

POLLUSOL 2 : Concentrations de fond dans les sols

B. Pereira, H. Titeux et Ph. Sonnet
(UCLouvain – Earth and Life Institute)



Projet financé par :



Plan de la présentation

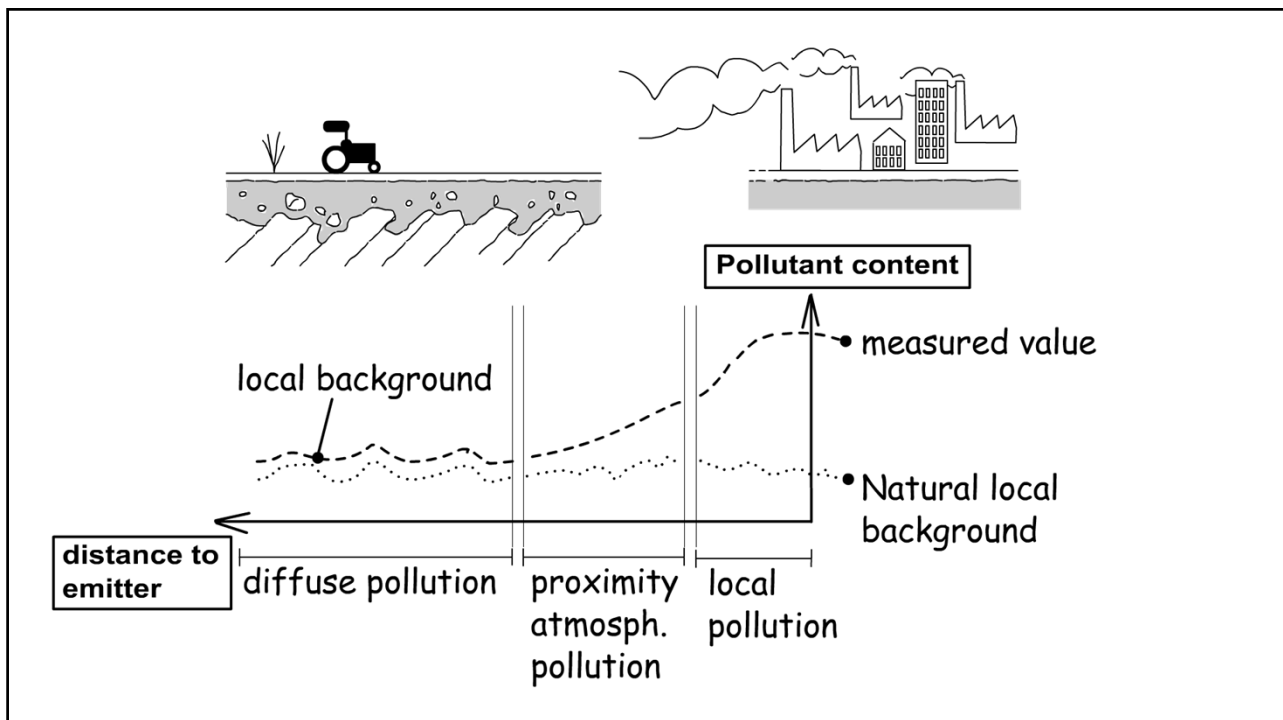
1. Collecte d'informations sur les concentrations de fond : les projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2
2. Cartographie des concentrations de fond
 1. Principaux **facteurs** explicatifs des concentrations
 2. Cartographie des **retombées** atmosphériques de polluants
 3. **Prédiction** des concentrations de fond en tout point de la Wallonie
 4. **Validation** des cartes produites
3. Présentation des résultats cartographiques

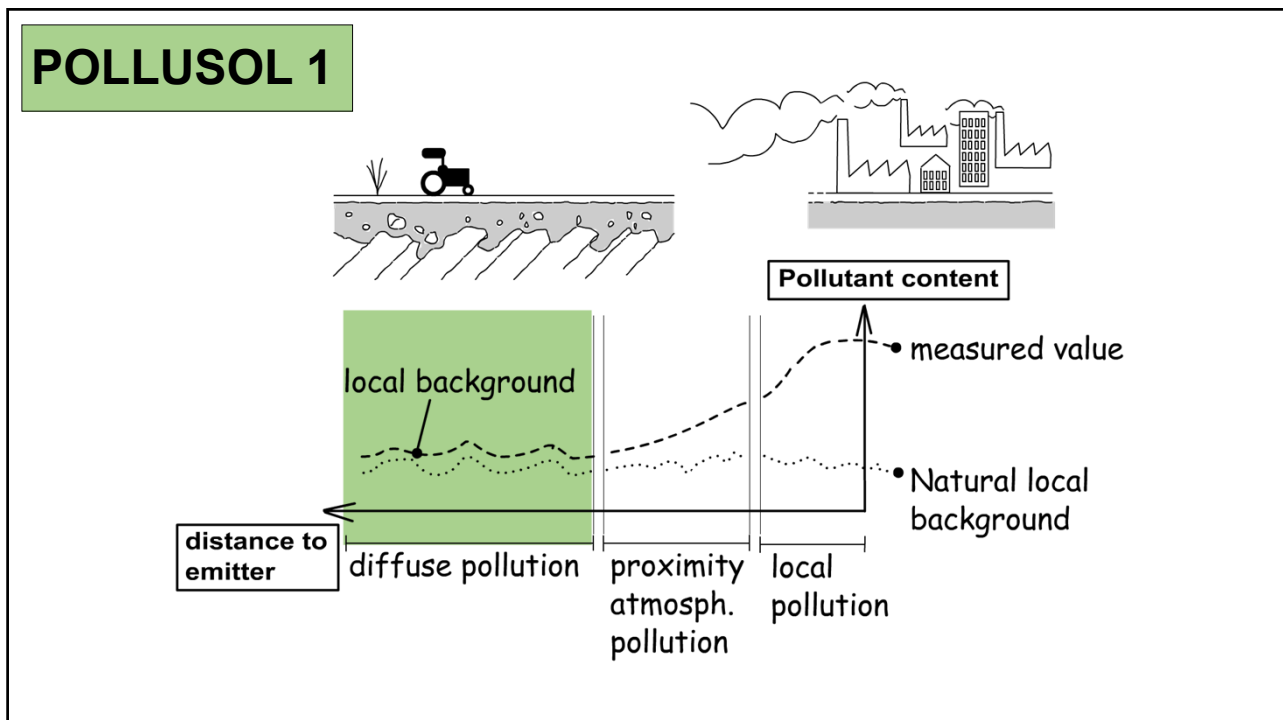
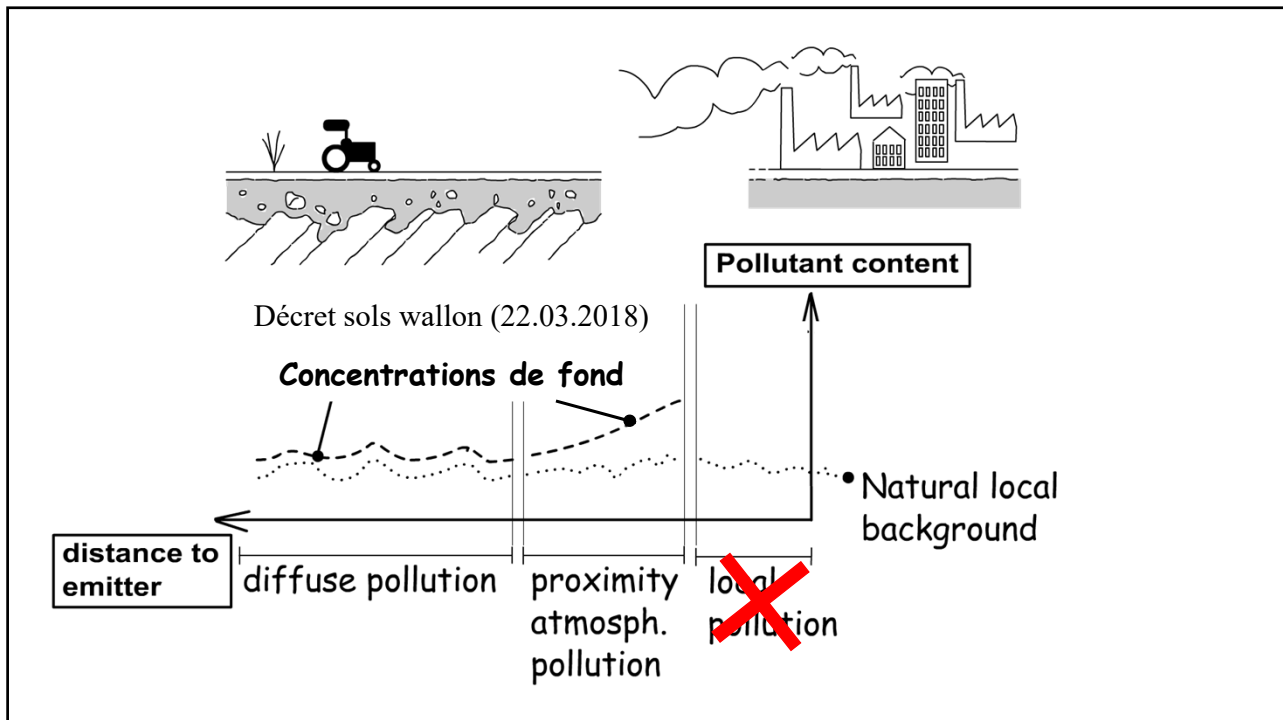
Décret relatif à la gestion et à l'assainissement des sols (M.B. 22.03.2018)

