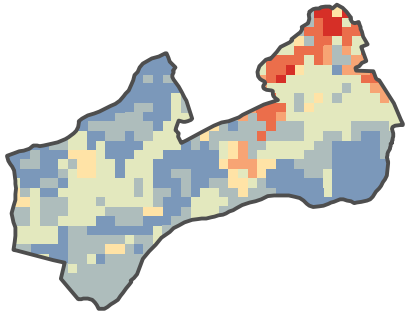


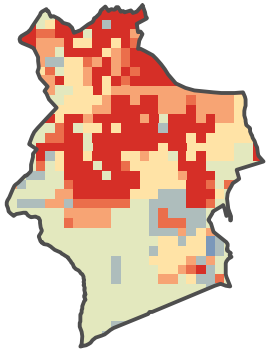
Charleroi - Châtelet



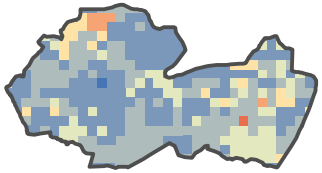
Aubange

Amay - Engis

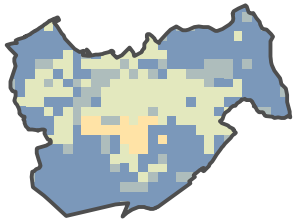




Seraing



Trooz



Verviers

N

0 1 2 4 km

Système de projection
Lambert belge

Carte A4zones_I123cdP : Indeno[1,2,3-c,d]pyrène (I123cdP) : concentration qui a une probabilité inférieure à 5% d'être dépassée dans les sols des zones d'étude

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en I123cdP (mg/kg matière sèche)

- < 0.01 (LQ)
- 0.02 - 0.15
- 0.16 - 0.30
- 0.31 - 0.45
- 0.46 - 0.60
- 0.61 - 0.75
- 0.76 - 0.90
- 0.91 - 1.72

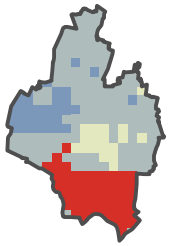
Limites des zones d'étude

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

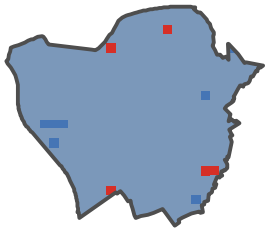
Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

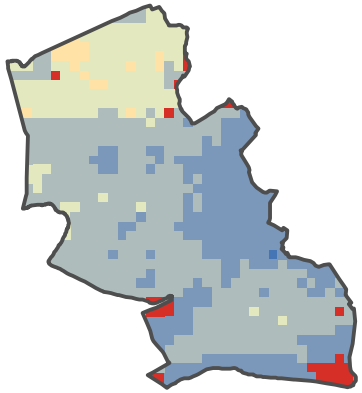
Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)



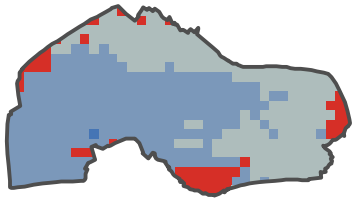
Colfontaine



La Louvière

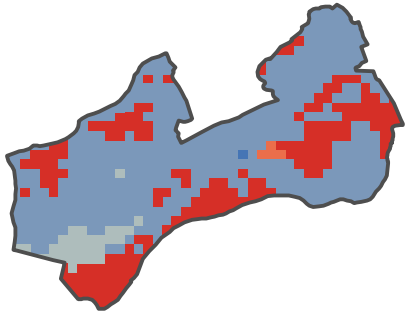


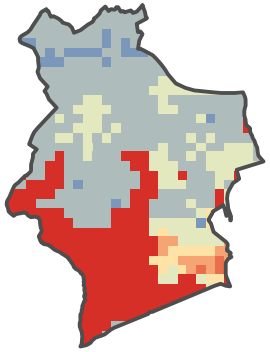
Charleroi - Châtelet



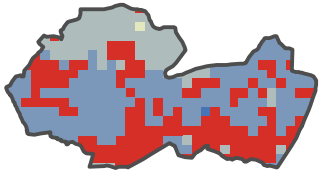
Aubange

Amay - Engis

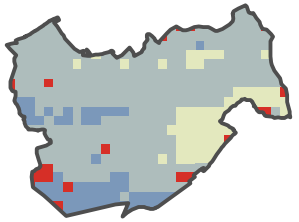




Seraing



Trooz



Verviers

N

0 1 2 4 km

Système de projection
Lambert belge

Carte A4zones_IP : Indice phénol (IP) : concentration qui a une probabilité inférieure à 5% d'être dépassée dans les sols des zones d'étude

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en IP (mg/kg matière sèche)

- 0.04 - 0.05
- 0.06 - 0.10
- 0.11 - 0.15
- 0.16 - 0.20
- 0.21 - 0.25
- 0.26 - 0.30
- 0.31 - 0.35
- 0.36 - 0.69

Limites des zones d'étude

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

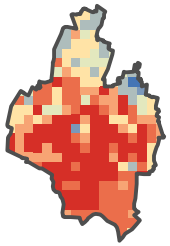
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

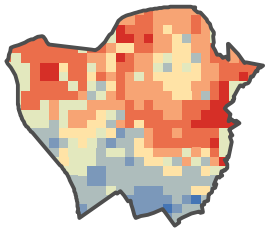
Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

UCL Université catholique de Louvain

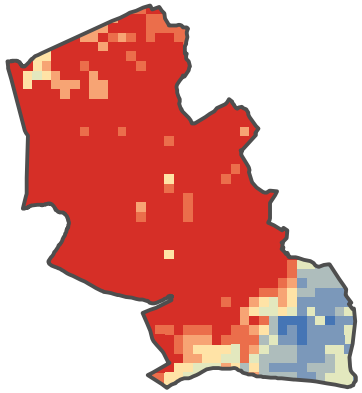
EARTH & LIFE INSTITUTE



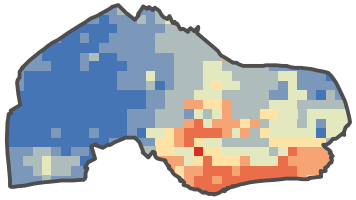
Colfontaine



La Louvière

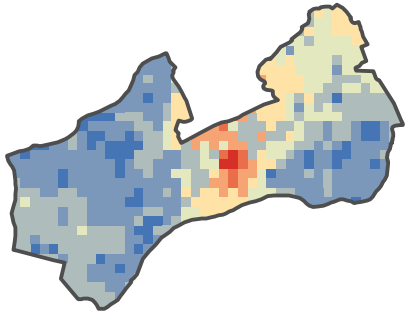


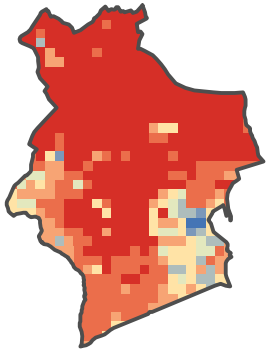
Charleroi - Châtelet



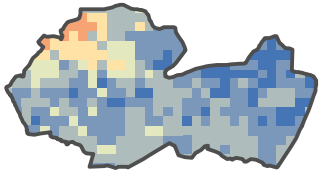
Aubange

Amay - Engis

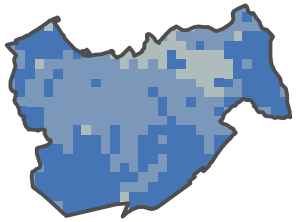




Seraing



Trooz



Verviers

N

0 1 2 4 km

Système de projection
Lambert belge

Carte A4zones_Naph : Naphtalène (Naph) : concentration qui a une probabilité inférieure à 5% d'être dépassée dans les sols des zones d'étude

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en Naph (mg/kg matière sèche)

- < 0.010 (LQ)
- 0.011 - 0.020
- 0.021 - 0.030
- 0.031 - 0.040
- 0.041 - 0.050
- 0.051 - 0.060
- 0.061 - 0.070
- 0.071 - 0.264

Limites des zones d'étude

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

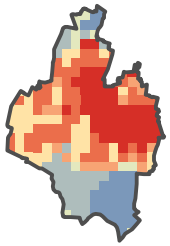
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

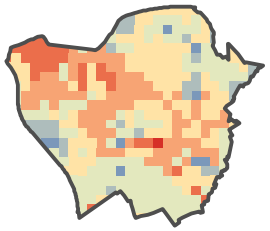
Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

UCL Université catholique de Louvain

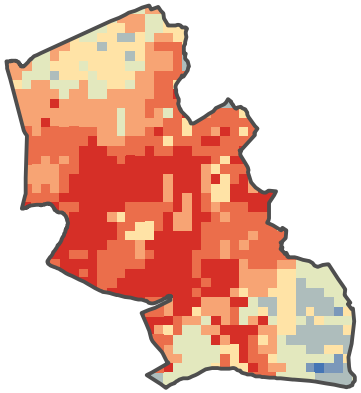
EARTH & LIFE INSTITUTE



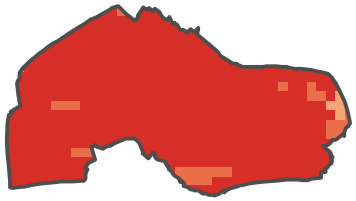
Colfontaine



La Louvière

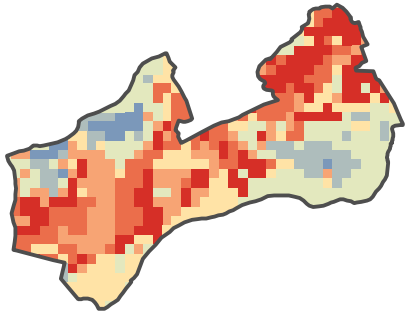


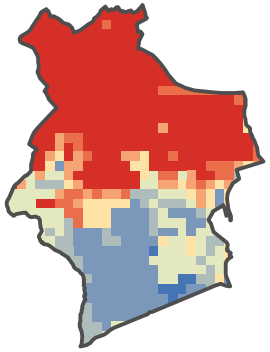
Charleroi - Châtelet



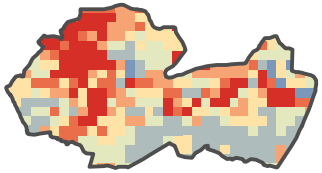
Aubange

Amay - Engis

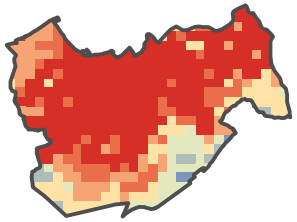




Seraing



Trooz



Verviers

N

0 1 2 4 km

Système de projection
Lambert belge

Carte A4zones_Ni : Nickel (Ni) : concentration qui a une probabilité inférieure à 5% d'être dépassée dans les sols des zones d'étude

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en Ni (mg/kg matière sèche)

13 - 15	31 - 35
16 - 20	36 - 40
21 - 25	41 - 45
26 - 30	46 - 140

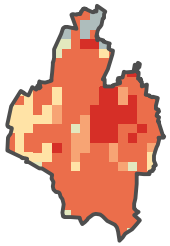
Limites des zones d'étude

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

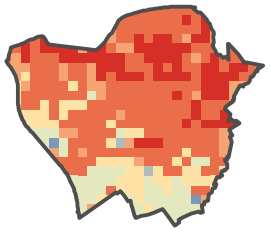
Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

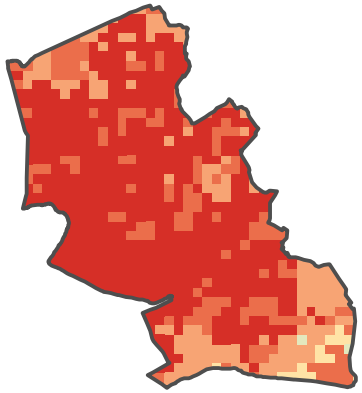
Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)



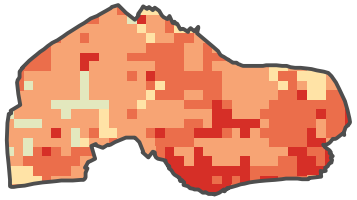
Colfontaine



La Louvière

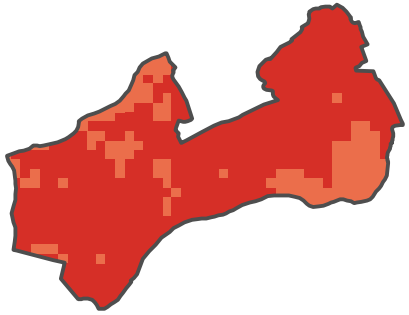


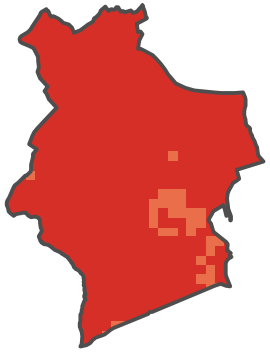
Charleroi - Châtelet



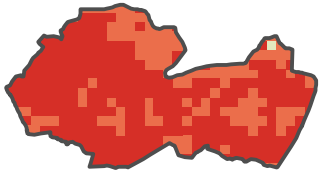
Aubange

Amay - Engis

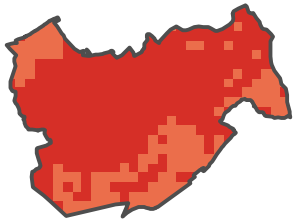




Seraing



Trooz



Verviers

N

0 1 2 4 km

Système de projection
Lambert belge

Carte A4zones_Pb : Plomb (Pb) : concentration qui a une probabilité inférieure à 5% d'être dépassée dans les sols des zones d'étude

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en Pb (mg/kg matière sèche)

- 29 - 30
- 31 - 40
- 41 - 50
- 51 - 60
- 61 - 70
- 71 - 100
- 101 - 200
- 201 - 712

Limites des zones d'étude

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

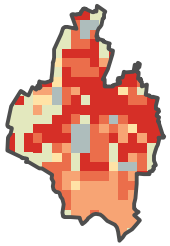
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

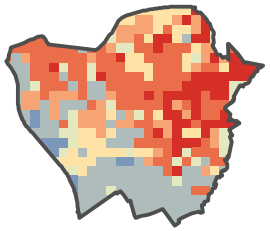
Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

UCL Université catholique de Louvain

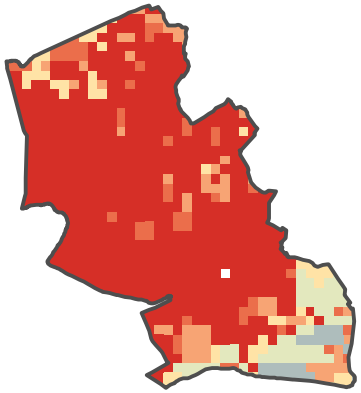
EARTH & LIFE INSTITUTE



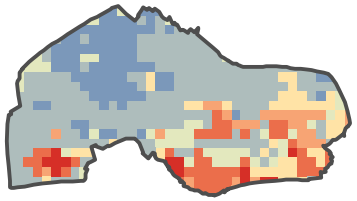
Colfontaine



La Louvière

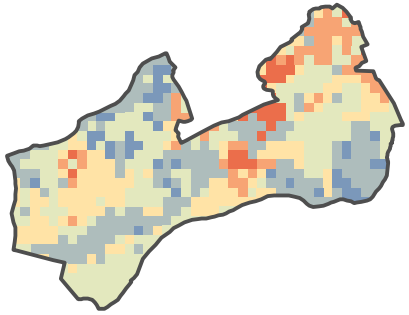


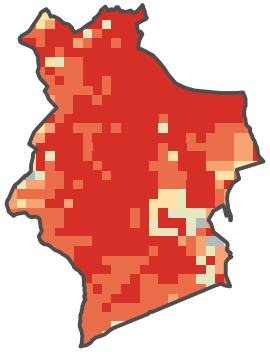
Charleroi - Châtelet



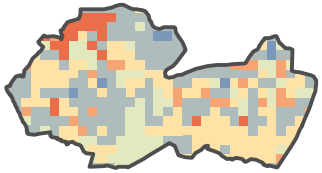
Aubange

Amay - Engis

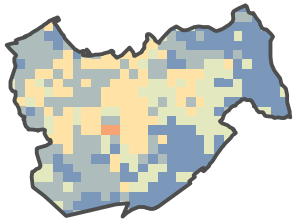




Seraing



Trooz



Verviers

N

0 1 2 4 km

Système de projection
Lambert belge

Carte A4zones_Phen : Phénanthrène (Phen) : concentration qui a une probabilité inférieure à 5% d'être dépassée dans les sols des zones d'étude

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en Phen (mg/kg matière sèche)

- < 0.01 (LQ)
- 0.02 - 0.10
- 0.11 - 0.20
- 0.21 - 0.30
- 0.31 - 0.40
- 0.41 - 0.50
- 0.51 - 0.60
- 0.61 - 2.66

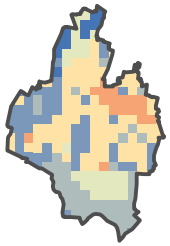
Limites des zones d'étude

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

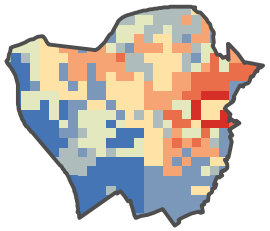
Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

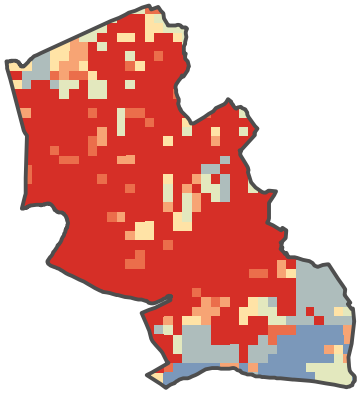
Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)



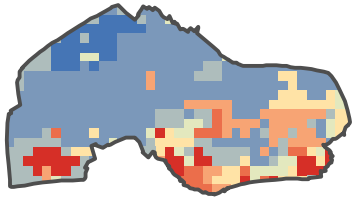
Colfontaine



La Louvière

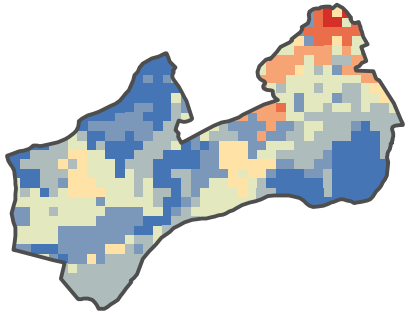


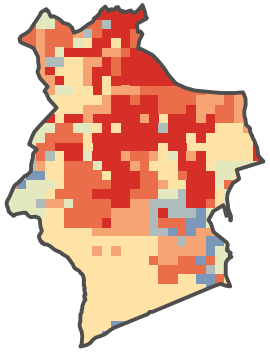
Charleroi - Châtelet



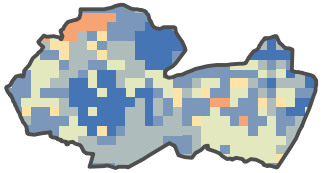
Aubange

Amay - Engis

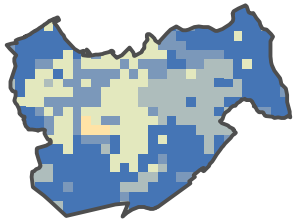




Seraing



Trooz



Verviers

N

0 1 2 4 km

Système de projection
Lambert belge

Carte A4zones_Pyr : Pyrène (Pyr) : concentration qui a une probabilité inférieure à 5% d'être dépassée dans les sols des zones d'étude

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en Pyr (mg/kg matière sèche)

- < 0.01 - 0.20
- 0.21 - 0.40
- 0.41 - 0.60
- 0.61 - 0.80
- 0.81 - 1.00
- 1.01 - 1.20
- 1.21 - 1.40
- 1.41 - 3.70

Limites des zones d'étude

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

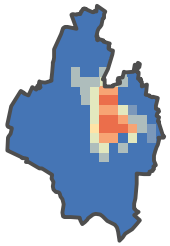
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

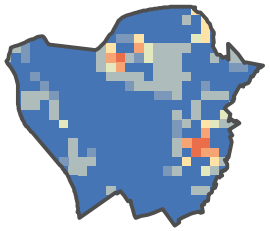
Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

UCL Université catholique de Louvain

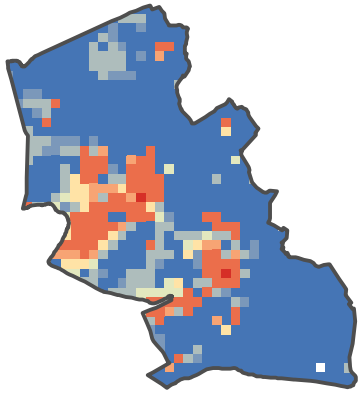
EARTH & LIFE INSTITUTE



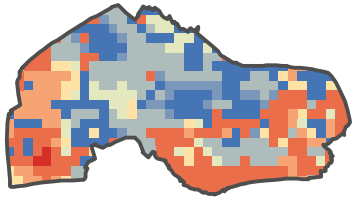
Colfontaine



La Louvière

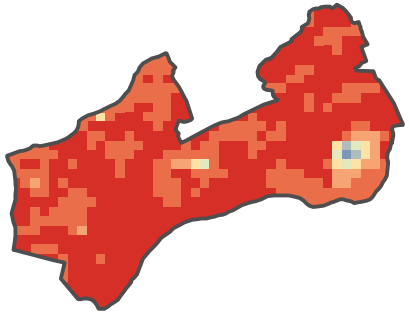


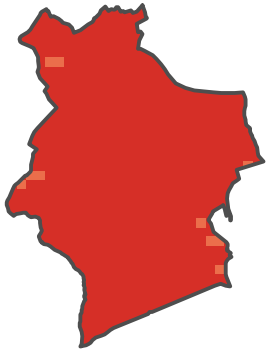
Charleroi - Châtelet



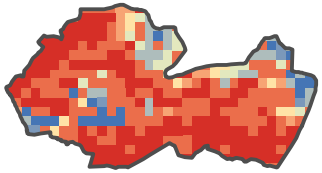
Aubange

Amay - Engis

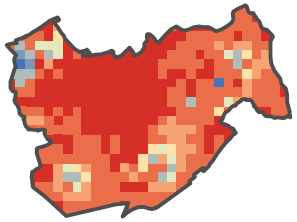




Seraing



Trooz



Verviers

N

0 1 2 4 km

Système de projection
Lambert belge

Carte A4zones_Sb : Antimoine (Sb) : concentration qui a une probabilité inférieure à 5% d'être dépassée dans les sols des zones d'étude

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en Sb (mg/kg matière sèche)

- < 2.0 (LQ)
- 2.1 - 2.2
- 2.3 - 2.4
- 2.5 - 2.6
- 2.7 - 2.8
- 2.9 - 3.0
- 3.1 - 5.0
- 5.1 - 12.8

Limites des zones d'étude

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

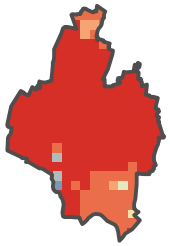
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

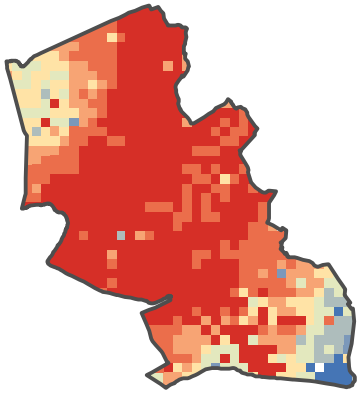
UCL Université catholique de Louvain

EARTH & LIFE INSTITUTE

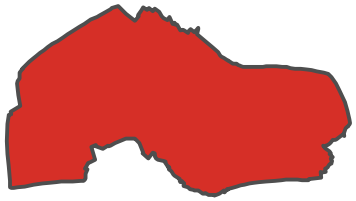


Colfontaine

La Louvière

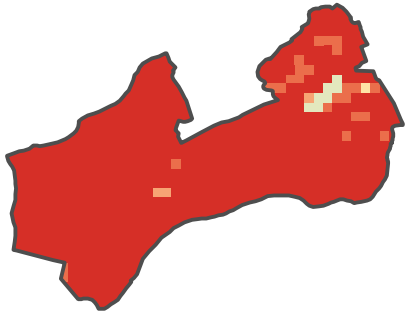


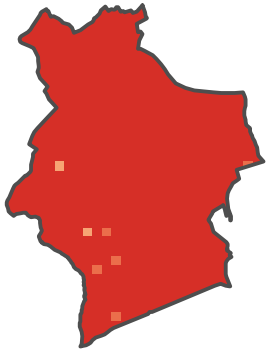
Charleroi - Châtelet



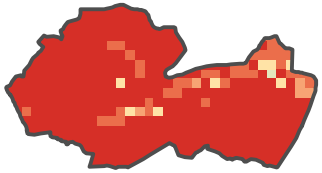
Aubange

Amay - Engis

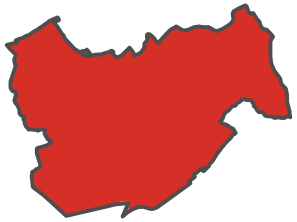




Seraing



Trooz



Verviers

N

0 1 2 4 km

Système de projection
Lambert belge

Carte A4zones_Se : Sélénium (Se) : concentration qui a une probabilité inférieure à 5% d'être dépassée dans les sols des zones d'étude

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en Se (mg/kg matière sèche)

- < 2.0 (LQ)
- 2.1 - 2.2
- 2.3 - 2.4
- 2.5 - 2.6
- 2.7 - 2.8
- 2.9 - 3.0
- 3.1 - 3.5
- 3.6 - 9.0

Limites des zones d'étude

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

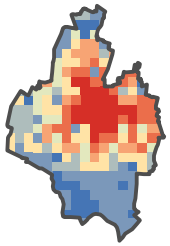
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

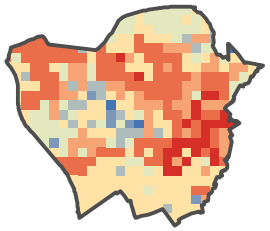
Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

UCL Université catholique de Louvain

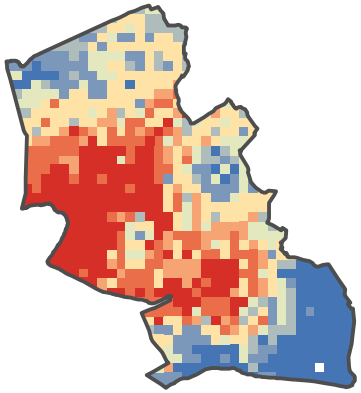
EARTH & LIFE INSTITUTE



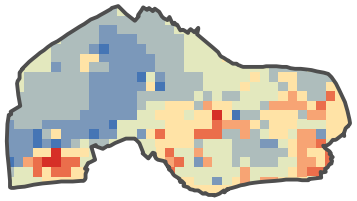
Colfontaine



La Louvière

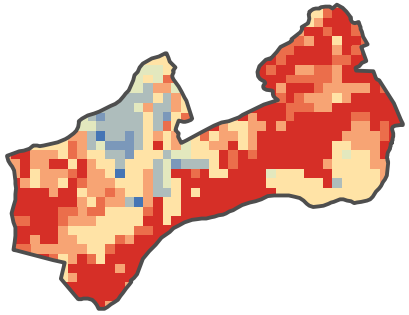


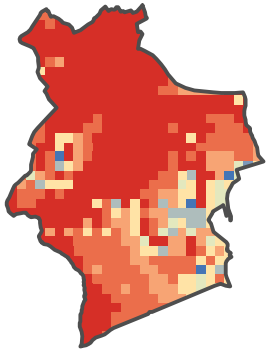
Charleroi - Châtelet



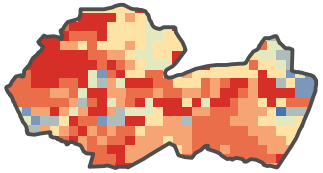
Aubange

Amay - Engis

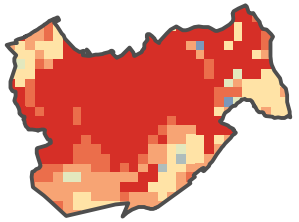




Seraing



Trooz



Verviers

N

0 1 2 4 km

Système de projection
Lambert belge

Carte A4zones_Sn : Etain (Sn) : concentration qui a une probabilité inférieure à 5% d'être dépassée dans les sols des zones d'étude

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en Sn (mg/kg matière sèche)

- < 5.0 (LQ)
- 5.1 - 6.0
- 6.1 - 7.0
- 7.1 - 8.0
- 8.1 - 10.0
- 10.1 - 12.0
- 12.1 - 14.0
- 14.1 - 46.6

Limites des zones d'étude

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

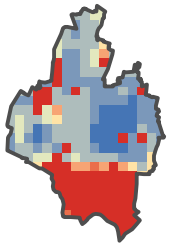
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

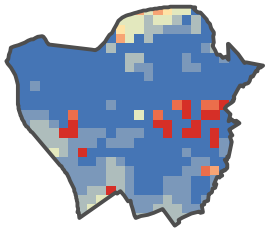
Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

UCL Université catholique de Louvain

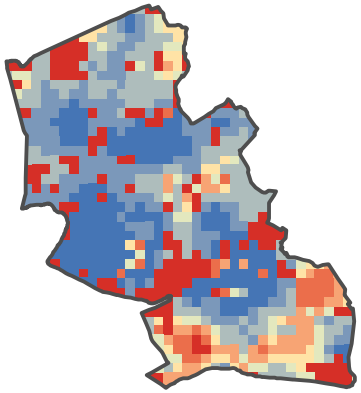
EARTH & LIFE INSTITUTE



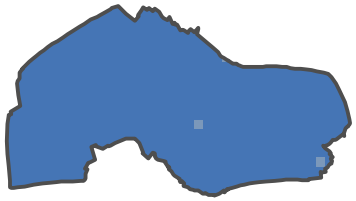
Colfontaine



La Louvière

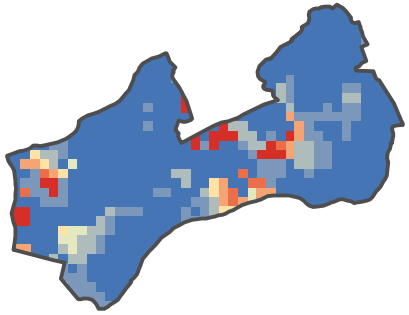


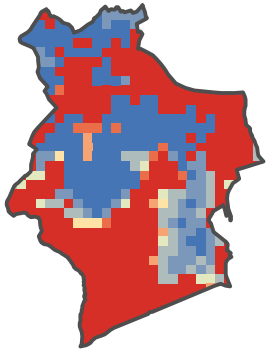
Charleroi - Châtelet



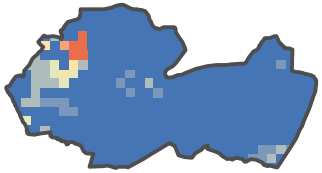
Aubange

Amay - Engis

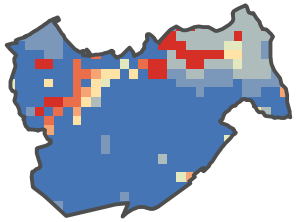




Seraing



Trooz



Verviers

N

0 1 2 4 km

Système de projection
Lambert belge

Carte A4zones_Tolu : Toluène (Tolu) : concentration qui a une probabilité inférieure à 5% d'être dépassée dans les sols des zones d'étude

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en Tolu (mg/kg matière sèche)

- < 0.05 (LQ)
- 0.06 - 0.10
- 0.11 - 0.15
- 0.16 - 0.20
- 0.21 - 0.25
- 0.26 - 0.30
- 0.31 - 0.35
- 0.36 - 0.82

Limites des zones d'étude

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

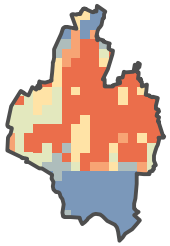
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

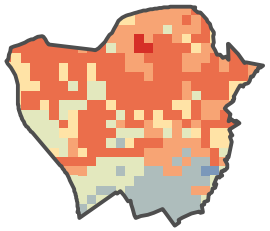
Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

UCL Université catholique de Louvain

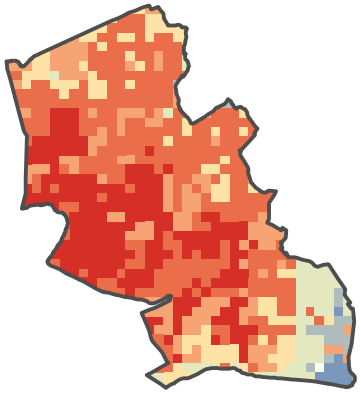
EARTH & LIFE INSTITUTE



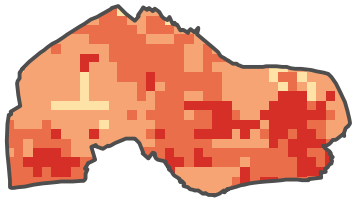
Colfontaine



La Louvière

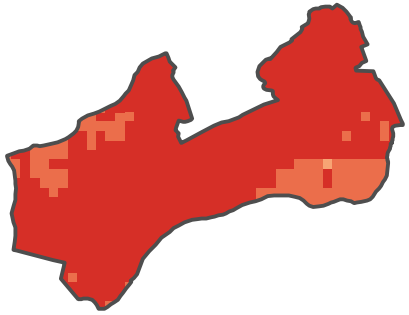


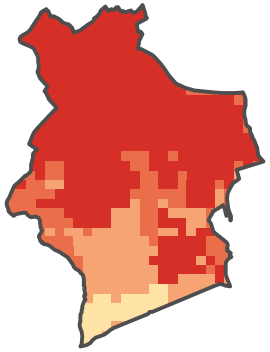
Charleroi - Châtelet



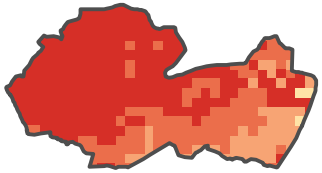
Aubange

Amay - Engis

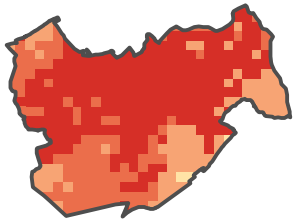




Seraing



Trooz



Verviers

N

0 1 2 4 km

Système de projection
Lambert belge

Carte A4zones_Zn : Zinc (Zn) : concentration qui a une probabilité inférieure à 5% d'être dépassée dans les sols des zones d'étude

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en Zn (mg/kg matière sèche)

- 41 - 60
- 61 - 90
- 91 - 120
- 121 - 150
- 151 - 200
- 201 - 300
- 301 - 500
- 501 - 2401

Limites des zones d'étude

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)

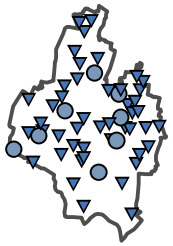
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

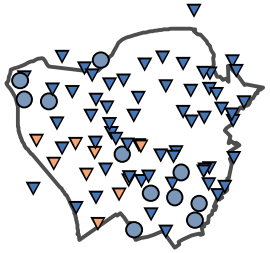
Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

UCL Université catholique de Louvain

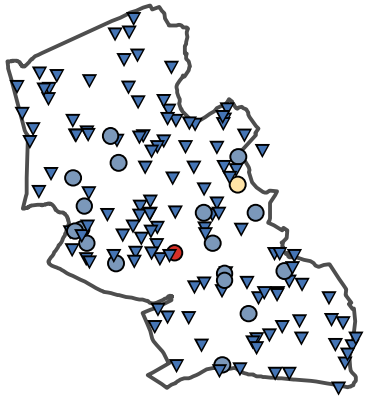
EARTH & LIFE INSTITUTE



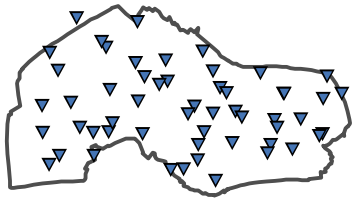
Colfontaine



La Louvière

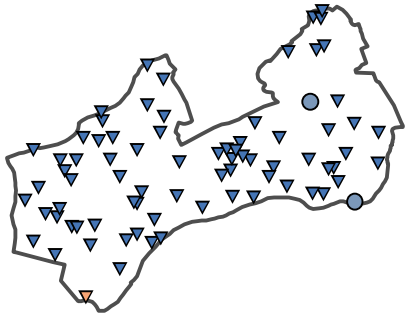


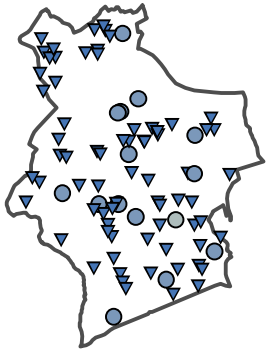
Charleroi - Châtelet



Aubange

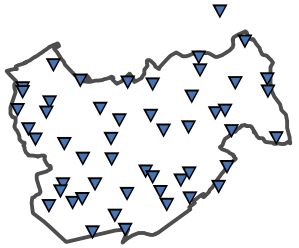
Amay - Engis





Seraing

Trooz



Verviers

N

0 1 2 4 km

Système de projection
Lambert belge

Carte A5_Ben : Benzène (Ben) : concentration dans les sols aux points d'échantillonnage retenus pour la cartographie

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en Ben (mg/kg matière sèche)

- 0.01 (LQ)
- 0.011 - 0.020
- 0.021 - 0.030
- 0.031 - 0.040
- 0.041 - 0.050
- 0.05 (LR)
- 0.051 - 0.060
- 0.061 - 0.088

Limites des zones d'étude

Sources :
- Concentration en polluant aux points d'échantillonage des sols des zones d'étude du projet POLLUSOL 2 (SPAQuE)
- LQ et LR : respectivement limite de quantification et limite de reportage du laboratoire

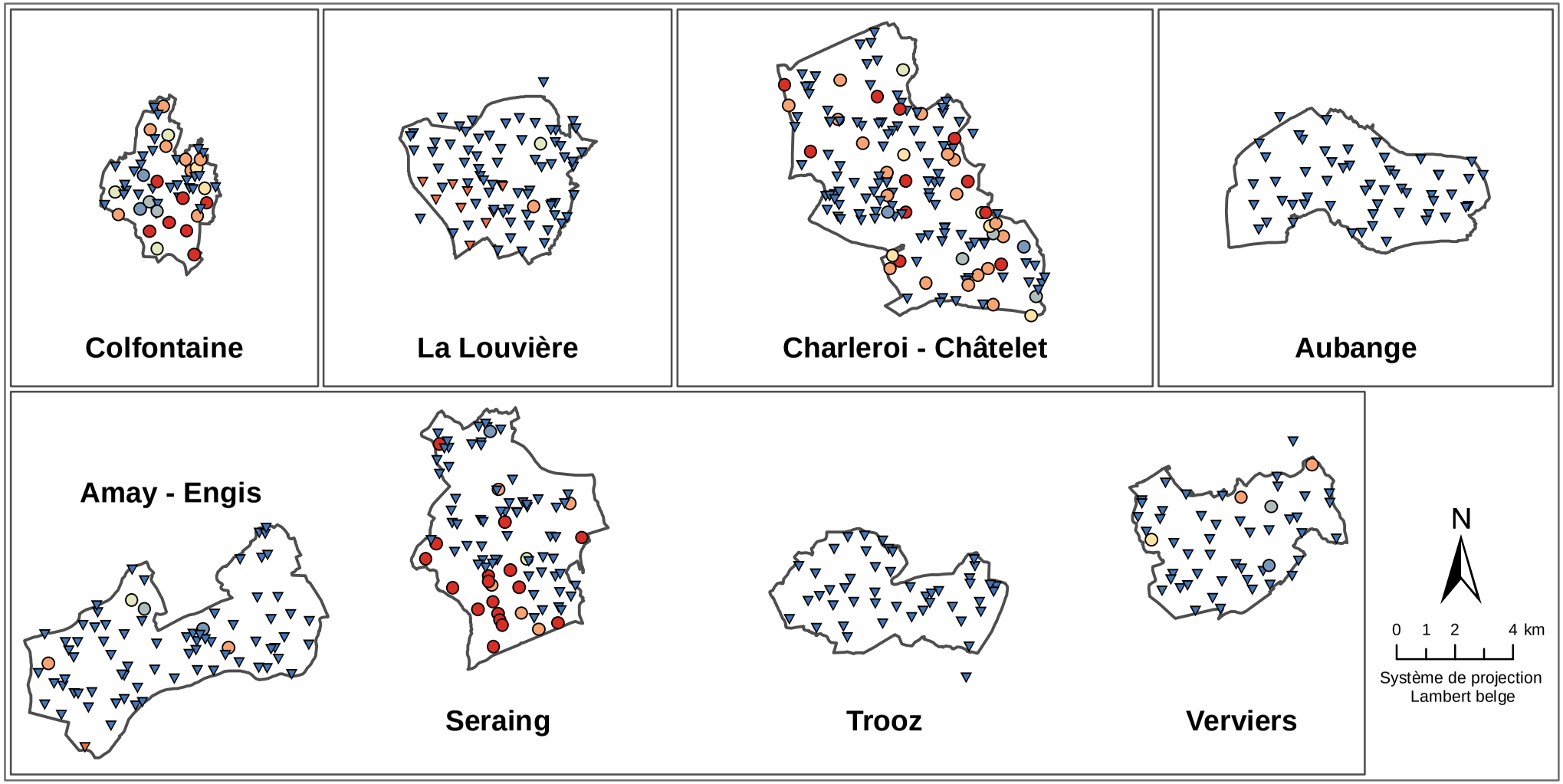
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

