



EGERIEC

Evaluation et **GE**stion des **RI**sques de pollution des ressources en **E**au des **C**aptages wallons

Elise Verstraeten¹, **Romain Millecamps**², Alice Alonso¹, Olivier Bastin², Louise Collier³,
Julien Minet⁴ et Marnik Vanclooster¹

¹ Earth and Life Institute (UCLouvain), ² Naturem Solutions, ³ Société Wallonne des Eaux, ⁴ Champs-Libres

Journée d'étude du CEBEDEAU 2022 • 10 novembre 2022

Objectifs

EGERIEC & outline



I. Caractérisation et prédiction du risque

- Etude de la contamination aux nitrates
- Outil de diagnostic du risque de pollution

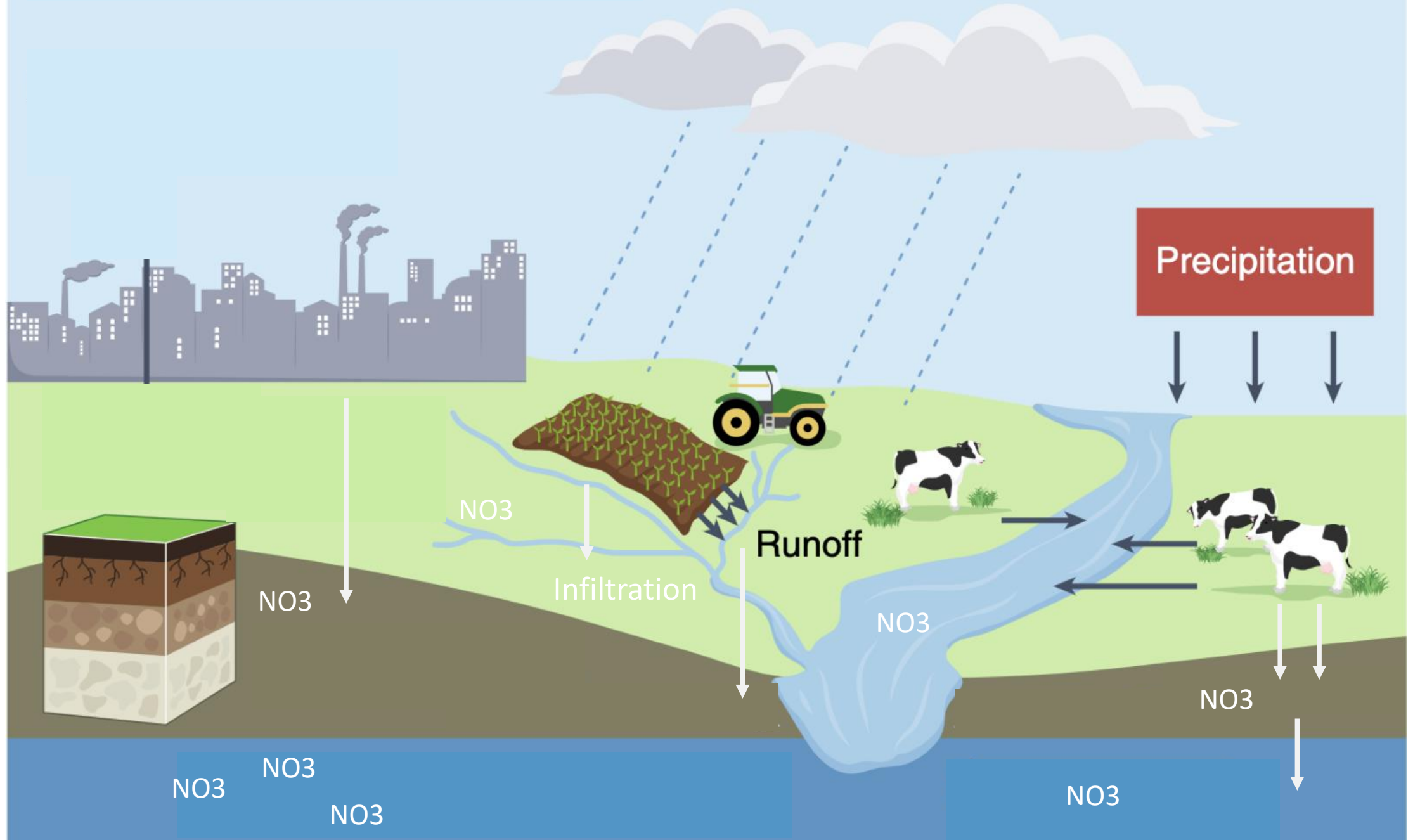
II. Gestion du risque sur base de solutions fondées sur la nature (SfN)