Concentration de fond : concentration ambiante d'un polluant dans le sol;
les concentrations ambiantes peuvent indiquer des variations géologiques
naturelles ou l'influence d'une activité agricole, industrielle ou urbaine généralisée
(Art 2. 22°)

Concentrations de fond utilisées pour :

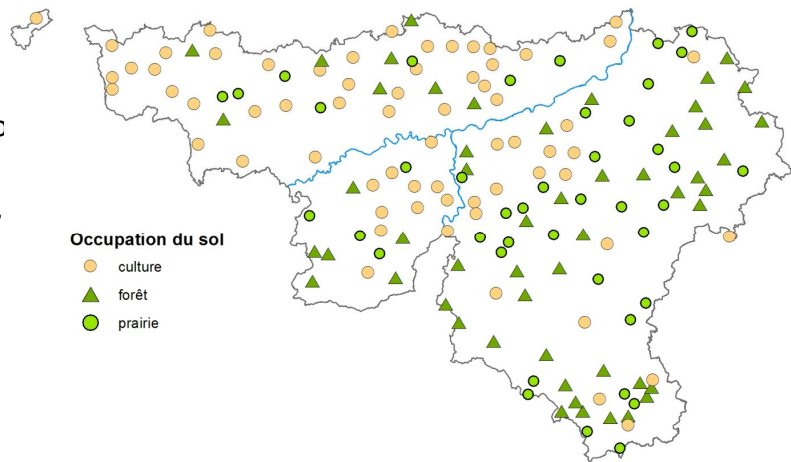
- définir les obligations (après une étude d'orientation)
 - les objectifs d'assainissement (relever les teneurs jusqu'à max. les VS)
- + Modification de l'arrêté « Terre » ?



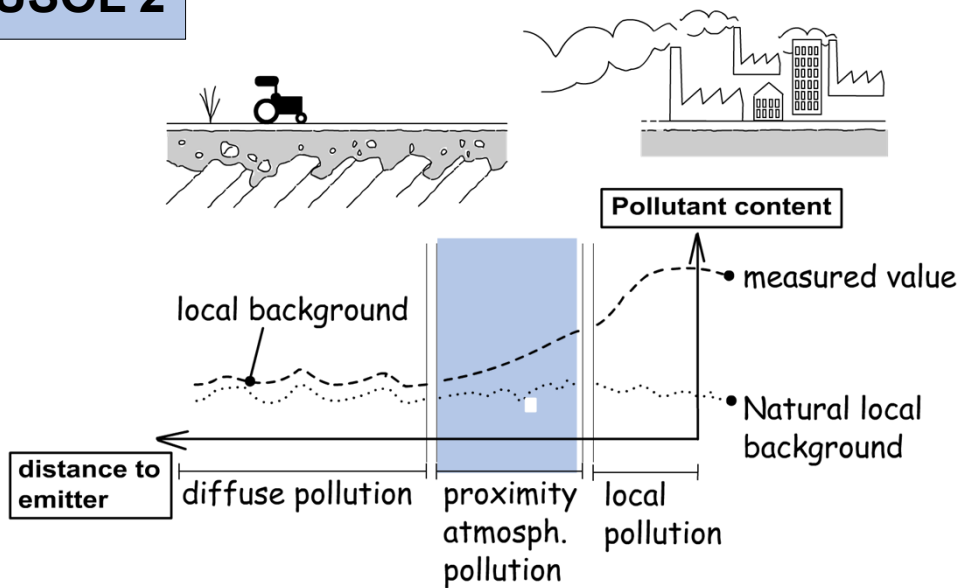


Le projet POLLUSOL 1 (2002)

- 163 points sondés (surface, intermédiaire, profond)
- Echantillonnage stratifié (pédologie, géologie, occupatic du sol)
- ETM : As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn



POLLUSOL 2



Le projet POLLUSOL 2 (2012)

796 points d'échantillonnage répartis sur 8 zones d'étude

- 398 sols de potagers (horizon de surface)
- 398 sols agricoles, forestiers et parcs (horizon de surface et profond)



Le projet POLLUSOL 2 (2012)

398 sols agricoles, forestiers et parcs (horizon de surface et profond)

Description des sites de prélèvement



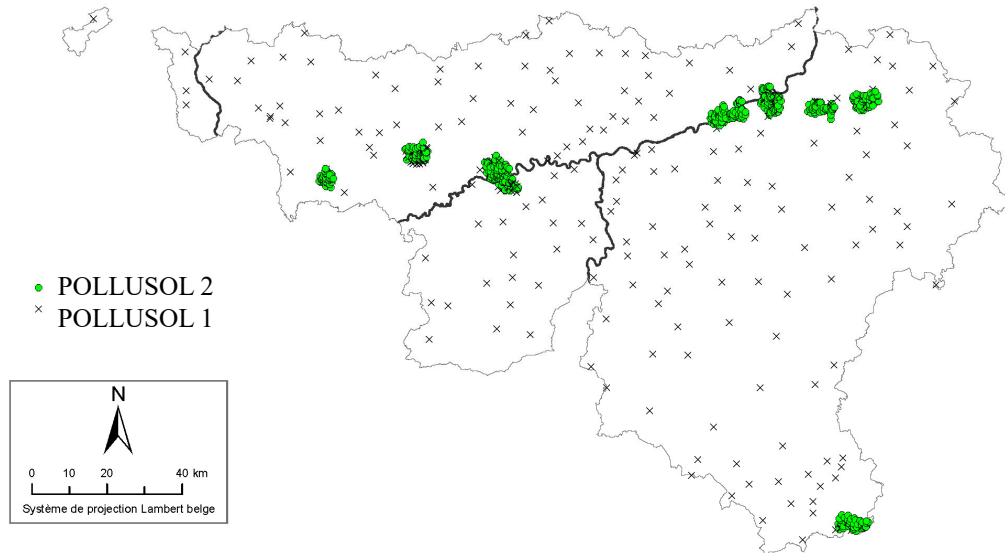
Description des carottes de sols



Préparation des échantillons pour analyse :

- Propriétés générales (pH, matière organique, etc.)
- Concentration pseudototales (extraction eau régale) pour éléments **majeurs** (Fe, Al, Ca, ...) et **traces** (As, Cd, Cu, Sb, Tl, Zn...).
- Concentration en polluants organiques (HAP, BTEX, EOX, ...).