UCL Université catholique de Louvain

EARTH & LIFE INSTITUTE



Carte A5_BTEX : BTEX : Ben+Tolu+EBen+oXyl+mpXyl (BTEX) : concentration dans les sols aux points d'échantillonnage retenus pour la cartographie

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en BTEX (mg/kg matière sèche)

- < 0.050 (LQ)
- 0.051 - 0.060
- 0.061 - 0.070
- 0.071 - 0.080
- 0.081 - 0.090
- 0.091 - 0.250
- < 0.250 (LR)
- 0.251 - 0.894

Limites des zones d'étude

Sources :
- Concentration en polluant aux points d'échantillonage des sols des zones d'étude du projet POLLUSOL 2 (SPAQuE)
- LQ et LR : respectivement limite de quantification et limite de reportage du laboratoire

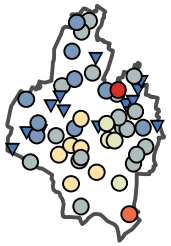
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

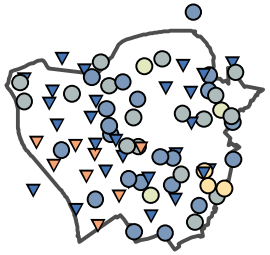
Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

UCL Université catholique de Louvain

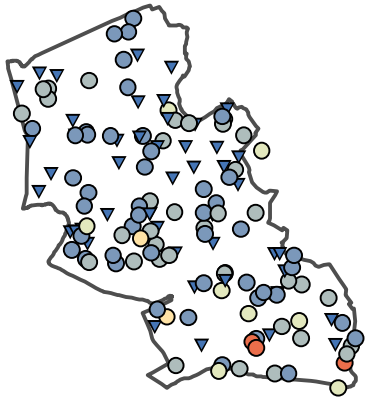
EARTH & LIFE INSTITUTE



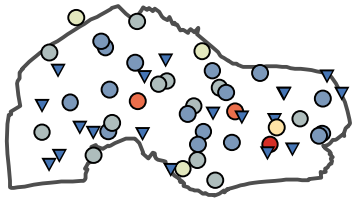
Colfontaine



La Louvière

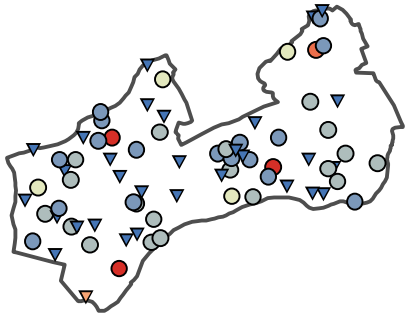


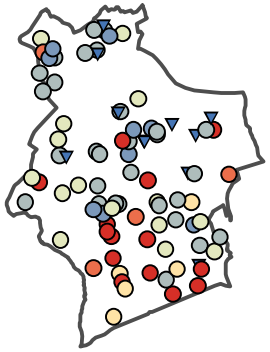
Charleroi - Châtelet



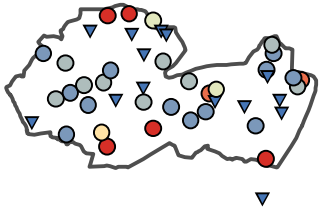
Aubange

Amay - Engis

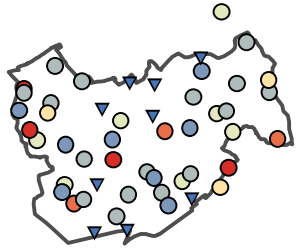




Seraing



Trooz



Verviers

N

0 1 2 4 km

Système de projection
Lambert belge

Carte A5_CN_lib : Cyanures libres (CN_lib) : concentration dans les sols aux points d'échantillonnage retenus pour la cartographie

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en CN_lib (mg/kg matière sèche)

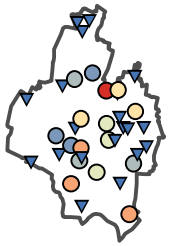
- < 0.3 (LQ)
- 0.4
- 0.5 - 0.6
- 0.7 - 0.8
- 0.9 - 1.0
- < 1.0 (LR)
- 1.1 - 1.2
- 1.3 - 4.4

Limites des zones d'étude

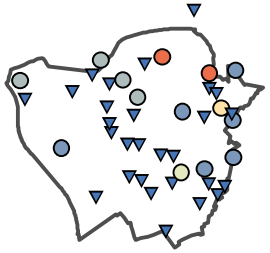
Sources :
- Concentration en polluant aux points d'échantillonage des sols des zones d'étude du projet POLLUSOL 2 (SPAQuE)
- LQ et LR : respectivement limite de quantification et limite de reportage du laboratoire

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

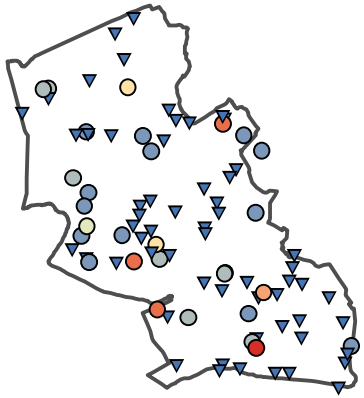
Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)



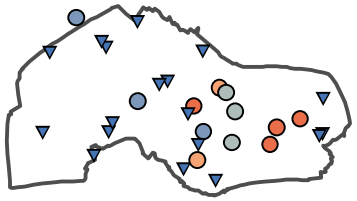
Colfontaine



La Louvière

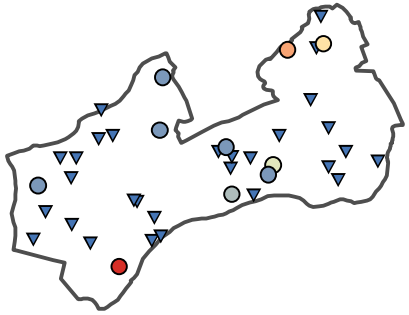


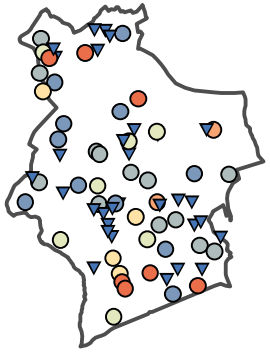
Charleroi - Châtelet



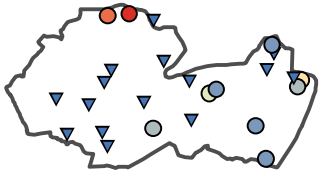
Aubange

Amay - Engis

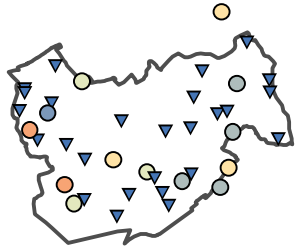




Seraing



Trooz



Verviers

N

0 1 2 4 km

Système de projection
Lambert belge

Carte A5_CN_ncd : Cyanures non chloro-destructibles (CN_ncd) : concentration dans les sols aux points d'échantillonnage retenus pour la cartographie

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en CN_ncd (mg/kg matière sèche)

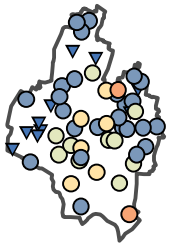
- < 0.50 (LQ)
- 0.51 - 0.60
- 0.61 - 0.70
- 0.71 - 0.80
- 0.81 - 0.90
- 0.91 - 1.00
- 1.01 - 1.50
- 1.51 - 2.26

Limites des zones d'étude

Sources :
- Concentration en polluant aux points d'échantillonage des sols des zones d'étude du projet POLLUSOL 2 (SPAQuE)
- LQ et LR : respectivement limite de quantification et limite de reportage du laboratoire

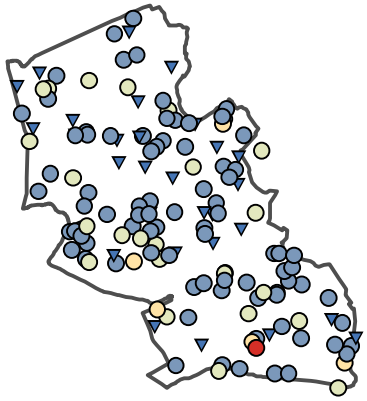
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

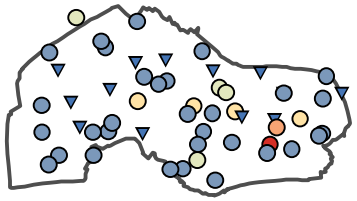


Colfontaine

La Louvière

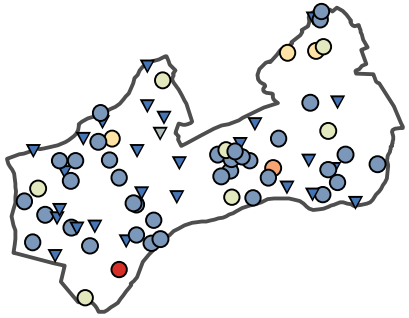


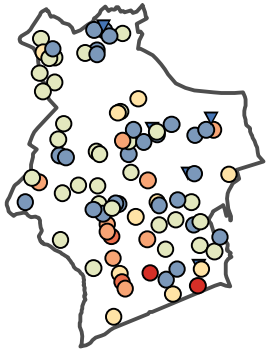
Charleroi - Châtelet



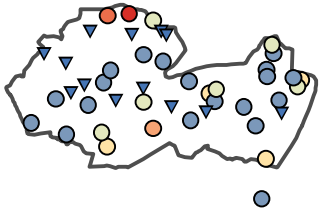
Aubange

Amay - Engis

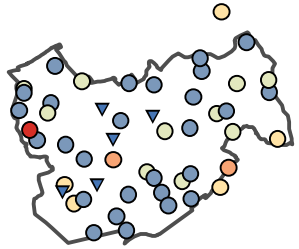




Seraing



Trooz



Verviers

N

0 1 2 4 km

Système de projection
Lambert belge

Carte A5_CN_tot : Cyanures totaux (CN_tot) : concentration dans les sols aux points d'échantillonnage retenus pour la cartographie

Légende

Concentration en CN_tot (mg/kg matière sèche)

- < 0.5 (LQ)
- 0.6 - 1.0
- < 1.0 (LR)
- 1.1 - 1.5
- 1.6 - 2.0
- 2.1 - 2.5
- 2.6 - 3.0
- 3.1 - 6.6

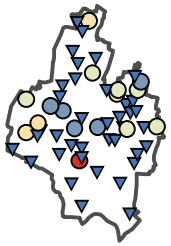
Limites des zones d'étude

Sources :
- Concentration en polluant aux points d'échantillonage des sols des zones d'étude du projet POLLUSOL 2 (SPAQuE)
- LQ et LR : respectivement limite de quantification et limite de reportage du laboratoire

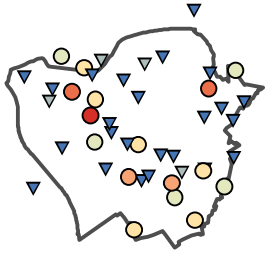
Projet POLLUSOL 2

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

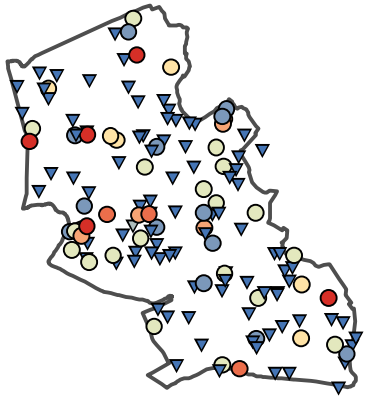
Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)



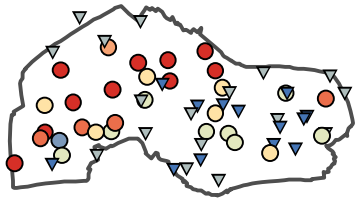
Colfontaine



La Louvière

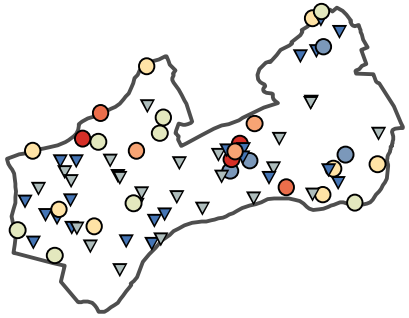


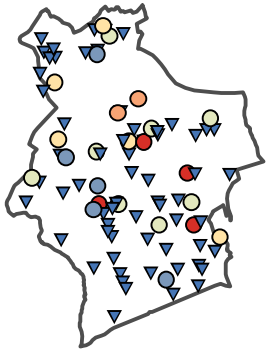
Charleroi - Châtelet



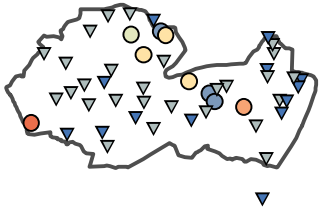
Aubange

Amay - Engis

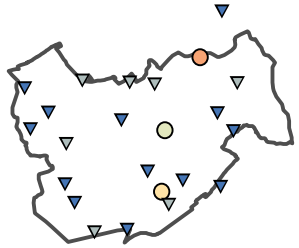




Seraing



Trooz



Verviers

N

0 1 2 4 km

Système de projection
Lambert belge

Carte A5_CrVI : Chrome VI (CrVI) : concentration dans les sols aux points d'échantillonnage retenus pour la cartographie

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en CrVI (mg/kg matière sèche)

- < 0.03 (LQ)
- 0.04 - 0.10
- < 0.10 (LR)
- 0.11 - 0.20
- 0.21 - 0.30
- 0.31 - 0.40
- 0.41 - 0.50
- 0.51 - 4.00

Limites des zones d'étude

Sources :
- Concentration en polluant aux points d'échantillonage des sols des zones d'étude du projet POLLUSOL 2 (SPAQuE)
- LQ et LR : respectivement limite de quantification et limite de reportage du laboratoire

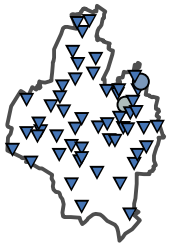
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

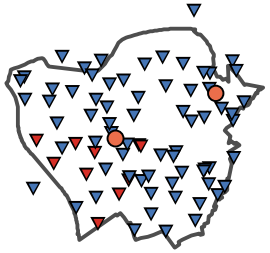
Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

UCL Université catholique de Louvain

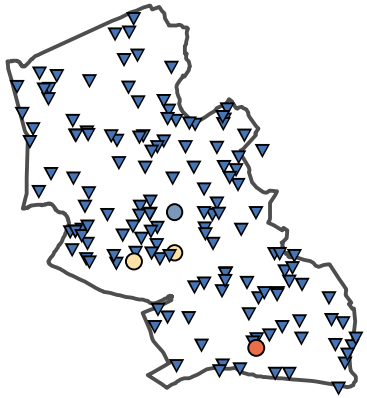
EARTH & LIFE INSTITUTE



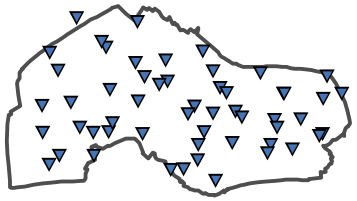
Colfontaine



La Louvière

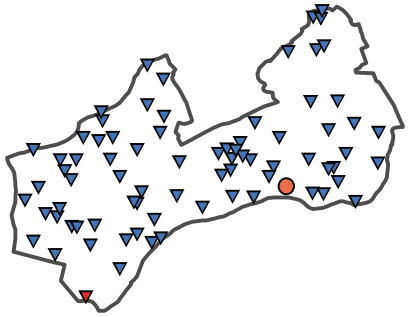


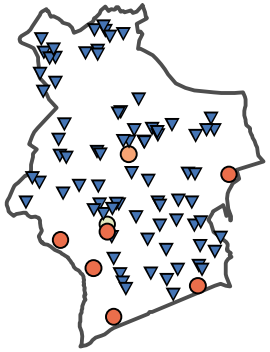
Charleroi - Châtelet



Aubange

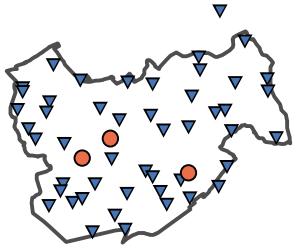
Amay - Engis





Seraing

Trooz



Verviers

N

0 1 2 4 km

Système de projection
Lambert belge

Carte A5_EBen : Ethyl-Benzène (Eben) : concentration dans les sols aux points d'échantillonnage retenus pour la cartographie

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en EBen (mg/kg matière sèche)

- 0.01 (LQ)
- 0.0101 - 0.0110
- 0.0111 - 0.0120
- 0.0121 - 0.0130
- 0.0131 - 0.0140
- 0.0141 - 0.0150
- 0.0151 - 0.0499
- 0.05 (LR)

Limites des zones d'étude

Sources :
- Concentration en polluant aux points d'échantillonage des sols des zones d'étude du projet POLLUSOL 2 (SPAQuE)
- LQ et LR : respectivement limite de quantification et limite de reportage du laboratoire

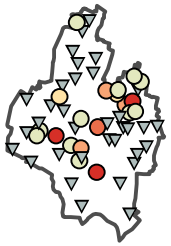
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

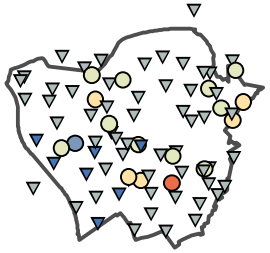
Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

UCL Université catholique de Louvain

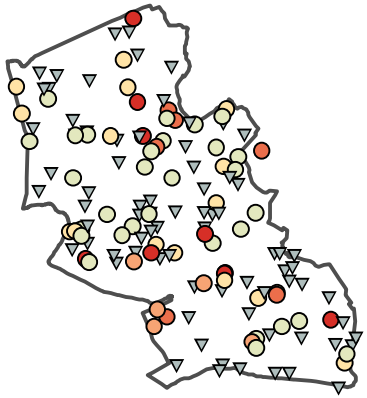
EARTH & LIFE INSTITUTE



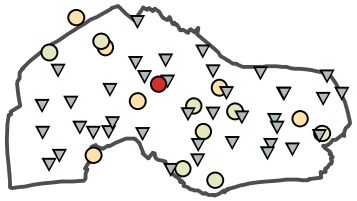
Colfontaine



La Louvière

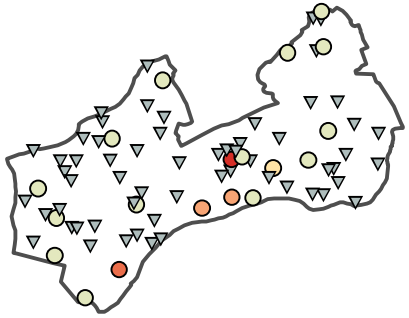


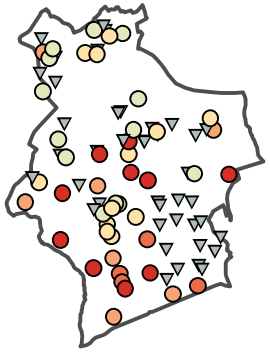
Charleroi - Châtelet



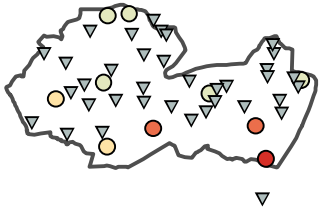
Aubange

Amay - Engis

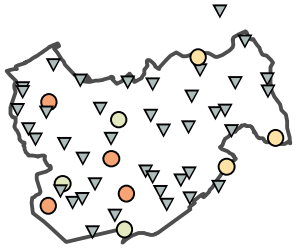




Seraing



Trooz



Verviers

N

0 1 2 4 km

Système de projection
Lambert belge

Carte A5_EOX : Composés organo-halogénés extractibles (EOX) : concentration dans les sols aux points d'échantillonnage retenus pour la cartographie

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en EOX (mg/kg matière sèche)

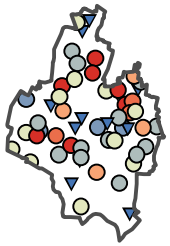
- < 0.1 (LQ)
- 0.2 - 0.3
- < 0.3 (LR)
- 0.4 - 0.5
- 0.6 - 0.7
- 0.8 - 0.9
- 1.0 - 1.1
- 1.2 - 19.8

Limites des zones d'étude

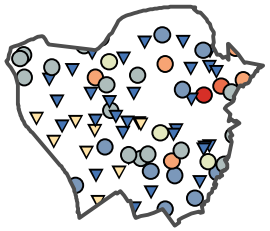
Sources :
- Concentration en polluant aux points d'échantillonage des sols des zones d'étude du projet POLLUSOL 2 (SPAQuE)
- LQ et LR : respectivement limite de quantification et limite de reportage du laboratoire

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

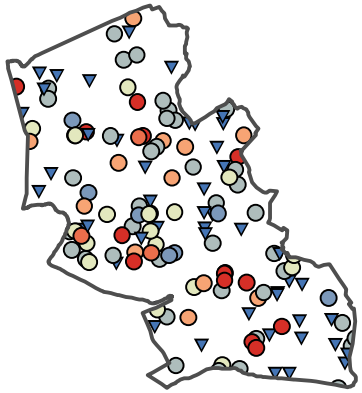
Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)



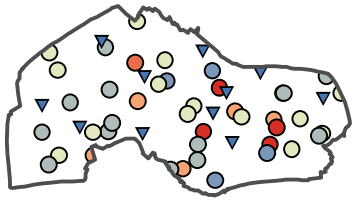
Colfontaine



La Louvière

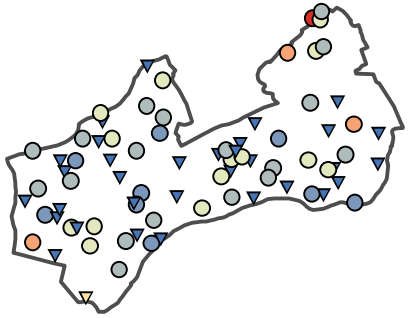


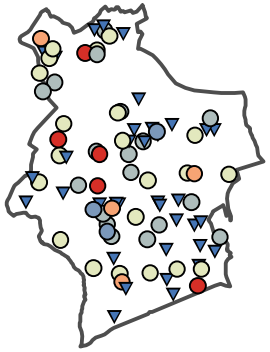
Charleroi - Châtelet



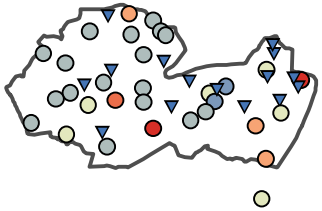
Aubange

Amay - Engis

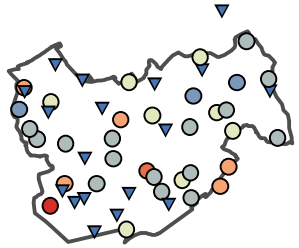




Seraing



Trooz



Verviers

N

0 1 2 4 km

Système de projection
Lambert belge

Carte A5_HTP_tot : HTP totaux (HTP_tot) : concentration dans les sols aux points d'échantillonnage retenus pour la cartographie

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en HTP_tot (mg/kg matière sèche)

- < 16.5 (LQ)
- 16.6 - 20.0
- 20.1 - 30.0
- 30.1 - 38.0
- < 38.0 (LR)
- 38.1 - 50.0
- 50.1 - 60.0
- 60.1 - 479.1

Limites des zones d'étude

Sources :
- Concentration en polluant aux points d'échantillonage des sols des zones d'étude du projet POLLUSOL 2 (SPAQuE)
- LQ et LR : respectivement limite de quantification et limite de reportage du laboratoire

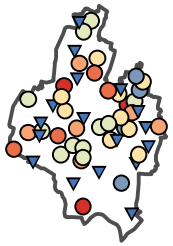
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

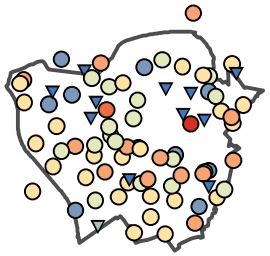
Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

UCL Université catholique de Louvain

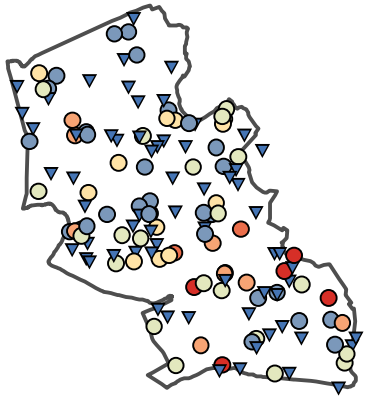
EARTH & LIFE INSTITUTE



Colfontaine



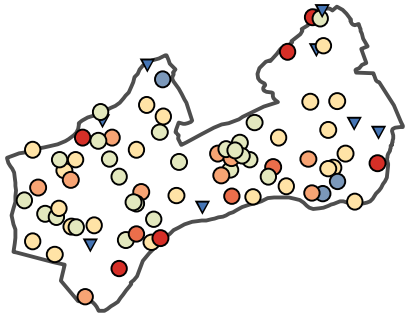
La Louvière

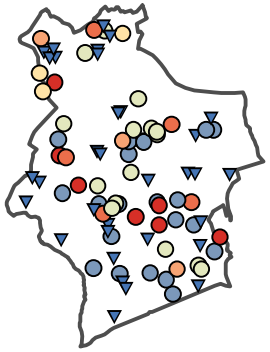


Charleroi - Châtelet

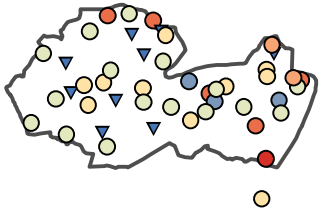
Aubange

Amay - Engis

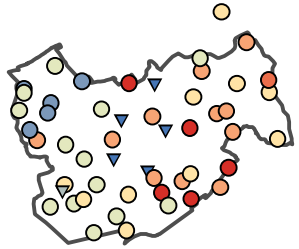




Seraing



Trooz



Verviers

N

0 1 2 4 km

Système de projection
Lambert belge

Carte A5_HTP10a12 : Huiles minérales C10-C12 (HTP10a12) : concentration dans les sols aux points d'échantillonnage retenus pour la cartographie

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en HTP10a12 (mg/kg matière sèche)

- < 1.5 (LQ)
- 1.6 - 3.0
- < 3.0 (LR)
- 3.1 - 5.0
- 5.1 - 7.0
- 7.1 - 9.0
- 9.1 - 11.0
- 11.1 - 46.6

Limites des zones d'étude

Sources :
- Concentration en polluant aux points d'échantillonage des sols des zones d'étude du projet POLLUSOL 2 (SPAQuE)
- LQ et LR : respectivement limite de quantification et limite de reportage du laboratoire

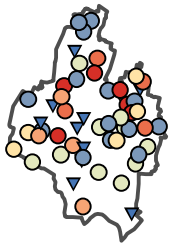
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

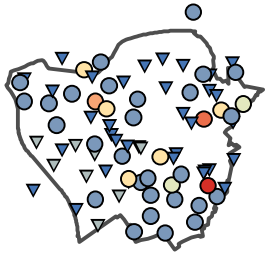
Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

UCL Université catholique de Louvain

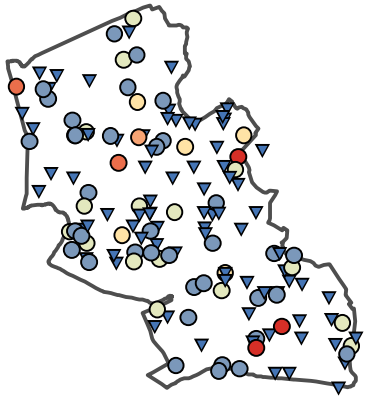
EARTH & LIFE INSTITUTE



Colfontaine



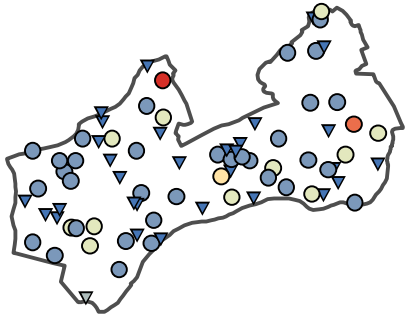
La Louvière

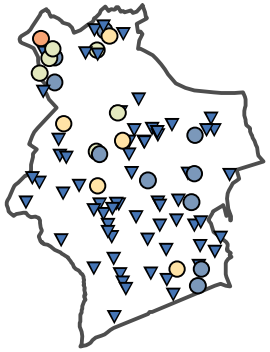


Charleroi - Châtelet

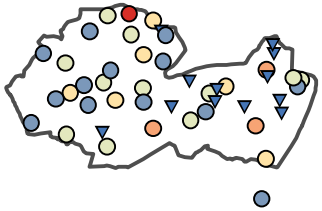
Aubange

Amay - Engis

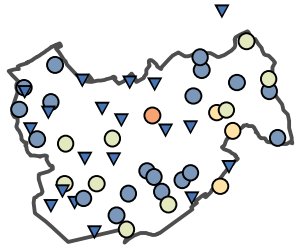




Seraing



Trooz



Verviers

N

0 1 2 4 km

Système de projection
Lambert belge

Carte A5_HTP12a16 : Huiles minérales C12-C16 (HTP12a16) : concentration dans les sols aux points d'échantillonnage retenus pour la cartographie

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en HTP12a16 (mg/kg matière sèche)

- < 3 (LQ)
- 4 - 5
- < 5 (LR)
- 6 - 7
- 8 - 9
- 10 - 11
- 12 - 13
- 14 - 32

Limites des zones d'étude

Sources :
- Concentration en polluant aux points d'échantillonage des sols des zones d'étude du projet POLLUSOL 2 (SPAQuE)
- LQ et LR : respectivement limite de quantification et limite de reportage du laboratoire

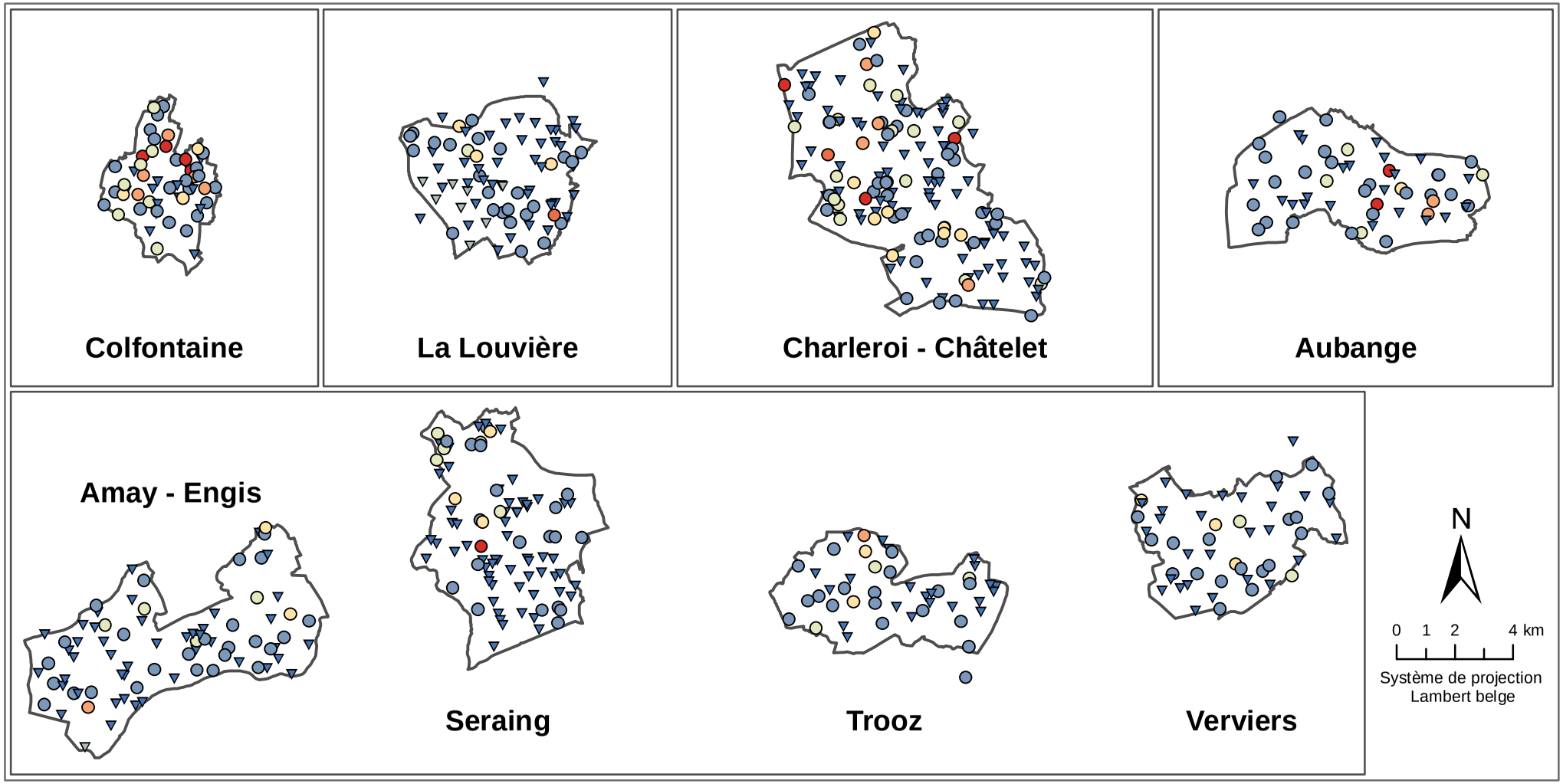
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

UCL Université catholique de Louvain

EARTH & LIFE INSTITUTE



Carte A5_HTP16a21 : Huiles minérales C16-C21 (HTP16a21) : concentration dans les sols aux points d'échantillonnage retenus pour la cartographie

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en HTP16a21 (mg/kg matière sèche)

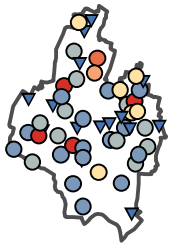
- < 3 (LQ)
- 4 - 6
- < 6 (LR)
- 7 - 8
- 9 - 10
- 11 - 12
- 13 - 14
- 15 - 71

Limites des zones d'étude

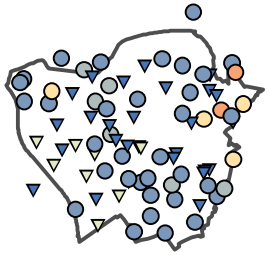
Sources :
- Concentration en polluant aux points d'échantillonage des sols des zones d'étude du projet POLLUSOL 2 (SPAQuE)
- LQ et LR : respectivement limite de quantification et limite de reportage du laboratoire

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

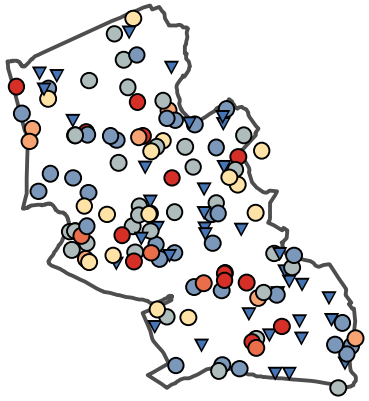
Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)



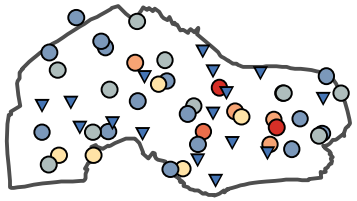
Colfontaine



La Louvière

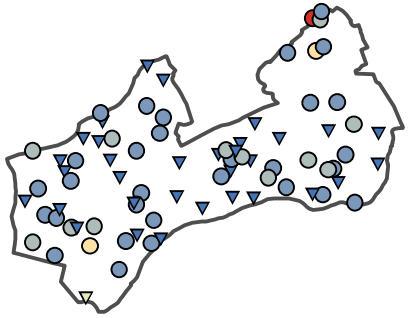


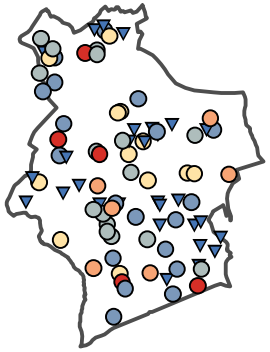
Charleroi - Châtelet



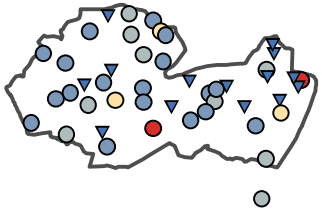
Aubange

Amay - Engis

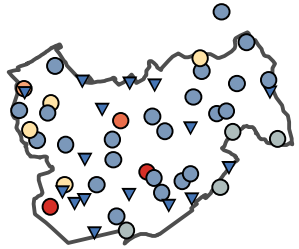




Seraing



Trooz



Verviers

N

0 1 2 4 km

Système de projection
Lambert belge

Carte A5_HTP21a30 : Huiles minérales C21-C30 (HTP21a30) : concentration dans les sols aux points d'échantillonnage retenus pour la cartographie

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en HTP21a30 (mg/kg matière sèche)

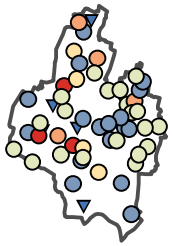
- < 3 (LQ)
- 4 - 8
- 9 - 12
- < 12 (LR)
- 13 - 16
- 17 - 20
- 21 - 24
- 25 - 200

Limites des zones d'étude

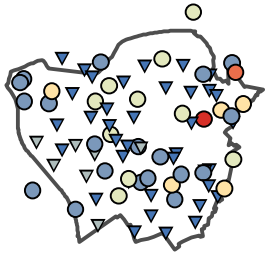
Sources :
- Concentration en polluant aux points d'échantillonage des sols des zones d'étude du projet POLLUSOL 2 (SPAQuE)
- LQ et LR : respectivement limite de quantification et limite de reportage du laboratoire

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

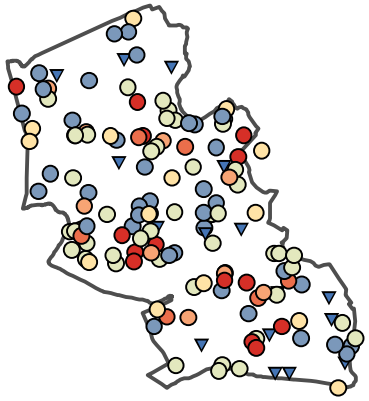
Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)