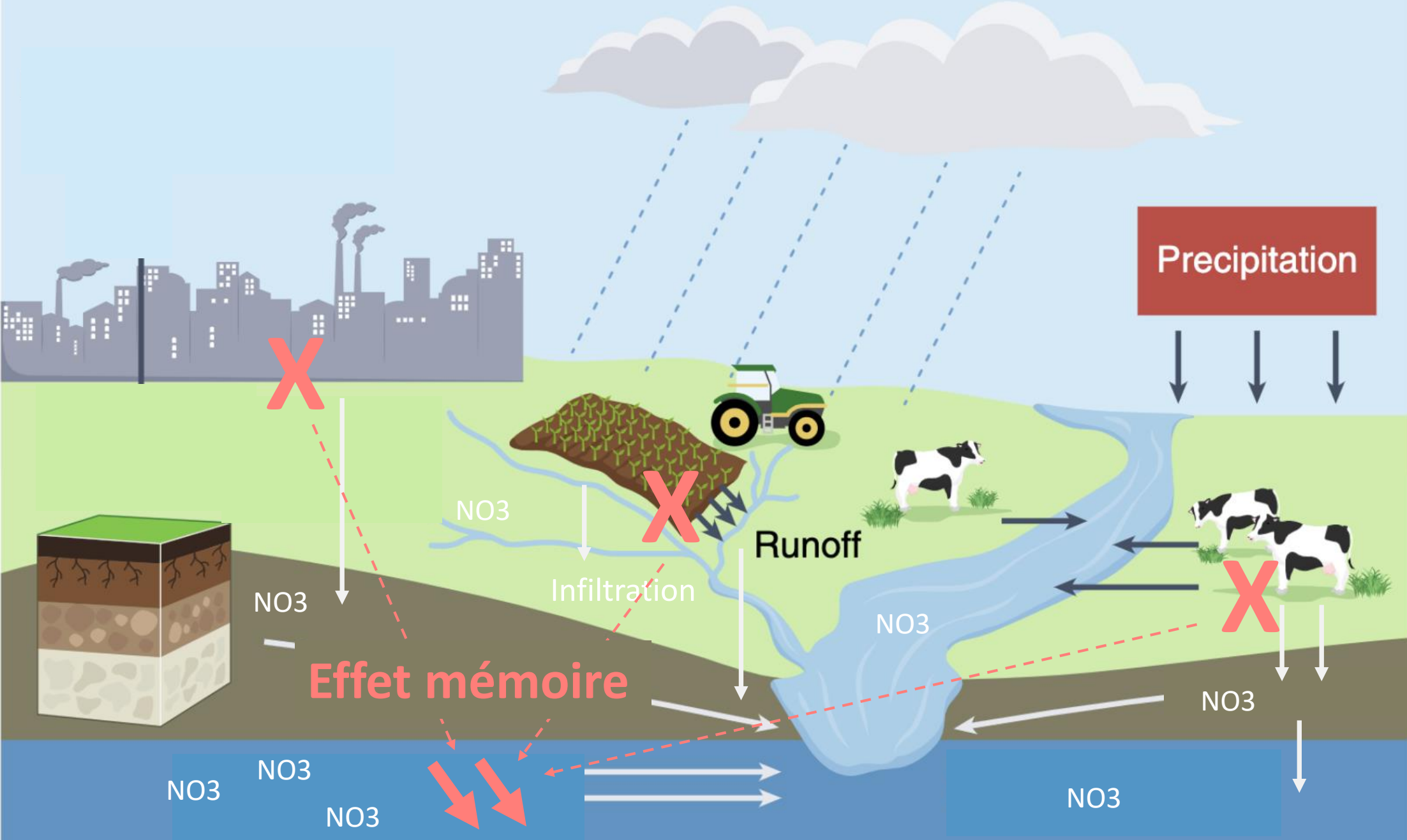
- Outil de gestion du risque de pollution