POLLUSOL 1 et 2 : localisation des points d'échantillonnage



Plan de la présentation

1. Collecte d'informations sur les concentrations de fond : les projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2
2. Cartographie des concentrations de fond
 1. Principaux **facteurs** explicatifs des concentrations
 2. Cartographie des **retombées** atmosphériques de polluants
 3. **Prédiction** des concentrations de fond en tout point de la Wallonie
 4. **Validation** des cartes produites
3. Présentation des résultats cartographiques

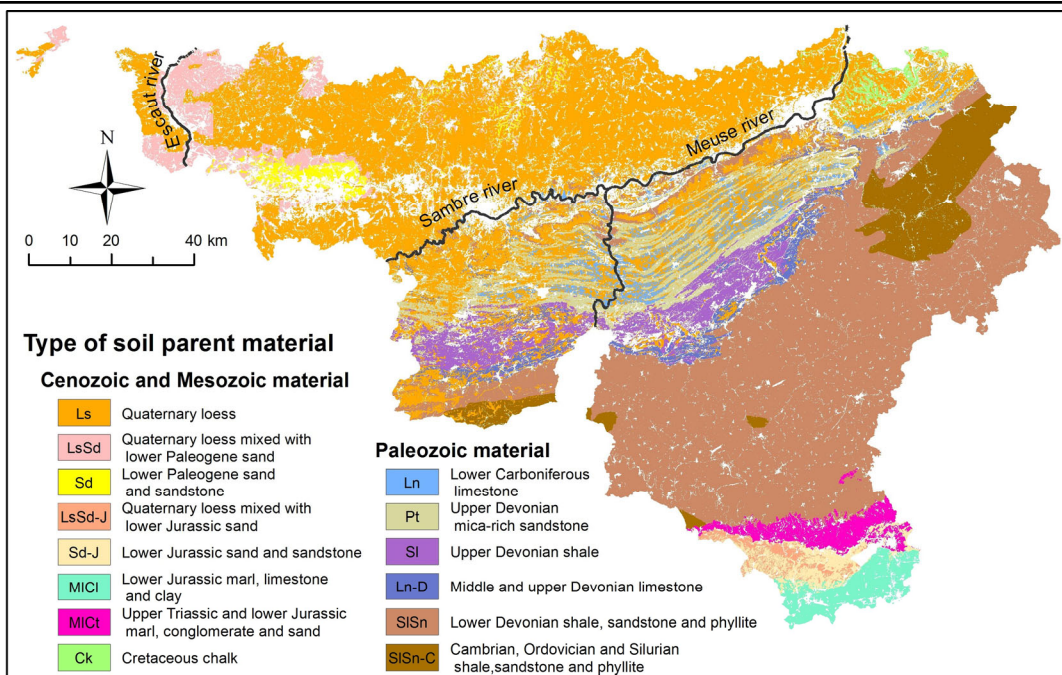
Signature géochimique d'un sol wallon



Facteurs explicatifs

Matériau parental

Occupation du sol





Soil geochemical footprint

Matériau parental

Occupation du sol

Retombées atmosphérique de polluants

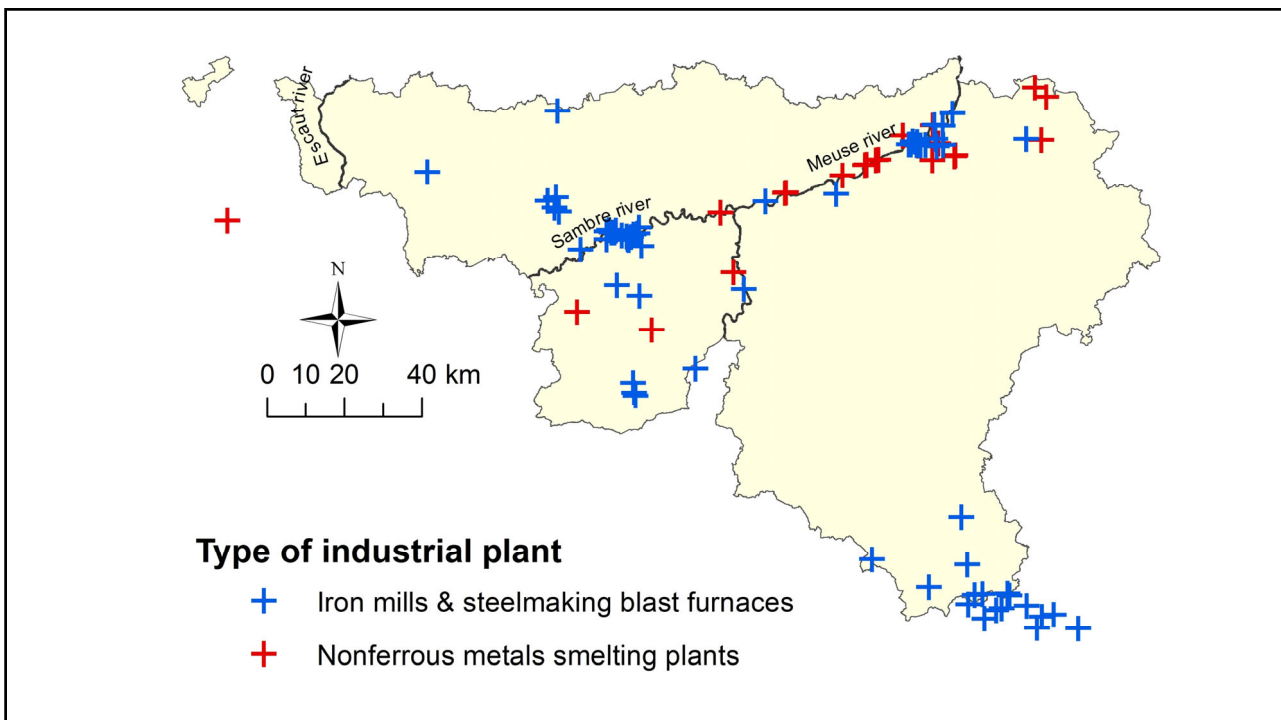
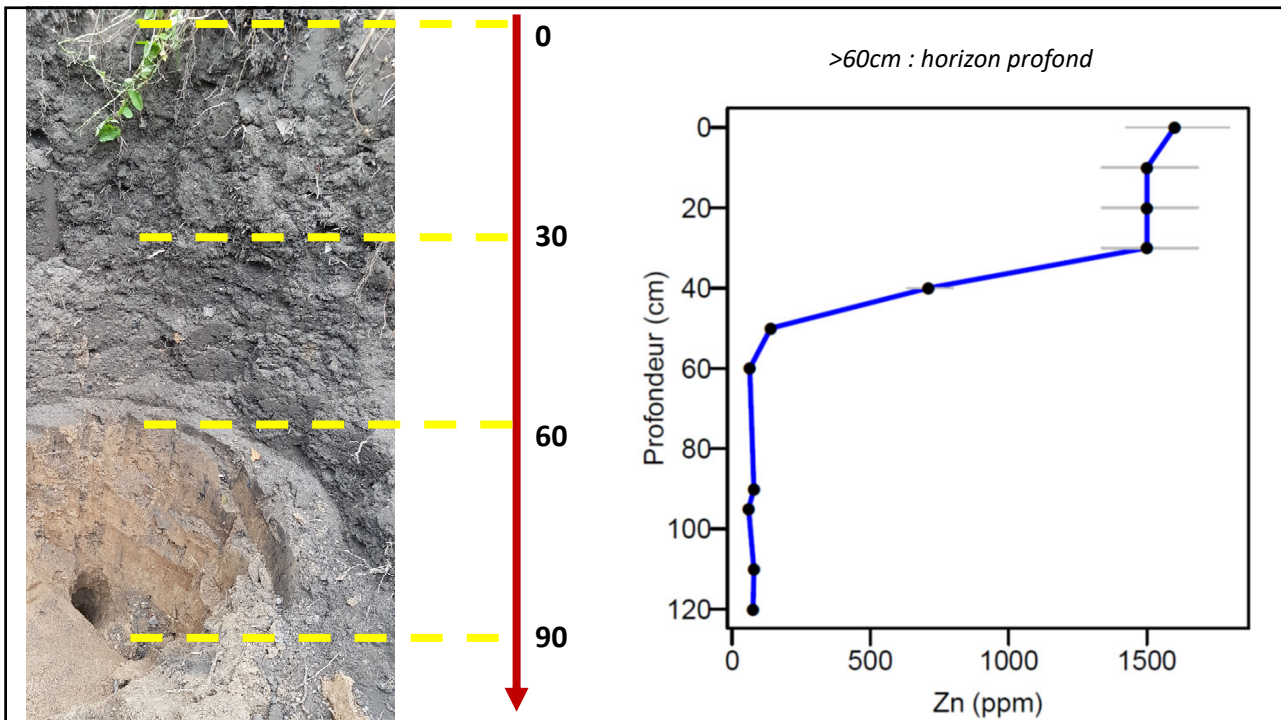
Zinc smelting plant, Liège industrial area,
1855