Colfontaine



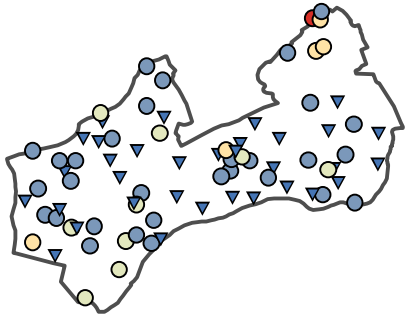
La Louvière

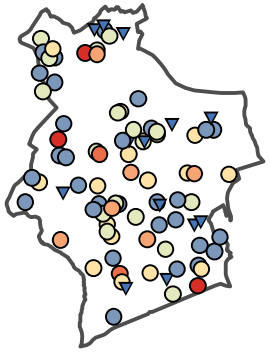


Charleroi - Châtelet

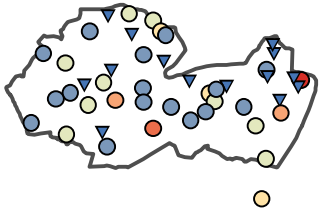
Aubange

Amay - Engis

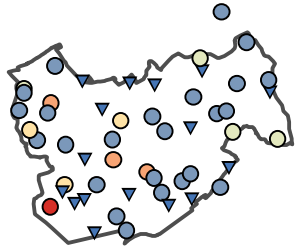




Seraing



Trooz



Verviers

N

0 1 2 4 km

Système de projection
Lambert belge

Carte A5_HTP30a35 : Huiles minérales C30-C35 (HTP30a35) : concentration dans les sols aux points d'échantillonnage retenus pour la cartographie

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en HTP30a35 (mg/kg matière sèche)

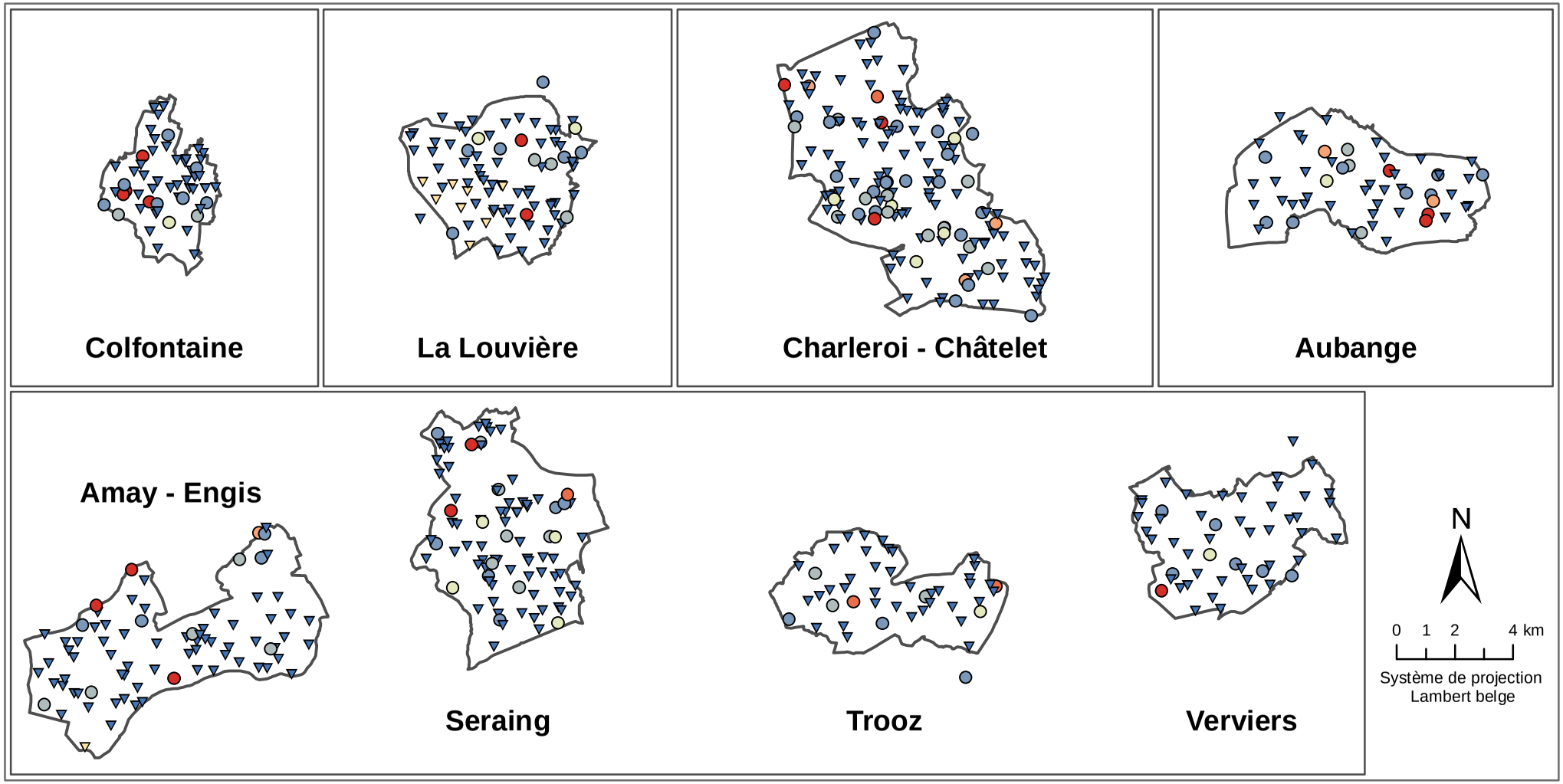
- < 3 (LQ)
- 4 - 6
- < 6 (LR)
- 7 - 9
- 10 - 12
- 13 - 15
- 16 - 18
- 19 - 113

Limites des zones d'étude

Sources :
- Concentration en polluant aux points d'échantillonage des sols des zones d'étude du projet POLLUSOL 2 (SPAQuE)
- LQ et LR : respectivement limite de quantification et limite de reportage du laboratoire

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)



Carte A5_HTP35a40 : Huiles minérales C35-C40 (HTP35a40) : concentration dans les sols aux points d'échantillonnage retenus pour la cartographie

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en HTP35a40 (mg/kg matière sèche)

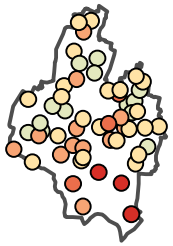
- < 3.0 (LQ)
- 3.1 - 4.0
- 4.1 - 5.0
- 5.1 - 6.0
- < 6.0 (LR)
- 6.1 - 7.0
- 7.1 - 8.0
- 8.1 - 84.3

Limites des zones d'étude

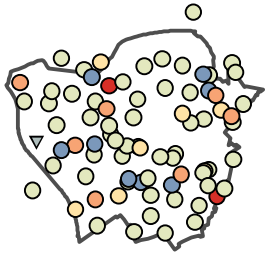
Sources :
- Concentration en polluant aux points d'échantillonage des sols des zones d'étude du projet POLLUSOL 2 (SPAQuE)
- LQ et LR : respectivement limite de quantification et limite de reportage du laboratoire

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

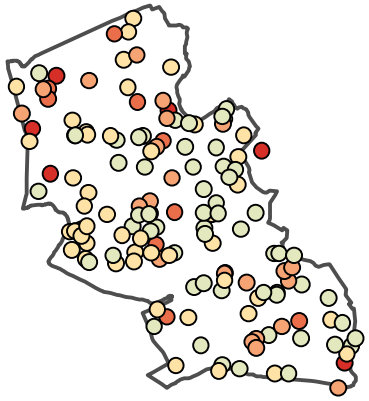
Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)



Colfontaine



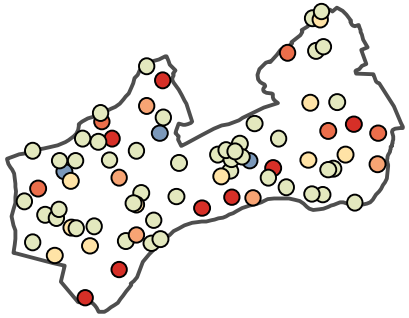
La Louvière

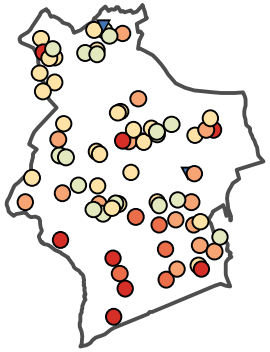


Charleroi - Châtelet

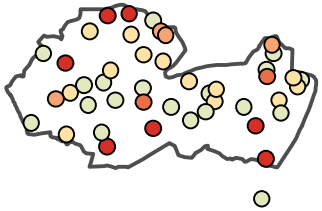
Aubange

Amay - Engis

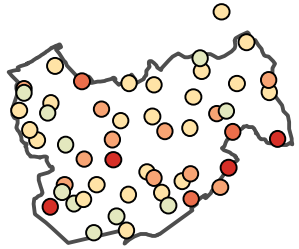




Seraing



Trooz



Verviers

N

0 1 2 4 km

Système de projection
Lambert belge

Carte A5_IP : Indice Phénol (IP) : concentration dans les sols aux points d'échantillonnage retenus pour la cartographie

Légende

Concentration en IP (mg/kg matière sèche)

- < 0.003 (LQ)
- 0.004 - 0.010
- < 0.01 (LR)
- 0.011 - 0.040
- 0.041 - 0.070
- 0.071 - 0.100
- 0.101 - 0.130
- 0.131 - 0.694

Limites des zones d'étude

Sources :
- Concentration en polluant aux points d'échantillonage des sols des zones d'étude du projet POLLUSOL 2 (SPAQuE)
- LQ et LR : respectivement limite de quantification et limite de reportage du laboratoire

Projet POLLUSOL 2

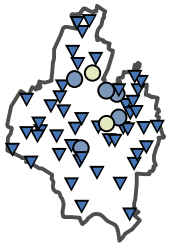
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

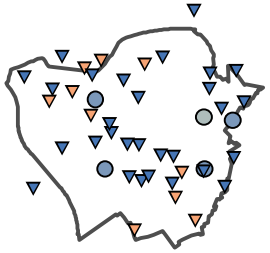
Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

UCL Université catholique de Louvain

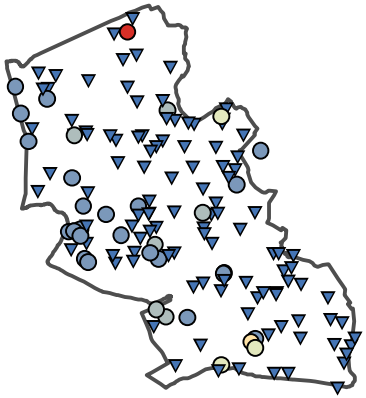
EARTH & LIFE INSTITUTE



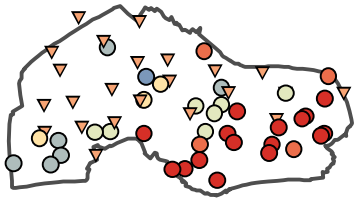
Colfontaine



La Louvière

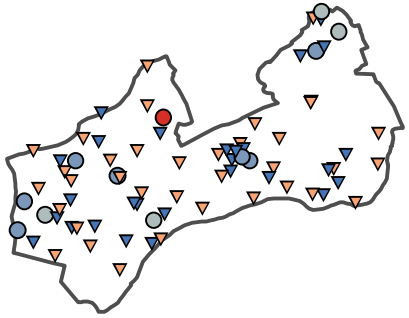


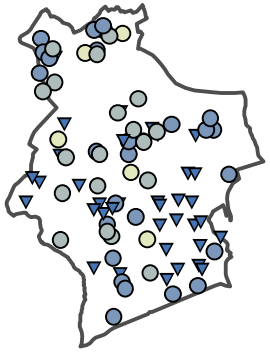
Charleroi - Châtelet



Aubange

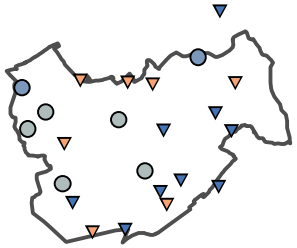
Amay - Engis





Seraing

Trooz



Verviers

N

0 1 2 4 km

Système de projection
Lambert belge

Carte A5_Mo : Molybdène (Mo) : concentration dans les sols aux points d'échantillonnage retenus pour la cartographie

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en Mo (mg/kg matière sèche)

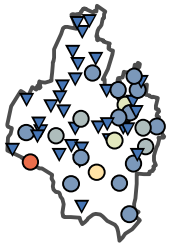
- < 1.5 (LQ)
- 1.6 - 2.0
- 2.1 - 3.0
- 3.1 - 4.0
- 4.1 - 5.0
- < 5.0 (LR)
- 5.1 - 6.0
- 6.1 - 23.0

Limites des zones d'étude

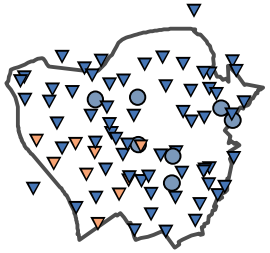
Sources :
- Concentration en polluant aux points d'échantillonage des sols des zones d'étude du projet POLLUSOL 2 (SPAQuE)
- LQ et LR : respectivement limite de quantification et limite de reportage du laboratoire

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

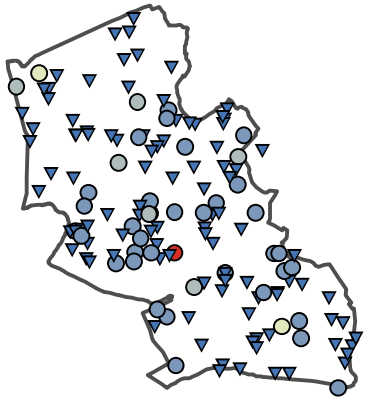
Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)



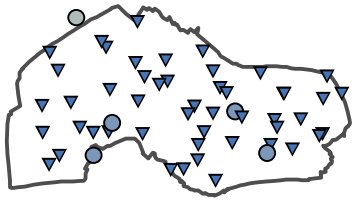
Colfontaine



La Louvière

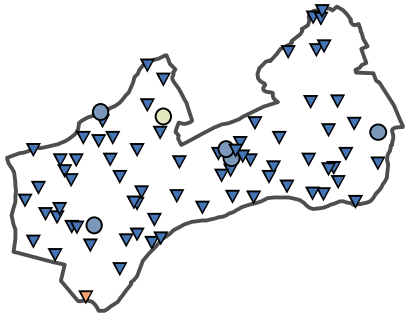


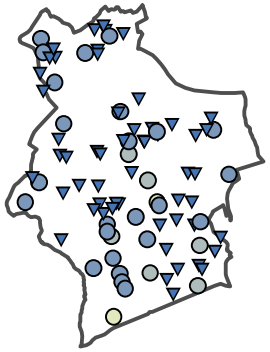
Charleroi - Châtelet



Aubange

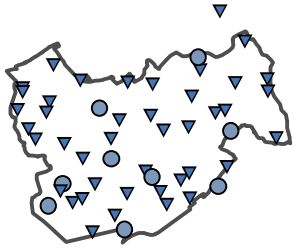
Amay - Engis





Seraing

Trooz



Verviers

N

0 1 2 4 km

Système de projection
Lambert belge

Carte A5_mpXyl : m,p-Xylène (mpXyl) : concentration dans les sols aux points d'échantillonnage retenus pour la cartographie

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en mpXyl (mg/kg matière sèche)

- 0.01 (LQ)
- 0.011 - 0.020
- 0.021 - 0.030
- 0.031 - 0.040
- 0.041 - 0.050
- 0.05 (LR)
- 0.051 - 0.060
- 0.061 - 0.094

Limites des zones d'étude

Sources :
- Concentration en polluant aux points d'échantillonage des sols des zones d'étude du projet POLLUSOL 2 (SPAQuE)
- LQ et LR : respectivement limite de quantification et limite de reportage du laboratoire

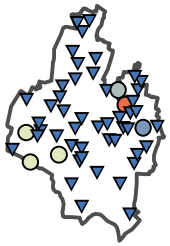
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

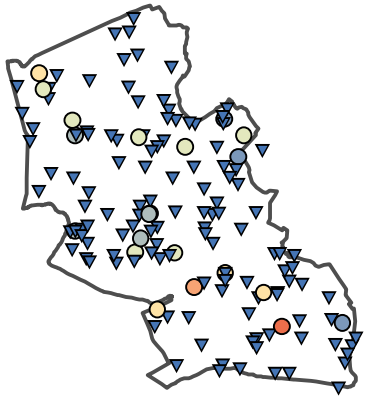
UCL Université catholique de Louvain

EARTH & LIFE INSTITUTE

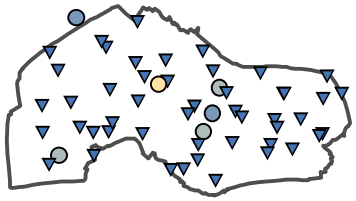


Colfontaine

La Louvière

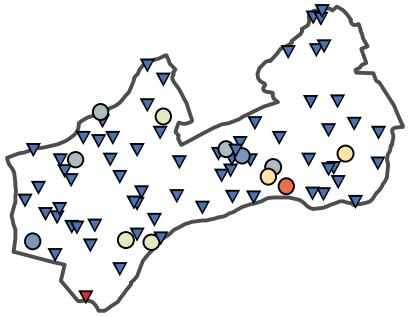


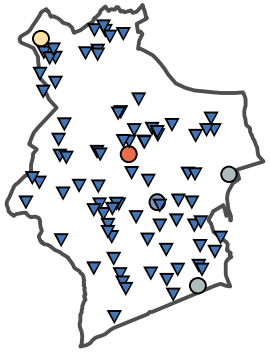
Charleroi - Châtelet



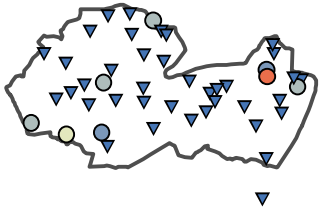
Aubange

Amay - Engis

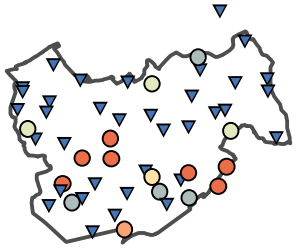




Seraing



Trooz



Verviers

N

0 1 2 4 km

Système de projection
Lambert belge

Carte A5_oXyl : o-Xylène (oXyl) : concentration dans les sols aux points d'échantillonnage retenus pour la cartographie

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en oXyl (mg/kg matière sèche)

- 0.01 (LQ)
- 0.0101 - 0.0110
- 0.0111 - 0.0120
- 0.0121 - 0.0130
- 0.0131 - 0.0140
- 0.0141 - 0.0150
- 0.0151 - 0.0499
- 0.05 (LR)

Limites des zones d'étude

Sources :
- Concentration en polluant aux points d'échantillonage des sols des zones d'étude du projet POLLUSOL 2 (SPAQuE)
- LQ et LR : respectivement limite de quantification et limite de reportage du laboratoire

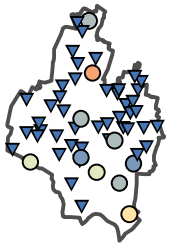
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

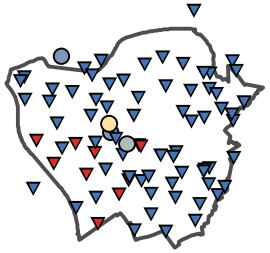
Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

UCL Université catholique de Louvain

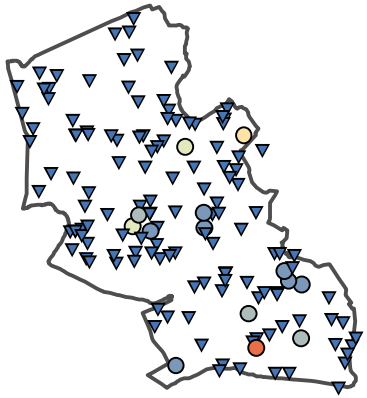
EARTH & LIFE INSTITUTE



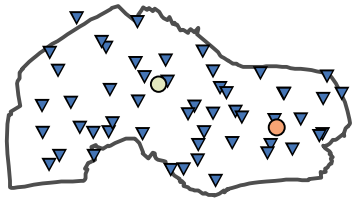
Colfontaine



La Louvière

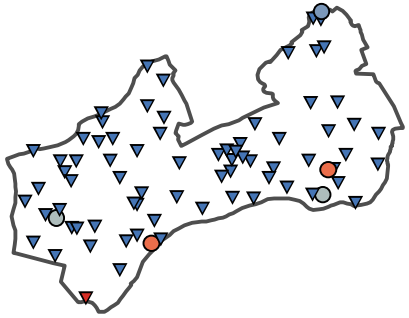


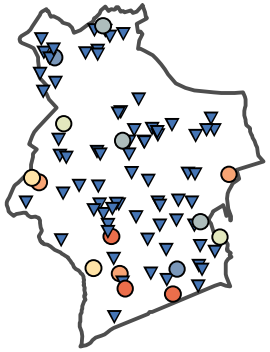
Charleroi - Châtelet



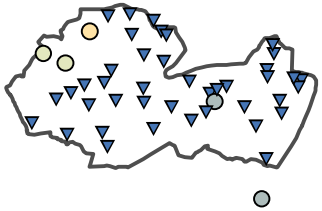
Aubange

Amay - Engis

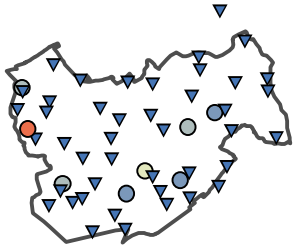




Seraing



Trooz



Verviers

N

0 1 2 4 km

Système de projection
Lambert belge

Carte A5_Styr : Styrène (Styr) : concentration dans les sols aux points d'échantillonnage retenus pour la cartographie

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en Styr (mg/kg matière sèche)

- 0.003 (LQ)
- 0.0031 - 0.0040
- 0.0041 - 0.0050
- 0.0051 - 0.0060
- 0.0061 - 0.0070
- 0.0071 - 0.0080
- 0.0081 - 0.0499
- 0.05 (LR)

Limites des zones d'étude

Sources :
- Concentration en polluant aux points d'échantillonage des sols des zones d'étude du projet POLLUSOL 2 (SPAQuE)
- LQ et LR : respectivement limite de quantification et limite de reportage du laboratoire

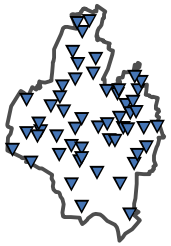
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

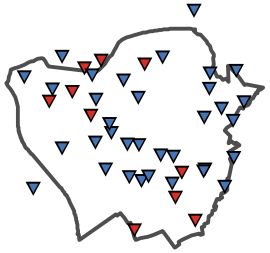
Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

UCL Université catholique de Louvain

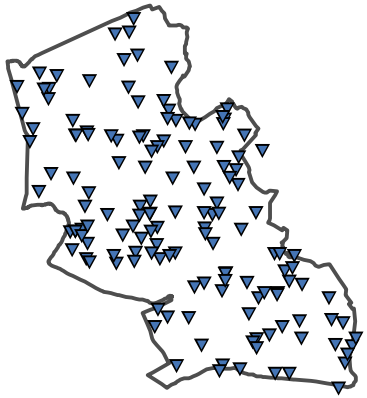
EARTH & LIFE INSTITUTE



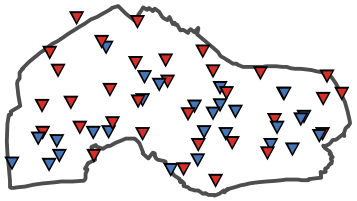
Colfontaine



La Louvière

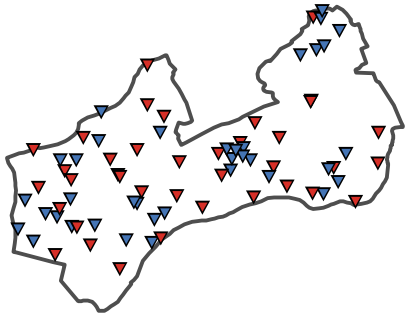


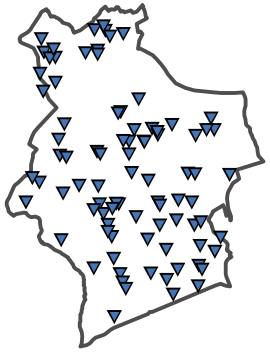
Charleroi - Châtelet



Aubange

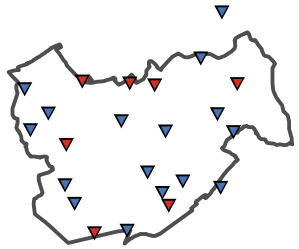
Amay - Engis





Seraing

Trooz



Verviers

N

0 1 2 4 km

Système de projection
Lambert belge

Carte A5_Tl : Thallium (Tl) : concentration dans les sols aux points d'échantillonnage retenus pour la cartographie

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en Tl (mg/kg matière sèche)

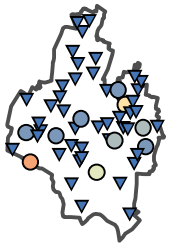
- < 1.5 (LQ)
- < 5.0 (LR)

Limites des zones d'étude

Sources :
- Concentration en polluant aux points d'échantillonage des sols des zones d'étude du projet POLLUSOL 2 (SPAQuE)
- LQ et LR : respectivement limite de quantification et limite de reportage du laboratoire

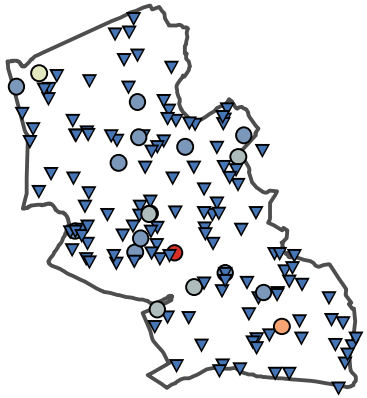
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

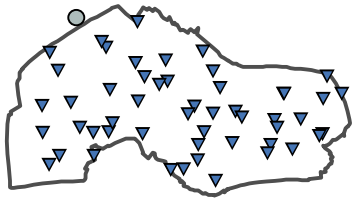


Colfontaine

La Louvière

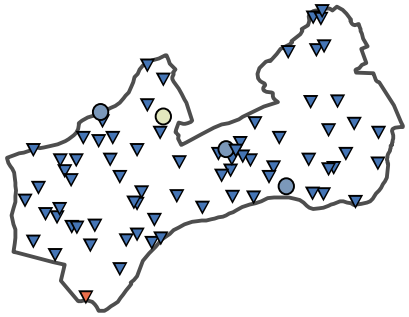


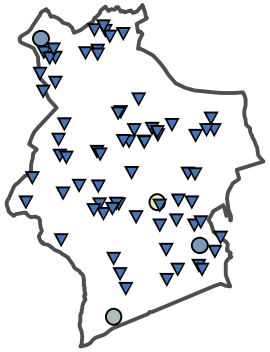
Charleroi - Châtelet



Aubange

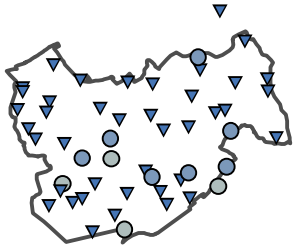
Amay - Engis





Seraing

Trooz



Verviers

N

0 1 2 4 km

Système de projection
Lambert belge

Carte A5_Xyl_tot : Xylènes totaux (Xyl_tot) : concentration dans les sols aux points d'échantillonnage retenus pour la cartographie

Projet POLLUSOL 2

Légende

Concentration en Xyl_tot (mg/kg matière sèche)

- < 0.020 (LQ)
- 0.021 - 0.030
- 0.031 - 0.040
- 0.041 - 0.050
- 0.051 - 0.060
- 0.061 - 0.100
- < 0.1 (LR)
- 0.101 - 0.107

Limites des zones d'étude

Sources :
- Concentration en polluant aux points d'échantillonage des sols des zones d'étude du projet POLLUSOL 2 (SPAQuE)
- LQ et LR : respectivement limite de quantification et limite de reportage du laboratoire

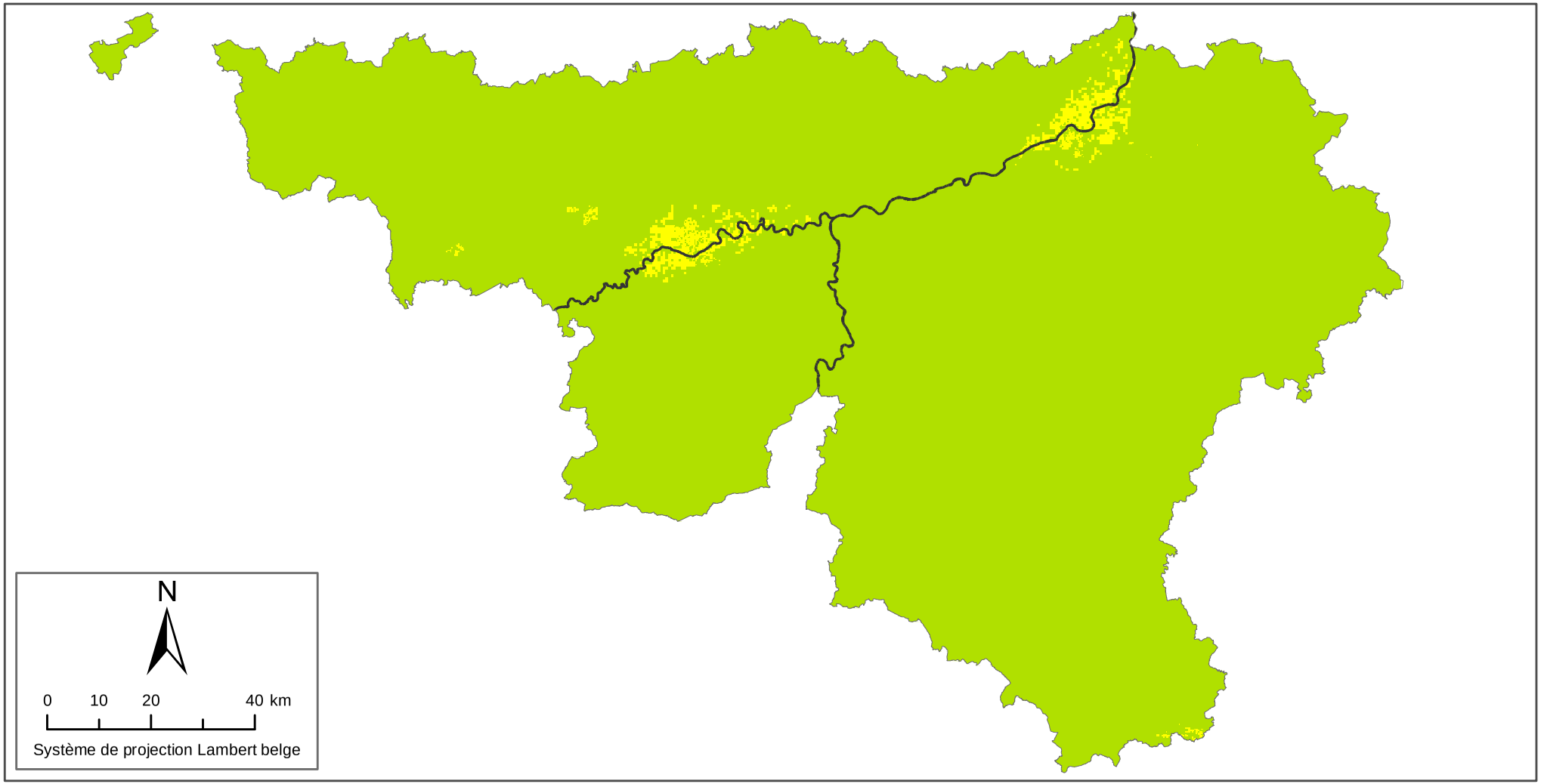
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

UCL Université catholique de Louvain

EARTH & LIFE INSTITUTE



Carte A6_BbF : Benzo[b]fluoranthène (BbF) : concentrations de fond dans les sols par rapport aux normes du Décret « sols » en Wallonie

Projet POLLUSOL 2

Légende

- < VR
- VR - VS
- VS - VI
- > VI

Escaut, Sambre ou Meuse

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)
- Décret « sols » : décret relatif à la gestion des sols du 5 décembre 2008 (M.B. 18.02.2009)

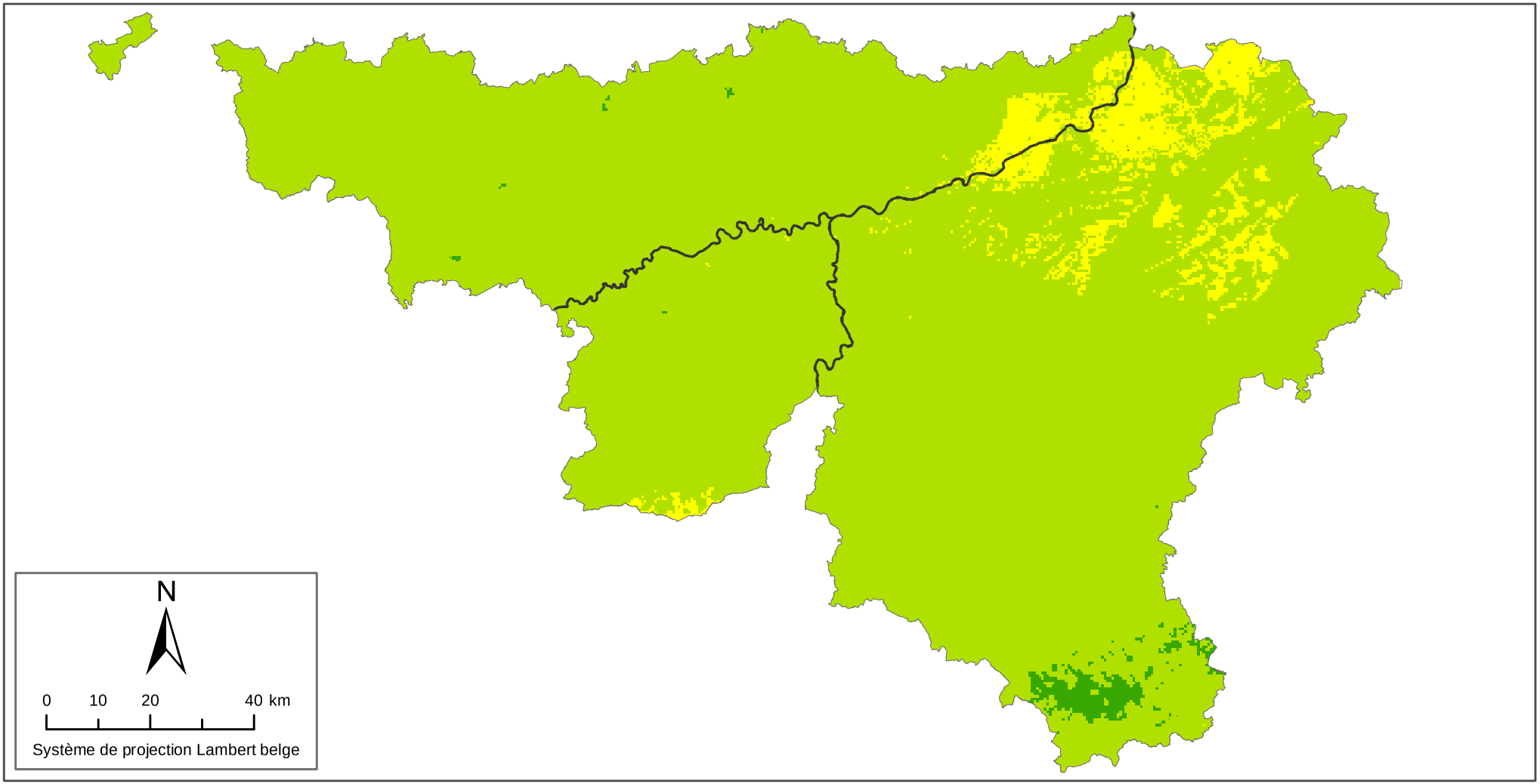
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

UCL Université catholique de Louvain

EARTH & LIFE INSTITUTE



Carte A6_Cd : Cadmium (Cd) : concentrations de fond dans les sols par rapport aux normes du Décret « sols » en Wallonie

Projet POLLUSOL 2

Légende

- < VR
- VR - VS
- VS - VI
- > VI

Escaut, Sambre ou Meuse

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)
- Décret « sols » : décret relatif à la gestion des sols du 5 décembre 2008 (M.B. 18.02.2009)

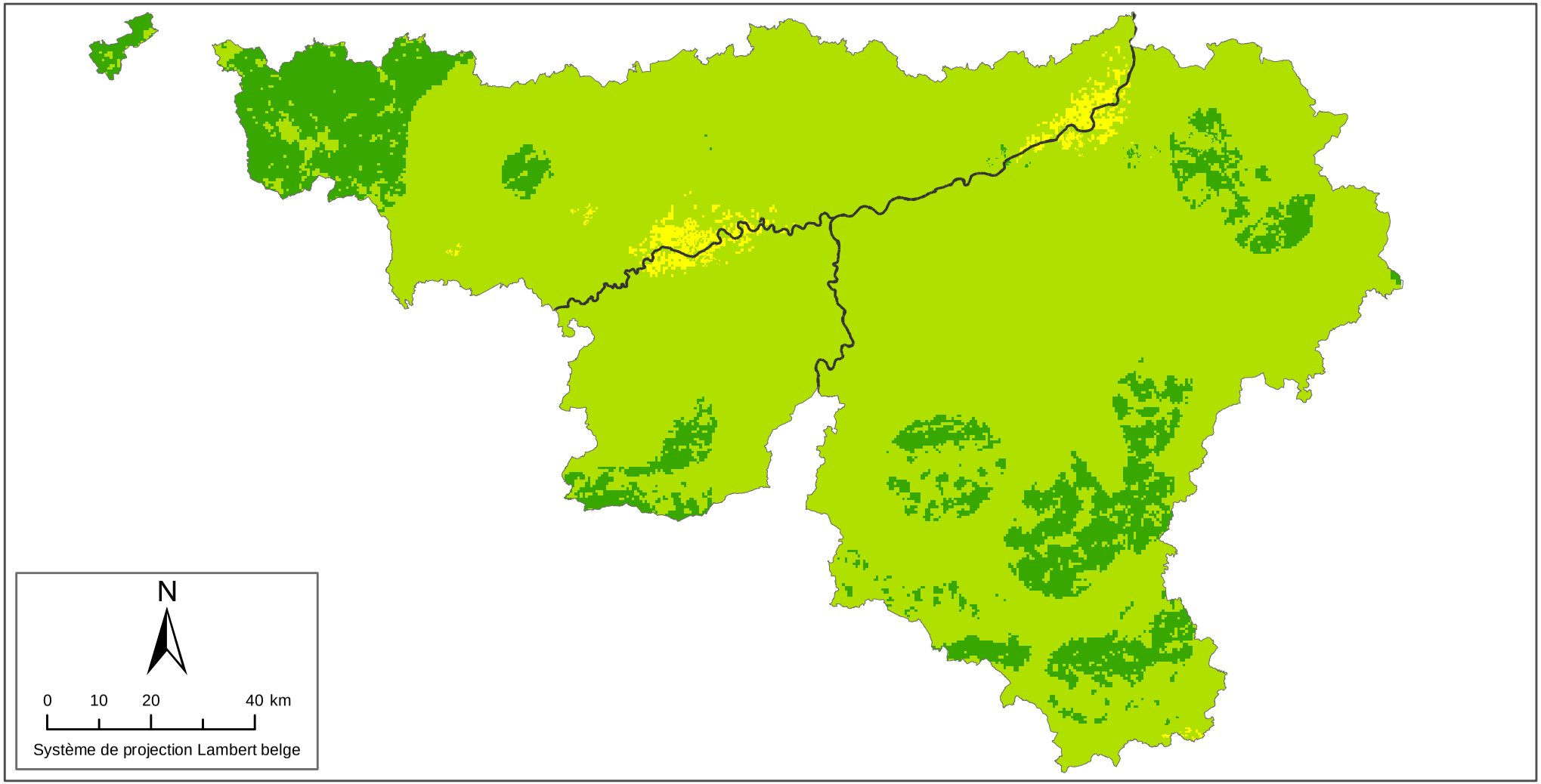
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