III. Diffusion



Etude de l'évolution temporelle des concentrations en nitrates [NO₃]

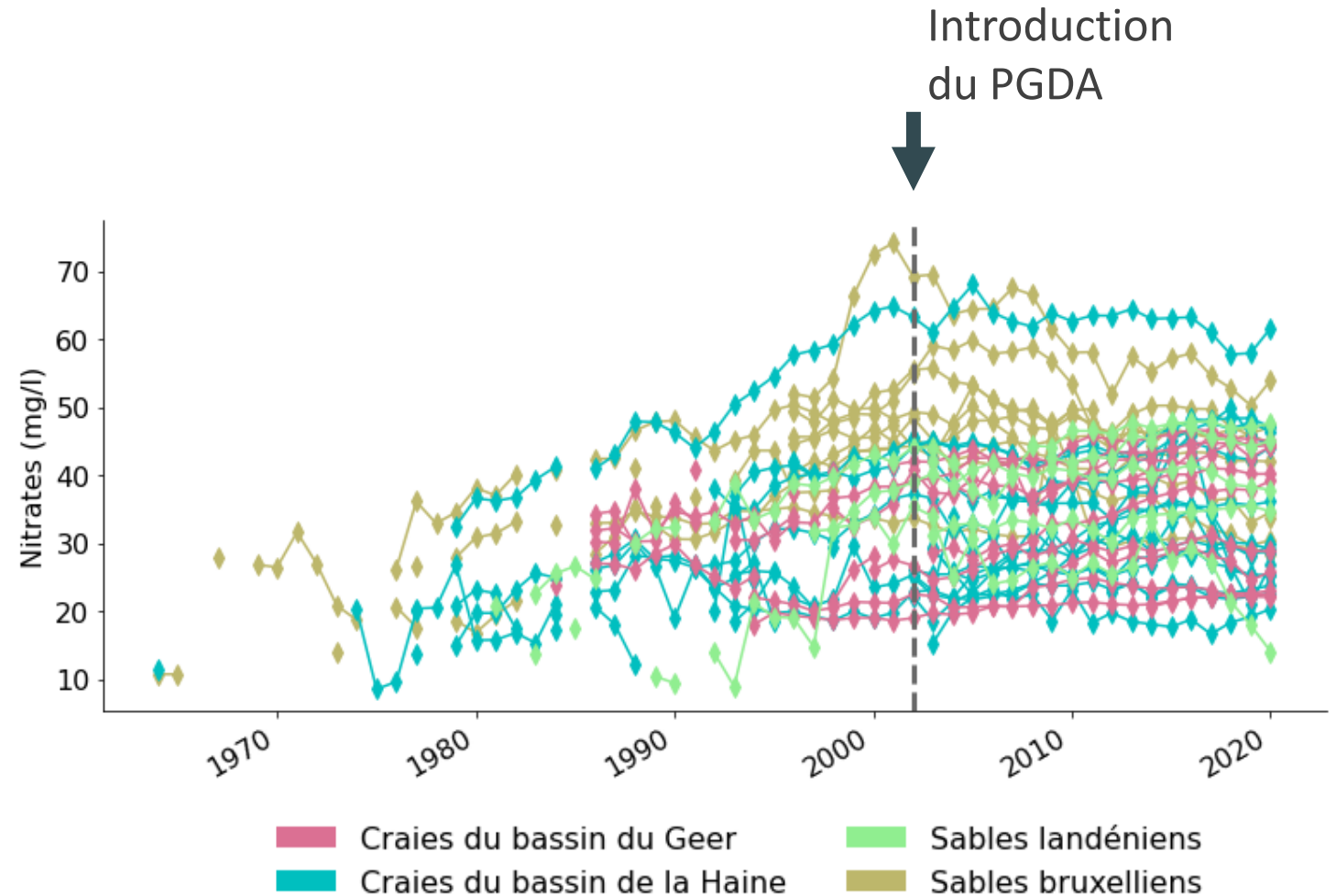
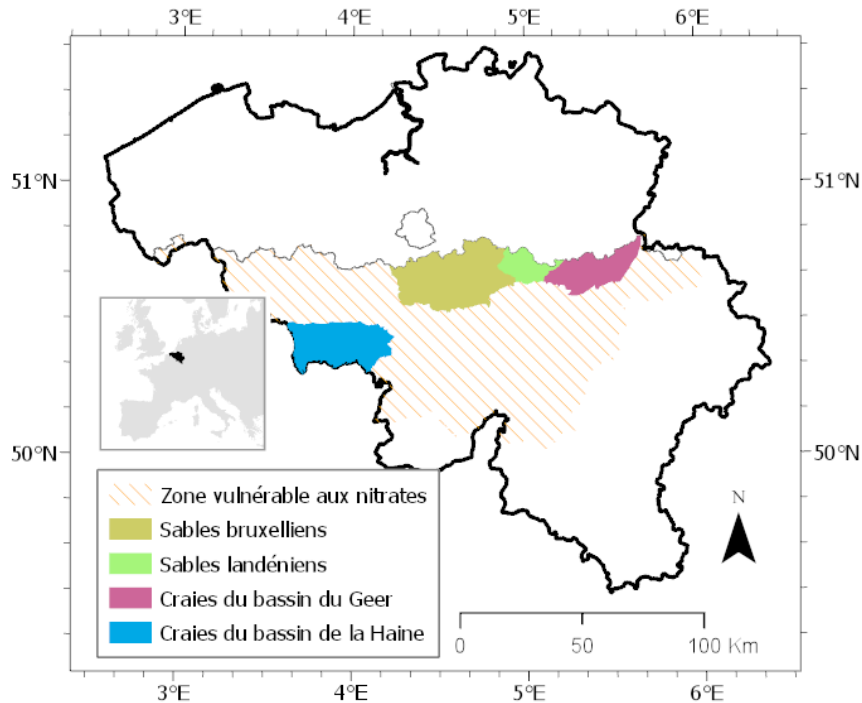