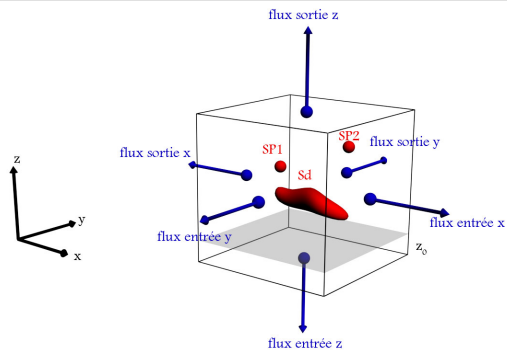
Lithography : A. Maugendre



Vegetable garden, Liège industrial area,
2021



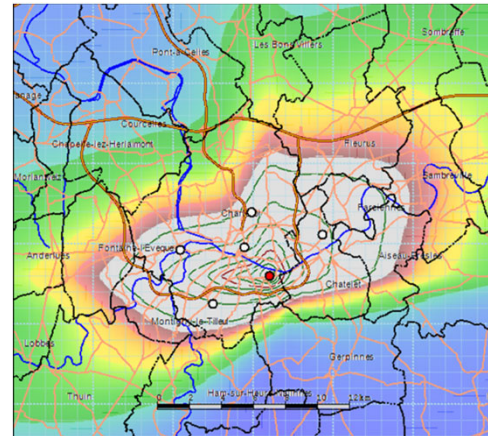




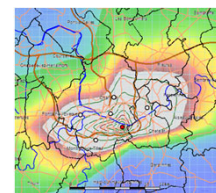
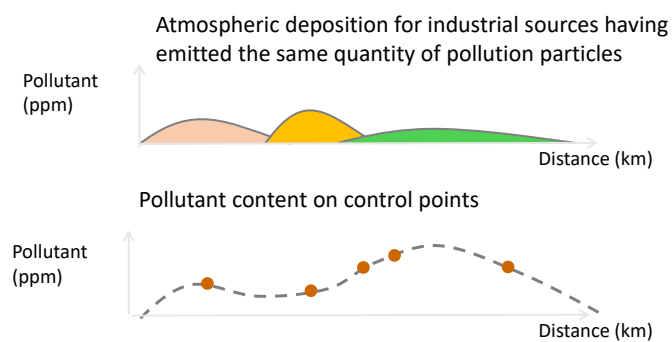
Model inputs :

- meteorological conditions of the year 2008 (representative)
- standard parameters for the industrial source emission
- ...
- **emitted particles :100t**

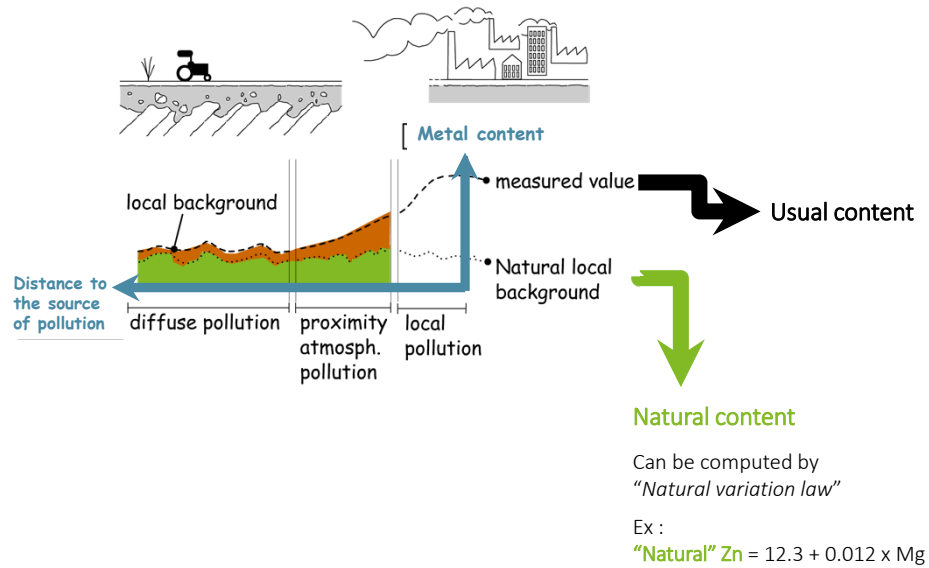
Pollutant deposition dispersion modeled by a finite volume method



Pondération des cheminées à l'aide de points de contrôle : principe

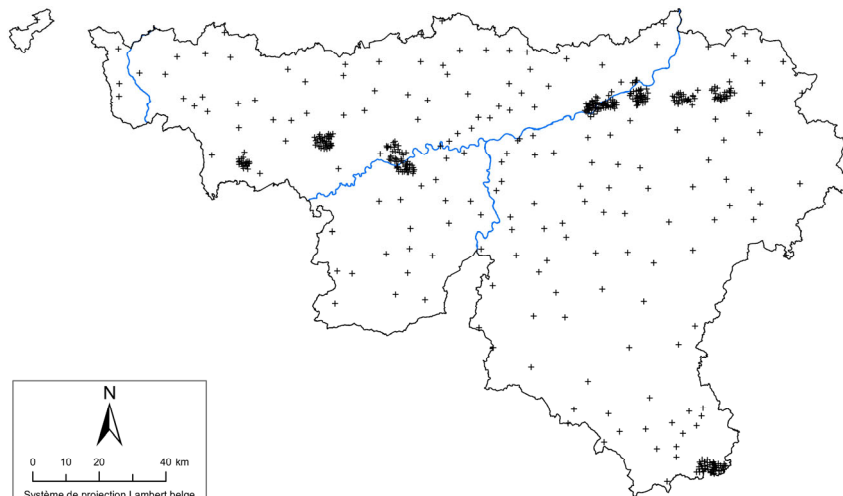


Natural content Vs Usual content



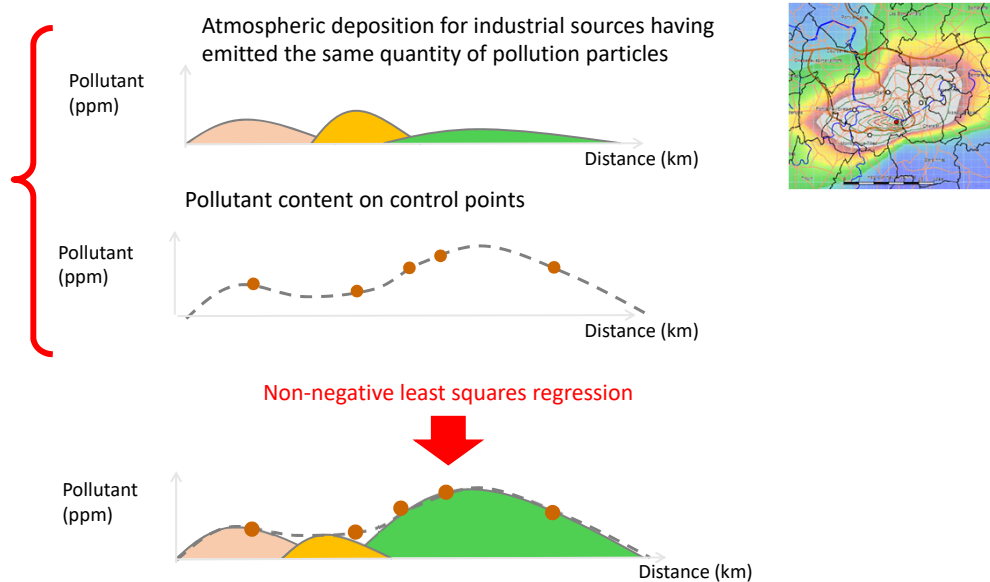
Compute soil pollution content on control points (POLLUSOL 1 & 2)