UCL Université catholique de Louvain

EARTH & LIFE INSTITUTE



Carte A6_I123cdP : Indeno[1,2,3-c,d]pyrène (I123cdP) : concentrations de fond dans les sols par rapport aux normes du Décret « sols » en Wallonie

Projet POLLUSOL 2

Légende

- < VR
- VR - VS
- VS - VI
- > VI

Escaut, Sambre ou Meuse

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)
- Décret « sols » : décret relatif à la gestion des sols du 5 décembre 2008 (M.B. 18.02.2009)

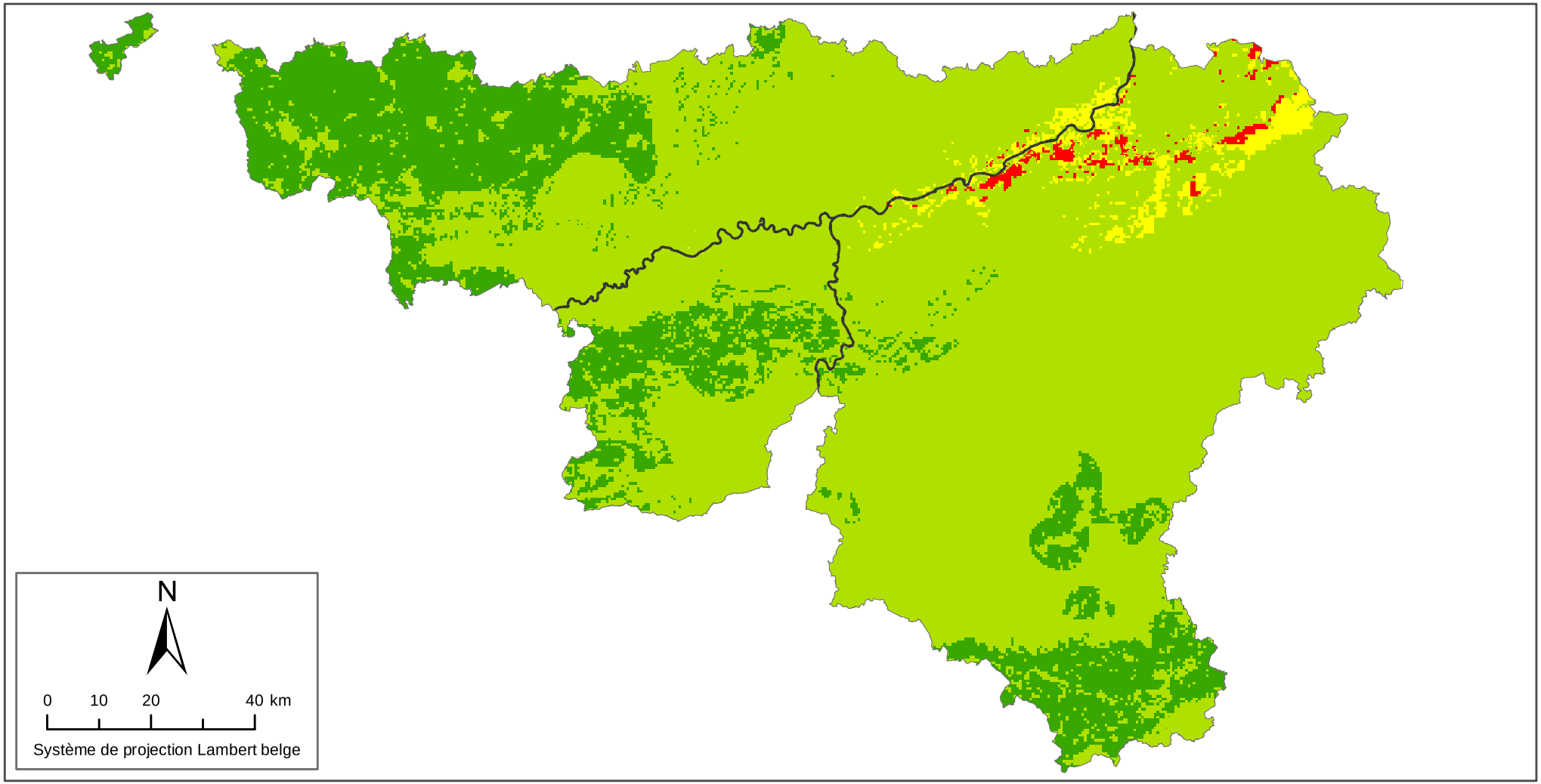
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

UCL Université catholique de Louvain

EARTH & LIFE INSTITUTE



Carte A6_Pb : Plomb (Pb) : concentrations de fond dans les sols par rapport aux normes du Décret « sols » en Wallonie

Projet POLLUSOL 2

Légende

- < VR
- VR - VS
- VS - VI
- > VI

Escaut, Sambre ou Meuse

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)
- Décret « sols » : décret relatif à la gestion des sols du 5 décembre 2008 (M.B. 18.02.2009)

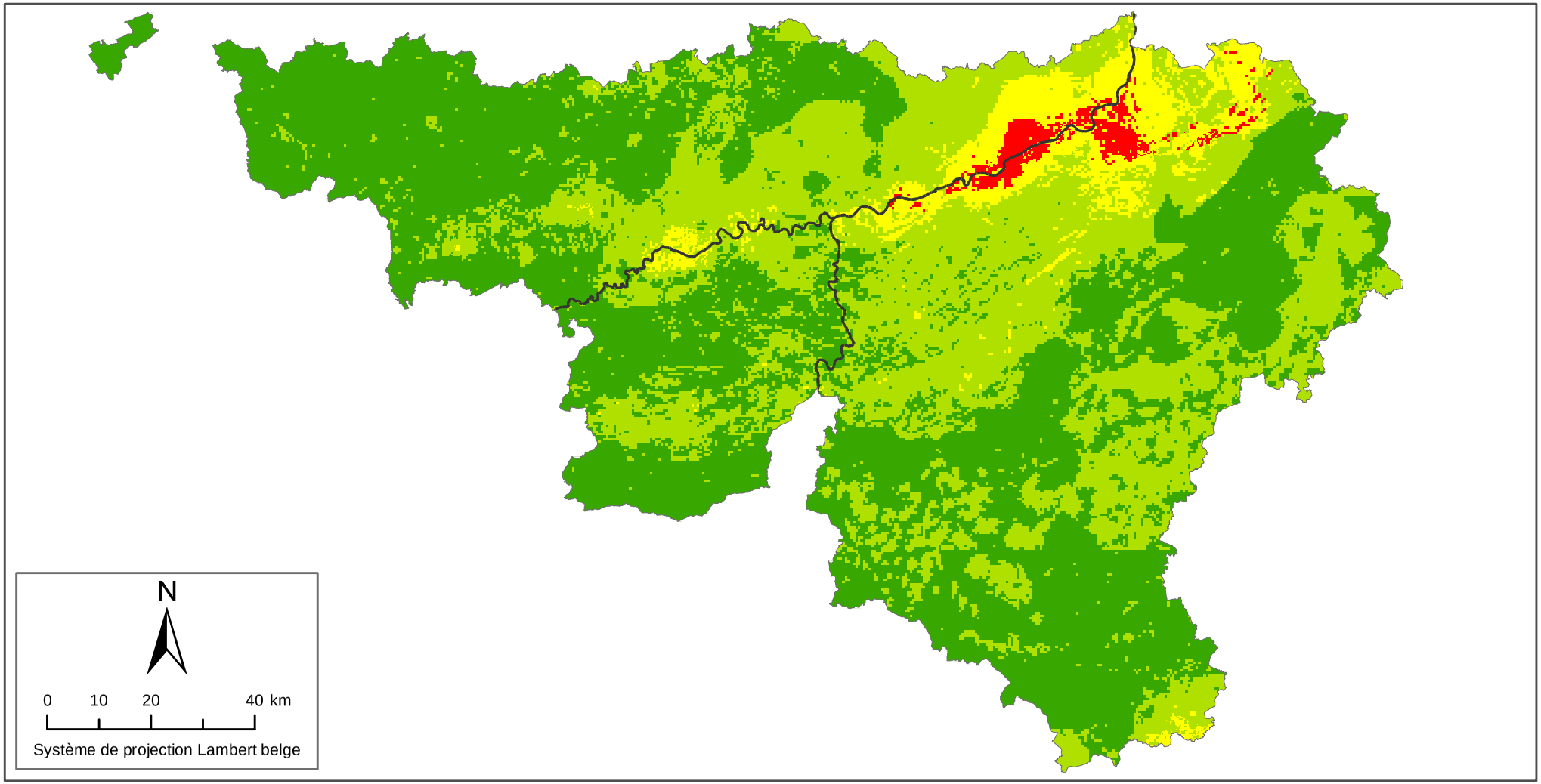
Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

UCL Université catholique de Louvain

EARTH & LIFE INSTITUTE



Carte A6_Zn : Zinc (Zn) : concentrations de fond dans les sols par rapport aux normes du Décret « sols » en Wallonie

Projet POLLUSOL 2

Légende

- < VR
- VR - VS
- VS - VI
- > VI

Escaut, Sambre ou Meuse

Sources :
- Concentration en polluant prédite par modélisation des résultats des projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 (UCL : Pereira B., Titeux H., Sonnet Ph. ; PGeostat LLC : Goovaerts P.)

Carte produite à l'aide de données © SPW-DGO3 :
- Carte Numérique des Sols de Wallonie : PCNSW, projet du Gouvernement wallon (GWVIII/2007/Doc.58.12/12.07/B.L & GWVII/2000/Doc.1331/07.12/JH.)
- Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie : PCNOSW, projet du Gouvernement wallon GWVIII/2005/Doc.1033/28.04/B.L.)
- Décret « sols » : décret relatif à la gestion des sols du 5 décembre 2008 (M.B. 18.02.2009)

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg-GxABT/ULg-AQUAPÔLE/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

Réalisation :
UCL, Earth and Life Institute
- Environmental Sciences (ELIE)

UCL Université catholique de Louvain

EARTH & LIFE INSTITUTE

Annexe 5 : Concentration moyenne en polluant par commune

COMMUNE	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	CrVI	Cu	Hg	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	Tl	Zn
AISEAU-PRESLES	10	98	<1	0.5	10	33	<0.1	22	0.14	<5	22	61	2.1	<2	<5	<5	97
AMAY	12	104	<1	2.7	10	29	<0.1	30	0.19	<5	23	169	2.1	<2	<5	<5	497
AMEL	10	66	<1	0.5	13	44	<0.1	16	0.13	<5	29	49	2.1	<2	<5	<5	76
ANDENNE	11	97	<1	0.8	10	31	<0.1	23	0.13	<5	23	84	2.0	<2	<5	<5	247
ANDERLUES	10	107	<1	0.5	10	34	<0.1	22	0.11	<5	20	42	2.0	<2	<5	<5	95
ANHEE	10	75	<1	0.5	10	34	<0.1	15	0.12	<5	21	42	2.1	<2	<5	<5	67
ANS	12	114	<1	1.2	10	33	<0.1	30	0.15	<5	24	103	2.0	<2	<5	<5	256
ANTHISNES	10	75	<1	0.7	10	29	<0.1	14	0.12	<5	20	55	2.1	<2	<5	<5	118
ANTOING	10	91	<1	0.4	8	27	<0.1	13	0.11	<5	16	30	2.0	<2	<5	<5	40
ARLON	18	79	<1	0.4	11	34	<0.1	11	0.11	<5	19	25	2.1	<2	<5	<5	56
ASSESSE	10	74	<1	0.5	10	30	<0.1	13	0.12	<5	21	48	2.1	<2	<5	<5	77
ATH	10	83	<1	0.4	9	30	<0.1	13	0.10	<5	19	26	2.0	<2	<5	<5	48
ATTERT	10	71	<1	0.4	12	40	<0.1	13	0.11	<5	24	31	2.1	<2	<5	<5	49
AUBANGE	42	86	<1	0.6	20	54	<0.1	24	0.11	<5	45	54	2.1	<2	<5	<5	166
AUBEL	10	82	<1	1.1	9	29	<0.1	17	0.10	<5	18	73	2.0	<2	<5	<5	149
AWANS	10	85	<1	1.0	9	31	<0.1	18	0.11	<5	21	59	2.0	<2	<5	<5	181
AYWAILLE	12	70	<1	0.8	8	27	<0.1	17	0.16	<5	18	96	2.2	<2	<5	<5	118
BAELEN	17	56	<1	0.9	5	26	<0.1	15	0.17	<5	9	120	2.2	<2	<5	<5	98
BASSENGE	11	92	<1	0.9	10	32	<0.1	19	0.11	<5	21	61	2.0	<2	<5	<5	152
BASTOGNE	10	74	<1	0.5	14	53	<0.1	16	0.11	<5	37	34	2.1	<2	<5	<5	71
BEAUMONT	10	77	<1	0.4	10	32	<0.1	13	0.11	<5	21	28	2.0	<2	<5	<5	55
BEAURAING	10	66	<1	0.5	12	33	<0.1	14	0.13	<5	22	52	2.1	<2	<5	<5	64
BEAUVECHAIN	10	86	<1	0.4	9	31	<0.1	15	0.10	<5	19	30	2.0	<2	<5	<5	72
BELOEIL	10	78	<1	0.4	7	25	<0.1	11	0.12	<5	13	29	2.1	<2	<5	<5	45
BERLOZ	10	83	<1	0.5	9	32	<0.1	15	0.10	<5	19	36	2.0	<2	<5	<5	88
BERNISSART	10	83	<1	0.4	7	26	<0.1	12	0.12	<5	12	31	2.1	<2	<5	<5	44
BERTOGNE	10	69	<1	0.5	14	51	<0.1	16	0.12	<5	36	37	2.1	<2	<5	<5	69
BERTRIX	10	65	<1	0.5	13	49	<0.1	16	0.13	<5	34	44	2.2	<2	<5	<5	63
BEYNE-HEUSAY	15	141	<1	3.7	12	35	<0.1	43	0.18	<5	28	199	2.0	<2	<5	<5	645
BIEVRE	10	61	<1	0.5	13	48	<0.1	15	0.14	<5	33	47	2.2	<2	<5	<5	60
BINCHE	10	92	<1	0.5	9	33	<0.1	18	0.11	<5	20	37	2.0	<2	<5	<5	72
BLEGNY	11	89	<1	1.9	10	30	<0.1	21	0.12	<5	20	94	2.0	<2	<5	<5	255
BOUILLON	11	56	<1	0.5	11	45	<0.1	15	0.14	<5	31	53	2.2	<2	<5	<5	57
BOUSSU	10	111	<1	0.4	9	31	<0.1	20	0.12	<5	19	39	2.0	<2	<5	<5	71
BRAINE-L'ALLEUD	10	104	<1	0.4	9	33	<0.1	19	0.11	<5	20	38	2.0	<2	<5	<5	72
BRAINE-LE-CHATEAU	10	94	<1	0.4	8	28	<0.1	16	0.11	<5	17	37	2.1	<2	<5	<5	73
BRAINE-LE-COMTE	10	82	<1	0.4	9	31	<0.1	14	0.11	<5	18	29	2.0	<2	<5	<5	54
BRAIVES	10	80	<1	0.6	9	30	<0.1	15	0.10	<5	18	41	2.0	<2	<5	<5	96
BRUGELETTE	10	79	<1	0.4	9	29	<0.1	12	0.10	<5	17	25	2.0	<2	<5	<5	45
BRUNEHAUT	10	78	<1	0.4	7	25	<0.1	11	0.11	<5	13	26	2.0	<2	<5	<5	35
BULLINGEN	10	66	<1	0.5	13	50	<0.1	16	0.13	<5	35	45	2.1	<2	<5	<5	72
BURDINNE	10	80	<1	0.6	9	30	<0.1	15	0.10	<5	18	44	2.0	<2	<5	<5	95
BURG-REULAND	10	69	<1	0.5	14	51	<0.1	16	0.12	<5	36	40	2.1	<2	<5	<5	73
BUTGENBACH	11	74	<1	0.6	14	41	<0.1	17	0.12	<5	28	59	2.1	<2	<5	<5	78
CELLES	10	79	<1	0.4	7	26	<0.1	10	0.10	<5	13	22	2.0	<2	<5	<5	35
CERFONTAINE	10	68	<1	0.4	12	34	<0.1	13	0.12	<5	24	40	2.1	<2	<5	<5	67
CHAPELLE-LEZ-HERLAIMONT	10	107	<1	0.5	9	32	<0.1	22	0.11	<5	20	42	2.0	<2	<5	<5	97
CHARLEROI	11	143	<1	0.6	12	39	<0.1	38	0.23	<5	28	104	2.0	<2	<5	<5	207
CHASTRE	10	84	<1	0.4	9	32	<0.1	15	0.10	<5	19	30	2.0	<2	<5	<5	69
CHATELET	11	121	<1	0.6	11	35	<0.1	32	0.17	<5	25	82	2.0	<2	<5	<5	160
CHAUDFONTAINE	13	122	<1	3.2	11	32	<0.1	36	0.21	<5	26	199	2.1	<2	<5	<5	662
CHAUMONT-GISTOUX	10	89	<1	0.4	9	30	<0.1	14	0.11	<5	18	34	2.0	<2	<5	<5	56
CHIEVRES	10	80	<1	0.4	9	29	<0.1	12	0.10	<5	17	25	2.0	<2	<5	<5	48
CHIMAY	12	66	<1	0.5	11	33	<0.1	13	0.12	<5	20	45	2.2	<2	<5	<5	54
CHINY	11	62	<1	0.4	11	40	<0.1	13	0.13	<5	24	41	2.2	<2	<5	<5	54
CINEY	10	73	<1	0.5	12	36	<0.1	14	0.12	<5	24	39	2.1	<2	<5	<5	90
CLAVIER	10	76	<1	0.7	10	34	<0.1	14	0.11	<5	22	39	2.0	<2	<5	<5	82
COLFONTAINE	10	127	<1	0.5	11	33	<0.1	31	0.16	<5	25	67	2.1	<2	<5	<5	127
COMBLAIN-AU-PONT	10	89	<1	0.8	10	31	<0.1	18	0.13	<5	23	73	2.1	<2	<5	<5	166
COMINES-WARNETON	10	87	<1	0.4	8	29	<0.1	13	0.10	<5	17	26	2.0	<2	<5	<5	37
COURCELLES	10	107	<1	0.5	10	35	<0.1	21	0.11	<5	22	41	2.0	<2	<5	<5	93
COURT-SAINT-ETIENNE	10	89	<1	0.4	8	29	<0.1	15	0.11	<5	17	39	2.1	<2	<5	<5	74
COUVIN	13	65	<1	0.6	11	34	<0.1	14	0.13	<5	19	52	2.2	<2	<5	<5	57
CRISNEE	10	79	<1	0.7	9	30	<0.1	15	0.10	<5	20	45	2.0	<2	<5	<5	150
DALHEM	10	79	<1	1.1	9	30	<0.1	16	0.10	<5	19	70	2.0	<2	<5	<5	162
DAVERDISSE	11	57	<1	0.5	12	40	<0.1	15	0.15	<5	26	58	2.2	<2	<5	<5	58
DINANT	10	82	<1	0.5	10	37	<0.1	16	0.11	<5	23	40	2.1	<2	<5	<5	77
DISON	13	92	<1	1.5	12	33	<0.1	34	0.23	<5	28	134	2.0	<2	<5	<5	249
DOISCHE	10	66	<1	0.4	12	34	<0.1	13	0.12	<5	24	43	2.1	<2	<5	<5	77
DONCEEL	10	80	<1	0.9	9	30	<0.1	16	0.10	<5	20	50	2.0	<2	<5	<5	188
DOUR	10	92	<1	0.4	9	32	<0.1	17	0.11	<5	19	35	2.0	<2	<5	<5	61

COMMUNE	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	CrVI	Cu	Hg	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	Tl	Zn
DURBUY	10	75	<1	0.8	13	37	<0.1	16	0.12	<5	26	60	2.1	<2	<5	<5	97
ECAUSSINNES	10	91	<1	0.4	9	31	<0.1	17	0.10	<5	19	31	2.0	<2	<5	<5	67
EGHEZEE	10	82	<1	0.5	9	30	<0.1	14	0.10	<5	18	33	2.0	<2	<5	<5	77
ELLEZELLES	10	79	<1	0.4	9	30	<0.1	12	0.10	<5	18	24	2.0	<2	<5	<5	46
ENGHIEN	10	87	<1	0.4	9	31	<0.1	14	0.10	<5	18	30	2.0	<2	<5	<5	53
ENGIS	13	88	<1	4.3	10	31	<0.1	29	0.25	<5	24	202	2.1	<2	<5	<5	564
EREZEE	11	66	<1	0.7	13	32	<0.1	15	0.13	<5	19	64	2.1	<2	<5	<5	60
ERQUELINNES	10	81	<1	0.4	10	32	<0.1	15	0.11	<5	21	31	2.0	<2	<5	<5	61
ESNEUX	11	93	<1	1.1	10	29	<0.1	24	0.18	<5	22	136	2.1	<2	<5	<5	232
ESTAIMPUIS	10	83	<1	0.4	9	30	<0.1	12	0.10	<5	17	26	2.0	<2	<5	<5	41
ESTINNES	10	77	<1	0.4	10	32	<0.1	14	0.11	<5	20	30	2.0	<2	<5	<5	61
ETALLE	11	71	<1	0.4	7	29	<0.1	8	0.10	<5	11	21	2.1	<2	<5	<5	40
EUPEN	17	71	<1	1.0	5	28	<0.1	17	0.16	<5	9	119	2.2	<2	<5	<5	91
FAIMES	10	79	<1	0.6	9	30	<0.1	15	0.10	<5	20	40	2.0	<2	<5	<5	113
FARCIENNES	11	137	<1	0.5	11	34	<0.1	34	0.17	<5	27	76	2.0	<2	<5	<5	167
FAUVILLERS	10	66	<1	0.4	13	49	<0.1	15	0.12	<5	35	40	2.1	<2	<5	<5	61
FERNELMONT	10	78	<1	0.5	9	29	<0.1	14	0.11	<5	18	39	2.0	<2	<5	<5	71
FERRIERES	11	67	<1	0.9	12	31	<0.1	16	0.14	<5	20	79	2.1	<2	<5	<5	96
FEXHE-LE-HAUT-CLOCHER	10	82	<1	1.3	9	31	<0.1	17	0.10	<5	20	58	2.0	<2	<5	<5	211
FLEMALLE	14	115	<1	3.7	13	36	<0.1	40	0.23	<5	29	189	2.0	<2	<5	<5	613
FLERON	13	124	<1	4.0	11	33	<0.1	34	0.15	<5	26	151	2.0	<2	<5	<5	540
FLEURUS	10	89	<1	0.4	10	31	<0.1	19	0.11	<5	21	44	2.0	<2	<5	<5	94
FLOBECQ	10	80	<1	0.4	9	30	<0.1	12	0.11	<5	18	27	2.0	<2	<5	<5	42
FLOREFFE	10	78	<1	0.6	10	33	<0.1	17	0.13	<5	22	52	2.1	<2	<5	<5	85
FLORENNES	10	75	<1	0.4	10	31	<0.1	13	0.11	<5	21	34	2.1	<2	<5	<5	62
FLORENVILLE	12	60	<1	0.4	8	37	<0.1	10	0.13	<5	19	39	2.2	<2	<5	<5	50
FONTAINE-L'EVEQUE	10	100	<1	0.5	10	35	<0.1	22	0.13	<5	22	52	2.0	<2	<5	<5	108
FOSSES-LA-VILLE	10	80	<1	0.5	11	33	<0.1	16	0.11	<5	24	43	2.0	<2	<5	<5	84
FRAMERIES	10	98	<1	0.4	9	31	<0.1	19	0.12	<5	20	40	2.0	<2	<5	<5	74
FRASNES-LEZ-ANVAING	10	78	<1	0.4	8	28	<0.1	11	0.10	<5	16	24	2.0	<2	<5	<5	42
FROIDCHAPELLE	10	69	<1	0.4	13	35	<0.1	13	0.12	<5	25	37	2.1	<2	<5	<5	67
GEDINNE	12	60	<1	0.5	11	43	<0.1	15	0.14	<5	27	51	2.2	<2	<5	<5	55
GEER	10	80	<1	0.6	9	31	<0.1	15	0.10	<5	19	36	2.0	<2	<5	<5	87
GEMBLOUX	10	84	<1	0.5	9	31	<0.1	16	0.11	<5	19	37	2.0	<2	<5	<5	80
GENAPPE	10	80	<1	0.4	8	31	<0.1	13	0.11	<5	17	31	2.0	<2	<5	<5	65
GERPINNES	10	76	<1	0.4	10	32	<0.1	15	0.12	<5	21	42	2.1	<2	<5	<5	67
GESVES	11	76	<1	0.6	11	30	<0.1	16	0.13	<5	21	61	2.1	<2	<5	<5	125
GOUVY	10	67	<1	0.5	13	49	<0.1	16	0.13	<5	34	45	2.1	<2	<5	<5	71
GRACE-HOLLOGNE	12	106	<1	2.2	11	34	<0.1	32	0.18	<5	25	122	2.0	<2	<5	<5	360
GREZ-DOICEAU	10	87	<1	0.4	8	29	<0.1	15	0.11	<5	17	34	2.1	<2	<5	<5	67
HABAY	11	67	<1	0.4	12	43	<0.1	15	0.12	<5	28	41	2.2	<2	<5	<5	55
HAMOIR	10	75	<1	0.8	11	33	<0.1	17	0.13	<5	24	72	2.1	<2	<5	<5	135
HAMOIS	10	76	<1	0.5	10	32	<0.1	13	0.11	<5	22	33	2.0	<2	<5	<5	88
HAM-SUR-HEURE-NALINNES	11	82	<1	0.4	10	34	<0.1	17	0.12	<5	21	42	2.1	<2	<5	<5	75
HANNUT	10	81	<1	0.6	9	30	<0.1	14	0.10	<5	18	33	2.0	<2	<5	<5	73
HASTIERE	11	76	<1	0.4	12	33	<0.1	15	0.12	<5	23	46	2.1	<2	<5	<5	78
HAVELANGE	10	73	<1	0.5	10	31	<0.1	13	0.12	<5	22	38	2.1	<2	<5	<5	87
HELECINE	10	81	<1	0.5	9	30	<0.1	14	0.10	<5	18	32	2.0	<2	<5	<5	73
HENSIES	10	89	<1	0.4	9	33	<0.1	16	0.11	<5	16	33	2.0	<2	<5	<5	54
HERBEUMONT	11	62	<1	0.4	13	48	<0.1	16	0.13	<5	32	48	2.2	<2	<5	<5	67
HERON	10	78	<1	0.7	9	29	<0.1	16	0.11	<5	18	55	2.0	<2	<5	<5	126
HERSTAL	12	131	<1	2.3	11	34	<0.1	40	0.22	<5	25	162	2.0	<2	<5	<5	367
HERVE	10	82	<1	1.3	10	30	<0.1	18	0.11	<5	20	73	2.0	<2	<5	<5	196
HONNELLES	10	79	<1	0.4	9	31	<0.1	13	0.10	<5	19	28	2.0	<2	<5	<5	48
HOTTON	11	69	<1	0.6	14	36	<0.1	16	0.12	<5	27	58	2.1	<2	<5	<5	96
HOUFFALIZE	10	64	<1	0.5	13	48	<0.1	16	0.13	<5	33	46	2.2	<2	<5	<5	73
HOUYET	10	68	<1	0.4	13	37	<0.1	14	0.12	<5	26	43	2.1	<2	<5	<5	91
HUY	13	96	<1	1.2	11	30	<0.1	27	0.16	<5	25	130	2.1	<2	<5	<5	336
INCOURT	10	81	<1	0.4	9	31	<0.1	13	0.10	<5	19	28	2.0	<2	<5	<5	58
ITTRE	10	83	<1	0.4	9	30	<0.1	14	0.10	<5	18	27	2.0	<2	<5	<5	57
JALHAY	14	63	<1	0.9	5	26	<0.1	15	0.16	<5	10	95	2.2	<2	<5	<5	73
JEMEPPE-SUR-SAMBRE	10	91	<1	0.7	10	34	<0.1	20	0.13	<5	24	51	2.0	<2	<5	<5	138
JODOIGNE	10	82	<1	0.4	9	31	<0.1	14	0.10	<5	18	29	2.0	<2	<5	<5	60
JUPRELLE	10	79	<1	0.9	9	31	<0.1	17	0.10	<5	20	56	2.0	<2	<5	<5	150
JURBISE	10	83	<1	0.4	7	23	<0.1	12	0.10	<5	12	25	2.0	<2	<5	<5	37
KELMIS	12	90	<1	2.2	9	28	<0.1	24	0.15	<5	20	185	2.1	<2	<5	<5	244
LA BRUYERE	10	82	<1	0.5	9	32	<0.1	14	0.11	<5	18	36	2.0	<2	<5	<5	71
LA HULPE	10	94	<1	0.4	8	29	<0.1	18	0.13	<5	18	54	2.2	<2	<5	<5	72
LA LOUVIERE	10	122	<1	0.5	9	34	<0.1	26	0.12	<5	21	56	2.0	<2	<5	<5	122
LA ROCHE-EN-ARDENNE	11	61	<1	0.5	13	44	<0.1	15	0.14	<5	29	55	2.2	<2	<5	<5	71
LASNE	10	100	<1	0.4	9	31	<0.1	16	0.11	<5	18	34	2.0	<2	<5	<5	68

COMMUNE	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	CrVI	Cu	Hg	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	Tl	Zn
LE ROEULX	10	83	<1	0.4	9	30	<0.1	16	0.11	<5	17	33	2.0	<2	<5	<5	68
LEGLISE	10	64	<1	0.4	13	49	<0.1	15	0.13	<5	34	43	2.2	<2	<5	<5	56
LENS	10	78	<1	0.4	9	28	<0.1	12	0.10	<5	17	25	2.0	<2	<5	<5	43
LES BONS VILLERS	10	84	<1	0.4	9	31	<0.1	15	0.10	<5	19	31	2.0	<2	<5	<5	77
LESSINES	10	90	<1	0.4	8	29	<0.1	13	0.10	<5	16	26	2.0	<2	<5	<5	46
LEUZE-EN-HAINAUT	10	80	<1	0.5	9	30	<0.1	12	0.10	<5	18	25	2.0	<2	<5	<5	46
LIBIN	11	63	<1	0.5	13	48	<0.1	16	0.14	<5	32	49	2.2	<2	<5	<5	66
LIBRAMONT-CHEVIGNY	11	68	<1	0.5	13	49	<0.1	16	0.13	<5	33	41	2.1	<2	<5	<5	62
LIEGE	15	137	<1	3.4	12	35	<0.1	50	0.28	<5	30	232	2.0	<2	<5	<5	559
LIERNEUX	13	65	<1	0.8	10	30	<0.1	14	0.14	<5	14	65	2.2	<2	<5	<5	60
LIMBOURG	12	75	<1	1.2	11	31	<0.1	25	0.15	<5	27	123	2.1	<2	<5	<5	209
LINCENT	10	83	<1	0.5	9	30	<0.1	14	0.10	<5	18	32	2.0	<2	<5	<5	73
LOBBES	10	77	<1	0.4	10	33	<0.1	15	0.12	<5	21	37	2.1	<2	<5	<5	69
LONTZEN	11	82	<1	1.2	10	30	<0.1	18	0.11	<5	21	85	2.0	<2	<5	<5	188
MALMEDY	16	74	<1	1.4	4	30	<0.1	15	0.13	<5	6	67	2.1	<2	<5	<5	39
MANAGE	10	111	<1	0.5	9	31	<0.1	23	0.11	<5	18	48	2.0	<2	<5	<5	109
MANHAY	11	61	<1	0.6	12	29	<0.1	14	0.14	<5	17	74	2.2	<2	<5	<5	63
MARCHE-EN-FAMENNE	11	75	<1	0.6	14	37	<0.1	16	0.12	<5	25	55	2.1	<2	<5	<5	98
MARCHIN	11	82	<1	0.8	10	31	<0.1	18	0.12	<5	22	66	2.1	<2	<5	<5	151
MARTELANGE	10	57	<1	0.4	12	44	<0.1	15	0.13	<5	32	53	2.2	<2	<5	<5	57
MEIX-DEVANT-VIRTON	18	65	<1	0.4	8	30	<0.1	7	0.11	<5	15	22	2.1	<2	<5	<5	41
MERBES-LE-CHATEAU	10	83	<1	0.4	10	33	<0.1	15	0.10	<5	21	29	2.0	<2	<5	<5	66
MESSANCY	33	79	<1	0.4	19	47	<0.1	16	0.11	<5	38	31	2.0	<2	<5	<5	101
METTET	10	76	<1	0.4	10	32	<0.1	13	0.11	<5	21	33	2.1	<2	<5	<5	62
MODAVE	11	74	<1	0.8	10	30	<0.1	17	0.13	<5	21	79	2.1	<2	<5	<5	151
MOMIGNIES	10	70	<1	0.5	11	30	<0.1	12	0.12	<5	19	38	2.1	<2	<5	<5	41
MONS	10	105	<1	0.5	8	29	<0.1	18	0.11	<5	17	37	2.0	<2	<5	<5	66
MONT-DE-L'ENCLUS	10	81	<1	0.4	7	26	<0.1	10	0.10	<5	12	23	2.0	<2	<5	<5	35
MONTIGNY-LE-TILLEUL	11	126	<1	0.6	12	39	<0.1	31	0.15	<5	27	73	2.0	<2	<5	<5	163
MONT-SAINT-GUIBERT	10	103	<1	0.4	9	32	<0.1	18	0.10	<5	20	37	2.0	<2	<5	<5	78
MORLANWELZ	10	115	<1	0.5	8	32	<0.1	23	0.12	<5	19	48	2.0	<2	<5	<5	99
MOUSCRON	10	118	<1	0.4	10	33	<0.1	19	0.11	<5	21	38	2.0	<2	<5	<5	47
MUSSON	36	75	<1	0.4	20	45	<0.1	14	0.11	<5	40	36	2.1	<2	<5	<5	97
NAMUR	11	99	<1	0.6	10	32	<0.1	20	0.14	<5	23	66	2.1	<2	<5	<5	116
NANDRIN	11	76	<1	1.1	9	29	<0.1	17	0.13	<5	21	83	2.1	<2	<5	<5	175
NASSOGNE	11	63	<1	0.5	13	31	<0.1	14	0.13	<5	17	61	2.2	<2	<5	<5	57
NEUFCHATEAU	10	73	<1	0.5	14	53	<0.1	16	0.12	<5	36	36	2.1	<2	<5	<5	63
NEUPRE	12	87	<1	1.1	9	28	<0.1	21	0.18	<5	19	117	2.1	<2	<5	<5	172
NIVELLES	10	90	<1	0.4	9	32	<0.1	15	0.10	<5	19	29	2.0	<2	<5	<5	59
OHEY	10	78	<1	0.6	10	30	<0.1	14	0.11	<5	20	40	2.0	<2	<5	<5	107
OLNE	12	91	<1	2.5	11	30	<0.1	25	0.11	<5	25	87	2.0	<2	<5	<5	297
ONHAYE	10	75	<1	0.4	10	35	<0.1	13	0.11	<5	21	32	2.1	<2	<5	<5	62
OREYE	10	80	<1	0.6	9	30	<0.1	15	0.10	<5	20	42	2.0	<2	<5	<5	131
ORP-JAUCHE	10	82	<1	0.5	9	30	<0.1	14	0.10	<5	18	30	2.0	<2	<5	<5	66
OTTIGNIES-LLN	10	110	<1	0.4	9	32	<0.1	19	0.11	<5	19	41	2.0	<2	<5	<5	85
OUFFET	10	75	<1	0.7	10	32	<0.1	14	0.12	<5	21	52	2.1	<2	<5	<5	108
OUPEYE	11	103	<1	1.5	10	32	<0.1	26	0.14	<5	22	98	2.0	<2	<5	<5	228
PALISEUL	10	66	<1	0.5	13	51	<0.1	16	0.13	<5	35	42	2.1	<2	<5	<5	64
PECQ	10	82	<1	0.4	8	27	<0.1	11	0.10	<5	14	23	2.0	<2	<5	<5	38
PEPINSTER	12	75	<1	1.3	11	29	<0.1	26	0.22	<5	22	124	2.1	<2	<5	<5	182
PERUWELZ	10	85	<1	0.4	7	27	<0.1	12	0.11	<5	14	26	2.0	<2	<5	<5	42
PERWEZ	10	81	<1	0.4	9	30	<0.1	14	0.10	<5	18	32	2.0	<2	<5	<5	71
PHILIPPEVILLE	10	73	<1	0.4	12	35	<0.1	13	0.11	<5	24	39	2.1	<2	<5	<5	69
PLOMBIERES	10	79	<1	1.9	9	29	<0.1	17	0.11	<5	18	103	2.0	<2	<5	<5	200
PONT-A-CELLES	10	86	<1	0.4	9	31	<0.1	15	0.10	<5	18	30	2.0	<2	<5	<5	68
PROFONDEVILLE	10	83	<1	0.5	10	32	<0.1	16	0.12	<5	23	49	2.1	<2	<5	<5	80
QUAREGNON	10	163	<1	0.5	10	36	<0.1	32	0.14	<5	23	62	2.0	<2	<5	<5	112
QUEVY	10	79	<1	0.4	9	31	<0.1	14	0.10	<5	18	27	2.0	<2	<5	<5	52
QUIEVRAIN	10	86	<1	0.4	9	31	<0.1	15	0.10	<5	18	29	2.0	<2	<5	<5	53
RAEREN	14	67	<1	0.9	7	28	<0.1	16	0.15	<5	14	112	2.2	<2	<5	<5	89
RAMILLIES	10	80	<1	0.5	9	30	<0.1	13	0.10	<5	18	29	2.0	<2	<5	<5	68
REBECQ	10	89	<1	0.4	9	32	<0.1	15	0.10	<5	19	29	2.0	<2	<5	<5	60
REMICOURT	10	83	<1	0.7	9	31	<0.1	16	0.10	<5	20	46	2.0	<2	<5	<5	166
RENDEUX	11	66	<1	0.6	13	32	<0.1	14	0.12	<5	19	59	2.1	<2	<5	<5	61
RIXENSART	10	152	<1	0.5	10	34	<0.1	27	0.12	<5	21	53	2.0	<2	<5	<5	104
ROCHEFORT	10	71	<1	0.5	14	38	<0.1	16	0.12	<5	27	50	2.1	<2	<5	<5	96
ROUVROY	24	74	<1	0.5	16	48	<0.1	18	0.11	<5	37	29	2.1	<2	<5	<5	80
RUMES	10	81	<1	0.4	7	24	<0.1	10	0.10	<5	12	22	2.0	<2	<5	<5	34
SAINTE-ODE	10	65	<1	0.5	13	44	<0.1	15	0.13	<5	31	46	2.1	<2	<5	<5	63
SAINT-GEORGES-SUR-MEUSE	11	96	<1	4.1	10	32	<0.1	29	0.16	<5	24	141	2.0	<2	<5	<5	646
SAINT-GHISLAIN	10	94	<1	0.4	7	25	<0.1	15	0.12	<5	13	34	2.1	<2	<5	<5	44