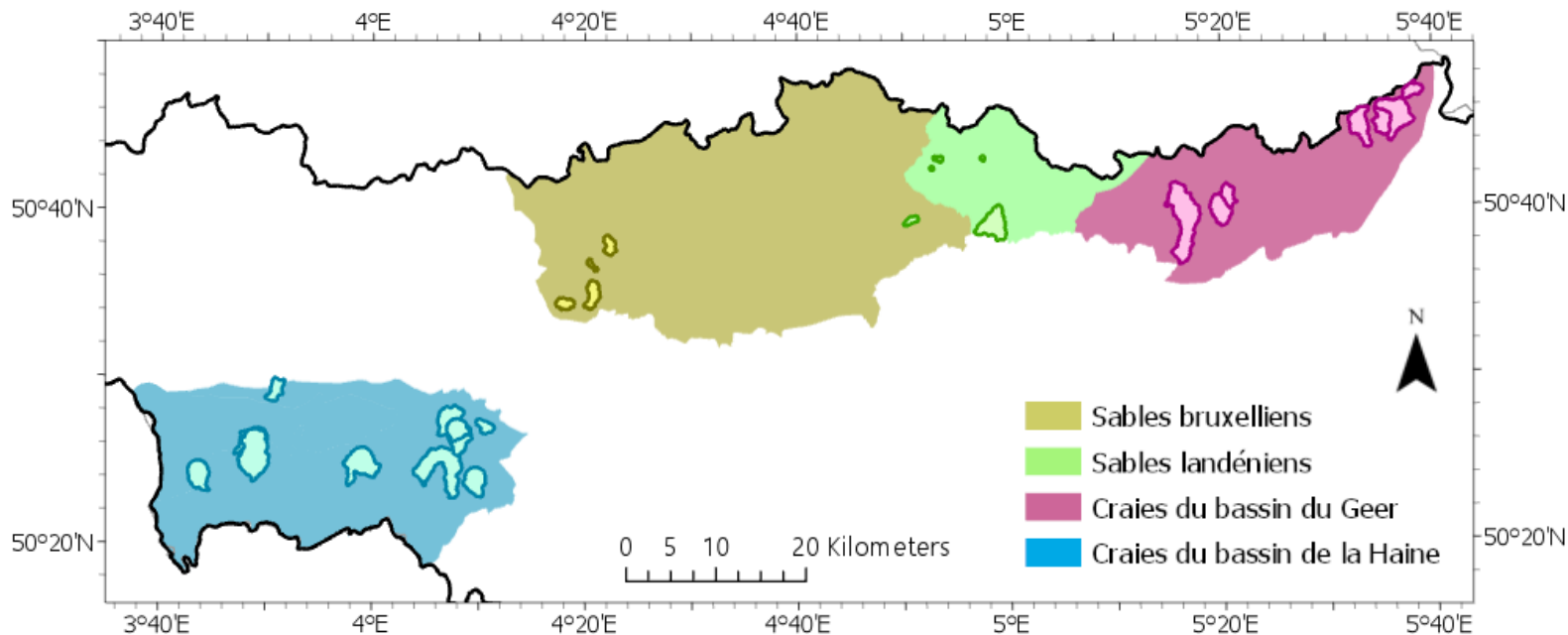


1. Quelle est l'évolution des $[\text{NO}_3]$ depuis la mise en place du PGDA en 2002 ?
2. Quels sont les facteurs de vulnérabilité et de pression corrélés à cette évolution ?
3. Est-ce que les $[\text{NO}_3]$ actuelles peuvent s'expliquer par un effet "mémoire" ou par une efficacité limitée du PGDA ?