Pollution content = usual content – natural content

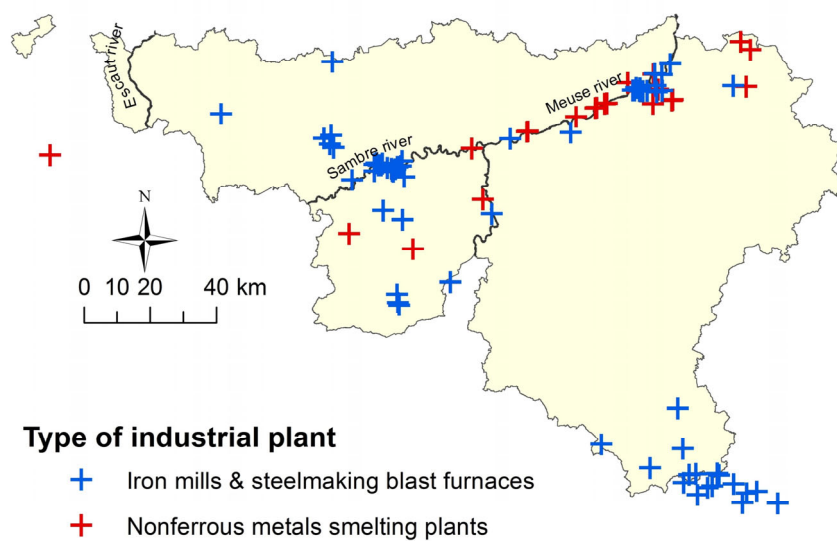


UCL – EARTH & LIFE INSTITUTE

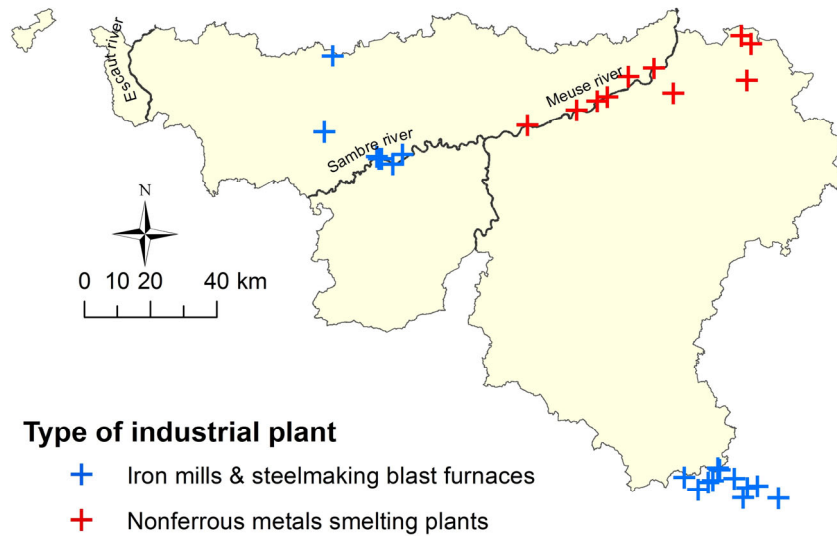
Pondération des cheminées à l'aide de points de contrôle : principe



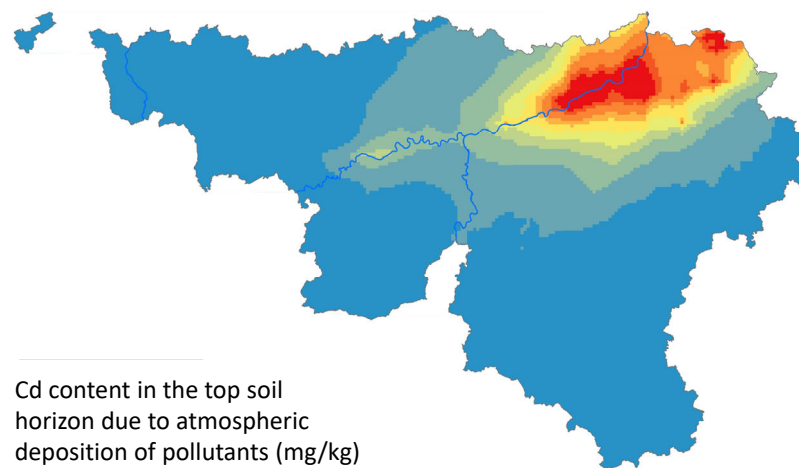
125 industrial sources of Cd emission



28 industrial sources of Cd emission retained by the model



UCL – EARTH & LIFE INSTITUTE



■ < 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

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 - environnement (ELI-e)

SPAQuE

UCL
Université catholique de Louvain



UCL – EARTH & LIFE INSTITUTE

Plan de la présentation

1. Collecte d'informations sur les concentrations de fond : les projets POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2
2. Cartographie des concentrations de fond
 1. Principaux **facteurs** explicatifs des concentrations
 2. Cartographie des **retombées** atmosphériques de polluants
 3. **Prédiction** des concentrations de fond en tout point de la Wallonie
 4. **Validation** des cartes produites
3. Présentation des résultats cartographiques

Prédiction des concentrations de fond en tout point de la Wallonie

Etape 1 : Sélection des **valeurs représentatives** des concentrations de fond dans les bases de données POLLUSOL 1 et 2

Etape 2 : **Régression linéaire** entre les concentrations dans les sols et les trois principaux facteurs explicatifs (l'occupation du sol, le type de sol, les retombées atmosphériques de polluant)

→ création de la **carte des moyennes locales**

Etape 3 : Interpolation des **résidus** de la régression par krigeage. Addition de la carte des moyennes locales obtenues à l'étape 2

→ création de la **carte des teneurs attendues** en polluant

Etape 4 : Calcul de la concentration qui a une probabilité inférieure à 5 chances sur 100 d'être dépassée.

→ création de la **carte du 95^e centile**

Collaboration avec Dr. P. Goovaerts (PGeostat LLC, Michigan, USA)

Etape 1 : Sélections des valeurs **représentatives** des concentrations de fond dans les bases de données POLLUSOL 1 et 2

Constitution d'un jeu de données de référence

→ POLLUSOL 1 et POLLUSOL 2 en excluant

→ les points **anomaliques**

→ les points sur remblais et les points sur potager ayant reçu un **apport de terre** qui s'écartent des concentrations rencontrées dans les sols « en place »

Sélection des polluants qui se prêtent à la cartographie

→ Polluants non cartographiés : lorsque >2/3 des concentrations mesurées sont inférieures aux **limites de quantification**

→ 41 polluants cartographiés : 14 ETM et 27 polluants organiques

Suppression des valeurs atypiques

→ Suppression des **outliers univariés**

→ Suppression des **outliers multivariés**

→ Suppression des **outliers spatiaux**

Etape 2 : Régression linéaire entre les concentrations dans les sols et les trois principaux facteurs explicatifs

Facteurs explicatifs retenus :

	Groupe de sol	Occupation du sol	Retombées atmosphériques
<u>Polluants inorganiques</u>			
As	OUI	OUI	/
Ba	OUI	OUI	/
Be	OUI	OUI	/
Cd	OUI*	OUI	OUI
Co	OUI	OUI	/
Cr	OUI	OUI	/
Cu	OUI*	OUI	OUI

Etape 2 : Régression linéaire entre les concentrations dans les sols et les trois principaux facteurs explicatifs