COMMUNE	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	CrVI	Cu	Hg	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	Tl	Zn
SAINT-HUBERT	11	62	<1	0.5	12	41	<0.1	16	0.15	<5	27	58	2.2	<2	<5	<5	53
SAINT-LEGER	23	73	<1	0.4	10	31	<0.1	8	0.11	<5	20	29	2.2	<2	<5	<5	57
SAINT-NICOLAS	20	173	<1	2.9	14	41	<0.1	65	0.38	<5	37	258	2.0	<2	<5	<5	618
SAMBREVILLE	11	119	<1	0.7	11	36	<0.1	27	0.14	<5	26	62	2.0	<2	<5	<5	167
SANKT VITH	11	66	<1	0.6	12	45	<0.1	16	0.13	<5	29	49	2.1	<2	<5	<5	66
SENEFFE	10	84	<1	0.4	9	31	<0.1	16	0.10	<5	18	31	2.0	<2	<5	<5	63
SERAING	17	117	<1	2.0	11	34	<0.1	43	0.32	<5	29	217	2.1	<2	<5	<5	425
SILLY	10	78	<1	0.4	9	29	<0.1	12	0.10	<5	18	26	2.0	<2	<5	<5	47
SIVRY-RANCE	10	66	<1	0.4	12	33	<0.1	12	0.12	<5	24	38	2.1	<2	<5	<5	60
SOIGNIES	10	88	<1	0.4	9	30	<0.1	14	0.10	<5	18	28	2.0	<2	<5	<5	51
SOMBREFFE	10	82	<1	0.5	9	32	<0.1	16	0.10	<5	20	31	2.0	<2	<5	<5	73
SOMME-LEUZE	10	73	<1	0.5	17	42	<0.1	15	0.12	<5	33	43	2.1	<2	<5	<5	120
SOUMAGNE	11	89	<1	1.8	10	30	<0.1	20	0.11	<5	21	80	2.0	<2	<5	<5	229
SPA	16	70	<1	1.0	5	27	<0.1	18	0.20	<5	10	114	2.2	<2	<5	<5	70
SPRIMONT	10	81	<1	1.0	10	30	<0.1	19	0.13	<5	22	81	2.0	<2	<5	<5	171
STAVELOT	17	66	<1	1.3	3	29	<0.1	14	0.14	<5	5	70	2.2	<2	<5	<5	38
STOUMONT	15	58	<1	1.0	6	27	<0.1	14	0.16	<5	8	86	2.2	<2	<5	<5	53
TELLIN	11	62	<1	0.5	12	32	<0.1	15	0.14	<5	18	61	2.2	<2	<5	<5	57
TENNEVILLE	11	63	<1	0.5	13	41	<0.1	15	0.14	<5	26	57	2.2	<2	<5	<5	60
THEUX	12	70	<1	1.0	8	28	<0.1	19	0.17	<5	17	98	2.1	<2	<5	<5	121
THIMISTER-CLERMONT	10	79	<1	1.0	10	29	<0.1	19	0.11	<5	20	71	2.0	<2	<5	<5	155
THUIN	10	79	<1	0.4	10	34	<0.1	16	0.12	<5	21	38	2.1	<2	<5	<5	71
TINLOT	10	74	<1	0.7	10	30	<0.1	14	0.11	<5	20	48	2.0	<2	<5	<5	104
TINTIGNY	11	66	<1	0.4	8	31	<0.1	9	0.12	<5	14	31	2.2	<2	<5	<5	39
TOURNAI	10	92	<1	0.4	8	28	<0.1	13	0.11	<5	16	27	2.0	<2	<5	<5	43
TROIS-PONTS	16	60	<1	1.1	3	28	<0.1	13	0.15	<5	5	71	2.2	<2	<5	<5	46
TROOZ	13	84	<1	2.9	10	28	<0.1	27	0.18	<5	23	155	2.1	<2	<5	<5	425
TUBIZE	10	97	<1	0.4	9	31	<0.1	17	0.10	<5	20	34	2.0	<2	<5	<5	79
VAUX-SUR-SURE	10	73	<1	0.5	14	53	<0.1	16	0.12	<5	36	33	2.1	<2	<5	<5	66
VERLAINE	10	79	<1	0.9	9	29	<0.1	17	0.10	<5	20	56	2.0	<2	<5	<5	196
VERVIERS	16	112	<1	2.0	13	36	<0.1	43	0.28	<5	33	169	2.0	<2	<5	<5	320
VIELSALM	13	65	<1	0.8	10	32	<0.1	14	0.14	<5	15	65	2.2	<2	<5	<5	55
VILLERS-LA-VILLE	10	87	<1	0.4	9	31	<0.1	15	0.10	<5	18	35	2.0	<2	<5	<5	76
VILLERS-LE-BOUILLET	10	84	<1	0.8	9	29	<0.1	17	0.11	<5	20	58	2.0	<2	<5	<5	173
VIROINVAL	12	66	<1	0.5	10	30	<0.1	15	0.14	<5	16	65	2.2	<2	<5	<5	53
VIRTON	23	69	<1	0.4	12	34	<0.1	11	0.11	<5	26	29	2.1	<2	<5	<5	51
VISE	12	114	<1	1.5	10	33	<0.1	27	0.14	<5	23	114	2.0	<2	<5	<5	264
VRESSE-SUR-SEMOIS	10	56	<1	0.4	12	46	<0.1	15	0.14	<5	32	53	2.2	<2	<5	<5	59
WAIMES	14	66	<1	0.8	9	30	<0.1	14	0.13	<5	12	64	2.1	<2	<5	<5	52
WALCOURT	10	80	<1	0.4	10	34	<0.1	14	0.10	<5	21	30	2.0	<2	<5	<5	60
WALHAIN	10	81	<1	0.4	9	31	<0.1	14	0.10	<5	19	30	2.0	<2	<5	<5	63
WANZE	11	98	<1	1.0	10	30	<0.1	22	0.13	<5	22	84	2.0	<2	<5	<5	242
WAREMME	11	90	<1	0.6	9	31	<0.1	17	0.10	<5	21	44	2.0	<2	<5	<5	120
WASSEIGES	10	80	<1	0.6	9	30	<0.1	14	0.10	<5	18	32	2.0	<2	<5	<5	69
WATERLOO	10	141	<1	0.5	10	36	<0.1	26	0.11	<5	23	53	2.0	<2	<5	<5	93
WAVRE	10	122	<1	0.4	9	31	<0.1	20	0.11	<5	19	43	2.0	<2	<5	<5	84
WELKENRAEDT	10	85	<1	1.1	9	29	<0.1	19	0.11	<5	20	82	2.0	<2	<5	<5	171
WELLIN	11	63	<1	0.5	12	33	<0.1	16	0.14	<5	20	61	2.2	<2	<5	<5	62
YVOIR	10	82	<1	0.5	10	33	<0.1	15	0.13	<5	22	49	2.1	<2	<5	<5	81

COMMUNE	Naph	Acyl	Ace	Fle	Phen	Ant	Fla	Pyr	BaA	Chrys	BbF	BkF	BaP	dBahA	BghiP	I123cdP	HAP10	HAP16
AISEAU-PRESLES	0.011	0.013	<0.01	<0.01	0.133	0.019	0.308	0.21	0.14	0.154	0.186	0.077	0.146	0.015	0.093	0.113	1.20	1.63
AMAY	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.025	<0.01	0.06	0.041	0.022	0.026	0.038	0.012	0.025	<0.01	0.018	0.019	0.23	0.31
AMEL	0.011	0.017	0.011	0.011	0.023	0.011	0.1	0.064	0.031	0.049	0.059	0.019	0.033	0.011	0.022	0.027	0.32	0.43
ANDENNE	<0.01	0.014	<0.01	<0.01	0.016	0.011	0.138	0.085	0.045	0.072	0.08	0.028	0.046	0.011	0.04	0.041	0.43	0.63
ANDERLUES	<0.01	0.015	<0.01	<0.01	0.09	0.012	0.166	0.108	0.073	0.081	0.103	0.041	0.074	0.012	0.049	0.061	0.63	0.84
ANHEE	0.014	0.02	0.014	0.014	0.022	0.014	0.139	0.091	0.048	0.069	0.083	0.029	0.05	0.014	0.036	0.044	0.45	0.64
ANS	0.011	0.013	<0.01	<0.01	0.061	0.014	0.218	0.163	0.09	0.113	0.139	0.054	0.101	0.016	0.07	0.077	0.88	1.25
ANTHISNES	<0.01	0.013	<0.01	<0.01	0.037	<0.01	0.082	0.054	0.03	0.039	0.051	0.018	0.032	<0.01	0.023	0.027	0.29	0.39
ANTOING	<0.01	0.014	<0.01	<0.01	0.011	<0.01	0.073	0.051	0.025	0.038	0.047	0.016	0.029	<0.01	0.02	0.023	0.27	0.36
ARLON	0.011	0.017	0.011	0.011	0.023	0.011	0.116	0.077	0.036	0.058	0.069	0.022	0.037	0.011	0.029	0.03	0.36	0.51
ASSESSE	<0.01	0.016	<0.01	<0.01	0.013	0.011	0.105	0.063	0.035	0.047	0.059	0.02	0.036	0.011	0.026	0.031	0.32	0.46
ATH	<0.01	0.014	<0.01	<0.01	0.011	<0.01	0.058	0.039	0.019	0.029	0.035	0.012	0.022	<0.01	0.013	0.016	0.22	0.27
ATTERT	0.011	0.017	0.011	0.011	0.017	0.011	0.096	0.063	0.027	0.047	0.057	0.017	0.028	0.011	0.02	0.022	0.30	0.39
AUBANGE	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.026	<0.01	0.082	0.061	0.035	0.039	0.052	0.021	0.043	<0.01	0.028	0.028	0.31	0.42
AUBEL	<0.01	0.012	<0.01	<0.01	0.018	<0.01	0.064	0.036	0.02	0.024	0.031	0.012	0.022	<0.01	0.014	0.017	0.19	0.26
AWANS	<0.01	0.014	<0.01	<0.01	0.017	<0.01	0.079	0.051	0.027	0.037	0.043	0.016	0.03	<0.01	0.02	0.025	0.27	0.37
AYWAILLE	<0.01	0.014	<0.01	<0.01	0.057	<0.01	0.11	0.072	0.04	0.056	0.068	0.023	0.041	<0.01	0.029	0.036	0.37	0.50
BAELEN	<0.01	0.014	<0.01	<0.01	0.038	<0.01	0.115	0.075	0.035	0.059	0.07	0.021	0.035	<0.01	0.026	0.034	0.34	0.50
BASSENGE	0.013	0.019	0.012	0.012	0.048	0.014	0.189	0.119	0.074	0.089	0.106	0.041	0.078	0.015	0.054	0.065	0.67	0.92
BASTOGNE	0.014	0.02	0.014	0.014	0.017	0.014	0.1	0.064	0.033	0.048	0.059	0.019	0.035	0.014	0.021	0.025	0.34	0.43
BEAUMONT	<0.01	0.015	<0.01	<0.01	0.025	<0.01	0.072	0.045	0.025	0.033	0.041	0.015	0.026	<0.01	0.015	0.02	0.24	0.32
BEAURAING	0.013	0.02	0.013	0.013	0.016	0.013	0.123	0.08	0.037	0.061	0.073	0.023	0.038	0.013	0.027	0.035	0.38	0.54
BEAUVECHAIN	0.013	0.02	0.013	0.013	0.018	0.013	0.11	0.069	0.039	0.05	0.06	0.023	0.042	0.013	0.027	0.035	0.36	0.49
BELOEIL	<0.01	0.014	<0.01	<0.01	0.016	<0.01	0.065	0.047	0.019	0.035	0.045	0.014	0.024	<0.01	0.019	0.022	0.26	0.32
BERLOZ	<0.01	0.012	<0.01	<0.01	0.015	<0.01	0.061	0.037	0.021	0.027	0.032	0.012	0.023	<0.01	0.014	0.019	0.19	0.27
BERNISSART	0.011	0.016	0.011	0.011	0.036	0.011	0.09	0.063	0.03	0.047	0.057	0.019	0.034	0.011	0.024	0.03	0.32	0.44
BERTOGNE	0.013	0.02	0.013	0.013	0.017	0.013	0.102	0.066	0.033	0.05	0.061	0.019	0.034	0.013	0.022	0.026	0.34	0.44
BERTRIX	0.011	0.016	0.011	0.011	0.015	0.011	0.104	0.068	0.033	0.052	0.063	0.019	0.034	0.011	0.024	0.029	0.33	0.45
BEYNE-HEUSAY	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.096	0.012	0.211	0.145	0.095	0.112	0.13	0.056	0.105	0.013	0.069	0.078	0.85	1.20
BIEVRE	0.011	0.016	0.011	0.011	0.014	0.011	0.11	0.072	0.034	0.056	0.067	0.02	0.035	0.011	0.025	0.031	0.34	0.48
BINCHE	<0.01	0.015	<0.01	<0.01	0.055	0.011	0.115	0.075	0.047	0.058	0.07	0.027	0.048	<0.01	0.03	0.044	0.42	0.58
BLEGNY	<0.01	0.012	<0.01	<0.01	0.044	<0.01	0.118	0.075	0.046	0.057	0.066	0.026	0.048	<0.01	0.033	0.04	0.42	0.58
BOUILLON	0.011	0.016	0.011	0.011	0.017	0.011	0.12	0.078	0.037	0.062	0.075	0.022	0.039	0.011	0.029	0.036	0.37	0.52
BOUSSU	<0.01	0.013	<0.01	<0.01	0.097	<0.01	0.12	0.076	0.053	0.065	0.069	0.029	0.05	<0.01	0.039	0.053	0.45	0.62
BRAINE-L'ALLEUD	<0.01	0.014	<0.01	<0.01	0.051	<0.01	0.105	0.072	0.042	0.052	0.064	0.024	0.044	<0.01	0.031	0.038	0.38	0.53
BRAINE-LE-CHATEAU	<0.01	0.014	<0.01	<0.01	0.054	<0.01	0.113	0.074	0.043	0.056	0.067	0.025	0.044	<0.01	0.032	0.039	0.40	0.55
BRAINE-LE-COMTE	<0.01	0.014	<0.01	<0.01	0.027	<0.01	0.068	0.044	0.024	0.032	0.039	0.014	0.026	<0.01	0.016	0.02	0.23	0.31
BRAIVES	<0.01	0.014	<0.01	<0.01	0.018	<0.01	0.071	0.043	0.024	0.032	0.038	0.014	0.026	<0.01	0.017	0.021	0.23	0.31
BRUGELETTE	<0.01	0.013	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.047	0.031	0.016	0.023	0.028	<0.01	0.018	<0.01	<0.01	0.014	0.18	0.21
BRUNEHAUT	<0.01	0.014	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.06	0.041	0.02	0.031	0.038	0.013	0.023	<0.01	0.014	0.016	0.23	0.28
BULLINGEN	0.011	0.017	0.011	0.011	0.025	0.011	0.1	0.064	0.031	0.049	0.059	0.019	0.033	0.011	0.022	0.027	0.32	0.43
BURDINNE	<0.01	0.013	<0.01	<0.01	0.015	<0.01	0.068	0.042	0.024	0.031	0.037	0.014	0.026	<0.01	0.017	0.02	0.22	0.30
BURG-REULAND	0.011	0.016	0.011	0.011	0.018	0.011	0.085	0.054	0.027	0.041	0.05	0.016	0.028	0.011	0.018	0.022	0.28	0.36
BUTGENBACH	0.011	0.016	0.011	0.011	0.026	0.011	0.101	0.066	0.033	0.05	0.06	0.019	0.034	0.011	0.024	0.029	0.33	0.45
CELLES	<0.01	0.014	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.051	0.032	0.017	0.024	0.029	0.011	0.019	<0.01	<0.01	<0.01	0.19	0.21
CERFONTAINE	<0.01	0.015	<0.01	<0.01	0.022	<0.01	0.09	0.061	0.029	0.046	0.054	0.018	0.03	<0.01	0.021	0.026	0.29	0.41
CHAPELLE-LEZ-HERLAIMONT	<0.01	0.012	<0.01	<0.01	0.068	<0.01	0.126	0.081	0.053	0.063	0.076	0.031	0.055	<0.01	0.038	0.045	0.48	0.63
CHARLEROI	0.016	<0.01	<0.01	<0.01	0.249	0.028	0.543	0.34	0.259	0.273	0.31	0.139	0.265	0.028	0.161	0.198	2.13	2.89
CHASTRE	<0.01	0.013	<0.01	<0.01	0.024	<0.01	0.072	0.048	0.029	0.035	0.041	0.014	0.029	<0.01	0.019	0.021	0.25	0.34
CHATELET	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.098	0.013	0.216	0.143	0.1	0.104	0.119	0.054	0.103	0.012	0.065	0.078	0.84	1.13
CHAUDFONTAINE	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.1	0.013	0.218	0.151	0.096	0.113	0.137	0.058	0.103	0.011	0.067	0.071	0.86	1.23
CHAUMONT-GISTOUX	<0.01	0.014	<0.01	<0.01	0.019	<0.01	0.103	0.065	0.039	0.05	0.059	0.022	0.04	<0.01	0.028	0.034	0.35	0.49
CHIEVRES	<0.01	0.014	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.044	0.03	0.014	0.022	0.028	<0.01	0.018	<0.01	<0.01	0.015	0.19	0.21
CHIMAY	0.013	0.02	0.013	0.013	0.026	0.013	0.121	0.079	0.038	0.061	0.074	0.023	0.04	0.013	0.028	0.034	0.39	0.53
CHINY	0.011	0.017	0.011	0.011	0.019	0.011	0.11	0.071	0.034	0.055	0.067	0.02	0.036	0.011	0.025	0.031	0.34	0.48
CINEY	0.011	0.017	0.011	0.011	0.014	0.011	0.098	0.064	0.033	0.047	0.057	0.02	0.034	0.011	0.023	0.028	0.32	0.44
CLAVIER	<0.01	0.015	<0.01	<0.01	0.021	<0.01	0.076	0.046	0.026	0.034	0.041	0.015	0.028	<0.01	0.017	0.022	0.24	0.33
COLFONTAINE	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.052	<0.01	0.077	0.056	0.038	0.049	0.053	0.021	0.035	<0.01	0.03	0.035	0.34	0.46
COMBLAIN-AU-PONT	<0.01	0.012	<0.01	<0.01	0.04	<0.01	0.095	0.062	0.037	0.047	0.057	0.021	0.038	<0.01	0.027	0.032	0.34	0.46
COMINES-WARNETON	0.012	0.017	0.012	0.012	0.013	0.012	0.079	0.05	0.028	0.037	0.046	0.017	0.03	0.012	0.018	0.02	0.29	0.35
COURCELLES	<0.01	0.014	<0.01	<0.01	0.079	0.011	0.151	0.094	0.067	0.073	0.093	0.037	0.068	0.011	0.046	0.057	0.57	0.73
COURT-SAINT-ETIENNE	<0.01	0.013	<0.01	<0.01	0.056	<0.01	0.101	0.073	0.044	0.055	0.064	0.021	0.043	<0.01	0.029	0.031	0.37	0.51
COUVIN	0.014	0.021	0.014	0.014	0.025	0.014	0.127	0.087	0.041	0.066	0.08	0.025	0.042	0.014	0.032	0.038	0.42	0.58
CRISNEE	<0.01	0.014	<0.01	<0.01	0.013	<0.01	0.064	0.038	0.022	0.028	0.033	0.013	0.024	<0.01	0.014	0.019	0.20	0.27
DALHEM	<0.01	0.015	<0.01	<0.01	0.028	<0.01	0.092	0.054	0.031	0.038	0.048	0.018	0.033	<0.01	0.022	0.026	0.29	0.39
DAVERDISSE	0.011	0.017	0.011	0.011	0.014	0.011	0.127	0.083	0.036	0.065	0.078	0.022	0.036	0.011	0.029	0.035	0.37	0.54
DINANT	0.011	0.017	0.011	0.011	0.014	0.011	0.1	0.066	0.034	0.047	0.058	0.021	0.035	0.011	0.025	0.031	0.33	0.46
DISON	<0.01	0.011	<0.01	<0.01	0.023	<0.01	0.06	0.039	0.024	0.03	0.039	0.014	0.025	<0.01	0.013	0.015	0.22	0.29
DOISCHE	0.012	0.018	0.012	0.012	0.02	0.012	0.113	0.076	0.035	0.056	0.066	0.022	0.035	0.012	0.027	0.033	0.36	0.51
DONCEEL	<0.01	0.014	<0.01	<0.01	0.021	<0.01	0.07	0.042	0.025	0.03	0.036	0.014	0.026	<0.01	0.017	0.021	0.23	0.29
DOUR	<0.01	0.014	<0.01	<0.01	0.087	<0.01	0.111	0.066	0.045	0.059	0.062	0.026	0.044	<0.01	0.032	0.048	0.38	0.54
DURBUY	0.012	0.017	0.012	0.012	0.028	0.012	0.112	0.074	0.038	0.055	0.066	0.023	0.04	0.012	0.028	0.035	0.36	0.51
ECAUSSINNES	<0.01	0.014	<0.01	<0.01	0.034	<0.01	0.074	0.05	0.028	0.035	0.044	0.017	0.031	<0.01	0.021	0.025	0.27	0.36
EGHEZEE	<0.01	0.015	<0.01	<0.01	0.011	<0.01	0.085	0.052	0.03	0.039	0.046	0.017	0.03	<0.01	0.021	0.024	0.27	0.38
ELLEZELLES	<0.01	0.015	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.057	0.034	0.019	0.026	0.032	0.011	0.021	<0.01	0.011	0.011	0.20	0.23
ENGHIEN	<0.01	0.013	<0.01	<0.01	0.017	<0.01	0.066	0.044	0.024	0.032	0.039	0.015	0.025	<0.01	0.016	0.02	0.23	0.31
ENGIS	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.027	<0.01	0.07	0.049	0.031	0.033	0.044	0.018	0.036	<0.01	0.023	0.027	0.28	0.38
EREZEE	0.011	0.016	0.011	0.011	0.023	0.011	0.102	0.066	0.031	0.05	0.06	0.019	0.033	0.011	0.023	0.029	0.32	0.44
ERQUELINNES	<0.01	0.015	<0.01	<0.01	0.031	<0.01	0.082	0.052	0.029	0.038	0.046	0.017	0.031	<0.01	0.02	0.025	0.27	0.37
ESNEUX	<0.01	0.013	<0.01	<0.01	0.101	0.014	0.208	0.141	0.087	0.111	0.137	0.053	0.086	0.011	0.062	0.069	0.77	1.09
ESTAIMPUIS	<0.01	0.012	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.048	0.031	0.017	0.023	0.028	<0.01	0.019	<0.01	<0.01	0.011	0.18	0.21
ESTINNES	0.011	0.016	0.011	0.011	0.031	0.011	0.083	0.052	0.028	0.039	0.046	0.017	0.03	0.011	0.019	0.026	0.26	0.37
ETALLE	0.011	0.017	0.011	0.011	0.02	0.011	0.1	0.073	0.03	0.055	0.066	0.019	0.033	0.011	0.024	0.026	0.33	0.45
EUPEN	<0.01	0.014	<0.01	<0.01	0.04	<0.01	0.123	0.084	0.041	0.064	0.077	0.025	0.042	<0.01	0.032	0.04	0.40	0.57
FAIMES	<0.01	0.014	<0.01	<0.01	0.021	<0.01	0.064	0.038	0.021	0.028	0.033	0.012	0.023	<0.01	0.015	0.018	0.20	0.27
FARCIENNES	0.017	<0.01	<0.01	<0.01	0.225	0.026	0.49	0.33	0.227	0.243	0.278	0.124	0.229	0.02	0.141	0.166	1.95	2.61
FAUVILLERS	<0.01	0.015	<0.01	<0.01	0.015	<0.01	0.086	0.056	0.027	0.043	0.052	0.016	0.028	<0.01	0.019	0.023	0.28	0.37
FERNELMONT	<0.01	0.015	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.082	0.049	0.027	0.037	0.044	0.016	0.028	<0.01	0.019	0.022	0.25	0.35
FERRIERES	<0.01	0.013	<0.01	<0.01	0.033	<0.01	0.084	0.055	0.028	0.042	0.05	0.017	0.03	<0.01	0.021	0.025	0.27	0.38
FEXHE-LE-HAUT-CLOCHER	<0.01	0.013	<0.01	<0.01	0.015	<0.01	0.074	0.046	0.025	0.033	0.038	0.015	0.027	<0.01	0.017	0.025	0.25	0.32
FLEMALLE	<0.01	0.012	<0.01	<0.01	0.085	0.013	0.249	0.182	0.098	0.115	0.151	0.062	0.108	0.016	0.076	0.102	1.05	1.26
FLERON	<0.01	0.011	<0.01	<0.01	0.081	0.011	0.186	0.129	0.081	0.096	0.112	0.047	0.089	0.011	0.058	0.065	0.73	1.07
FLEURUS	0.012	0.014	<0.01	<0.01	0.134	0.016	0.232	0.14	0.103	0.112	0.124	0.054	0.101	0.015	0.067	0.081	0.85	1.12
FLOBECQ	0.013	0.019	0.013	0.013	0.014	0.013	0.093	0.058	0.032	0.044	0.055	0.019	0.034	0.013	0.02	0.023	0.32	0.39

COMMUNE	Naph	Acyl	Ace	Fle	Phen	Ant	Fla	Pyr	BaA	Chrys	BbF	BkF	BaP	dBahA	BghiP	I123cdP	HAP10	HAP16
FLOREFFE	<0.01	0.014	<0.01	<0.01	0.037	0.014	0.199	0.122	0.077	0.116	0.13	0.042	0.075	0.018	0.058	0.057	0.71	1.01
FLORENNES	0.011	0.016	0.011	0.011	0.025	0.011	0.099	0.066	0.033	0.049	0.058	0.02	0.034	0.011	0.025	0.03	0.33	0.46
FLORENVILLE	<0.01	0.015	<0.01	<0.01	0.018	<0.01	0.107	0.066	0.035	0.056	0.065	0.018	0.036	<0.01	0.024	0.029	0.33	0.46
FONTAINE-L'EVEQUE	<0.01	0.014	<0.01	<0.01	0.112	0.012	0.203	0.126	0.09	0.1	0.127	0.05	0.089	0.012	0.057	0.073	0.76	1.00
FOSSES-LA-VILLE	0.011	0.016	0.011	0.011	0.033	0.012	0.132	0.085	0.054	0.071	0.082	0.029	0.055	0.013	0.039	0.044	0.48	0.67
FRAMERIES	<0.01	0.012	<0.01	<0.01	0.084	<0.01	0.115	0.069	0.047	0.059	0.062	0.026	0.043	<0.01	0.037	0.044	0.40	0.57
FRASNES-LEZ-ANVAING	<0.01	0.014	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.055	0.034	0.018	0.026	0.031	0.011	0.02	<0.01	0.011	0.011	0.20	0.23
FROIDCHAPELLE	0.011	0.016	0.011	0.011	0.022	0.011	0.093	0.061	0.03	0.046	0.055	0.018	0.031	0.011	0.021	0.026	0.30	0.41
GEDINNE	0.012	0.018	0.012	0.012	0.016	0.012	0.127	0.083	0.039	0.065	0.077	0.023	0.04	0.012	0.03	0.037	0.39	0.55
GEER	<0.01	0.013	<0.01	<0.01	0.016	<0.01	0.065	0.038	0.021	0.028	0.033	0.012	0.023	<0.01	0.015	0.019	0.20	0.28
GEMBLOUX	<0.01	0.014	<0.01	<0.01	0.021	<0.01	0.106	0.069	0.039	0.053	0.063	0.022	0.039	<0.01	0.029	0.031	0.36	0.52
GENAPPE	<0.01	0.015	<0.01	<0.01	0.056	<0.01	0.081	0.054	0.032	0.04	0.047	0.016	0.032	<0.01	0.02	0.022	0.27	0.37
GERPINNES	0.011	0.017	0.011	0.011	0.074	0.015	0.156	0.103	0.062	0.074	0.097	0.035	0.063	0.012	0.045	0.056	0.57	0.77
GESVES	<0.01	0.014	<0.01	<0.01	0.012	<0.01	0.102	0.06	0.03	0.047	0.058	0.019	0.032	<0.01	0.025	0.027	0.30	0.42
GOUVY	0.011	0.016	0.011	0.011	0.02	0.011	0.095	0.062	0.03	0.048	0.057	0.018	0.031	0.011	0.021	0.026	0.31	0.42
GRACE-HOLLOGNE	<0.01	0.013	<0.01	<0.01	0.05	0.012	0.161	0.114	0.06	0.073	0.101	0.037	0.069	0.012	0.049	0.064	0.65	0.78
GREZ-DOICEAU	0.011	0.017	0.011	0.011	0.023	0.012	0.124	0.08	0.047	0.061	0.073	0.027	0.048	0.012	0.034	0.041	0.42	0.59
HABAY	0.011	0.017	0.011	0.011	0.02	0.011	0.114	0.076	0.034	0.058	0.07	0.021	0.035	0.011	0.027	0.032	0.35	0.51
HAMOIR	<0.01	0.012	<0.01	<0.01	0.034	<0.01	0.084	0.055	0.03	0.042	0.05	0.018	0.031	<0.01	0.022	0.027	0.28	0.39
HAMOIS	0.011	0.016	0.011	0.011	0.013	0.011	0.081	0.051	0.027	0.036	0.045	0.016	0.029	0.011	0.018	0.022	0.26	0.35
HAM-SUR-HEURE-NALINNES	<0.01	0.015	<0.01	<0.01	0.058	0.012	0.143	0.093	0.056	0.072	0.087	0.032	0.056	0.011	0.038	0.046	0.50	0.70
HANNUT	<0.01	0.015	<0.01	<0.01	0.012	<0.01	0.074	0.042	0.023	0.029	0.037	0.014	0.026	<0.01	0.016	0.021	0.22	0.30
HASTIERE	<0.01	0.015	<0.01	<0.01	0.016	<0.01	0.114	0.072	0.033	0.048	0.063	0.021	0.033	<0.01	0.029	0.037	0.36	0.49
HAVELANGE	0.011	0.016	0.011	0.011	0.018	0.011	0.093	0.059	0.03	0.044	0.052	0.018	0.033	0.011	0.022	0.026	0.29	0.40
HELECINE	0.011	0.017	0.011	0.011	0.013	0.011	0.085	0.051	0.027	0.037	0.045	0.017	0.031	0.011	0.02	0.025	0.26	0.37
HENSIES	<0.01	0.013	<0.01	<0.01	0.055	<0.01	0.075	0.048	0.028	0.035	0.044	0.017	0.03	<0.01	0.019	0.027	0.27	0.34
HERBEUMONT	<0.01	0.014	<0.01	<0.01	0.015	<0.01	0.1	0.065	0.032	0.051	0.061	0.018	0.033	<0.01	0.023	0.029	0.31	0.44
HERON	<0.01	0.014	<0.01	<0.01	0.013	<0.01	0.077	0.047	0.027	0.035	0.043	0.015	0.028	<0.01	0.019	0.023	0.24	0.34
HERSTAL	0.014	0.014	<0.01	<0.01	0.151	0.024	0.447	0.309	0.195	0.232	0.274	0.115	0.214	0.027	0.143	0.164	1.77	2.51
HERVE	<0.01	0.014	<0.01	<0.01	0.025	<0.01	0.075	0.048	0.028	0.034	0.042	0.015	0.029	<0.01	0.018	0.021	0.25	0.34
HONNELLES	0.011	0.017	0.011	0.011	0.068	0.011	0.076	0.046	0.027	0.034	0.043	0.016	0.029	0.011	0.016	0.024	0.26	0.31
HOTTON	0.011	0.016	0.011	0.011	0.02	0.011	0.11	0.066	0.031	0.044	0.063	0.019	0.034	0.011	0.025	0.034	0.33	0.44
HOUFFALIZE	0.012	0.018	0.012	0.012	0.021	0.012	0.098	0.068	0.032	0.049	0.064	0.02	0.032	0.012	0.024	0.029	0.33	0.45
HOUYET	0.012	0.018	0.012	0.012	0.014	0.012	0.115	0.075	0.036	0.056	0.068	0.022	0.037	0.012	0.027	0.034	0.36	0.51
HUY	<0.01	0.014	<0.01	<0.01	0.049	0.011	0.149	0.098	0.056	0.074	0.089	0.032	0.057	0.011	0.043	0.049	0.52	0.73
INCOURT	<0.01	0.013	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.064	0.038	0.023	0.028	0.034	0.013	0.024	<0.01	0.015	0.019	0.21	0.28
ITTRE	<0.01	0.013	<0.01	<0.01	0.029	<0.01	0.067	0.042	0.024	0.03	0.038	0.014	0.026	<0.01	0.016	0.02	0.22	0.30
JALHAY	<0.01	0.015	<0.01	<0.01	0.031	<0.01	0.103	0.067	0.03	0.051	0.061	0.018	0.031	<0.01	0.022	0.026	0.30	0.43
JEMEPPE-SUR-SAMBRE	0.011	0.014	<0.01	<0.01	0.068	0.015	0.262	0.15	0.121	0.162	0.171	0.058	0.12	0.029	0.085	0.089	1.02	1.43
JODOIGNE	0.011	0.017	0.011	0.011	0.012	0.011	0.087	0.052	0.031	0.039	0.046	0.017	0.033	0.011	0.021	0.026	0.28	0.38
JUPRELLE	<0.01	0.014	<0.01	<0.01	0.03	<0.01	0.123	0.08	0.048	0.062	0.067	0.026	0.05	<0.01	0.033	0.039	0.44	0.62
JURBISE	<0.01	0.014	<0.01	<0.01	0.029	<0.01	0.063	0.045	0.022	0.033	0.04	0.014	0.025	<0.01	0.016	0.022	0.25	0.32
KELMIS	<0.01	0.013	<0.01	<0.01	0.034	<0.01	0.116	0.079	0.043	0.059	0.071	0.025	0.044	<0.01	0.033	0.04	0.40	0.57
LA BRUYERE	<0.01	0.014	<0.01	<0.01	0.011	<0.01	0.087	0.052	0.028	0.041	0.053	0.019	0.027	<0.01	0.024	0.023	0.29	0.40
LA HULPE	<0.01	0.012	<0.01	<0.01	0.08	<0.01	0.128	0.091	0.049	0.068	0.082	0.029	0.05	<0.01	0.038	0.046	0.45	0.64
LA LOUVIERE	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.054	<0.01	0.11	0.071	0.048	0.059	0.067	0.028	0.048	<0.01	0.034	0.041	0.42	0.59
LA ROCHE-EN-ARDENNE	<0.01	0.016	<0.01	<0.01	0.02	<0.01	0.104	0.071	0.032	0.054	0.065	0.02	0.033	<0.01	0.025	0.031	0.33	0.47
LASNE	<0.01	0.014	<0.01	<0.01	0.064	<0.01	0.101	0.069	0.04	0.05	0.061	0.023	0.042	<0.01	0.029	0.035	0.36	0.51
LE ROEULX	<0.01	0.014	<0.01	<0.01	0.037	<0.01	0.072	0.047	0.028	0.036	0.045	0.016	0.03	<0.01	0.019	0.023	0.27	0.35
LEGLISE	0.011	0.017	0.011	0.011	0.018	0.011	0.104	0.069	0.032	0.053	0.064	0.02	0.034	0.011	0.024	0.03	0.33	0.46
LENS	<0.01	0.013	<0.01	<0.01	0.013	<0.01	0.049	0.033	0.016	0.024	0.029	<0.01	0.019	<0.01	<0.01	0.014	0.19	0.23
LES BONS VILLERS	<0.01	0.013	<0.01	<0.01	0.058	<0.01	0.093	0.054	0.039	0.041	0.05	0.019	0.038	<0.01	0.024	0.031	0.32	0.40
LESSINES	<0.01	0.015	<0.01	<0.01	0.013	<0.01	0.075	0.049	0.027	0.036	0.044	0.016	0.029	<0.01	0.018	0.021	0.27	0.34
LEUZE-EN-HAINAUT	<0.01	0.014	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.046	0.032	0.014	0.024	0.031	<0.01	0.018	<0.01	0.012	0.012	0.20	0.21
LIBIN	0.012	0.017	0.012	0.012	0.014	0.012	0.118	0.078	0.034	0.06	0.072	0.021	0.035	0.012	0.027	0.032	0.36	0.50
LIBRAMONT-CHEVIGNY	0.012	0.017	0.012	0.012	0.014	0.012	0.094	0.064	0.031	0.048	0.059	0.019	0.032	0.012	0.023	0.027	0.32	0.43
LIEGE	0.023	0.014	0.011	0.016	0.26	0.036	0.655	0.457	0.297	0.329	0.394	0.169	0.326	0.04	0.21	0.24	2.64	3.63
LIERNEUX	0.011	0.016	0.011	0.011	0.028	0.011	0.106	0.07	0.034	0.054	0.065	0.021	0.035	0.011	0.024	0.03	0.34	0.46
LIMBOURG	<0.01	0.014	<0.01	<0.01	0.028	<0.01	0.086	0.05	0.026	0.037	0.045	0.016	0.027	<0.01	0.015	0.019	0.25	0.35
LINCENT	<0.01	0.013	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.063	0.035	0.019	0.023	0.032	0.011	0.022	<0.01	0.014	0.017	0.19	0.25
LOBBES	<0.01	0.014	<0.01	<0.01	0.059	<0.01	0.106	0.068	0.041	0.052	0.064	0.023	0.041	<0.01	0.027	0.033	0.36	0.49
LONTZEN	<0.01	0.014	<0.01	<0.01	0.02	<0.01	0.067	0.041	0.023	0.029	0.036	0.013	0.025	<0.01	0.014	0.019	0.21	0.29
MALMEDY	<0.01	0.014	<0.01	<0.01	0.023	<0.01	0.099	0.066	0.029	0.051	0.061	0.018	0.031	<0.01	0.023	0.028	0.30	0.41
MANAGE	<0.01	0.012	<0.01	<0.01	0.079	<0.01	0.154	0.104	0.065	0.082	0.091	0.039	0.07	0.011	0.049	0.056	0.58	0.81
MANHAY	0.012	0.018	0.012	0.012	0.034	0.012	0.127	0.086	0.04	0.066	0.079	0.025	0.041	0.012	0.031	0.038	0.40	0.57
MARCHE-EN-FAMENNE	0.011	0.016	0.011	0.011	0.017	0.011	0.106	0.07	0.034	0.052	0.063	0.021	0.036	0.011	0.026	0.033	0.34	0.48
MARCHIN	<0.01	0.013	<0.01	<0.01	0.025	<0.01	0.089	0.056	0.032	0.043	0.05	0.018	0.034	<0.01	0.023	0.028	0.29	0.41
MARTELANGE	<0.01	0.015	<0.01	<0.01	0.021	<0.01	0.117	0.078	0.035	0.061	0.073	0.021	0.035	<0.01	0.028	0.035	0.35	0.52
MEIX-DEVANT-VIRTON	<0.01	0.015	<0.01	<0.01	0.019	<0.01	0.09	0.063	0.028	0.048	0.058	0.017	0.03	<0.01	0.021	0.024	0.29	0.40
MERBES-LE-CHATEAU	<0.01	0.015	<0.01	<0.01	0.033	<0.01	0.077	0.047	0.028	0.035	0.042	0.016	0.03	<0.01	0.018	0.024	0.25	0.34
MESSANCY	<0.01	0.015	<0.01	<0.01	0.025	<0.01	0.093	0.064	0.034	0.042	0.056	0.021	0.038	<0.01	0.029	0.027	0.32	0.44
METTET	0.012	0.018	0.012	0.012	0.029	0.013	0.1	0.066	0.036	0.048	0.059	0.021	0.037	0.012	0.026	0.031	0.34	0.47
MODAVE	<0.01	0.013	<0.01	<0.01	0.031	<0.01	0.096	0.061	0.035	0.047	0.056	0.02	0.036	<0.01	0.025	0.03	0.32	0.45
MOMIGNIES	0.012	0.018	0.012	0.012	0.021	0.012	0.094	0.06	0.03	0.046	0.056	0.018	0.032	0.012	0.02	0.023	0.31	0.40
MONS	0.011	0.017	0.011	0.011	0.09	0.012	0.118	0.083	0.047	0.058	0.081	0.028	0.048	0.014	0.041	0.053	0.47	0.62
MONT-DE-L'ENCLUS	0.011	0.016	0.011	0.011	0.011	0.011	0.065	0.041	0.022	0.031	0.037	0.014	0.024	0.011	0.014	0.015	0.24	0.28
MONTIGNY-LE-TILLEUL	<0.01	0.012	<0.01	<0.01	0.156	0.015	0.32	0.19	0.153	0.16	0.204	0.086	0.151	0.015	0.093	0.123	1.23	1.64
MONT-SAINT-GUIBERT	<0.01	0.012	<0.01	<0.01	0.027	<0.01	0.099	0.065	0.041	0.049	0.057	0.022	0.041	<0.01	0.029	0.033	0.35	0.49
MORLANWELZ	<0.01	0.014	<0.01	<0.01	0.098	0.012	0.187	0.12	0.08	0.098	0.111	0.046	0.08	0.012	0.055	0.065	0.70	0.97
MOUSCRON	<0.01	0.016	<0.01	<0.01	0.013	<0.01	0.111	0.077	0.044	0.055	0.07	0.026	0.046	<0.01	0.034	0.04	0.42	0.56
MUSSON	<0.01	0.013	<0.01	<0.01	0.035	<0.01	0.117	0.077	0.044	0.061	0.067	0.027	0.051	<0.01	0.032	0.032	0.38	0.58
NAMUR	<0.01	0.016	<0.01	<0.01	0.021	0.013	0.191	0.122	0.066	0.094	0.121	0.042	0.064	0.013	0.058	0.058	0.65	0.94
NANDRIN	<0.01	0.013	<0.01	<0.01	0.031	<0.01	0.086	0.059	0.033	0.04	0.053	0.019	0.036	<0.01	0.024	0.028	0.31	0.42
NASSOGNE	0.012	0.018	0.012	0.012	0.017	0.012	0.118	0.078	0.036	0.06	0.072	0.023	0.038	0.012	0.027	0.034	0.37	0.52
NEUFCHATEAU	<0.01	0.015	<0.01	<0.01	0.013	<0.01	0.074	0.051	0.025	0.037	0.046	0.015	0.026	<0.01	0.018	0.02	0.26	0.34
NEUPRE	<0.01	0.013	<0.01	<0.01	0.085	0.012	0.175	0.118	0.072	0.093	0.114	0.044	0.071	<0.01	0.049	0.053	0.66	0.91
NIVELLES	<0.01	0.014	<0.01	<0.01	0.04	<0.01	0.082	0.052	0.031	0.037	0.046	0.017	0.032	<0.01	0.021	0.026	0.28	0.38
OHEY	<0.01	0.014	<0.01	<0.01	0.012	<0.01	0.074	0.042	0.022	0.029	0.038	0.014	0.025	<0.01	0.017	0.02	0.22	0.29
OLNE	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.026	<0.01	0.059	0.04	0.025	0.027	0.033	0.012	0.025	<0.01	0.013	0.02	0.22	0.28
ONHAYE	0.011	0.016	0.011	0.011	0.015	0.011	0.088	0.057	0.029	0.041	0.05	0.017	0.03	0.011	0.02	0.025	0.28	0.39
OREYE	<0.01	0.014	<0.01	<0.01	0.014	<0.01	0.064	0.038	0.022	0.028	0.033	0.013	0.024	<0.01	0.014	0.019	0.20	0.27
ORP-JAUCHE	<0.01	0.015	<0.01	<0.01	0.011	<0.01	0.076	0.045	0.024	0.032	0.039	0.015	0.028	<0.01	0.017	0.022	0.23	0.32
OTTIGNIES-LLN	<0.01	0.013	<0.01	<0.01	0.046	<0.01	0.12	0.08	0.05	0.061	0.072	0.027	0.049	<0.01	0.036	0.041	0.43	0.62
OUFFET	<0.01	0.014	<0.01	<0.01	0.027	<0.01	0.084	0.055	0.029	0.042	0.049	0.017	0.031	<0.01	0.022	0.027	0.28	0.40