[NO₃] dans 36 sites d'étude



Facteurs de vulnérabilité et de pression



Occupation du sol – pollution diffuse

Occupation du sol – pollution ponctuelle

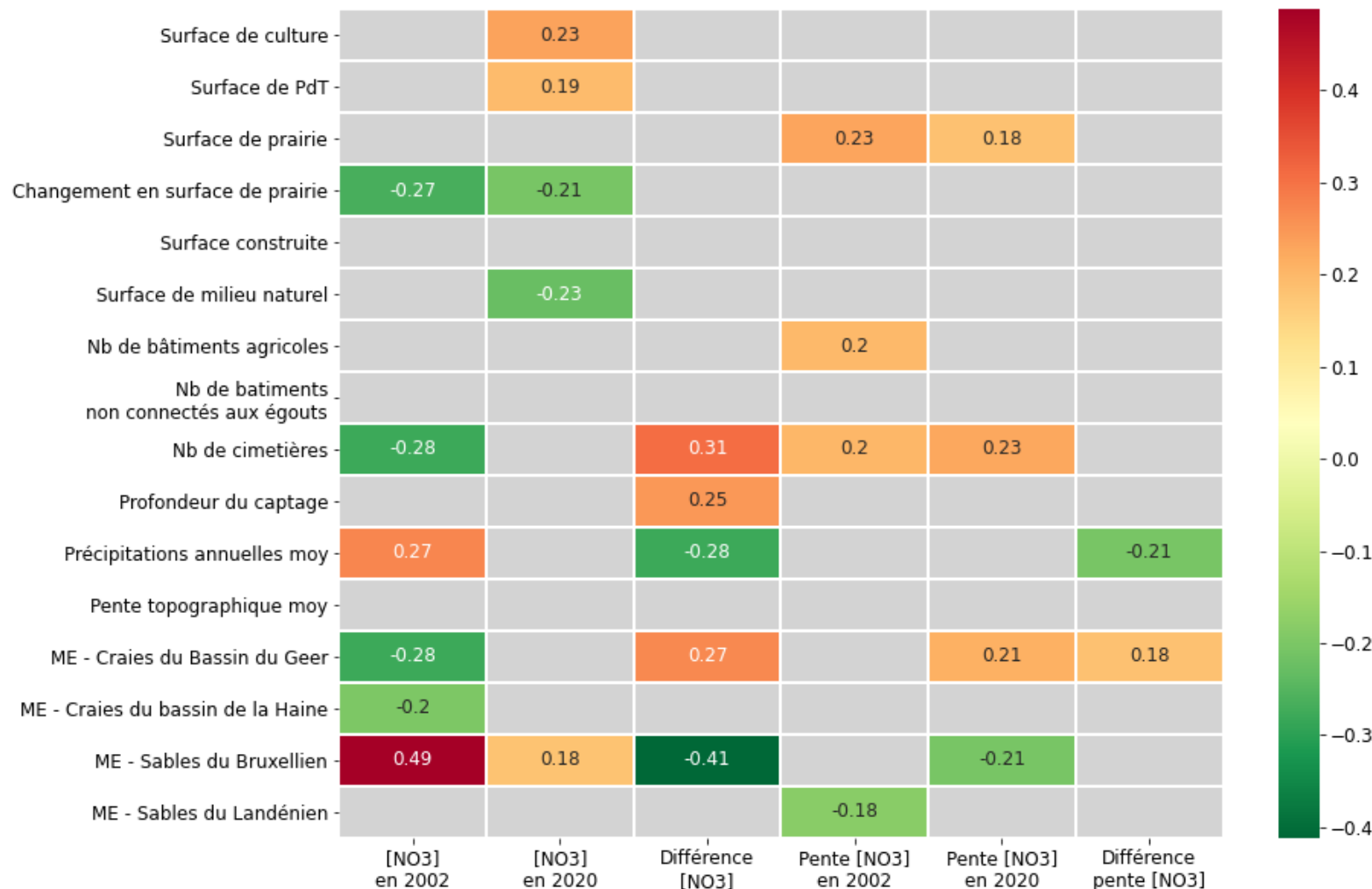
Vulnérabilité

- Su
- Su
- Su
- Ch
- pr
- Su
- Su

- E
- C
- E
- É

- Profondeur du captage
- Précipitations moyennes annuelles
- Pente topographique moyenne

2. Facteurs corrélés aux [NO₃] ?



- Corrélation positive entre la **surface de culture** et [NO₃] en 2020
- Corrélation négative entre la **surface de milieu naturel** et [NO₃] en 2020
- **Surface de prairie** reste positivement corrélée à l'augmentation actuelle de [NO₃]
- L'augmentation de [NO₃] depuis 2002 est corrélée au **nb de cimetières**
- L'augmentation de [NO₃] depuis 2002 est corrélée à la **profondeur des captages**
- Il y a une claire influence de la **masse d'eau**
- Pas d'influence apparente des **bâtiments et leur connections aux STEP**

3. Effet mémoire ?



	[NO ₃] 2002	[NO ₃] 2020	Diff. [NO ₃]	Pente [NO ₃] 2002	Pente [NO ₃] 2020	Diff. pente
R²	0,26	0,40	0,46	0,18	0,30	/
Constante	+ 37,7	+ 36,5		○ → ○	○	
Surface culture		+ 5,3				
Surface prairie		+ 4,0				
Evolution prairie						
Surface construite						
Surface milieu naturel			- 3,9	- 0,45	- 0,46	
Aquifère (1: sables, 0: craies)	+ 6,2	+ 5,4	□ - 4,8	○ → ○	○	
Profondeur		+ 5,6				

Perspectives



- Amélioration de la délimitation des aires contributives
- Evaluation du time lag en mesurant l'âge de l'eau
- Augmentation de la taille de l'échantillon de données