Application du modèle de régression à la Wallonie

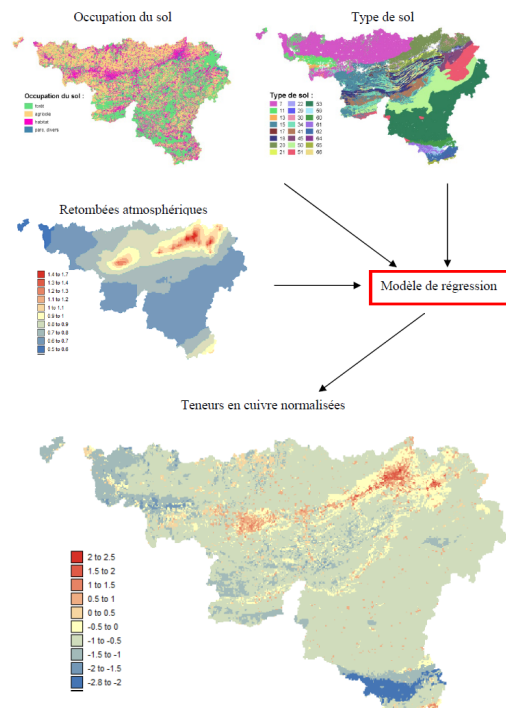
Etablissement de la grille d'interpolation :

1. Maillage : 500*500 ou 250*250 (zones d'étude)
2. Détermination des informations pour chaque maille :
 1. Retombées atmosphériques de polluant : POLLUSOL 2
 2. Occupation du sol : CNOSW classée
 3. Type de sol : 24 groupes de sols

NB : Pour chaque maille, la « classe » majoritaire (au niveau surfacique) a été attribuée à la totalité de la maille

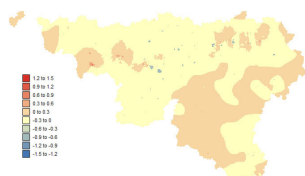
Résultats pour le cuivre :

Création de la carte
des moyennes locales

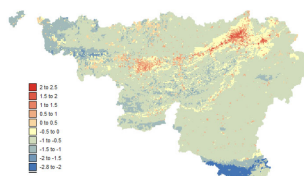


Etape 3 : Interpolation des résidus de la régression par krigeage.

Krigeage des résidus

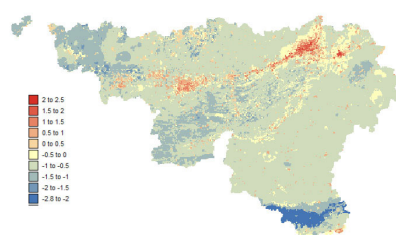


Carte des moyennes locales



+

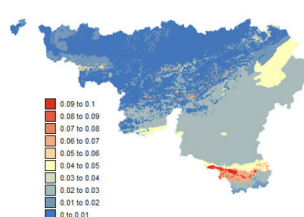
= Carte des teneurs attendues



Etape 4

Détermination de la concentration qui a une probabilité inférieure à 5 chances sur 100 d'être dépassée

Variance d'erreur de la régression

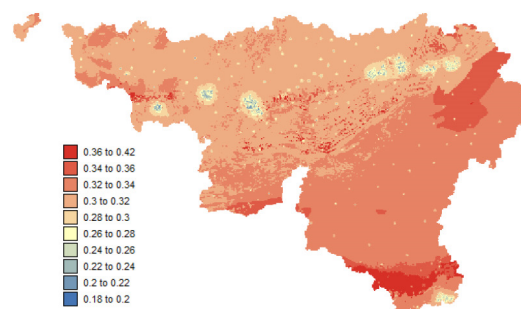


Variance d'erreur de krigeage



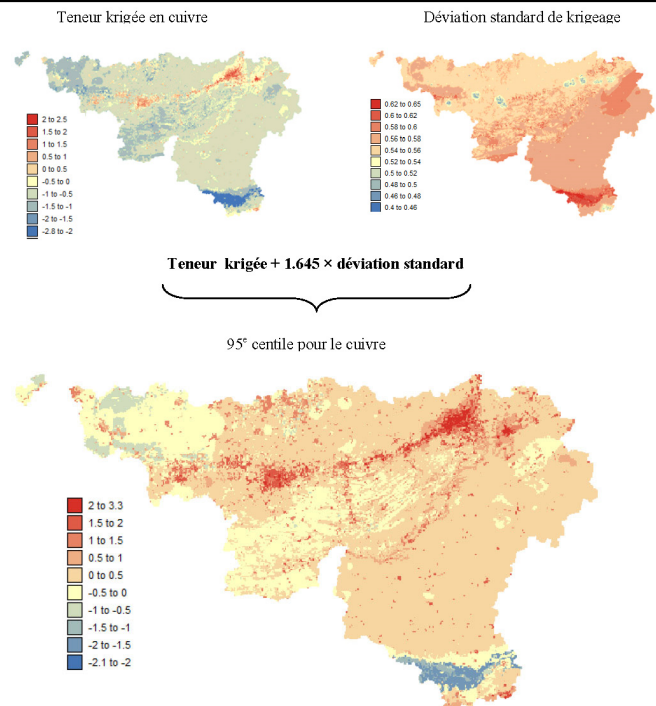
+

Variance d'erreur totale



Etape 4

Détermination de la concentration qui a une probabilité inférieure à 5 chances sur 100 d'être dépassée



Validation des cartes produites

Principe et exemple pour le cuivre

Validation croisée : chaque observation est enlevée temporairement du jeu de données et réestimée à partir des observations restantes

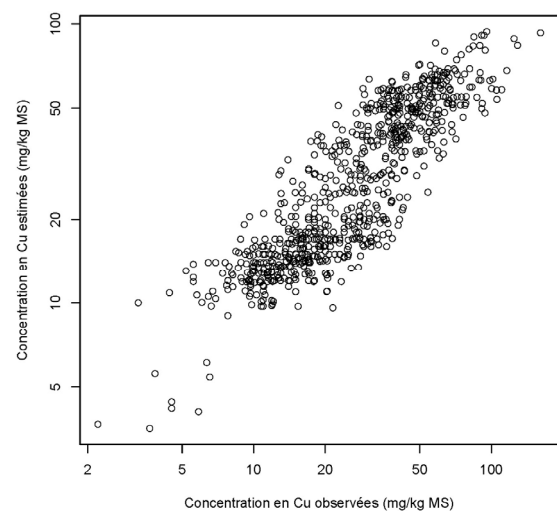
Résultats : exemple du cuivre :

Corrélation en les teneurs observées et les teneurs prédites = 0.88

Biais = 0.5 mg/kg
= moy. données : 31.71 mg/kg -
moy. estimations : 31.21 mg/kg

Erreur absolue moyenne :
8.06 mg/kg = 25% de la moyenne

Gain de précision par rapport à l'utilisation de la moy. régionale = 109 %



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%

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 (%)
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%