COMMUNE	Naph	Acyl	Ace	Fle	Phen	Ant	Fla	Pyr	BaA	Chrys	BbF	BkF	BaP	dBahA	BghiP	I123cdP	HAP10	HAP16
OUPEYE	<0.01	0.014	<0.01	<0.01	0.068	0.014	0.226	0.152	0.094	0.115	0.132	0.054	0.102	0.015	0.07	0.082	0.85	1.20
PALISEUL	0.011	0.017	0.011	0.011	0.013	0.011	0.103	0.066	0.032	0.051	0.061	0.019	0.033	0.011	0.023	0.028	0.32	0.44
PECQ	<0.01	0.014	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.053	0.034	0.018	0.026	0.031	0.011	0.021	<0.01	0.011	0.012	0.20	0.23
PEPINSTER	<0.01	0.012	<0.01	<0.01	0.038	<0.01	0.078	0.055	0.032	0.041	0.052	0.018	0.032	<0.01	0.021	0.021	0.28	0.37
PERUWELZ	<0.01	0.015	<0.01	<0.01	0.012	<0.01	0.06	0.044	0.019	0.031	0.04	0.013	0.024	<0.01	0.016	0.018	0.25	0.30
PERWEZ	<0.01	0.014	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.076	0.047	0.027	0.034	0.042	0.015	0.028	<0.01	0.019	0.023	0.24	0.34
PHILIPPEVILLE	0.011	0.017	0.011	0.011	0.019	0.011	0.095	0.066	0.032	0.047	0.058	0.02	0.032	0.011	0.024	0.029	0.33	0.45
PLOMBIERES	0.011	0.017	0.011	0.011	0.025	0.011	0.088	0.053	0.029	0.04	0.047	0.017	0.032	0.011	0.02	0.026	0.27	0.38
PONT-A-CELLES	<0.01	0.015	<0.01	<0.01	0.054	<0.01	0.102	0.059	0.041	0.045	0.056	0.022	0.041	<0.01	0.027	0.035	0.35	0.44
PROFONDEVILLE	0.011	0.016	0.011	0.011	0.017	0.011	0.13	0.082	0.048	0.063	0.078	0.028	0.048	0.011	0.036	0.042	0.43	0.61
QUAREGNON	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.131	<0.01	0.165	0.111	0.078	0.092	0.098	0.042	0.069	<0.01	0.059	0.074	0.66	0.93
QUEVY	<0.01	0.016	<0.01	<0.01	0.047	0.011	0.073	0.041	0.024	0.029	0.037	0.014	0.025	<0.01	0.016	0.022	0.23	0.29
QUIEVRAIN	<0.01	0.015	<0.01	<0.01	0.064	<0.01	0.076	0.047	0.029	0.034	0.044	0.016	0.03	<0.01	0.018	0.027	0.27	0.33
RAEREN	<0.01	0.014	<0.01	<0.01	0.034	<0.01	0.1	0.067	0.033	0.051	0.061	0.02	0.034	<0.01	0.025	0.03	0.32	0.46
RAMILLIES	<0.01	0.014	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.069	0.041	0.024	0.03	0.036	0.014	0.026	<0.01	0.016	0.02	0.22	0.29
REBECQ	<0.01	0.014	<0.01	<0.01	0.027	<0.01	0.073	0.047	0.027	0.034	0.042	0.016	0.029	<0.01	0.018	0.023	0.25	0.34
REMICOURT	<0.01	0.015	<0.01	<0.01	0.02	<0.01	0.079	0.047	0.028	0.035	0.041	0.016	0.03	<0.01	0.019	0.025	0.26	0.34
RENDEUX	0.011	0.017	0.011	0.011	0.018	0.011	0.102	0.066	0.03	0.05	0.06	0.019	0.033	0.011	0.023	0.029	0.32	0.44
RIXENSART	<0.01	0.014	<0.01	<0.01	0.097	0.012	0.191	0.138	0.083	0.1	0.122	0.048	0.085	0.012	0.065	0.079	0.75	1.05
ROCHEFORT	0.012	0.019	0.012	0.012	0.016	0.012	0.122	0.081	0.039	0.061	0.073	0.024	0.04	0.012	0.029	0.035	0.39	0.55
ROUVROY	<0.01	0.015	<0.01	<0.01	0.02	<0.01	0.086	0.055	0.029	0.041	0.05	0.017	0.031	<0.01	0.021	0.025	0.27	0.39
RUMES	<0.01	0.013	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.041	0.03	0.015	0.02	0.028	<0.01	0.018	<0.01	<0.01	<0.01	0.19	0.20
SAINTE-ODE	0.014	0.021	0.014	0.014	0.017	0.014	0.121	0.08	0.038	0.061	0.074	0.023	0.04	0.014	0.028	0.033	0.39	0.53
SAINT-GEORGES-SUR-MEUSE	<0.01	0.011	<0.01	<0.01	0.042	<0.01	0.117	0.069	0.046	0.051	0.063	0.026	0.052	<0.01	0.036	0.041	0.41	0.58
SAINT-GHISLAIN	0.011	0.016	0.011	0.011	0.083	0.011	0.107	0.073	0.042	0.053	0.068	0.024	0.043	0.011	0.031	0.043	0.41	0.52
SAINT-HUBERT	0.013	0.02	0.013	0.013	0.018	0.013	0.145	0.097	0.044	0.075	0.09	0.027	0.045	0.013	0.035	0.044	0.45	0.65
SAINT-LEGER	<0.01	0.015	<0.01	<0.01	0.029	<0.01	0.118	0.083	0.04	0.063	0.077	0.025	0.044	<0.01	0.034	0.032	0.40	0.58
SAINT-NICOLAS	0.022	<0.01	<0.01	<0.01	0.229	0.037	0.598	0.431	0.275	0.282	0.394	0.152	0.331	0.043	0.213	0.236	2.63	3.31
SAMBREVILLE	0.011	0.014	<0.01	<0.01	0.118	0.018	0.338	0.22	0.164	0.189	0.217	0.085	0.171	0.026	0.116	0.139	1.36	1.90
SANKT VITH	0.011	0.017	0.011	0.011	0.022	0.011	0.1	0.064	0.032	0.05	0.06	0.019	0.033	0.011	0.022	0.027	0.32	0.43
SENEFFE	<0.01	0.014	<0.01	<0.01	0.042	<0.01	0.082	0.051	0.031	0.038	0.046	0.017	0.032	<0.01	0.021	0.026	0.28	0.37
SERAING	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.076	<0.01	0.164	0.112	0.073	0.085	0.108	0.043	0.076	<0.01	0.051	0.057	0.66	0.89
SILLY	<0.01	0.013	<0.01	<0.01	0.011	<0.01	0.056	0.035	0.018	0.026	0.031	0.011	0.02	<0.01	0.011	0.014	0.19	0.24
SIVRY-RANCE	0.011	0.016	0.011	0.011	0.026	0.011	0.097	0.063	0.031	0.049	0.059	0.019	0.032	0.011	0.021	0.027	0.31	0.42
SOIGNIES	<0.01	0.015	<0.01	<0.01	0.023	<0.01	0.062	0.044	0.023	0.032	0.04	0.015	0.026	<0.01	0.017	0.019	0.25	0.32
SOMBREFFE	<0.01	0.014	<0.01	<0.01	0.047	<0.01	0.099	0.06	0.041	0.045	0.055	0.02	0.041	<0.01	0.026	0.031	0.35	0.45
SOMME-LEUZE	<0.01	0.016	<0.01	<0.01	0.018	0.011	0.094	0.061	0.03	0.045	0.054	0.018	0.032	0.011	0.022	0.028	0.30	0.42
SOUMAGNE	<0.01	0.013	<0.01	<0.01	0.038	<0.01	0.094	0.063	0.038	0.046	0.054	0.021	0.04	<0.01	0.026	0.032	0.34	0.47
SPA	<0.01	0.014	<0.01	<0.01	0.045	<0.01	0.126	0.087	0.042	0.067	0.08	0.025	0.042	<0.01	0.033	0.037	0.39	0.60
SPRIMONT	<0.01	0.014	<0.01	<0.01	0.044	<0.01	0.101	0.065	0.04	0.05	0.059	0.022	0.041	<0.01	0.025	0.03	0.35	0.47
STAVELOT	<0.01	0.015	<0.01	<0.01	0.026	<0.01	0.105	0.07	0.031	0.054	0.064	0.019	0.033	<0.01	0.024	0.029	0.32	0.45
STOUMONT	<0.01	0.015	<0.01	<0.01	0.047	<0.01	0.113	0.075	0.036	0.058	0.07	0.022	0.037	<0.01	0.027	0.033	0.35	0.50
TELLIN	0.014	0.021	0.014	0.014	0.017	0.014	0.134	0.088	0.037	0.068	0.082	0.023	0.038	0.014	0.029	0.032	0.39	0.53
TENNEVILLE	0.013	0.019	0.013	0.013	0.019	0.013	0.129	0.085	0.04	0.065	0.078	0.024	0.042	0.013	0.03	0.038	0.40	0.57
THEUX	<0.01	0.014	<0.01	<0.01	0.044	<0.01	0.092	0.061	0.033	0.045	0.056	0.019	0.034	<0.01	0.021	0.024	0.30	0.40
THIMISTER-CLERMONT	<0.01	0.015	<0.01	<0.01	0.021	<0.01	0.068	0.04	0.022	0.028	0.035	0.013	0.024	<0.01	0.013	0.015	0.20	0.28
THUIN	0.011	0.016	0.011	0.011	0.061	0.012	0.128	0.081	0.049	0.062	0.077	0.028	0.049	0.011	0.032	0.04	0.43	0.59
TINLOT	<0.01	0.013	<0.01	<0.01	0.024	<0.01	0.072	0.046	0.026	0.034	0.041	0.015	0.028	<0.01	0.018	0.022	0.24	0.33
TINTIGNY	0.011	0.016	0.011	0.011	0.019	0.011	0.101	0.07	0.032	0.054	0.065	0.019	0.033	0.011	0.024	0.029	0.33	0.46
TOURNAI	<0.01	0.016	<0.01	<0.01	0.011	<0.01	0.069	0.049	0.025	0.035	0.046	0.016	0.029	<0.01	0.019	0.021	0.28	0.35
TROIS-PONTS	0.012	0.017	0.012	0.012	0.034	0.012	0.123	0.082	0.039	0.064	0.076	0.024	0.039	0.012	0.028	0.036	0.38	0.54
TROOZ	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.024	<0.01	0.049	0.035	0.02	0.025	0.031	0.011	0.021	<0.01	0.011	0.015	0.19	0.25
TUBIZE	<0.01	0.014	<0.01	<0.01	0.04	<0.01	0.102	0.066	0.04	0.049	0.059	0.023	0.042	<0.01	0.029	0.035	0.37	0.49
VAUX-SUR-SURE	0.011	0.016	0.011	0.011	0.013	0.011	0.077	0.05	0.025	0.038	0.046	0.015	0.027	0.011	0.017	0.019	0.26	0.33
VERLAINE	<0.01	0.013	<0.01	<0.01	0.022	<0.01	0.064	0.04	0.02	0.028	0.034	0.012	0.023	<0.01	0.016	0.016	0.20	0.28
VERVIERS	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.016	<0.01	0.043	0.028	0.019	0.022	0.027	0.011	0.019	<0.01	0.011	0.014	0.16	0.20
VIELSALM	0.011	0.017	0.011	0.011	0.026	0.011	0.113	0.075	0.036	0.058	0.07	0.022	0.037	0.011	0.027	0.033	0.36	0.50
VILLERS-LA-VILLE	<0.01	0.013	<0.01	<0.01	0.068	<0.01	0.089	0.065	0.042	0.047	0.056	0.018	0.041	<0.01	0.024	0.027	0.34	0.42
VILLERS-LE-BOUILLET	<0.01	0.013	<0.01	<0.01	0.025	<0.01	0.071	0.046	0.022	0.032	0.04	0.013	0.025	<0.01	0.018	0.02	0.23	0.31
VIROINVAL	0.013	0.019	0.013	0.013	0.024	0.013	0.143	0.101	0.046	0.077	0.09	0.029	0.047	0.013	0.038	0.047	0.47	0.68
VIRTON	0.011	0.017	0.011	0.011	0.029	0.011	0.119	0.086	0.039	0.066	0.079	0.024	0.043	0.011	0.032	0.036	0.39	0.55
VISE	<0.01	0.013	<0.01	<0.01	0.069	0.013	0.211	0.138	0.086	0.104	0.124	0.05	0.092	0.013	0.066	0.076	0.78	1.09
VRESSE-SUR-SEMOIS	0.011	0.016	0.011	0.011	0.016	0.011	0.124	0.083	0.038	0.065	0.078	0.023	0.04	0.011	0.03	0.038	0.38	0.55
WAIMES	<0.01	0.015	<0.01	<0.01	0.021	<0.01	0.088	0.056	0.026	0.043	0.052	0.016	0.028	<0.01	0.019	0.023	0.27	0.37
WALCOURT	0.011	0.017	0.011	0.011	0.031	0.012	0.092	0.059	0.033	0.043	0.053	0.019	0.034	0.011	0.022	0.028	0.31	0.42
WALHAIN	<0.01	0.014	<0.01	<0.01	0.014	<0.01	0.074	0.046	0.028	0.033	0.04	0.015	0.028	<0.01	0.018	0.022	0.24	0.33
WANZE	<0.01	0.014	<0.01	<0.01	0.042	<0.01	0.119	0.08	0.043	0.059	0.071	0.025	0.045	0.011	0.035	0.039	0.42	0.58
WAREMME	<0.01	0.013	<0.01	<0.01	0.021	<0.01	0.081	0.049	0.029	0.037	0.044	0.017	0.031	<0.01	0.021	0.026	0.27	0.37
WASSEIGES	<0.01	0.013	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.066	0.04	0.023	0.029	0.035	0.013	0.025	<0.01	0.016	0.019	0.21	0.28
WATERLOO	<0.01	0.012	<0.01	<0.01	0.079	<0.01	0.15	0.108	0.064	0.078	0.096	0.037	0.066	<0.01	0.05	0.061	0.58	0.81
WAVRE	<0.01	0.014	<0.01	<0.01	0.043	0.011	0.159	0.107	0.067	0.082	0.097	0.038	0.065	0.011	0.05	0.06	0.59	0.83
WELKENRAEDT	<0.01	0.013	<0.01	<0.01	0.022	<0.01	0.072	0.044	0.024	0.031	0.038	0.014	0.026	<0.01	0.015	0.019	0.23	0.31
WELLIN	0.013	0.02	0.013	0.013	0.016	0.013	0.134	0.089	0.036	0.068	0.082	0.022	0.036	0.013	0.029	0.033	0.39	0.52
YVOIR	0.014	0.021	0.014	0.014	0.02	0.015	0.165	0.108	0.059	0.082	0.1	0.035	0.061	0.015	0.045	0.055	0.55	0.77

COMMUNE	EOX	CN_lib	CN_ncd	CN_tot	IP	Ben	Tolu	EBen	oXyl	mpXyl	Xyl_tot	BTEX	Styr	HTP10a12	HTP12a16	HTP16a21	HTP21a30	HTP30a35	HTP35a40	HTP_tot
AISEAU-PRESLES	0.34	0.44	<0.5	1.06	0.06	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.99	3.4	<3	4.65	4.39	<3	20.68
AMAY	0.42	0.59	0.51	1.16	0.1	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.02	3.25	<3	6.38	5.57	<3	25.05
AMEL	0.38	0.52	0.51	1.14	0.08	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.65	3.42	<3	4.88	4.42	<3	21.69
ANDENNE	0.36	0.47	0.51	1.09	0.07	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.79	3.4	<3	4.77	4.39	<3	21.17
ANDERLUES	0.31	0.38	<0.5	1.02	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.85	3.26	<3	5.46	5.13	<3	21.84
ANHEE	0.32	0.41	<0.5	1.02	0.05	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.11	3.38	<3	4.66	4.47	<3	20.43
ANS	0.45	0.64	0.52	1.21	0.12	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	2.99	3.34	<3	5.92	5.08	<3	24.56
ANTHISNES	0.32	0.39	<0.5	1.01	0.05	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.25	3.43	<3	4.26	4.14	<3	19.59
ANTOING	0.36	0.47	0.51	1.09	0.07	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.79	3.39	<3	4.88	4.51	<3	21.36
ARLON	<0.3	0.36	<0.5	<1	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.43	3.48	<3	3.77	3.76	<3	18.44
ASSESSE	0.32	0.41	<0.5	1.03	0.05	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.21	3.45	<3	4.19	4.05	<3	19.56
ATH	0.31	0.37	<0.5	1.01	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.42	3.48	<3	3.83	3.81	<3	18.62
ATTERT	<0.3	0.36	<0.5	<1	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.5	3.5	<3	3.61	3.63	<3	18.11
AUBANGE	0.31	0.38	<0.5	1.02	0.05	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.97	3.3	<3	5.13	4.87	<3	21.22
AUBEL	0.48	0.69	0.52	1.24	0.13	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	2.75	3.35	<3	6.11	5.14	<3	25.31
AWANS	0.44	0.61	0.51	1.15	0.11	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.15	3.38	<3	5.57	4.83	<3	23.72
AYWAILLE	0.36	0.47	0.51	1.07	0.07	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.82	3.4	<3	4.83	4.47	<3	21.24
BAELEN	0.45	0.63	0.52	1.19	0.12	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.03	3.37	<3	5.7	4.89	<3	24.13
BASSENGE	0.36	0.46	0.51	1.03	0.07	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.94	3.44	<3	4.48	4.19	<3	20.55
BASTOGNE	<0.3	0.36	<0.5	<1	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.5	3.49	<3	3.64	3.66	<3	18.17
BEAUMONT	0.31	0.37	<0.5	<1	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.37	3.46	<3	3.9	3.86	<3	18.76
BEAURAING	0.31	0.37	<0.5	<1	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.89	3.2	<3	5.85	5.54	<3	22.44
BEAUVECHAIN	0.34	0.44	<0.5	1.05	0.06	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.04	3.45	<3	4.28	4.04	<3	19.99
BELOEIL	0.31	0.38	<0.5	<1	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.08	3.33	<3	4.93	4.73	<3	20.76
BERLOZ	0.36	0.48	0.51	1.09	0.07	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.86	3.44	<3	4.58	4.23	<3	20.84
BERNISSART	0.46	0.65	0.52	1.2	0.12	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	2.96	3.37	<3	5.81	4.95	<3	24.46
BERTOGNE	0.33	0.41	<0.5	1.02	0.05	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.16	3.45	<3	4.19	4.02	<3	19.6
BERTRIX	0.34	0.43	<0.5	1.05	0.06	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.81	3.35	<3	4.98	4.63	<3	21.32
BEYNE-HEUSAY	0.4	0.55	0.51	1.15	0.09	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.48	3.41	<3	5.07	4.51	<3	22.31
BIEVRE	0.31	0.37	<0.5	1.01	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.25	3.42	<3	4.23	4.13	<3	19.42
BINCHE	0.31	0.37	<0.5	1.01	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.43	3.49	<3	3.74	3.72	<3	18.47
BLEGNY	0.4	0.55	0.51	1.14	0.09	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.5	3.41	<3	5.06	4.51	<3	22.27
BOUILLON	<0.3	0.36	<0.5	<1	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.49	3.48	<3	3.72	3.74	<3	18.33
BOUSSU	<0.3	0.36	<0.5	<1	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.91	3.28	<3	5.2	4.92	<3	21.23
BRAINE-L'ALLEUD	0.39	0.54	0.51	1.13	0.09	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.55	3.41	<3	4.99	4.47	<3	22.05
BRAINE-LE-CHATEAU	0.46	0.65	0.52	1.2	0.12	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	2.92	3.35	<3	5.94	5.06	<3	24.7
BRAINE-LE-COMTE	0.38	0.5	0.51	1.1	0.08	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.66	3.38	<3	5.11	4.66	<3	22.01
BRAIVES	0.37	0.49	0.51	1.1	0.08	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.76	3.42	<3	4.79	4.39	<3	21.34
BRUGELETTE	0.4	0.54	0.51	1.13	0.09	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.55	3.42	<3	4.97	4.45	<3	22.02
BRUNEHAUT	0.35	0.45	0.51	1.07	0.06	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.72	3.33	<3	5.25	4.85	<3	21.94
BULLINGEN	<0.3	0.36	<0.5	<1	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.47	3.48	<3	3.72	3.73	<3	18.34
BURDINNE	0.36	0.48	0.51	1.1	0.07	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.85	3.42	<3	4.67	4.32	<3	20.98
BURG-REULAND	<0.3	0.37	<0.5	1.01	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.35	3.45	<3	4.03	3.97	<3	18.97
BUTGENBACH	0.33	0.41	<0.5	1.03	0.05	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.8	3.31	<3	5.18	4.83	<3	21.56
CELLES	0.43	0.6	0.51	1.11	0.11	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.25	3.39	<3	5.41	4.72	<3	23.29
CERFONTAINE	0.31	0.37	<0.5	1.01	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.37	3.48	<3	3.81	3.76	<3	18.61
CHAPELLE-LEZ-HERLAIMONT	0.32	0.37	<0.5	1.02	0.05	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.4	3.11	<3	6.48	5.93	<3	23.92
CHARLEROI	0.33	0.42	<0.5	1.04	0.06	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.17	3.45	<3	4.19	4.03	<3	19.64
CHASTRE	0.34	0.44	<0.5	1.05	0.06	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.06	3.44	<3	4.36	4.13	<3	20.12
CHATELET	0.31	0.37	<0.5	1.01	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.2	3.43	<3	4.13	4	<3	19.26
CHAUDFONTAINE	0.32	0.4	<0.5	1.03	0.05	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.68	3.14	<3	6.46	6.04	<3	23.8
CHAUMONT-GISTOUX	0.35	0.45	0.51	1.07	0.07	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4	3.45	<3	4.37	4.1	<3	20.24
CHIEVRES	0.31	0.37	<0.5	1.02	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.43	3.49	<3	3.74	3.72	<3	18.47
CHIMAY	0.32	0.4	<0.5	1.03	0.05	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.27	3.46	<3	4.05	3.95	<3	19.23
CHINY	<0.3	0.36	<0.5	1.01	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.33	3.45	<3	3.95	3.89	<3	18.84
CINEY	0.31	0.38	<0.5	1.02	0.05	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.39	3.49	<3	3.79	3.75	<3	18.62
CLAVIER	0.35	0.45	0.51	1.09	0.07	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.71	3.32	<3	5.29	4.88	<3	22.02
COLFONTAINE	0.31	0.37	<0.5	1.01	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.45	3.49	<3	3.69	3.69	<3	18.35
COMBLAIN-AU-PONT	0.36	0.47	0.51	1.11	0.07	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.87	3.43	<3	4.61	4.28	<3	20.86
COMINES-WARNETON	0.42	0.58	0.51	1.14	0.1	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.28	3.38	<3	5.43	4.75	<3	23.22
COURCELLES	0.32	0.4	<0.5	1.02	0.05	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.93	3.28	<3	5.37	5.08	<3	21.74
COURT-SAINT-ETIENNE	0.36	0.48	0.51	1.08	0.07	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.85	3.43	<3	4.59	4.25	<3	20.85
COUVIN	<0.3	0.36	<0.5	<1	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.37	3.44	<3	4.01	3.97	<3	18.9
CRISNEE	0.44	0.63	0.52	1.2	0.11	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.08	3.37	<3	5.69	4.9	<3	24.05
DALHEM	0.37	0.5	0.51	1.07	0.08	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.78	3.43	<3	4.67	4.28	<3	21.14
DAVERDISSE	<0.3	0.36	<0.5	<1	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.49	3.49	<3	3.69	3.71	<3	18.28
DINANT	0.31	0.39	<0.5	1.02	0.05	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.36	3.48	<3	3.82	3.77	<3	18.72
DISON	<0.3	0.36	<0.5	<1	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.45	3.48	<3	3.74	3.74	<3	18.37
DOISCHE	0.31	0.38	<0.5	1.03	0.05	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.23	3.41	<3	4.3	4.17	<3	19.58
DONCEEL	0.38	0.51	0.51	1.11	0.08	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.67	3.42	<3	4.82	4.37	<3	21.56
DOUR	<0.3	0.37	<0.5	1.01	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.44	3.48	<3	3.78	3.77	<3	18.49
DURBUY	0.37	0.5	0.51	1.22	0.08	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.62	3.36	<3	5.25	4.78	<3	22.25
ECAUSSINNES	0.36	0.47	0.51	1.09	0.07	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.92	3.44	<3	4.5	4.19	<3	20.61
EGHEZEE	0.32	0.4	<0.5	1.02	0.05	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.89	3.25	<3	5.56	5.26	<3	22.08
ELLEZELLES	0.48	0.7	0.52	1.24	0.13	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	2.68	3.34	<3	6.23	5.21	<3	25.6
ENGHIEN	0.39	0.53	0.51	1.11	0.09	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.54	3.4	<3	5.06	4.54	<3	22.15
ENGIS	0.31	0.38	<0.5	1.01	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.25	3.43	<3	4.22	4.11	<3	19.43
EREZEE	0.38	0.44	0.51	1.05	0.06	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.33	3.3	<3	5.62	5	<3	23.1
ERQUELINNES	0.31	0.38	<0.5	1.01	0.05	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.23	3.44	<3	4.08	3.96	<3	19.21
ESNEUX	0.31	0.37	<0.5	<1	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.37	3.46	<3	3.97	3.93	<3	18.91
ESTAIMPUIS	0.42	0.59	0.51	1.11	0.1	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.29	3.4	<3	5.33	4.66	<3	23.09
ESTINNES	<0.3	0.37	<0.5	<1	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.41	3.46	<3	3.91	3.89	<3	18.73
ETALLE	0.32	0.39	<0.5	1.02	0.05	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.22	3.43	<3	4.21	4.08	<3	19.49
EUPEN	0.41	0.58	0.51	1.15	0.1	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.36	3.4	<3	5.26	4.63	<3	22.85
FAIMES	0.37	0.49	0.51	1.1	0.08	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.8	3.44	<3	4.61	4.23	<3	21.02
FARCIENNES	0.31	0.37	<0.5	1.01	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.43	3.48	<3	3.79	3.78	<3	18.55
FAUVILLERS	0.32	0.39	<0.5	1.03	0.05	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.15	3.09	<3	6.59	5.92	<3	24.28
FERNELMONT	<0.3	0.37	<0.5	<1	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.24	3.37	<3	4.62	4.51	<3	20.09
FERRIERES	0.41	0.57	0.51	1.16	0.1	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.34	3.38	<3	5.39	4.75	<3	23.06
FEXHE-LE-HAUT-CLOCHER	0.4	0.54	0.51	1.14	0.09	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.52	3.41	<3	5.01	4.48	<3	22.14
FLEMALLE	0.32	0.39	<0.5	1.02	0.05	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.03	3.34	<3	4.85	4.63	<3	20.73
FLERON	0.4	0.54	0.51	1.15	0.09	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.4	3.38	<3	5.21	4.61	<3	22.53
FLEURUS	0.38	0.52	0.51	1.12	0.08	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.46	3.32	<3	5.58	5.02	<3	23.03
FLOBECQ	0.36	0.43	0.51	1.02	0.07	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.74	3.37	<3	4.95	4.56	<3	21.46
FLOREFFE	0.46	0.66	0.52	1.23	0.12	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	2.75	3.3	<3	6.36	5.39	<3	25.58
FLORENNES	0.31	0.37	<0.5	1.01	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.32	3.43	<3	4.15	4.07	<3	19.26
FLORENVILLE	0.31	0.37	<0.5	1.01	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.4	3.48	<3	3.83	3.8	<3	18.64
FONTAINE-L'EVEQUE	0.33	0.42	<0.5	1.05	0.06	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.99	3.37	<3	4.8	4.54	<3	20.81
FOSSES-LA-VILLE	0.31	0.38	<0.5	1.01	0.05	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.19	3.42	<3	4.27	4.13	<3	19.56
FRAMERIES	0.31	0.38	<0.5	1.01	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.39	3.48	<3	3.85	3.81	<3	18.7
FRASNES-LEZ-ANVAING	0.4	0.55	0.51	1.15	0.09	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.46	3.37	<3	5.33	4.76	<3	22.75
FROIDCHAPELLE	<0.3	0.36	<0.5	<1	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.46	3.48	<3	3.74	3.75	<3	18.4
GEDINNE	0.31	0.38	<0.5	1.02	0.05	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.28	3.45	<3	4.03	3.94	<3	19.11
GEER	0.42	0.59	0.51	1.16	0.1	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.28	3.39	<3	5.36	4.69	<3	23.15
GEMBLOUX	0.32	0.4	<0.5	1.03	0.05	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.26	3.48	<3	3.97	3.86	<3	19.13
GENAPPE	0.34	0.43	<0.5	1.05	0.06	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.11	3.46	<3	4.21	4.01	<3	19.78
GERPINNES	<0.3	0.37	<0.5	1.01	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.43	3.48	<3	3.81	3.79	<3	18.56
GESVES	0.34	0.44	<0.5	1.09	0.06	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.06	3.45	<3	4.3	4.07	<3	20.03
GOUVY	<0.3	0.36	<0.5	<1	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.28	3.43	<3	4.12	4.04	<3	19.15
GRACE-HOLLOGNE	<0.3	0.36	<0.5	<1	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.43	3.48	<3	3.79	3.77	<3	18.49
GREZ-DOICEAU	0.42	0.59	0.51	1.13	0.1	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.3	3.39	<3	5.39	4.72	<3	23.16
HABAY	<0.3	0.36	<0.5	<1	0.04	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.58	3.18	<3	5.88	5.43	<3	22.6
HAMOIR	0.33	0.42	<0.5	1.04	0.06	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.17	3.47	<3	4.08	3.91	<3	19.47
HAMOIS	0.32	0.39	<0.5	1.02	0.05	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.27	3.44	<3	4.13	4.02	<3	19.32
HAM-SUR-HEURE-NALINNES	0.36	0.47	0.51	1.09	0.07	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.87	3.42	<3	4.67	4.33	<3	20.93