Outil de diagnostic du risque

Aquifères/contrat de captages

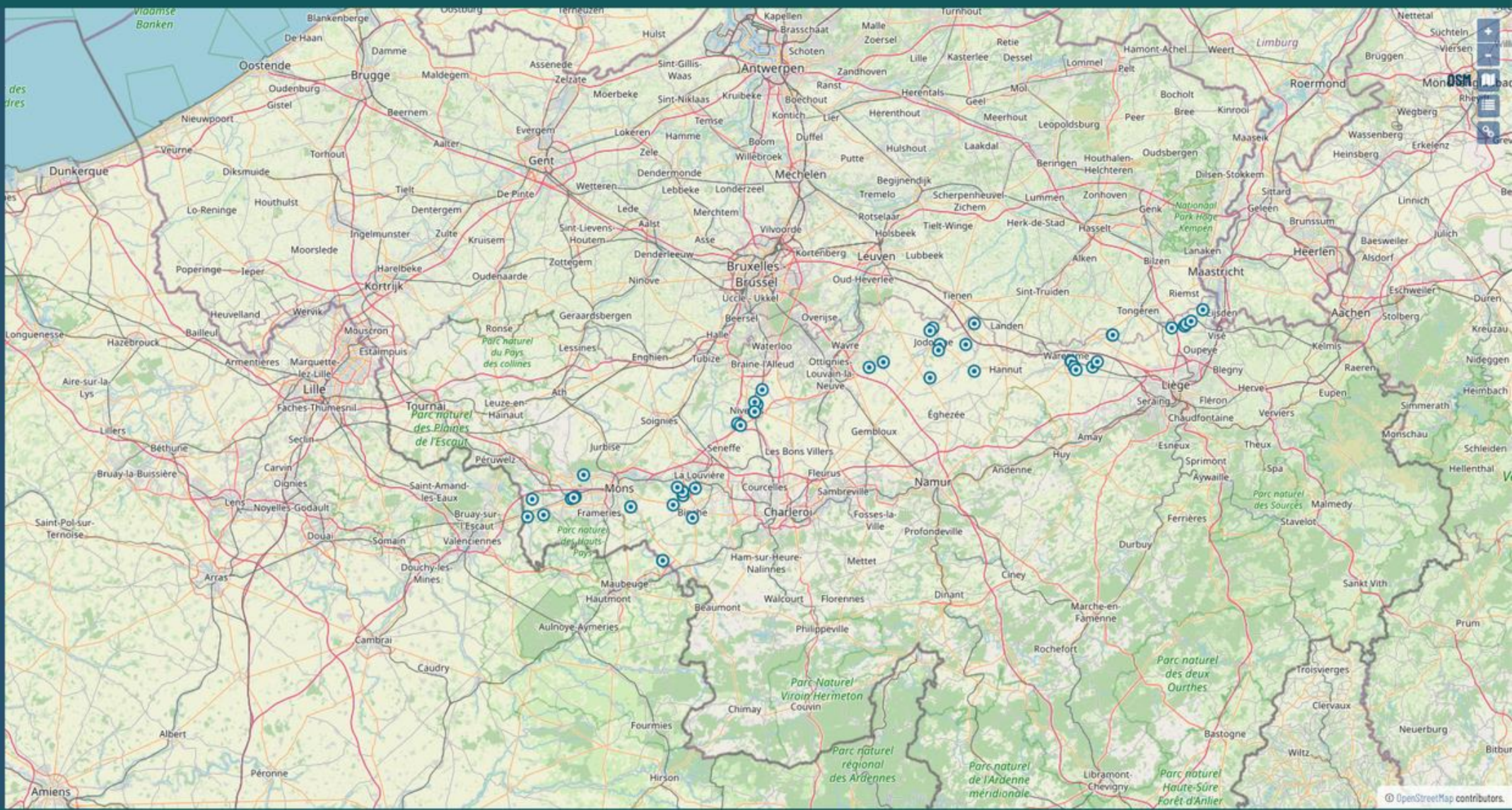
Filtrer...

Craies du Bassin du Geer

- 📍 Eben-Emael P1
- 📍 Bas-Slins P1
- 📍 Roclenghe P2
- 📍 Waremme P1
- 📍 Waremme P2
- 📍 Waremme Bovenistier P3
- 📍 Waremme Bovenistier P5
- 📍 Remicourt P1
- 📍 Remicourt P2
- 📍 Nomérange P1
- 📍 Nomérange P2
- 📍 Roclenghe P1
- 📍 Wonck P1