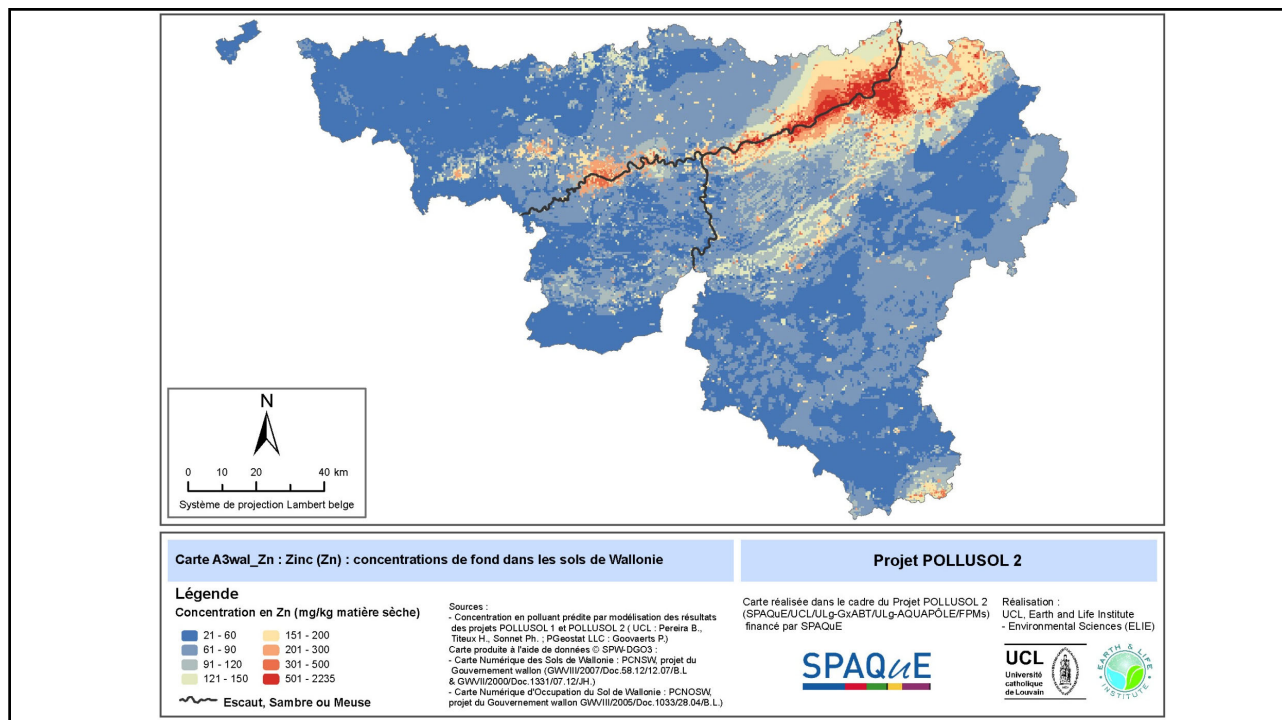
Principales sources d'erreur

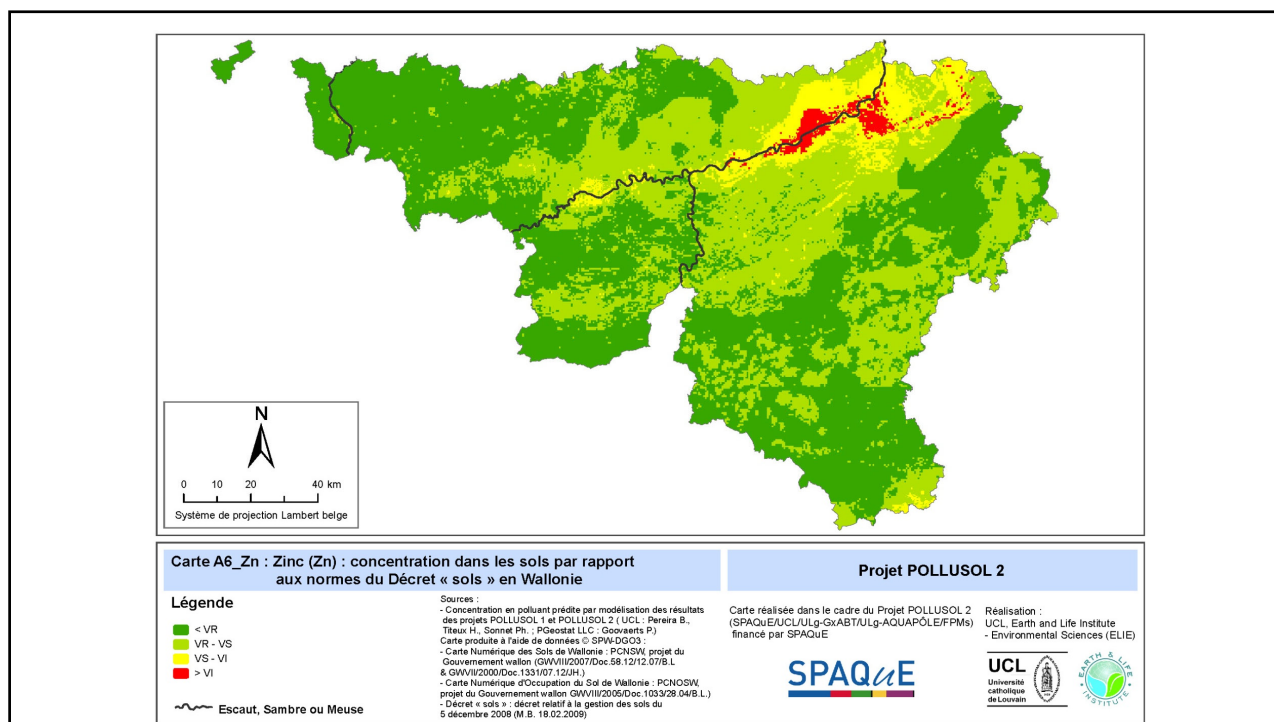
Situation 1 : pollution atmosphérique de proximité

- proximité directe d'un contexte urbain ou industriel (actuel ou ancien)
- enrichissement de l'horizon de surface du sol pour plusieurs polluants

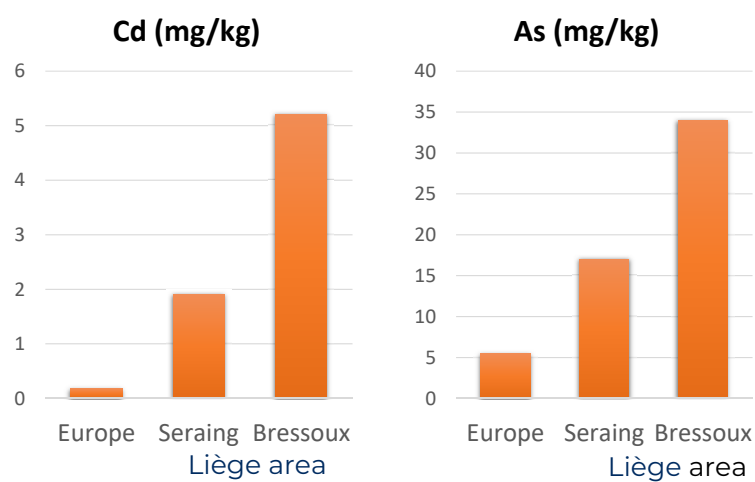
Situation 2 : situation géologique locale particulière

- Enrichissement du sol tant dans les horizons de surface que dans les horizons profonds
- Possibilité de situation géologique susceptible d'être à l'origine d'anomalies géochimiques