COMMUNE	EOX	CN_lib	CN_ncd	CN_tot	IP	Ben	Tolu	EBen	oXyl	mpXyl	Xyl_tot	BTEX	Styr	HTP10a12	HTP12a16	HTP16a21	HTP21a30	HTP30a35	HTP35a40	HTP_tot
HANNUT	0.36	0.48	0.51	1.09	0.07	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.8	3.42	<3	4.69	4.32	<3	21.07
HASTIERE	0.37	0.6	0.51	1.24	0.1	<0.01	0.08	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	2.87	3.13	<3	6.7	5.86	<3	25.09
HAVELANGE	0.32	0.4	<0.5	1.03	0.05	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.31	3.48	<3	3.93	3.84	<3	18.99
HELECINE	0.41	0.56	0.51	1.1	0.09	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.46	3.41	<3	5.08	4.51	<3	22.38
HENSIES	0.33	0.42	<0.5	1.04	0.06	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.92	3.37	<3	4.77	4.47	<3	20.82
HERBEUMONT	<0.3	0.36	<0.5	<1	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.45	3.49	<3	3.69	3.7	<3	18.29
HERON	0.32	0.41	<0.5	1.06	0.05	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.11	3.38	<3	4.68	4.49	<3	20.47
HERSTAL	0.37	0.49	0.51	1.09	0.08	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.82	3.44	<3	4.59	4.23	<3	20.93
HERVE	<0.3	0.36	<0.5	<1	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.45	3.48	<3	3.78	3.78	<3	18.46
HONNELLES	<0.3	0.36	<0.5	<1	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.47	3.49	<3	3.71	3.72	<3	18.33
HOTTON	0.31	0.38	<0.5	1.02	0.05	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.31	3.45	<3	4.04	3.96	<3	19.11
HOUFFALIZE	<0.3	0.37	<0.5	<1	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.45	3.49	<3	3.71	3.71	<3	18.37
HOUYET	0.32	0.41	<0.5	1.06	0.05	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.77	3.27	<3	5.43	5.06	<3	21.95
HUY	<0.3	0.36	<0.5	<1	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.5	3.5	<3	3.62	3.65	<3	18.15
INCOURT	0.37	0.5	0.51	1.1	0.08	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.78	3.44	<3	4.64	4.25	<3	21.09
ITTRE	0.32	0.4	<0.5	1.03	0.05	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.26	3.47	<3	3.98	3.87	<3	19.16
JALHAY	0.31	0.37	<0.5	1.01	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.1	3.38	<3	4.5	4.32	<3	19.95
JEMEPPE-SUR-SAMBRE	0.42	0.59	0.51	1.13	0.1	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.27	3.38	<3	5.44	4.76	<3	23.27
JODOIGNE	0.44	0.61	0.51	1.18	0.11	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.16	3.38	<3	5.53	4.78	<3	23.63
JUPRELLE	0.42	0.58	0.51	1.16	0.1	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.32	3.39	<3	5.32	4.67	<3	23
JURBISE	0.32	0.4	<0.5	1.02	0.05	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.15	3.41	<3	4.45	4.28	<3	20.03
KELMIS	0.32	0.4	<0.5	1.02	0.05	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.23	3.46	<3	4.05	3.92	<3	19.3
LA BRUYERE	0.32	0.39	<0.5	1.03	0.05	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.7	3.24	<3	5.67	5.26	<3	22.4
LA HULPE	0.41	0.56	0.51	1.09	0.1	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.37	3.38	<3	5.31	4.69	<3	22.85
LA LOUVIERE	0.33	0.41	<0.5	1.03	0.05	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.72	3.24	<3	5.69	5.29	<3	22.46
LA ROCHE-EN-ARDENNE	0.31	0.37	<0.5	1.01	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.25	3.41	<3	4.35	4.24	<3	19.64
LASNE	0.37	0.5	0.51	1.11	0.08	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.75	3.42	<3	4.78	4.37	<3	21.36
LE ROEULX	0.39	0.53	0.51	1.12	0.09	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.6	3.42	<3	4.91	4.42	<3	21.84
LEGLISE	<0.3	0.36	<0.5	<1	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.5	3.5	<3	3.62	3.65	<3	18.14
LENS	0.36	0.48	0.51	1.09	0.07	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.73	3.41	<3	4.71	4.3	<3	21.13
LES BONS VILLERS	<0.3	0.37	<0.5	<1	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.87	3.13	<3	6.4	6.08	<3	23.38
LESSINES	0.47	0.67	0.52	1.18	0.13	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	2.87	3.36	<3	5.95	5.04	<3	24.85
LEUZE-EN-HAINAUT	0.32	0.39	<0.5	1.01	0.05	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.34	3.48	<3	3.88	3.82	<3	18.86
LIBIN	0.31	0.37	<0.5	1.01	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.41	3.48	<3	3.8	3.77	<3	18.58
LIBRAMONT-CHEVIGNY	<0.3	0.36	<0.5	<1	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.51	3.5	<3	3.6	3.63	<3	18.1
LIEGE	<0.3	0.36	<0.5	<1	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.37	3.44	<3	4.03	3.99	<3	18.94
LIERNEUX	0.36	0.41	0.51	1.01	0.06	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.51	3.27	<3	5.67	5.15	<3	22.86
LIMBOURG	<0.3	0.36	<0.5	<1	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.99	3.3	<3	5.02	4.78	<3	20.88
LINCENT	0.44	0.62	0.51	1.2	0.11	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.12	3.38	<3	5.58	4.82	<3	23.8
LOBBES	0.34	0.43	<0.5	1.05	0.06	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.13	3.45	<3	4.22	4.03	<3	19.76
LONTZEN	0.45	0.64	0.52	1.2	0.12	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.01	3.37	<3	5.74	4.91	<3	24.22
MALMEDY	0.38	0.5	0.51	1.1	0.08	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.12	3.31	<3	5.46	4.75	<3	22.95
MANAGE	<0.3	0.36	<0.5	<1	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.19	3.37	<3	4.55	4.42	<3	19.96
MANHAY	0.31	0.38	<0.5	1.01	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.41	3.48	<3	3.8	3.78	<3	18.6
MARCHE-EN-FAMENNE	<0.3	0.36	<0.5	<1	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.47	3.48	<3	3.78	3.79	<3	18.43
MARCHIN	0.35	0.46	0.51	1.08	0.07	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.98	3.44	<3	4.42	4.15	<3	20.38
MARTELANGE	0.31	0.37	<0.5	1.01	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.4	3.47	<3	3.87	3.84	<3	18.7
MEIX-DEVANT-VIRTON	<0.3	0.36	<0.5	<1	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.48	3.49	<3	3.69	3.71	<3	18.28
MERBES-LE-CHATEAU	0.4	0.55	0.51	1.31	0.09	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.28	3.29	<3	5.96	5.3	<3	23.98
MESSANCY	<0.3	0.36	<0.5	<1	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.41	3.44	<3	4.03	4.01	<3	18.92
METTET	<0.3	0.36	<0.5	<1	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.25	3.42	<3	4.17	4.07	<3	19.25
MODAVE	0.31	0.38	<0.5	1.01	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.19	3.36	<3	4.7	4.55	<3	20.28
MOMIGNIES	<0.3	0.36	<0.5	<1	0.04	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.84	3.3	<3	4.96	4.65	<3	20.84
MONS	0.37	0.5	0.51	1.07	0.08	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.73	3.41	<3	4.82	4.41	<3	21.44
MONT-DE-L'ENCLUS	0.37	0.48	0.51	1.05	0.07	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.52	3.36	<3	5.07	4.56	<3	21.87
MONTIGNY-LE-TILLEUL	0.34	0.44	<0.5	1.05	0.06	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.76	3.34	<3	5.04	4.66	<3	21.46
MONT-SAINT-GUIBERT	0.34	0.44	<0.5	1.06	0.06	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.07	3.46	<3	4.27	4.05	<3	19.98
MORLANWELZ	<0.3	0.36	<0.5	<1	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.5	3.5	<3	3.63	3.65	<3	18.16
MOUSCRON	0.41	0.57	0.51	1.07	0.1	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.22	3.35	<3	5.59	4.89	<3	23.46
MUSSON	0.31	0.37	<0.5	1.01	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.32	3.44	<3	4.05	3.97	<3	19.06
NAMUR	0.31	0.37	<0.5	1.01	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.07	3.33	<3	4.89	4.69	<3	20.65
NANDRIN	0.35	0.51	0.51	1.13	0.08	<0.01	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.5	3.2	<3	6.23	5.7	<3	23.8
NASSOGNE	<0.3	0.36	<0.5	<1	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.5	3.5	<3	3.64	3.66	<3	18.17
NEUFCHATEAU	<0.3	0.36	<0.5	<1	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.49	3.49	<3	3.7	3.71	<3	18.28
NEUPRE	<0.3	0.36	<0.5	<1	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.44	3.48	<3	3.74	3.73	<3	18.4
NIVELLES	0.34	0.44	<0.5	1.05	0.06	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.04	3.45	<3	4.33	4.1	<3	20.08
OHEY	0.4	0.55	0.51	1.13	0.09	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.48	3.41	<3	5.05	4.49	<3	22.25
OLNE	0.32	0.41	<0.5	1.03	0.05	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.75	3.18	<3	6.14	5.75	<3	23.23
ONHAYE	0.37	0.5	0.51	1.17	0.08	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.73	3.41	<3	4.84	4.42	<3	21.48
OREYE	0.39	0.53	0.51	1.06	0.09	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.54	3.4	<3	5.06	4.53	<3	22.13
ORP-JAUCHE	0.4	0.55	0.51	1.13	0.09	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.52	3.41	<3	5.02	4.48	<3	22.18
OTTIGNIES-LOUVAIN-LA-NEUVE	0.41	0.57	0.51	1.15	0.1	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.41	3.4	<3	5.2	4.6	<3	22.66
OUFFET	0.34	0.44	<0.5	1.04	0.06	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.04	3.43	<3	4.47	4.23	<3	20.33
OUPEYE	0.42	0.58	0.51	1.16	0.1	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.31	3.39	<3	5.33	4.67	<3	23.04
PALISEUL	0.32	0.39	<0.5	1.02	0.05	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.35	3.48	<3	3.84	3.78	<3	18.78
PECQ	0.43	0.61	0.51	1.18	0.11	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.16	3.38	<3	5.56	4.82	<3	23.69
PEPINSTER	0.31	0.38	<0.5	1.02	0.05	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.38	3.49	<3	3.79	3.75	<3	18.64
PERUWELZ	0.33	0.42	<0.5	1.04	0.06	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.98	3.36	<3	4.91	4.64	<3	21.02
PERWEZ	0.43	0.6	0.51	1.17	0.11	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.22	3.38	<3	5.48	4.78	<3	23.43
PHILIPPEVILLE	0.31	0.38	<0.5	1.01	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.38	3.48	<3	3.82	3.78	<3	18.65
PLOMBIERES	0.48	0.7	0.52	1.22	0.13	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	2.69	3.33	<3	6.26	5.24	<3	25.66
PONT-A-CELLES	0.32	0.41	<0.5	1.03	0.05	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.27	3.48	<3	3.94	3.83	<3	19.09
PROFONDEVILLE	0.35	0.45	0.51	1.04	0.06	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.02	3.44	<3	4.39	4.14	<3	20.25
QUAREGNON	0.32	0.39	<0.5	1.02	0.05	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.31	3.47	<3	3.92	3.84	<3	18.93
QUEVY	<0.3	0.36	<0.5	<1	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.43	3.47	<3	3.8	3.79	<3	18.5
QUIEVRAIN	0.4	0.55	0.51	1.1	0.09	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.39	3.37	<3	5.38	4.77	<3	22.92
RAEREN	0.4	0.54	0.51	1.13	0.09	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.54	3.41	<3	4.99	4.46	<3	22.07
RAMILLIES	0.38	0.51	0.51	1.11	0.08	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.5	3.37	<3	5.13	4.6	<3	22.17
REBECQ	0.41	0.57	0.51	1.17	0.1	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.41	3.41	<3	5.17	4.57	<3	22.62
REMICOURT	0.35	0.46	0.51	1.07	0.07	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.99	3.45	<3	4.35	4.09	<3	20.25
RENDEUX	0.35	0.47	0.51	1.04	0.07	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.59	3.23	<3	6.05	5.56	<3	23.48
RIXENSART	0.43	0.6	0.51	1.18	0.11	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.21	3.39	<3	5.48	4.76	<3	23.47
ROCHEFORT	<0.3	0.36	<0.5	<1	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.51	3.5	<3	3.6	3.63	<3	18.1
ROUVROY	0.32	0.4	<0.5	1.02	0.05	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.11	3.37	<3	4.68	4.49	<3	20.42
RUMES	0.35	0.46	0.51	1.07	0.07	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.96	3.45	<3	4.4	4.11	<3	20.36
SAINTE-ODE	0.36	0.47	0.51	1.18	0.07	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.94	3.44	<3	4.49	4.2	<3	20.56
SAINT-GEORGES-SUR-MEUSE	<0.3	0.36	<0.5	<1	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.48	3.49	<3	3.71	3.72	<3	18.32
SAINT-GHISLAIN	0.32	0.39	<0.5	1.03	0.05	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.32	3.48	<3	3.9	3.82	<3	18.91
SAINT-HUBERT	0.48	0.69	0.52	1.31	0.13	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	2.73	3.34	<3	6.15	5.16	<3	25.42
SAINT-LEGER	<0.3	0.36	<0.5	<1	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.31	3.44	<3	4.08	4	<3	19.07
SAINT-NICOLAS	<0.3	0.36	<0.5	<1	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.48	3.48	<3	3.73	3.74	<3	18.34
SAMBREVILLE	0.34	0.43	<0.5	1.08	0.06	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.03	3.4	<3	4.63	4.38	<3	20.56
SANKT VITH	0.32	0.4	<0.5	1.01	0.05	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.21	3.43	<3	4.27	4.13	<3	19.65
SENEFFE	0.37	0.49	0.51	1.1	0.08	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.77	3.42	<3	4.77	4.38	<3	21.28
SERAING	<0.3	0.36	<0.5	<1	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.41	3.48	<3	3.72	3.7	<3	18.36
SILLY	0.4	0.55	0.51	1.14	0.09	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.49	3.41	<3	5.07	4.52	<3	22.3
SIVRY-RANCE	0.31	0.44	<0.5	1.04	0.05	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.9	3.29	<3	5.14	4.85	<3	21.23
SOIGNIES	0.34	0.43	<0.5	1.05	0.06	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.1	3.44	<3	4.31	4.11	<3	19.95
SOMBREFFE	0.32	0.39	<0.5	1.01	0.05	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.66	3.18	<3	6.05	5.63	<3	23.01
SOMME-LEUZE	0.39	0.49	0.51	1.11	0.08	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.42	3.34	<3	5.48	4.9	<3	22.9
SOUMAGNE	0.34	0.44	<0.5	1.06	0.06	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.04	3.43	<3	4.45	4.22	<3	20.28
SPA	0.32	0.4	<0.5	1.03	0.05	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.96	3.3	<3	5.22	4.95	<3	21.45
SPRIMONT	<0.3	0.36	<0.5	<1	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.44	3.47	<3	3.82	3.81	<3	18.52
STAVELOT	0.32	0.4	<0.5	1.03	0.05	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.23	3.45	<3	4.14	4.02	<3	19.42
STOUMONT	0.37	0.49	0.51	1.05	0.08	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.54	3.31	<3	5.53	5.01	<3	22.72

COMMUNE	EOX	CN_lib	CN_ncd	CN_tot	IP	Ben	Tolu	EBen	oXyl	mpXyl	Xyl_tot	BTEX	Styr	HTP10a12	HTP12a16	HTP16a21	HTP21a30	HTP30a35	HTP35a40	HTP_tot
TELLIN	<0.3	0.37	<0.5	<1	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.59	3.05	<3	6.94	6.48	<3	24.48
TENNEVILLE	<0.3	0.37	<0.5	<1	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.15	3.3	<3	5.15	4.98	<3	21.07
THEUX	0.42	0.59	0.51	1.16	0.1	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.27	3.38	<3	5.46	4.78	<3	23.32
THIMISTER-CLERMONT	0.39	0.53	0.51	1.13	0.09	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.57	3.41	<3	4.97	4.46	<3	21.99
THUIN	0.33	0.41	<0.5	1.04	0.05	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.95	3.38	<3	4.67	4.4	<3	20.56
TINLOT	0.37	0.49	0.51	1.1	0.07	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.8	3.42	<3	4.74	4.36	<3	21.2
TINTIGNY	<0.3	0.37	<0.5	<1	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.28	3.43	<3	4.11	4.02	<3	19.16
TOURNAI	0.33	0.41	<0.5	1.04	0.05	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.24	3.47	<3	4.01	3.89	<3	19.26
TROIS-PONTS	0.34	0.43	<0.5	1.06	0.06	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.09	3.44	<3	4.34	4.13	<3	20.01
TROOZ	<0.3	0.36	<0.5	<1	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.48	3.48	<3	3.73	3.74	<3	18.34
TUBIZE	0.42	0.59	0.51	1.17	0.1	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.26	3.38	<3	5.43	4.74	<3	23.26
VAUX-SUR-SURE	0.46	0.65	0.52	1.22	0.12	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	2.83	3.3	<3	6.26	5.33	<3	25.31
VERLAINE	0.35	0.45	0.51	1.07	0.06	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.96	3.42	<3	4.61	4.32	<3	20.69
VERVIERS	<0.3	0.36	<0.5	<1	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.51	3.5	<3	3.6	3.63	<3	18.1
VIELSALM	0.43	0.6	0.51	1.24	0.11	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.21	3.38	<3	5.49	4.77	<3	23.48
VILLERS-LA-VILLE	0.4	0.54	0.51	1.13	0.09	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.54	3.42	<3	4.99	4.46	<3	22.08
VILLERS-LE-BOUILLET	0.45	0.63	0.52	1.2	0.12	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.05	3.37	<3	5.73	4.92	<3	24.17
VIROINVAL	<0.3	0.36	<0.5	<1	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.24	3.38	<3	4.5	4.39	<3	19.85
VIRTON	0.33	0.42	<0.5	1.04	0.06	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.11	3.41	<3	4.48	4.28	<3	20.18
VISE	0.41	0.56	0.51	1.13	0.09	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.46	3.41	<3	5.12	4.55	<3	22.45
VRESSE-SUR-SEMOIS	0.32	0.4	<0.5	1.03	0.05	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.93	3.31	<3	5.14	4.85	<3	21.36
WAIMES	<0.3	0.37	<0.5	1.01	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.21	3.36	<3	4.66	4.53	<3	20.17
WALCOURT	<0.3	0.36	<0.5	<1	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.5	3.49	<3	3.64	3.66	<3	18.17
WALHAIN	0.33	0.41	<0.5	1.04	0.05	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.21	3.46	<3	4.13	3.99	<3	19.48
WANZE	0.32	0.4	<0.5	1.02	0.05	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.16	3.41	<3	4.45	4.29	<3	20.02
WAREMME	0.41	0.56	0.51	1.14	0.09	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.43	3.4	<3	5.12	4.54	<3	22.46
WASSEIGES	0.32	0.41	<0.5	1.03	0.05	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	4.23	3.46	<3	4.12	3.99	<3	19.42
WATERLOO	0.39	0.53	0.51	1.13	0.09	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.56	3.41	<3	4.98	4.47	<3	22.01
WAVRE	0.4	0.55	0.51	1.13	0.09	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.53	3.42	<3	5	4.47	<3	22.13
WELKENRAEDT	0.44	0.62	0.51	1.2	0.11	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.11	3.38	<3	5.62	4.85	<3	23.88
WELLIN	0.35	0.46	0.51	1.04	0.07	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.79	3.37	<3	5	4.63	<3	21.52
YVOIR	0.4	0.54	0.51	1.11	0.09	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.05	<0.003	3.53	3.41	<3	5.01	4.48	<3	22.14

Annexe 6 : Manuel d'utilisation de l'outil informatique INFO-FONDS pour la détermination et l'interprétation des concentrations de fond en polluants inorganiques et organiques en Région wallonne

Manuel d'utilisation de l'outil informatique « INFO-FONDS » pour la détermination et l'interprétation des concentrations de fond en polluants inorganiques et organiques en Région wallonne

novembre 2012

Rédaction et réalisation :

B. Pereira, H. Titeux, L. Capette et Ph. Sonnet
UCL – Earth and Life Institute – Environmental Sciences (ELIE)

J. Gesels, F. Dollé et S. Brouyère (ULg-AQUAPÔLE)

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION.....3

INSTALLATION DU PROGRAMME ET CONSULTATION DES DONNEES 3

DETERMINATION DES CONCENTRATIONS ATTENDUES EN POLLUANTS ORGANIQUES ET INORGANIQUES DANS LES SOLS.....5

DETERMINATION DES TENEURS HABITUELLES ET DES CONCENTRATIONS DE FOND EN POLLUANTS INORGANIQUES DANS LES EAUX SOUTERRAINES 6

DESCRIPTION DES COUCHES D'INFORMATION RELATIVES AUX ANOMALIES GEOCHIMIQUES ... **ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.**

INFORMATIONS ATTRIBUTAIRES CONTENUES DANS LES DIFFERENTES COUCHES 10

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES 20

Introduction

Ce document présente l'application cartographique « INFO-FONDS ». L'application permet de faire un pronostic des valeurs de concentrations de fond attendues en absence d'anomalie géochimique et de pollution locale en tout point du territoire de la Région wallonne. Dans le cadre des investigations de type Etude Exploratoire, d'Orientation ou de Caractérisation, INFO-FONDS est utile pour estimer a priori si une concentration mesurée en tel ou tel polluant est susceptible de correspondre à une concentration de fond, ou à l'inverse si on peut estimer en première analyse qu'il s'agit d'une contamination locale.

INFO-FONDS se présente sous la forme d'une carte interactive superposant plusieurs couches d'informations géographiques. La moitié des couches d'informations sert à la détermination des concentrations de fond dans les sols et dans les eaux souterraines. L'autre moitié des couches d'informations sert à informer l'utilisateur quant à la présence d'anomalies géochimiques qui pourraient induire dans les sols des concentrations en polluants inorganiques plus élevées que les teneurs habituelles. Différentes situations géologiques qui pourraient être à la source de ces anomalies (gisements, filons, chapeaux de fer, etc.) ont été localisées et sont décrits dans l'outil.

Installation du programme et consultation des données

L'outil informatique se présente sous la forme d'une carte interactive consultable à l'aide du logiciel gratuit ArcReader. Ce logiciel est diffusé sur le site internet de la société ESRI (http://www.esri.com/software/arcgis/arcreader/download). ArcReader est un produit d'usage facile, qui permet à chacun de consulter et explorer des données géographiques dynamiques. Un manuel d'utilisation est fourni avec le logiciel.

Les informations nécessaires au fonctionnement de l'outil se présentent sous la forme de deux répertoires :

1. Un répertoire « pmf » (published map file) contenant le fichier « TeneurHabituelle_AnomalieGeochimique.pmf ». Ce fichier est en format ArcReader : « .pmf » contient le code source de la carte. C'est ce fichier que l'utilisateur devra ouvrir avec le logiciel ArcReader.
2. Un répertoire « data » avec les données géographiques nécessaires à la consultation de la carte dans ArcReader.

Pour utiliser l'outil, il sera nécessaire de :

1. Installer le logiciel ArcReader.
2. Copier les informations fournies nécessaires à l'outil, soit les répertoires « pmf » et « data », dans votre répertoire de travail.
3. Ouvrir le fichier « INFO-FONDS.pmf » avec le logiciel ArcReader.

L'outil se présente sous la forme d'une carte interactive superposant plusieurs couches de données géographiques (« layers »).

Les couches d'informations géographiques :

- « Polluant inorganique Conc. attendue»
- « Polluant organique Conc. attendue»

servent à la détermination des concentrations de fond en polluant inorganique et organique dans les sols.

Les couches d'informations géographiques :

- « Polluant inorganique 95centile»
- « Polluant organique 95centile»

servent à la détermination du 95^{e} centile des concentrations attendues en polluant inorganique et organique dans les sols

La couche d'informations géographiques :

- « Occupation du sol »

représente avec un code de couleurs l'occupation du sol majoritaire de la maille considérée selon les usages définis par le Décret « sols » . Les valeurs de concentrations de fond et les valeurs de 95^{e} centile dans les sols sont valables pour le type d'usage renseigné dans cette couche d'informations.

Les couches d'informations géographiques :

- « nappes supérieures / libres »
- « nappes inférieures / captives »

servent à la détermination des teneurs habituelles et des concentrations de fond dans les eaux souterraines.

Les couches d'informations géographiques :

- « Gisements_plomb_zinc_pyrite »,
- « Gisements_barytine »,
- « Carrieres_phosphates »,
- « Gisements_fluorine »,
- « Chapeaux_de_Fer »,
- « Roches_phosphatees »,
- « Schistes_Houillers » et
- « Schistes_Reviniens »

servent à informer l'utilisateur quant à la présence d'anomalies géochimiques ponctuelles qui seraient susceptibles d'induire des concentrations en métaux et métalloïdes plus élevées que les teneurs habituelles données en ce point.

Enfin, la couche d'informations géographiques :

- « commune »

permet à l'utilisateur d'avoir des repères géographiques lors de l'utilisation de l'outil.

Détermination des concentrations attendues en polluants organiques et inorganiques dans les sols

Pour consulter les concentrations de fond pour un site donné, il suffit d'effectuer la séquence d'opérations qui suivent :

1. Passer en mode « data view » (vue des données) en poussant sur le petit bouton situé en bas à gauche de la fenêtre ArcReader

2. Zoomer sur la commune sur laquelle se trouve le site concerné avec l'outil « zoom avant » (outil en forme de loupe comportant un « + »). Zoomer une seconde fois, pour agrandir la partie de la commune sur laquelle se trouve le site étudié

3. Utiliser l'outil « identifier » en cliquant sur le petit bouton « i » (voir. illustration). Une petite fenêtre intitulée « Identifier» apparaît alors. Faire glisser le curseur jusqu'aux coordonnées X,Y (en Lambert belge 72) du site étudié. Les coordonnées exactes de l'endroit où se trouve le curseur sont affichées en bas à gauche de la fenêtre ArcReader.

4. Lorsque le curseur se trouve au-dessus du site concerné, sélectionner dans la fenêtre « Identifier » la couche d'information :
   - « Polluant inorganique Conc. attendue» pour obtenir les concentrations attendues en polluants inorganiques pour le sol de la maille considérée ;
   - « Polluant organique Conc. attendue» pour obtenir les concentrations attendues en polluants organiques pour le sol du de la maille considérée ;
   - « Polluant inorganique 95centile» pour obtenir les valeurs du 95e centile des concentrations en polluant inorganique pour le sol de la maille considérée ;
   - « Polluant organique 95centile» pour obtenir les valeurs du 95e centile des concentrations en polluant organique pour le sol de la maille considérée ;
   - «Occupation du sol» pour obtenir l'occupation du sol considérée pour la maille selon les quatre usages définis par le Décret « sols ».

Les concentrations attendues et le 95^{e} centile de ces concentrations peuvent être consultés ainsi pour l'ensemble de la Région wallonne. Il convient cependant d'insister sur le fait que les concentrations ont été calculées pour chaque maille en tenant compte de l'occupation du sol. L'occupation du sol qui a été utilisée est l'occupation majoritairement retrouvé sur la maille[1]. Dans certaines circonstances, il se peut que l'on désire obtenir la concentration pour une autre occupation que celle qui est renseignée par la carte au point d'intérêt. Il suffit pour cela de rechercher dans la couche d'information « Occupation du sol » la maille la plus proche qui ait cette occupation. Cette concentration déterminée pour une maille voisine permet de prédire de façon approximative la concentration au point d'intérêt s'il avait une autre occupation du sol que celle renseignée par la carte.

[1] Elle a été calculée à partir des informations de la Carte Numérique d'Occupation du Sol de Wallonie (CNOSW)

Détermination des teneurs habituelles et des concentrations de fond en polluants inorganiques dans les eaux souterraines

Pour consulter les teneurs habituelles et des concentrations de fond dans les eaux souterraines pour un site donné, il suffit d'effectuer la séquence d'opérations qui suivent :

1. Passer en mode « data view » (vue des données) en poussant sur le petit bouton situé en bas à gauche de la fenêtre ArcReader

2. Zoomer sur la commune sur laquelle se trouve le site concerné avec l'outil « zoom avant » (outil en forme de loupe comportant un « + »). Zoomer une seconde fois, pour agrandir la partie de la commune sur laquelle se trouve le site étudié

3. Utiliser l'outil « identifier » en cliquant sur le petit bouton « i » (voir. illustration). Une petite fenêtre intitulée « Identifier» apparaît alors. Faire glisser le curseur jusqu'aux coordonnées X,Y (en Lambert belge 72) du site étudié. Les coordonnées exactes de l'endroit où se trouve le curseur sont affichées en bas à gauche de la fenêtre ArcReader.

4. Lorsque le curseur se trouve au-dessus du site concerné, sélectionner dans la fenêtre « Identifier » la couche d'information « Teneur dans les nappes » dans le menu déroulant « identifier depuis : ». Cliquer ensuite sur le site étudié. L'utilisateur verra alors apparaître dans la fenêtre les teneurs habituelles et les concentrations de fond dans la nappe d'eau souterraine principale présente au niveau du site étudié. Lorsque 2 nappes principales superposées sont présentent, l'information pour la couche supérieure est disponible dans la sous-couche d'information « Nappes supérieures / libres » et l'information pour la couche inférieure est disponible dans la sous-couche d'information « Nappes inférieures / captives ».

Au moyen de l'outil, l'utilisateur peut comparer les teneurs de ses analyses à la concentration de fond et à la teneur habituelle de la nappe principale dans laquelle ses échantillons ont été prélevés. La précision de la position des nappes principales dans l'outil INFO-FONDS est d'environ 500 mètres. Dès lors, l'utilisateur doit s'assurer que la (ou les) nappe principale renseignée dans l'outil INFO-FONDS au niveau du site qu'il étudie soit bien celle effectivement échantillonnée. Dans le cas contraire, il se réfèrera aux valeurs de teneur habituelle et de concentration de fond renseignées pour la nappe principale présente sur son site.

En zones urbaine et industrielle, l'utilisateur dispose des informations lui permettant de comparer ses données à la fois à celles d'une même nappe principale située en zone considérée comme impactée par les pollutions atmosphériques de proximité (ZPAP – Zone de Pollution Atmosphérique de Proximité) et à celles d'une même nappe principale située en zone considérée comme non impactée (HZPAP – Hors Zone de Pollution Atmosphérique de Proximité).

Situations géologiques susceptibles d'être à l'origine d'anomalies géochimiques dans les sols

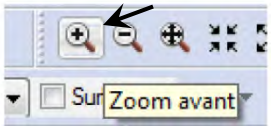
L'outil INFO-FONDS permet d'informer l'utilisateur quant à la présence d'anomalies géochimiques qui pourraient induire dans les sols des concentrations en polluants inorganiques plus élevées que les teneurs habituelles. Différentes situations géologiques qui pourraient être à la source de ces anomalies ont été localisées et sont décrites dans l'outil. Les situations géologiques représentées sont les suivantes :

1. les gisements métallifères connus ou supposés figurent dans la couche d'information géographique : « Gisements_plomb_zinc_pyrite » ;
2. les chapeaux de fer figurent dans la couche d'information géographique « Chapeaux_de_Fer » ;
3. les formations géologiques susceptibles d'être plus riches en certains métaux ou métalloïdes figurent dans les couches d'information géographique « Schistes_Houillers », « Schistes_Reviniens » et « Roches_phosphatees ». ;
4. les gisements de phosphates connus (ayant donné lieu à des exploitations en carrières) figurent dans la couche d'information géographique : « Carrieres_phosphates » ;
5. enfin, les gisements de barytine ($BaSO_4$) et de fluorine (CaF_2) sont susceptibles de causer une élévation des teneurs en polluants inorganiques, car ces minéraux peuvent dans certaines circonstances être associés à des sulfures. Ils sont renseignés dans les couches « Gisements_barytine » et « Gisements_fluorine »,

Pour consulter les informations disponibles associées à ces différentes situations géologiques, il suffit de :

1. Passer en mode « data view » (vue des données) en poussant sur le petit bouton situé en bas à gauche de la fenêtre ArcReader

2. Zoomer sur la commune sur laquelle se trouve le site concerné avec l'outil « zoom avant » (outil en forme de loupe comportant un « + »). Zoomer une seconde fois, pour agrandir la partie de la commune sur laquelle se trouve le site étudié

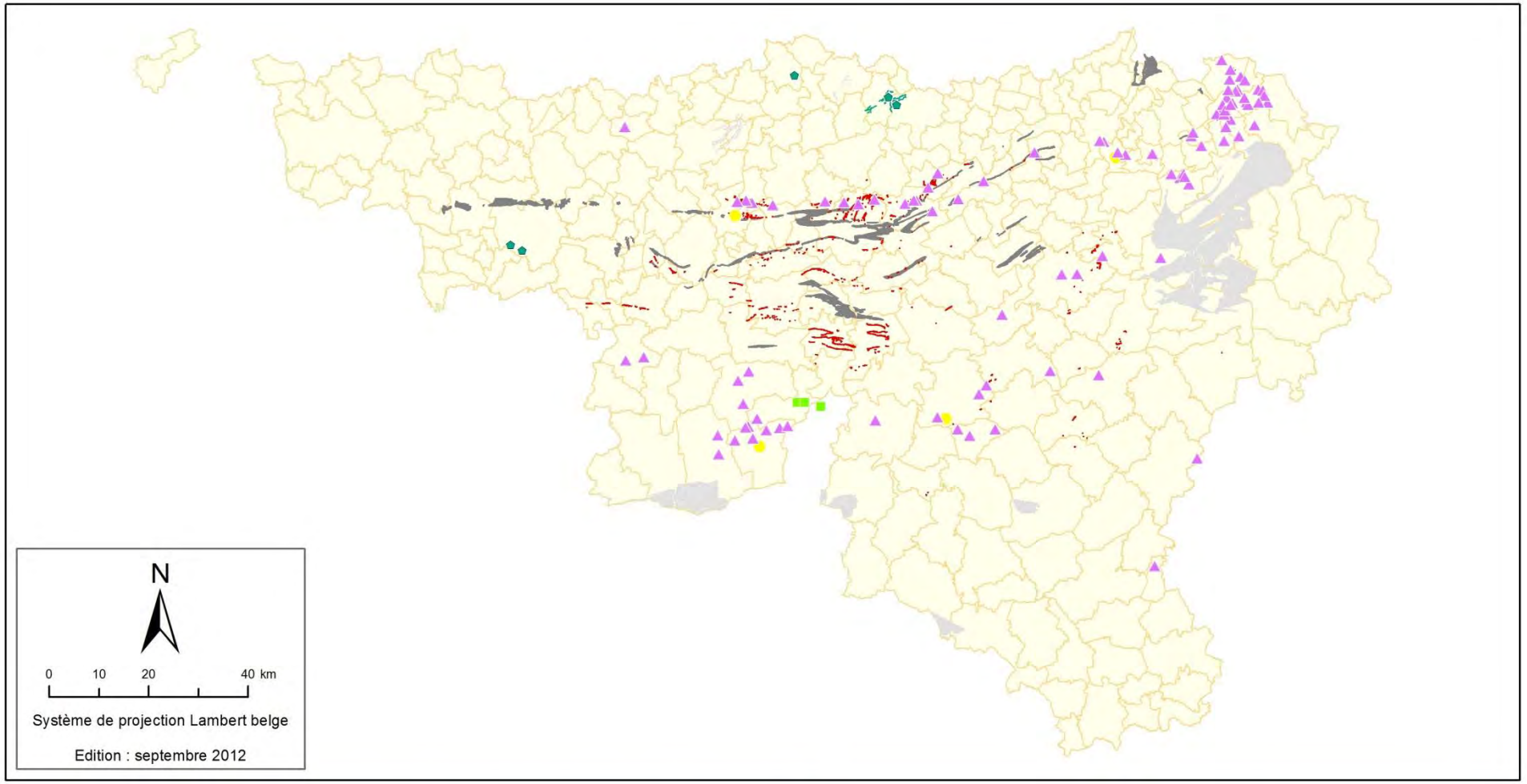


3. Utiliser l'outil « identifier » en cliquant sur le petit bouton « i » (voir. illustration). Une petite fenêtre intitulée « Identifier» apparaît alors. Faire glisser le curseur jusqu'aux coordonnées X,Y (en Lambert belge 72) du site étudié. Les coordonnées exactes de l'endroit ou se trouve le curseur sont affichées en bas à gauche de la fenêtre ArcReader.

4. Lorsque le curseur se trouve au-dessus de la situation géologique, sélectionner dans la fenêtre « identifier» la couche d'information relative à ce type de situation (par exemple : « Chapeaux_de_Fer » pour un chapeau de fer), dans le menu déroulant « identifier depuis : ». Cliquer ensuite, ce qui aura pour effet de

faire apparaître dans la fenêtre les différentes informations associées à cette situation géologique.

L'outil « mesurer » permet de déterminer la distance à laquelle se trouve une situation géologique renseignée par l'outil (gisement, formation géologique, etc.) du site étudié. ArcReader fournit aussi de nombreuses autres fonctionnalités : un manuel d'utilisation complet est disponible dans le logiciel dans l'onglet « aide ».



Situations géologiques susceptibles d'être à l'origine d'anomalies géochimiques dans les sols et dans les eaux souterraines de la Région wallonne

Projet POLLUSOL 2

Légende

Gisements métallifères :
- Gisements plomb-zinc-pyrite
- Gisements de barytine
- Gisements de fluorine

Formations particulièrement riches en certains éléments :
- Schistes du Houiller
- Schistes du Revinien

Autres :
- Carrières de phosphates
- Roches phosphatées
- Chapeaux de Fer

Sources :
- Chapeaux de Fer, Schistes du Révinien et Schistes Houillers : informations extraites de la Carte géologique de Belgique (1/40.000) digitalisée par le Service géologique de Belgique (Institut royal des Sciences naturelles de Belgique)
- Nappes principales : Extension géographique extraite de la base de données de référence MRW-DGARNE (modifiée)
- Concentration attendue : Projet POLLUSOL 2 :
  - Concentration dans les sols (mg/kg MS) (UCL)
  - Concentration dans les nappes (µg/l) (ULg)

Carte réalisée dans le cadre du Projet POLLUSOL 2 (SPAQuE/UCL/ULg/FPMs) financé par SPAQuE

SPAQuE

Réalisation :

UCL, Earth and Life Institute - Environmental Sciences (ELIE)
Université catholique de Louvain

Université de Liège (ULg)
Aquapôle / Geo³-Hydrogéologie et géologie de l'environnement
hge Aquapôle Université de Liège ULg

Informations attributaires contenues dans les différentes couches

Couches « Concentration dans les sols » :

- **« Polluant inorganique Conc. attendue»**
- **« Polluant organique Conc. attendue»**
- **« Polluant inorganique 95centile»**
- **« Polluant organique 95centile»**

Ces couches renseignent sur les concentrations attendues dans le sol et le 95e centile de ces concentrations pour chaque élément en tout point du territoire de la Région wallonne. Ces résultats sont issus de convention d'étude POLLUSOL 2 (SPAQuE).

Les concentrations attendues dans le sol et le 95^{e} centile de ces concentrations ont été calculées à l'aide d'un modèle géostatistique basé sur l'occupation du sol, le type de substrat pédogéologique, les retombées atmosphériques de polluant et les propriétés de dépendance spatiale des concentrations entre elles.

Le modèle géostatistique donne des valeurs prédites avec une certaine incertitude. C'est ainsi qu'on peut calculer une borne supérieure de concentration qui a une probabilité inférieure à 5 chance sur 100 d'être dépassée. Cette borne est appelée ici le « 95e centile ».

Il convient d'interpréter de façon correcte ce « 95e centile». Une valeur élevée ne veut pas dire que les sols à cet endroit présentent des concentrations élevées en polluant. Une valeur élevée pour les cartes de l'incertitude sur la valeur prédite indique qu'à cet endroit il n'est pas impossible que l'on puisse rencontrer des valeurs élevées, étant donnée la valeur prédite par le modèle de prédiction spatiale et l'incertitude que l'on a sur cette prédiction.

Les valeurs renseignées par un astérisque « * » sont des valeurs indicatives. Il ne s'agit pas d'une valeur prédite par un modèle géostatistique, mais d'une valeur proposée à titre indicatif. Contrairement aux autres valeurs, ces valeurs indicatives présentent un caractère très hypothétique, et sont susceptibles de sous-estimer ou surestimer les valeurs réelles de concentrations de fond et de 95^{e} centile.

Les concentrations indiquées par ces quatre couches d'informations sont toutes exprimées en mg/kg de matière sèche (mg/kg MS). Les champs attributaires de ces quatre couches correspondent aux polluants suivants :

1. Polluants inorganiques

- les concentrations en As, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Sn, Tl et Zn. Les valeurs mesurées correspondent à des concentrations extraites par une méthode assimilable à l'attaque « Eau régale ».
- la teneur en chrome hexavalent (CrVI). Ce paramètre est mesuré par spectrophotométrie UV/visible après digestion alkaline et chromatographie ionique (conforme à EN 15192).

2. Polluants organiques

Abréviations :

- Ace: Acénaphtène
- Acyl: Acénaphtylène
- Ant: Anthracène
- BaA: Benzo[a]anthracène
- BaP: Benzo[a]pyrène
- BbF: Benzo[b]fluoranthène
- Ben: Benzène
- BghiP: Benzo[g,h,i]pérylène
- BkF: Benzo[k]fluoranthène
- BTEX: Soe des concentrations des BTEX (Ben+Tolu+EBen+oXyl+mpXyl)
- Chrys: Chrysène
- CN lib: Cyanures libres
- CN ncd: Cyanures non chloro-destructibles. CN_ncd est la différence entre CN_tot et CN_lib.
- CN tot: Cyanures totaux
- dBahA: Dibenzo[a,h]anthracène
- EBen: Ethyl-Benzène
- EOX: Composés organo-halogénés extractibles
- Fla: Fluoranthène
- Fle: Fluorène
- HAP10: Somme des concentrations des 10 HAP prioritaires selon le VROM[2]
- HAP16: Somme des concentrations des 16 HAP prioritaires selon l'US-EPA[3]
- HTP10a12: Huiles minérales : fraction C10 - C12
- HTP12a16: Huiles minérales : fraction C12 - C16
- HTP16a21: Huiles minérales : fraction C16 - C21
- HTP21a30: Huiles minérales : fraction C21 - C30
- HTP30a35: Huiles minérales : fraction C30 - C35
- HTP35a40: Huiles minérales : fraction C35 - C40
- HTP tot: Indice hydrocarbure C10-C40 (somme des fractions C10 à C40)
- I123cdP: Indeno(1,2,3-c,d)pyrène
- IP: Indice Phénol
- mpXyl: m,p-Xylène
- Naph: Naphtalène
- oXyl: o-Xylène
- Phen: Phénanthrène
- Pyr: Pyrène
- Styr: Styrène
- Tolu: Toluène
- Xyl tot: Xylènes totaux

[2] Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer
[3] U.S. Environmental Protection Agency.

Méthodes analytiques :

Composés aromatiques monocycliques
Benzène (Ben), toluène (Tolu), éthylbenzène (EBen), ortho-Xylène (oXyl) et méta-xylène + para-xylène (mpXyl) correspondent à des concentrations mesurées par spectrométrie de masse, après chromatographie gazeuse (conforme à NEN 6981).

Styrène (Styr)
La concentration indiquée correspond à une concentration mesurée par spectrométrie de masse avec détecteur par ionisation de flamme, après chromatographie gazeuse (conforme à NEN-EN-ISO 10301).

Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)
Les concentrations indiquées dans INFO-FONDS correspondent à des valeurs mesurées par chromatographie liquide haute pression (HPLC) (conforme à NEN 6977).

Hydrocarbures pétroliers totaux (HTP)
Les concentrations indiquées dans INFO-FONDS correspondent à des valeurs mesurées par chromatographie en phase gazeuse (GC).

Composés organo-halogénés extractibles (EOX)
Les concentrations indiquées dans INFO-FONDS correspondent à des valeurs mesurées par microcoulométrie.

Cyanures totaux (CN_tot)
Les concentrations indiquées dans INFO-FONDS correspondent à des valeurs mesurées par spectrométrie (conforme à NEN-ISO 17380).

Cyanures libres (CN_lib)
Les concentrations indiquées dans INFO-FONDS correspondent à des valeurs mesurées par spectrométrie (conforme à NEN-ISO 17380).

Indice phénol (IP)
Les concentrations indiquées dans INFO-FONDS correspondent à des valeurs mesurées par spectrométrie (conforme à NEN-ISO 17380).

Couches «Concentration dans les nappes» :

Hors zone de PAP :

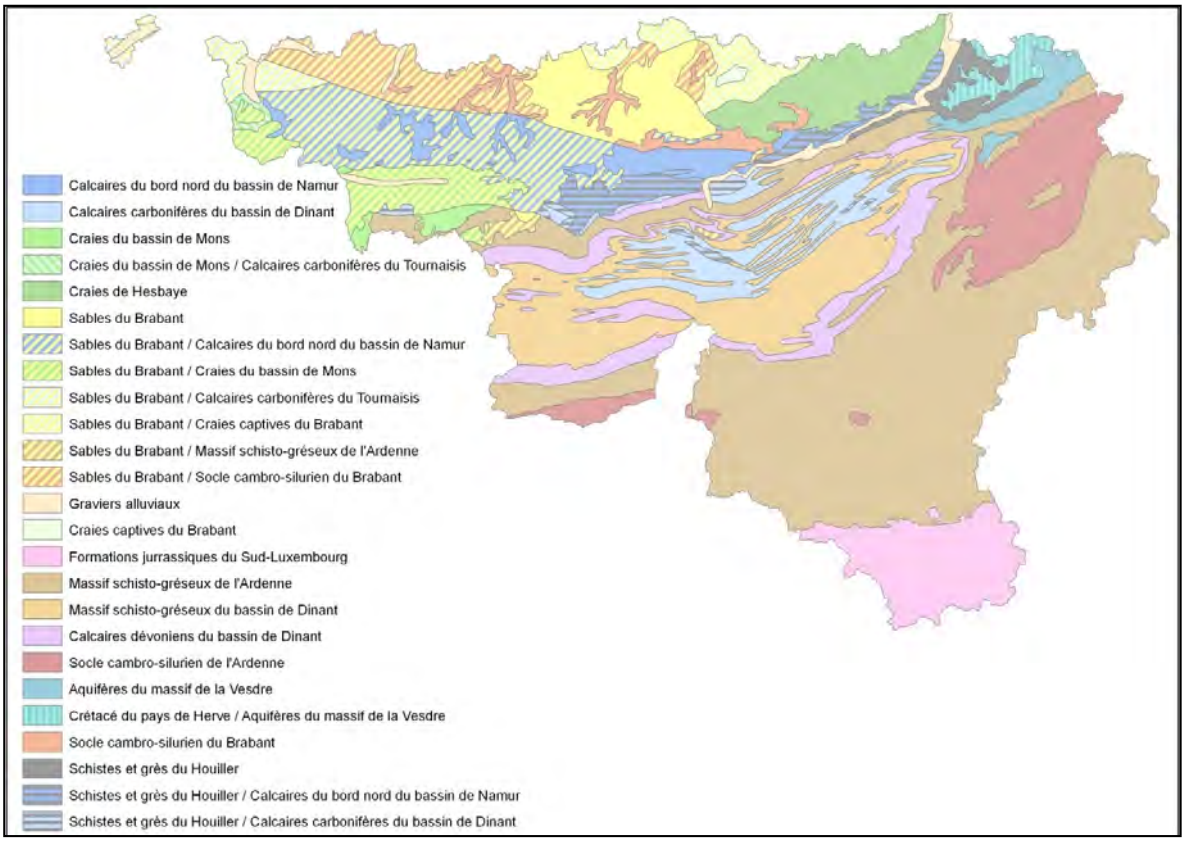
- **« nappes supérieures / libres »**
- **« nappes inférieures / captives »**

En zone de PAP :

- **« nappes supérieures / libres »**
- **« nappes inférieures / captives »**

Cet ensemble de couches renseigne sur les teneurs habituelles et les concentrations de fond dans les eaux souterraines pour chaque élément en tout point du territoire de la Wallonie. Ces résultats sont issus de convention d'étude POLLUSOL 2 (SPAQuE).