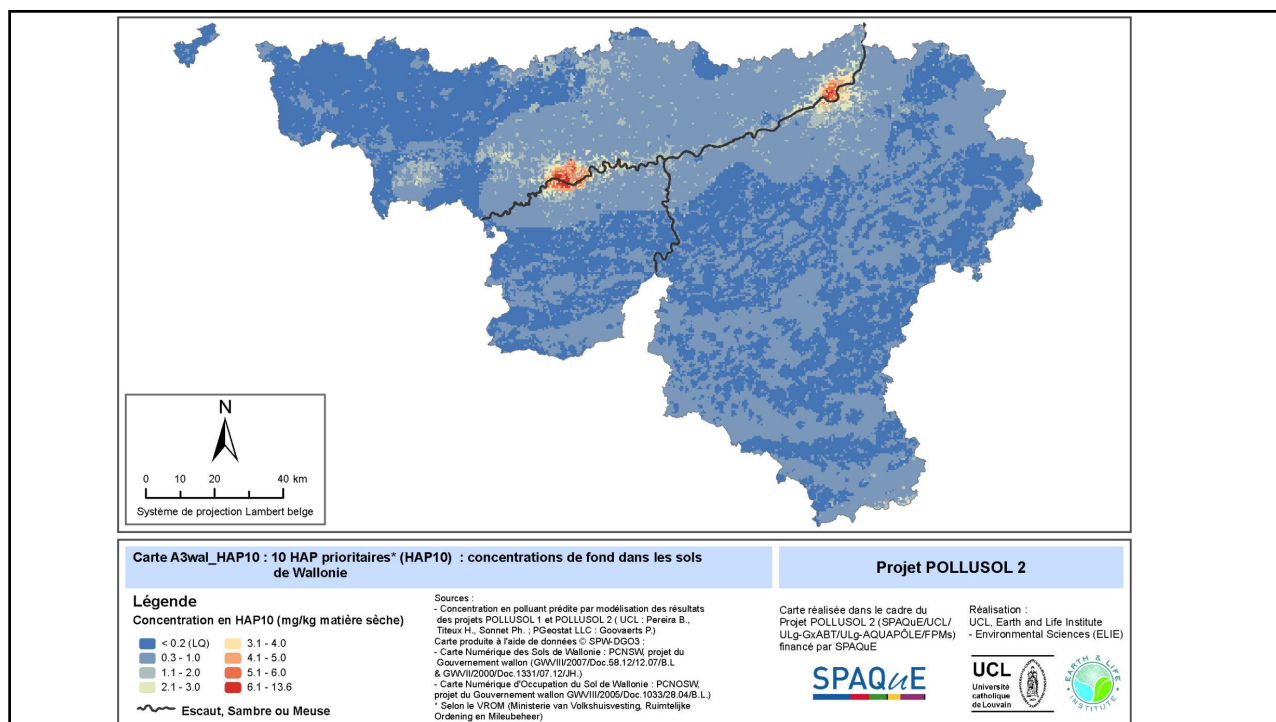
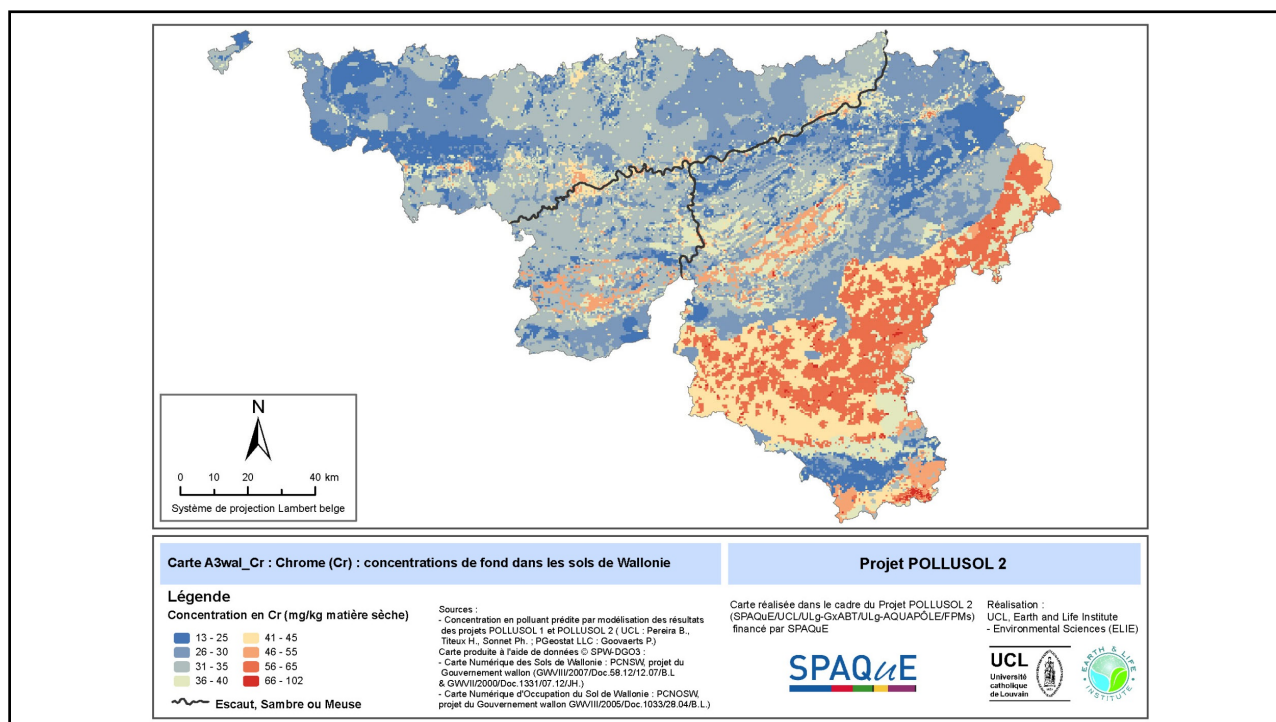


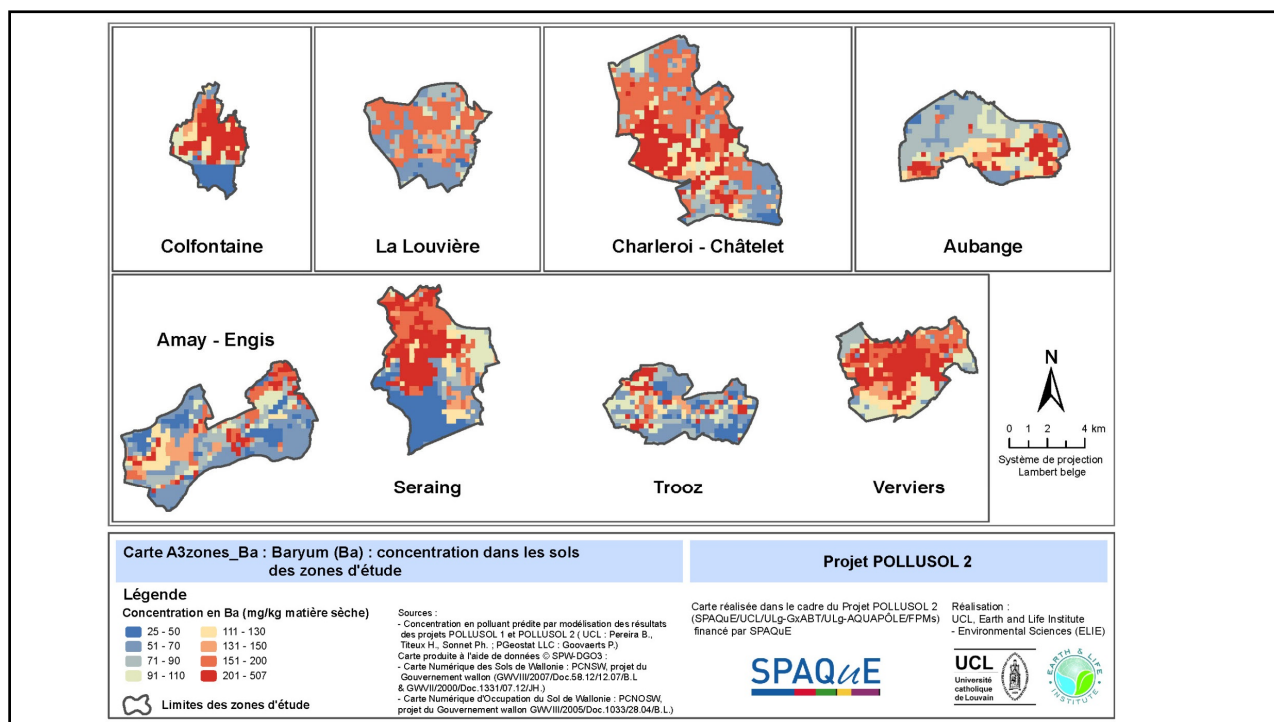
Région de Liège : sol à teneur élevée en métaux



European reference values : GEMAS project : Reimann et al., 2018

Liège area reference values : Seraing : Pereira et al., 2012 ; Bressoux : Pereira et al., 2019





Projet CAPASOL 6 (2018)

Cartes produites pour 2 occupations du sol :
sol agricole et sol forestier

Mailles de 100m x 100m (couverture continue)



Jeux de données représentatifs des concentrations de fond

Jeu de données	Usage(s)	Nombre de données
CAPASOL 6	Agricole	25592
Inventaire forestier	Forêt	824
POLLUSOL 1	Agricole, Forêt	161
POLLUSOL 2	Agricole, Forêt, Urbain, Potager	398
ALTERASOL	Agricole	120
Campagne pXRF CAPASOL 6	Agricole, Forêt, Urbain	126
URBAN SOIL	Potager	39
Thèse Amandine Liénard	Agricole, Forêt	247
Campagne pXRF CAPASOL 5	Forêt, Urbain	21
Campagne pXRF CAPASOL 4	Agricole, Forêt	48
Campagne ER CAPASOL 4-5	Agricole, Forêt, Urbain	32