L'intégration des teneurs dans l'outil INFO-FONDS s'est faite par nappe aquifère principale, regroupant des formations géologiques aux propriétés physico-chimiques semblables, à partir d'une adaptation du fichier "principales formations aquifères", représenté dans l'état des nappes d'eau souterraine de la Wallonie (cf tableau et figure ci-dessous) :



Code	Nom de la nappe principale
BE001	Calcaires du bord Nord du Bassin de Namur
BE002	Calcaires carbonifères du bassin de Dinant
BE003	Craies du Bassin de Mons
BE004	Craies de Hesbaye
BE005	Sables du Brabant
BE006	Calcaire carbonifères du Tournaisis
BE007	Graviers alluviaux
BE008	Craies captives du Brabant
BE009	Formations jurrassiques du Sud-Luxembourg
BE010	Massif schisto-gréseux de l'Ardenne
BE011	Massif schisto-gréseux du bassin de Dinant
BE012	Calcaires dévoniens du bassin de Dinant
BE013	Socle cambro-silurien de l'Ardenne
BE014	Aquifères du massif de la Vesdre
BE015	Crétacé du Pays de Herve
BE016	Socle cambro-silurien du Brabant
BE017	Eaux minérales carbo-gazeuses
BE018	Schistes et grès du Houiller

Les valeurs présentées dans INFO-FONDS sont la teneur habituelle et la concentration de fond de chaque métal et métalloïde. Ces valeurs ont été calculées par une succession de traitements statistiques sur base de données collectées dans plusieurs bases de données et sur base de nouvelles données acquises au cours du projet POLLUSOL 2. La teneur habituelle correspond à une teneur médiane par élément et par nappe principale. La concentration de fond est un percentile 90 des teneurs de chaque élément par nappe principale.

Les champs attributaires des couches "Teneurs dans les nappes" sont les suivants :

Champ	Description
CODE_NAPPE	Code de la nappe principale présente à l'endroit sélectionné. Si 2 nappes superposées sont présentes : code de la nappe supérieure / code de la nappe inférieure.
CODE_NSUP	Code de la nappe principale supérieure ou nappe libre présente à l'endroit sélectionné
NOM_NSUP	Nom de la nappe principale supérieure ou nappe libre présente à l'endroit sélectionné
CODE_NINF	Code de la nappe principale inférieure ou nappe captive présente à l'endroit sélectionné
NOM_NINF	Nom de la nappe principale inférieure ou nappe captive présente à l'endroit sélectionné
UNITES	Unité des teneurs habituelles et des concentrations de fond en métaux et métalloïdes dans les eaux souterraines (µg/L)
X_TH	Teneur habituelle du métal ou métalloïde X (en µg/L) déterminée par POLLUSOL 2
X_CF	Concentration de fond du métal ou métalloïde X (en µg/L) déterminée par POLLUSOL 2

Les métaux et métalloïdes repris dans INFO-FONDS sont : aluminium, antimoine, arsenic, baryum, béryllium, bore, cadmium, chrome, cobalt, cuivre, fer, manganèse, mercure, molybdène, nickel, plomb, sélénium et zinc. Pour les analyses en antimoine, cadmium, cobalt et mercure, les teneurs habituelles et les concentrations de fond

élevées obtenues hors zone de PAP sont influencées par des limites de détection élevées. Les données hors zone de PAP ne sont pas disponibles pour l'argent et le vanadium mais sont disponibles pour l'étain et le thallium.

Les teneurs habituelles et les concentrations de fond pour les composés organiques ne sont pas repris dans l'outil INFO-FONDS. En effet, le nombre de composés organiques analysés est important et les teneurs dans la plupart des échantillons sont sous la limite de détection.

Couche « Gisements_plomb_zinc_pyrite »

Nonante-six gisements métallifères ou occurrences de minéraux ont été répertoriés et introduits dans cette couche d'information géographique. Ils peuvent être à l'origine d'anomalies géochimiques importantes en métaux ou métalloïdes

Nous pouvons définir le terme gisement comme « une concentration locale exceptionnelle d'une ou de plusieurs substances qui normalement sont à l'état diffus et en basse teneur dans l'écorce terrestre». Il s'agit d'une définition générale qui ne prend pas en compte l'aspect économique et désigne autant les concentrations ayant un volume et une teneur suffisants pour donner lieu à une exploitation économique rentable que les occurrences de minéraux métallifères d'une taille trop petite que pour être exploitées. La notion de minerai, quant à elle, fait référence au caractère valorisable. On désignera par le mot minerai une roche contenant des substances utiles en pourcentage suffisant pour justifier une exploitation. En pratique, le terme désigne essentiellement les substances métalliques, et en sont exclus, en particulier, les matériaux de construction (calcaire, dolomie, argile, porphyre, etc.) et les matériaux combustibles (charbon, etc).

En Wallonie, les gisements se présentent généralement sous la forme de filons ou d'amas minéralisés dans les terrains dévono-carbonifères et sont liés à des fractures subverticales varisques à post-varisques, ou plus rarement à des niveaux stratigraphiques bien définis. Ces minéralisations sont soit polymétalliques (associant le zinc, le plomb, le fer et parfois le baryum et le fluor), soit monométalliques (fer, baryum ou fluor). Ce sont donc les gisements appartenant à la première catégorie qui peuvent provoquer des anomalies géochimiques locales. Les minéralisations polymétalliques associant le Zn, Pb, Fe, (Ba, F) sont essentiellement sulfurées : on y retrouve de la sphalérite (ZnS), de la marcassite et/ou de la pyrite (FeS_2), de la galène (PbS), éventuellement associées à de la barytine ($BaSO_4$) et/ou de la fluorine (CaF_2). Les chapeaux de fer qui les coiffent sont constitués des minéraux produits par l'altération superficielle de minéraux sulfurés primaires : limonite ($FeOOH.nH_2O$), calamine (ou hémimorphite, silicate hydraté de zinc), cérussite ($PbCO_3$), etc.

Dans la littérature, les minéralisations associant Zn, Pb, Fe, (Ba, F) sont généralement regroupées en trois districts. Le plus important correspond au synclinorium de Namur et au synclinorium de Verviers. Il s'étend de Namur à Aachen et se caractérise par la présence d'amas minéralisés en relation avec des filons. Le deuxième district correspond au synclinorium de Dinant et s'étend de Beaumont à Durbuy via Givet. Un

troisième district correspond à quelques minéralisations dans le Dévonien inférieur de l'Ardenne (Longvilly, La Roche en Ardenne, Martelange, etc).

La plupart des gisements polymétalliques mentionnés par la littérature dans ces trois districts ont pu être localisés et leurs principales caractéristiques sont détaillées dans les champs attributaires :

Lorsque les informations étaient disponibles dans la littérature, chaque gisement a été classé en fonction du tonnage. Cette classification a pour objectif de fournir une approximation du rayon d'influence gisements (ou occurrences de minéraux), du plus faible au plus élevé : < 10 000 t ; 10 000 – 50 000 t ; 50 000 – 500 000 t ; > 500 000 t.

Champ (field)	Description
01) < 10 000 t métal	Ce champ prend la valeur "1" si moins de 10 000 t de métal a été extrait du gisement
02) 10 000-50 000 t métal	Ce champ prend la valeur "1" si 10 000 à 50 000 t de métal a été extrait du gisement
03) 50 000-500 000 t métal	Ce champ prend la valeur "1" si 50 000 à 100 000 t de métal a été extrait du gisement
04) > 500 000 t métal	Ce champ prend la valeur "1" si plus de 500 000 t de métal a été extrait du gisement

Chaque gisement connu a été répertorié, et les coordonnées Lambert permettant de le localiser ont été déterminées avec le plus de précision possible.

Champ	Description
05) Nom du gisement	Nom du gisement
06) Situation géologique	Entité géologique majeure dans laquelle le gisement est localisé
07) Commune(s)	Commune dans laquelle se situe le gisement (ou l'occurrence de minéraux)
08) Carte(s) topographique(s) 1/25000	Carte(s) topographique(s) IGN (Série classique à 1:25 000) sur laquelle se situe le gisement (ou l'occurrence de minéraux)
09) Carte(s) géologique(s) 1/40000	Carte(s) géologique(s) de Belgique à 1:40 000 sur laquelle se situe le gisement (ou l'occurrence de minéraux

Les Carte(s) géologique(s) de Belgique au 1:40 000 ne sont pas les plus récentes (elles ont été établies entre les années 1890 et 1910). Cependant, contrairement aux nouvelles cartes géologiques au 1/25000, elles présentent l'avantage de couvrir la quasi-totalité du territoire wallon (excepté les territoires prussiens cédés à la Belgique après 1918), de renseigner un certain nombre des gisements métallifères que nous avons recensés et d'être disponibles sous forme numérisée et vectorisée au Service Géologique de Belgique. Les nouvelles cartes géologiques, en cours de réalisation, ne renseignent plus (ou pratiquement plus) les sites d'intérêt métallogéniques, l'industrie extractive en Belgique ayant pris fin au cours des années 1940-1950 et ayant cessé de constituer un objectif économique depuis la fin des années 1970.

Pour aider à la localisation des structures, les champs suivants figurent également dans la couche.

Champ	Description
Coordonnées Lambert 1950	Ce champ prend la valeur "1" si les coordonnées en X Y de localisation sont en Lambert belge 1950
Coordonnées Lambert 1972	Ce champ prend la valeur "1" si les coordonnées en X Y de localisation sont en Lambert belge 1972
X	Valeur en "X" des Coordonnées Lambert de localisation du gisement (ou de l'occurrence de minéraux)
Y	Valeur en "Y" des Coordonnées Lambert de localisation du gisement (ou de l'occurrence de minéraux)

Les champs suivants donnent des informations sur la composition minéralogique du minerai et sur l'exploitation éventuelle du gisement. Il n'a pas été possible de retrouver la totalité des informations pour chacun des gisements.

Champ	Description
10) Géologie	Regroupe les informations disponibles concernant notamment les lithologies, les étages stratigraphies et la tectonique
11) Gisement	Aspects morphologiques du gisement ainsi que sa situation par rapport aux formations géologiques
12) Associations minérales	Liste des principaux minéraux identifiés lors des diverses prospections
13) Minerais	Principaux éléments métalliques exploités dans les gisements
14) Historique – exploitation	Principales périodes d'exploitation du gisement et dates clefs
15) Tonnage	Quantités de minerais exprimées en tonnes ayant été extraites durant l'exploitation

Afin d'interpréter la composition minéralogique du gisement en terme de métaux et de métalloïdes susceptibles d'être présents, les tables qui suivent reprennent la classe, la formule et les éléments métalliques des principaux minéraux cités dans le champ 12). Il convient de noter qu'il est fréquent de trouver, associés aux minéralisations de plomb-zinc-pyrite, d'autres métaux tels que le cobalt, le chrome, le nickel ou le cadmium. Ces métaux peuvent se trouver dans les différents minéraux présents en substitution des métaux habituels.

Nom du Minéral	**Classe**	**Formule**	**Elément(s) utile(s)**
Arsenopyrite	Sulfures	FeAsS	Fe, As
Aurichalcite	Carbonates	$(Zn,Cu)_5(CO_3)_2(OH)_6$	Zn, Cu
Azurite	Carbonates	$Cu_3(CO_3)_2(OH)_2$	Cu
Barytine	Sulfates	$BaSO_4$	Ba
Blende	Sulfures	ZnS	Zn
Bornite	Sulfures	Cu_5FeS_4	Cu
Braunite	Oxydes	$(Mn,Si)_2O_3$	Mn
Bravoïte	Sulfures	$(Fe,Ni,Co)\ S_2$	Fe, Ni, Co
Cérusite	Carbonates	$PbCO_3$	Pb
Chalcopyrite	Sulfures	$CuFeS_2$	Cu
Cinabre	Sulfures	HgS	Hg

Nom du Minéral	Classe	Formule	Elément(s) utile(s)
Covellite	Sulfures	CuS	Cu
Cuprite	Oxydes	Cu_2O	Cu
Fluorine	Halogénures	CaF_2	F
Franklinite	Oxydes	$ZnFe_2O_4$	Zn, Fe
Galène	Sulfures	Pb_S	Pb
Goethite	Oxydes	FeOOH	Fe
Greenockite	Sulfures	CdS	Cd
Hawleyite	Sulfures	CdS	Cd
Hematite	Oxydes	Fe_2O_3	Fe
Hémimorphite	Silicates	$Zn_4[(OH)_2 \mid Si_2O_7] . H_2O$	Zn
Hétaerolite	Oxydes	$ZnMn_2O_4$	Zn, Mn
Hydrozincite	Carbonates	$Zn_5(CO_3)_2(OH)_6$	Zn
Ilmenite	Oxydes	$FeTiO_3$	Fe, Ti
Lepidocrocite	Hydroxydes	FeO(OH)	Fe
Limonite	Hydroxydes	$FeOOH.nH_2O$	Fe
Malachite	Carbonates	$Cu_2 [(OH)_2 \mid CO_3]$	Cu
Manganite	Hydroxydes	MnO(OH)	Mn
Marcasite	Sulfures	FeS_2	Fe
Pyrite	Sulfures	FeS_2	Fe
Pyrolusite	Oxydes	MnO_2	Mn
Pyromorphite	Phosphates	$Pb_5(PO_4)_3Cl$	Pb
Sidérite	Carbonates	$FeCO_3$	Fe
Smithsonite	Carbonates	$ZnCO_3$	Zn
Sphalérite	Sulfures	ZnS	Zn
Wad	Oxydes	x RO. Y MnO_2. z H_2O	Mn, Fe, Co
Willemite	Silicates	$Zn_2 [SiO_4]$	Zn

Couche « Chapeaux_de_fer »

Cette couche d'informations géographiques renseigne sur la présence de chapeaux de fer. Le terme chapeaux de fer désigne la partie superficielle, riche en oxydes et hydroxydes de fer d'un gisement métallifère sulfuré. Les chapeaux de fer peuvent surmonter des gisements polymétalliques, tout comme ils peuvent également surmonter des gisements qui ne renferment que des sulfures de fer. La totalité des ces chapeaux de fer n'a pas pu être prospectée dans le cadre de la mise à jour de l'inventaire des gisements plombo-zincifères. Il parait donc utile de les représenter étant donné qu'ils pourraient être associés à des minéralisations polymétalliques encore inconnues à ce jour. L'information renfermée dans cette couche d'information est directement dérivée de la carte géologique de Belgique au 1:40 000 (Service Géologique de Belgique).

Couche « Schistes_Houillers »

Il s'agit plus précisément de schistes noirs datant du Namurien (étage du Carbonifère supérieur s'étendant de 325 Ma à 315 Ma). Ces schistes peuvent s'avérer riches en sulfures et en divers métaux, particulièrement en chrome et en cadmium. Ils sont relativement abondants dans les provinces du Hainaut et de Namur. Le champ attributaire « LITHO » fournit des informations lithologiques détaillées.

Couche « Schistes_Reviniens »

Ce sont des blacks shales (roche sédimentaire argileuse riche en matière organique) déposés en milieu profond au Cambrien Supérieur (Revinien). Ils pourraient localement contenir des concentrations en métaux tels que le Pb, le Zn, le Cu, l'U et l'As. De plus, ils contiennent de nombreux niveaux enrichis en Mn (transformés en grenats par métamorphisme). On les retrouve dans le Massif du Brabant et dans les provinces de Namur, Liège et Luxembourg. Le champ attributaire « LITHO » fournit des informations lithologiques détaillées.

Couche « Roches_phosphatees »

Ce sont des couches datant du Crétacé Supérieur ; elles ont été exploitées en Hesbaye pour leur contenu en phosphates. Les carrières furent très nombreuses en Hesbaye et il n'est pas aisé de les localiser avec précision ; il a donc été choisi de les localier sous la forme des périmètres qui les renferment. Les phosphates sont souvent associés au cadmium et peuvent donc induire des teneurs élevées en cet élément dans leur environnement direct. Le champ attributaire « LITHO » fournit des informations lithologiques détaillées.

Couche « Carrieres_phosphates"

Il s'agit de cinq exploitations importantes de phosphates qui sont renseignées et décrites suivant le même modèle pour les gisements métallifères (à l'exception des quatre premiers champs utilisés pour la classification selon le tonnage, qui ne se retrouvent pas dans cette couche). Comme signalé ci-dessus pour les couches phosphatées, les phosphates s'associent souvent au Cd.

Références bibliographiques

Balcon J. (1981). Quelques idées sur les minéralisations plombo-zincifères dans les formations carbonatées en Belgique. Bulletin de la Socité belge de Géologie, 90(1), 9-39.

Bartholomé P., Gérard E. (1976). Les gisements plombo-zincifères de la région d'Engis, province de Liège, Belgique. Annales des Mines de Belgique, 11, 901-917.

Caubergs M. (1991). Inventaire de quelques anciennes mines et carrières souterraines de Wallonie. Essai d'archéologie minière. Michel Caubergs, éditeur, 313 p.

Cauet S. (1985). La géochimie isotopique du Pb des minéralisations et des environnements rocheux hôtes : traceur métallogenique. Application aux gîtes Zn, Pb, (Ba, F) des sédiments carbonatés dévono-carbonifères belges. Thèse de doctorat, Université Libre de Bruxelles.

Cauet S., Weis D. (1983). Modèle génétique et incidence sur la prospection des gîtes Pb-Zn belges en milieux carbonatés. Bulletin de la Société belge de Géologie, 92, 77-87.

Charlet J-M., Dorchies L., Quinif Y. (1984). Découverte de minéraux uranifères dans le Siegenien du Synclinal de Neufchâteau; conséquences sur la signification des anomalies radiométriques du Dévonien Inférieur de la Haute Ardenne. Annales de la Société Géologique de Belgique, 107, 1-13.

Daltry V.D.C., Deliens M. (1993). The type mineralogy of Belgium. Annales de la Société géologique de Belgique, 116(1), 15-28.

Darimont A. (1983). Inclusions Fluides dans les Calcites Associées à la Mineralisation Pb-Zn de Poppelsberg (Est de la Belgique). Mineralium Deposita, 18, 379-386.

De Coninck F., Van Ranst E., Springer M.E., Tavernier R., Pahaut P. (1979). Mineralogy and formation of some soils of the belgian Ardennes. Pedologie, 29(1), 25-69.

de Magnée I. (1967). Contribution à l'étude génétique des gisements belges de plomb, zinc et barytine. Economic Geology Monograph, 3, 255-266.

de Walque L., Bouckaert J., Martin H. (1976). Géochimie de surface et minéralisations du Paléozoïque de Belgique. III Plomb, zinc et fer au voisinage de l'ancienne exploitation minière de Heure-en-Famenne. Service géologique de Belgique, Professional Paper, 1.

de Walque L., Martin H. (1983). Geochemical dispersion of lead and zinc around a gossan in a carbonate environment at Heure (Belgium). Mineralium Deposita, 18, 27-38.

Dejonghe L. (1998). Zinc-lead deposits of Belgium. Ore Geology Reviews, 12, 329-354.

Dejonghe L. (1984). Comments on the paper by Préat et al. (1983) : Caractère épigénétique-étranger des gîtes filoniens Pb-Zn (Ba-F) du bord sud du Synclinorium de Dinant (Belgique). Mineralium Deposita, 19, 315-316.

Dejonghe L. (1979). Discovery of a sedimentary Ba (Fe, Zn, Pb) ore body of frasnian age at Chaudfontaine, Province of Liège, Belgium. Mineralium Deposita, 14, 15-20.

Dejonghe L., de Walque L. (1979). Reconnaissance de l'extension du filon de marcassite de Heure par géochimie de surface et sondages inclinés. Service géologique de Belgique, Professional Paper, 159(3).

Dejonghe L., Ladeuze F. (1994). Schmalgraf : un gisement plombo-zincifère dans le calcaire carbonifère de l'est de la Belgique. Bulletin de la Société belge de géologie, 103, 135-147.

Dejonghe L., Ladeuze F., Jans D. (1993). Atlas des gisements plombo-zincifères du Synclinorium de Verviers (est de la Belgique). Service Géologique de Belgique, mémoire n°33.

Delmer A. (1913). La question du minerai de fer en Belgique. Première partie : Les gisements de minerai de fer en Belgique. Bruxelles.

Denaeyer M. (1925). Sur un filon de galène et de blende dans le calcaire givétien de Beauraing (Namur). Bulletin de la Société belge de Géologie, 35, 83-85.

Dewez L. (1947). Les gisements filoniens de plomb, zinc, cuivre, pyrites. Centenaire de l'Association des Ingénieurs sortis de l'école de Liège (AILg): Section Géologie, 424, 75-96.

Dimanche F., Ek C., Frenay J. (1979). Minéralisations plombo-zincifères belges : minéralogie - gîtologie - minéralurgie. Annales de la Société géologique de Belgique, 102, 417-429.

Duchesne J.C., Rouhart A., Schoumacher C., Dillen H. (1983). Thallium, nickel, cobalt and other trace elements in iron sulfides from belgian lead-zinc vein deposits. Mineralium Deposita, 18, 303-313.

Evrard P. (1943). La minéralisation de Vedrin. Annales de la Société géologique de Belgique, 66, 181-202.

Evrard P. (1943). Les relations entre sulfures de la mine de Vierves (vallée du Viroin, Sud de la province de Namur). Annales de la Société géologique de Belgique, 66, 207-211.

Fourmarier P. (1954). Prodrome d'une description géologique de la Belgique.

Ganne P., Cappuyns V., Vervoort A., Buvé L., Swennen R. (2006). Leachability of heavy metals and arsenic from slags of metal extraction industry at Angleur (eastern Belgium). Science of the Total Environment, 356, 69-85.

Heijlen W., Muchez P., Banks D.A. (2001). Origin and evolution of high-salinity, Zn-Pb mineralising fluids in the Variscides of Belgium. Mineralium Deposita, 36, 165-176.

Herbosch A., Cauet S., Préat A. (1983). Recherche de metallotectes de nature géochimique pour la prospection des gîtes Pb-Zn belges. Service géologique de Belgique, Professional paper, 197,

Herbosch A., De Witte S.M., Préat A. (1979). Recherches sur les indices de minéralisations uranifères dans la région de Visé. Service géologique de Belgique, Professional paper, 162,

Hermanns J.F. (2005). L'archipel calaminaire entre Liège et Aix-la Chapelle. Parcs et Réserves, 60(3), 28-31.

Hindel R., Schalich J., De Vos W., Ebbing J., Swennen R., Van Keer I. (1996). Vertical distribution of elements in overbank sediment profiles from Belgium, Germany and The Netherlands. Journal of Geochemical Exploration, 56, 105-122.

Juvigné E., Renard F. (1991). Les formations post-crétacées de la carrière CBR Lixhe/Vise (Belgique). Bulletin de la Société belge de géologie, 100(1-2), 163-175.

Kucha H., Martens A., Ottenburgs R., De Vos W., Viaene W. (1996). Primary minerals of Zn-Pb mining and metallurgical dumps and their environmental behavior at Plombières, Belgium. Environmental Geology, 27, 1-15.

Kucha H., Viaene W. (1993). Compounds with mixed and intermediate sulfur valences as precursors of banded sulfides in carbonate-hosted Zn-Pb deposits in Belgium and Poland. Mineralium Deposita, 28, 13-21.

Ladeuze F., Dejonghe L., Pauquet F. (1991). Historique de l'exploitation des gisements plombo-zincifères de l'Est de la Belgique : le rôle de la "Vieille-Montagne". Chroniques de la recherche minière, 503, 37-50.

Ladeuze F., Dejonghe L., Pauquet F. (1991). La Vieille-Montagne, l'exploitation minière et la métallurgie du zinc dans l'ancien duché de Limbourg. Bulletin trimestriel du Crédit communal, 178(4), 15-34.

Leroy M. (1977). Etude du potenciel métallogénique de la région de Durbuy. Mémoire pour l'obtention du grade d'Ingénieur Civil Géologue, Université de Liège.

Maillieux E. (1933). Terrains, roches et fossiles de la Belgique. Bruxelles: Patrimoine du Musée Royal d'Histoire naturelle de Belgique.

Martin H., Sondag F. (1985). Inventaire géochimique des ressources métallifères de la Wallonie. Rapport de fin de recherche. Programme (82-85) financé par le Ministère de la Région wallonne (15 p., 23 planche).

Melon J., Bourguignon P., Fransolet A.M. (1976). Les minéraux de Belgique. Dison: G. Lelotte.

Monseur G. and Pel J. (1972). Reef facies, dolomitization and stratified mineralization. Mineralium Deposita, 7, 89-99.

Préat A., Cauet S., Herbosch A. (1983). Caractère épigénétique-étranger des gîtes filoniens Pb-Zn (Ba-F) du district du bord sud du Synclinorium de Dinant (Belgique). Mineralium Deposita, 18, 349-363.

Robaszynski F., Dupuis C. (1983). Guide géologiques régionaux : Belgique. Paris: Masson.

Robaszynski F., Poels J-P., Martin M. (1988). Le gisement de craie phosphatée de Ciply : données nouvelles. Bulletin de la Société belge de Géologie, 97(1), 9-24.

Salomons W. (1995). Environmental impact of metals derived from mining activities: Processes, predictions, prevention. Journal of Geochemicd Exploration, 52, 5-23.

Sondag F. (1975). Géochimie de surface du Salmien et du Dévonien Inférieur dans les Ardennes belges. Contribution à l'étude de leur minéralisation. Thèse de doctorat Université Catholique de Louvain.

Sondag F., Martin H. (1974). Géochimie de surface et minéralisations dans le Cambrien et le Dévonien de Belgique. Service géologique de Belgique, Professional Paper, 10.

Swennen R. and Viaene W. (1990). Lithogeochemical patterns around Pb-Zn mineralizations in Dinantian carbonate rocks of (eastern) Belgium. Mineralium Deposita, 25, 251-261.

Swennen R., Van der Sluys J. (1998). Zn, Pb, Cu and As distribution patterns in overbank and medium-order stream sediment samples: their use in exploration and enrironmental geochemistry. Journal of Geochemical Exploration, 65, 27-45.

Swennen R., Van Keer I., De Vos W. (1994). Heavy metal contamination in overbank sediments of the Geul river (East Belgium) : Its relation to former Pb-Zn mining activities. Environmental Geology, 24, 12-21.

Swennen R., Ven der Sluys J., Hindel R., Brusselmans A. (1998). Geochemistry of overbank and high-order stream sediments in Belgium and Luxembourg: a way to assess environmental pollution. Journal of Geochemical Exploration, 62, 67-79.

Tack F.M.G., Verloo M.G., Vanmechelen L., Van Ranst E. (1997). Baseline concentration levels of trace elements as a function of clay and organic carbon contents in soils in Flanders (Belgium). Science of the Total Environment, 201, 113-123.

Annexe 7 : Clé d'identification de scories

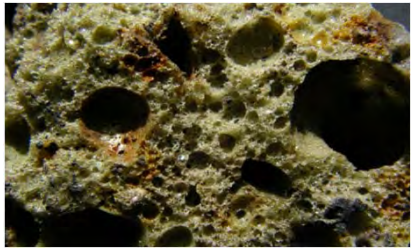
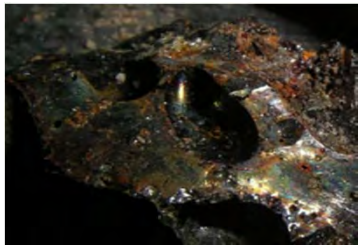
0	**a.** Présence d'alvéoles ou de matières vitreuses	***cf.*** **1**
	b. Absence d'alvéoles et de matières vitreuses	***Pas scorie***
1	**a.** blocs solides	***cf.*** **2**
	b. blocs friables	***cf.*** **20**
2	**a.** densité apparente très faible et trait noir	**Coke**
	b. densité apparente moyenne à élevée ou absence de trait noir	***cf.*** **3**
3	**a.** présence de surfaces de refroisissement fortement bosselées sur plusieurs faces ou présence de schiste inclus ds la masse	***cf.*** **4**
	b. surface de refroidissement absente ou globalement plane (ondulations possibles) et absence de schiste inclus dans la masse	***cf.*** **5**
4	**a.** alvéoles abondantes (> 5%) et représentant une large gamme de tailles	**Mâchefer typique**

b. alvéoles absentes, peu abondantes (<5%) ou uniquement de faible taille (<2mm) **Mâchefer massif**

5 **a.** cassures fraîches à éclat métallique ou semi-métallique ***cf.*** **6**

b. cassures fraîches à éclat vitreux ***cf.*** **7**

	c. cassures fraîches à éclat gras, cireux ou sans éclat	***cf.*** **12**
6	**a.** trait foncé (brun, gris)	**Scorie d'aciérie très riche en Fe**
	b. trait brun clair	**Scorie d'aciérie "acide"**
	c. pas trait	**Scorie de la métallurgie Pb_Zn**
7	**a.** alvéoles abondantes (> 5%) et représentant une large gamme de tailles	***cf.*** **8**
	b. alvéoles absentes, peu abondantes (<5%) ou uniquement de faible taille (<2mm)	***cf.*** **9**
8	**a.** présence de pélicule de rouille, d'irisations, ou de particules métallique rouillée	**Scorie de fonderie**

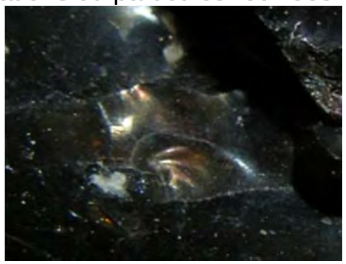



b. absence de pélicule de rouille, d'irisations, ou de particules métallique rouillée — **Scorie siliceuse indéterminée**

9 **a.** éclats (impact marteau) foncé (ou pas d'éclats) et densité apparente très élevée — **Scorie de métallurgie Pb_Zn**

b. éclats (impact marteau) clairs ou densité apparente moyenne ou faible — ***cf.*** **10**

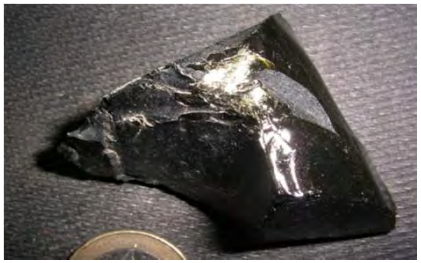
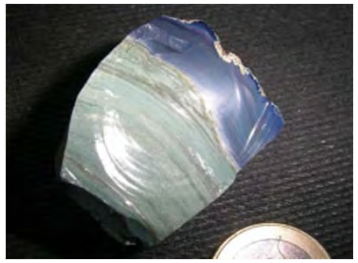
10 **a.** présence de pélicules de rouille, irisations ou particules rouillées — **Scorie de fonderie**



b. absence de pélicules de rouille, irisations ou particules rouillées — ***cf.*** **11**

11 **a.** alvéoles présentes — **Scorie de fonderie typique**

b. alvéoles absentes — **Laitiers de haut-fourneaux massifs**

12 **a.** test HCl positif — ***cf.*** **13**

b. test HCl négatif — ***cf.*** **15**

13 **a.** trait foncé (brun ou gris) — ***cf.*** **14**

b. trait blanc ou absent — **Laitier de haut-fourneau typique**

14 **a.** ne raye pas le verre — **Scorie d'aciérie basique typique**

b. raye le verre — **Scorie d'aciérie basique siliceuse**

15 **a.** dépots de rouille — ***cf.*** **16**

b. pas rouille — ***cf.*** **18**

16 **a.** particules de coke

Résidus de haut-fourneau arrêté

b. absence de coke

cf. **17**

17 **a.** trait brun clair

Scorie d'aciérie "acide"

b. absence de trait

Mâchefer riche en fer

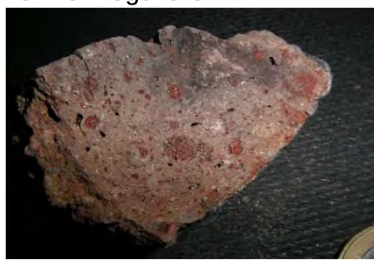
18 **a.** éclats (impact marteau) noirs ou absents et densité apparente très élevée

Scorie de la métallurgie du Pb_Zn

b. éclats (impact marteau) clairs et densité apparente moyenne à basse

cf. **19**

19 **a.** pores de faible taille (<2mm) et de forme irrégulière

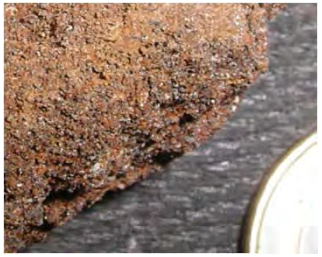


Brique brulée

b. pores sphériques (alvéoles) ou représentant une large gamme de tailles

Scorie siliceuse indéterminée

20 **a.** se désagrège en sable ou gravier — ***cf.*** **21**



b. se désagrège en poudre (présence possible de particules plus grosses) — **non déterminé**

21 **a.** test aimant positif — **Déchets métallurgiques ferreux**

b. test aimant négatif — ***cf.*** **22**

22 **a.** test HCl positif — ***cf.*** **23**

b. test HCl négatif — ***cf.*** **24**

23 **a.** absence de pores dans les particules ou dégagement d'H_2S lors de l'ajout d'HCl — **Laitier de haut-fourneau cristalisé broyé**

b. présence de pores dans les particules et absence de dégagement d'H_2S lors de l'ajout d'HCl — **Mâchefer fins**

24 **a.** présence de concrétions blanc-bleuâtre

Scorie de la métallurgie du Zn

b. absence de concrétions blanc-bleuâtre

Mâchefer fin

Annexe 8 : Fiches descriptives des catégories de scories

Laitier de haut-fourneau typique

Forme : polyèdres; surfaces de refroidissement absentes ou limitées à une face

Porosité : très variable (10-70%), selon le procédé de refroidissement

Couleur : cassures fraîches généralement gris foncé; cassures anciennes généralement beige d'aspect poudreux ; alvéoles souvent couvertes d'un revêtement clair (blanc, gris ou bleu) pulvérulent

Couleur du trait : blanc ou absent

Densité apparente : faible à élevée (selon la porosité)

Cassures : irrégulière

Test aimant : généralement négatif sauf en cas de présence de particules métalliques

Test HCl : dégagement de CO_2 et souvent H_2S

Test verre : variable

Remarques : Le laitier de haut-fourneau est souvent broyé à la taille du gravier ou du sable. Ces particules s'agglomèrent par cimentation, sous l'effet de l'altération (CaO --> $CaCO_3$).

Laitier de haut-fourneau massif

Forme : polyèdres; surfaces de refroidissement absentes ou limitées à une face

Porosité : absence de pores

Couleur : cassures fraîches noire, grise, verte ou bleue. Cassures ancienne plus ternes, mais de couleur assez semblables aux cassures fraîches.

Couleur du trait : blanc ou absent

Densité apparente : élevée

Cassures : conchoïdales à éclat vitreux (comme du verre)

Test aimant : négatif

Test HCl : négatif

Test verre : variable

Remarques : La différenciation avec les scories de fonderie typiques (cupola) est assez délicate

Scorie d’aciérie basique

Forme : polyèdres ; surfaces de refroidissement absentes ou limitées à une face

Porosité : faible à très faible.

Couleur : cassures fraîches généralement gris foncé ; cassures anciennes généralement beige d’aspect poudreux ; alvéoles parfois couvertes d’un revêtement clair (blanc, gris ou bleu) pulvérulent

Couleur du trait : brun (généralement foncé)

Densité apparente : élevée

Cassures : irrégulière

Test aimant : généralement positif

Test HCl : dégagement de CO_2, mais pas de H_2S

Test verre : griffe difficilement ou pas du tout le verre

Remarques : présence commune de sphérules de fer ; les pores sont parfois de forme irrégulière

Scories d’aciérie acides

Forme : polyèdres ; surfaces de refroidissement absentes ou limitées à une face

Porosité : variable

Couleur : cassures fraîches généralement gris foncé à éclat semi-métallique; cassures anciennes généralement brun foncé ; alvéoles souvent couvertes d’un revêtement de couleur rouille

Couleur du trait : brun clair

Densité apparente : très élevée

Cassures : irrégulière

Test aimant : négatif

Test HCl : négatif

Test verre : griffe facilement le verre

Remarques : présence commune de particules métalliques rouillées

Scorie de fonderie

Forme : polyèdres; surfaces de refroidissement absentes ou limitées à une face

Porosité : généralement très faible (1-2%) mais pouvant atteindre 80%.

Couleur : très variable (noir, brun, vert, bleu, turquoise, blanc, …) ; présence commune de pellicule de rouille ou d'irisations.

Couleur du trait : blanc ou absent

Densité apparente : variable

Cassures : conchoïdale à éclat vitreux (comme le verre)

Test aimant : négatif (éventuellement positif sur certaines sphérules de fer)

Test HCl : négatif sur la masse vitreuse, mais positifs sur particules métalliques éventuelles

Test verre : griffe facilement le verre

Remarques : présence possible de sphérules de fer ou de particules métalliques rouillées

Scorie de la métallurgie Pb/Zn (sous-groupe riche en fer)

Forme : polyèdres; surfaces de refroidissement absentes ou limitées à une face

Porosité : nulle ou très faible

Couleur : cassures fraîches gris foncé à éclat métallique; cassures anciennes brun-foncé

Couleur du trait : blanc ou absent

Densité apparente : très élevée

Cassures : irrégulières

Test aimant : négatif

Test HCl : négatif

Test verre : griffe facilement le verre

Remarques : souvent de forme triangulaire avec l'extrémité arrondie (« quartier de tarte »)

Scorie de la métallurgie Pb/Zn (sous-groupe riche en silice)

Forme : polyèdres ; surfaces de refroidissement absentes ou limitées à une face

Porosité : nulle ou très faible

Couleur : cassures fraîches noires ou gris foncé; cassures anciennes brun-foncé

Couleur du trait : blanc ou absent

Densité apparente : très élevée

Cassures : conchoïdales ou irrégulières

Test aimant : négatif

Test HCl : négatif

Test verre : griffe facilement le verre

Remarques : peut être confondu avec des scories de fonderie ou des scories de haut-fourneau massives

Mâchefer

Forme : très irrégulière, souvent avec protubérances arrondies; surfaces de refroidissement présentes sur plusieurs faces

Porosité : souvent très élevée, parfois très faible

Couleur : cassures fraîches noires, grises ou rouge; cassures anciennes brun foncées ; surface de refroidissement de couleur brun-rougeâtre et souvent brillante

Couleur du trait : blanc ou absent

Densité apparente : faible à élevée

Cassures : irrégulières, parfois conchoïdales

Test aimant : négatif

Test HCl : négatif

Test verre : griffe facilement le verre

Remarques : présence commune de résidus de schistes non fondus

Scories de la métallurgie du zinc

Forme : très irrégulière, composé de grains agglomérés

Porosité : faible

Couleur : rouille

Couleur du trait : brun ou absent

Densité apparente : moyenne

Cassures : irrégulières

Test aimant : positif

Test HCl : négatif

Test verre : ne griffe pas le verre

Remarques : présence de dépôts blancs-bleuâtres