Craies du bassin de la Haine

- 📍 Citerneau G1
- 📍 Boussu P4
- 📍 Hornu P1
- 📍 Hornu P3
- 📍 Hensies P2

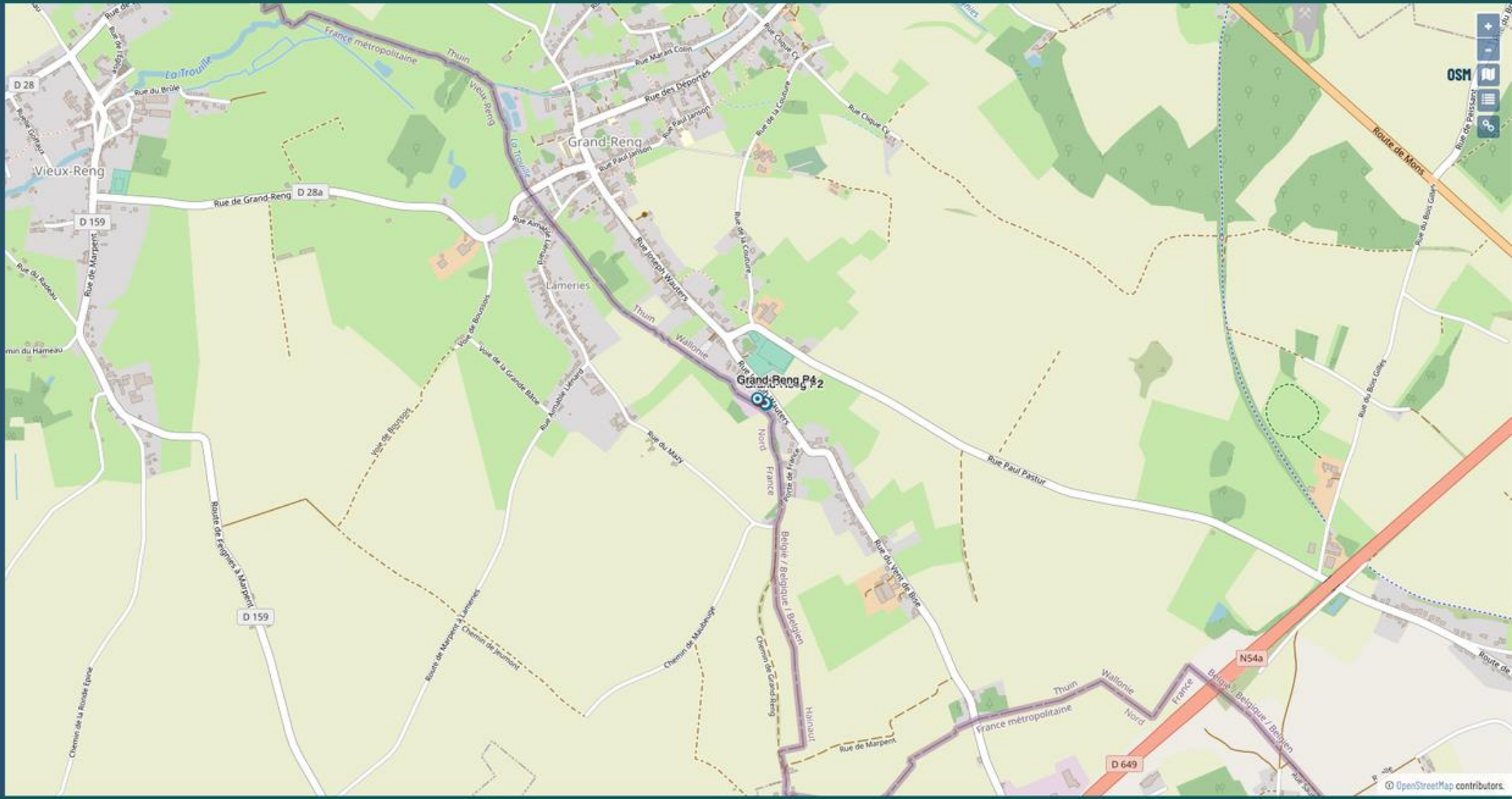


Retour
Grand-Reng P3

Fiche technique du captage

État:	en service
Altitude:	134 m
Profondeur:	34.50 m
Prof. Des Crépines:	m
Aquifère:	Craies du bassin de la Haine
Type D'aquifère:	captif
Type:	puits
Zone De Prévention:	Rapport Technique
Télécharger	

- Facteurs de vulnérabilité
- Paramètres de qualité



[Retour](#)
Grand-Reng P3

- ▶ Fiche technique du captage
- ▼ Facteurs de vulnérabilité

Facteurs de vulnérabilité

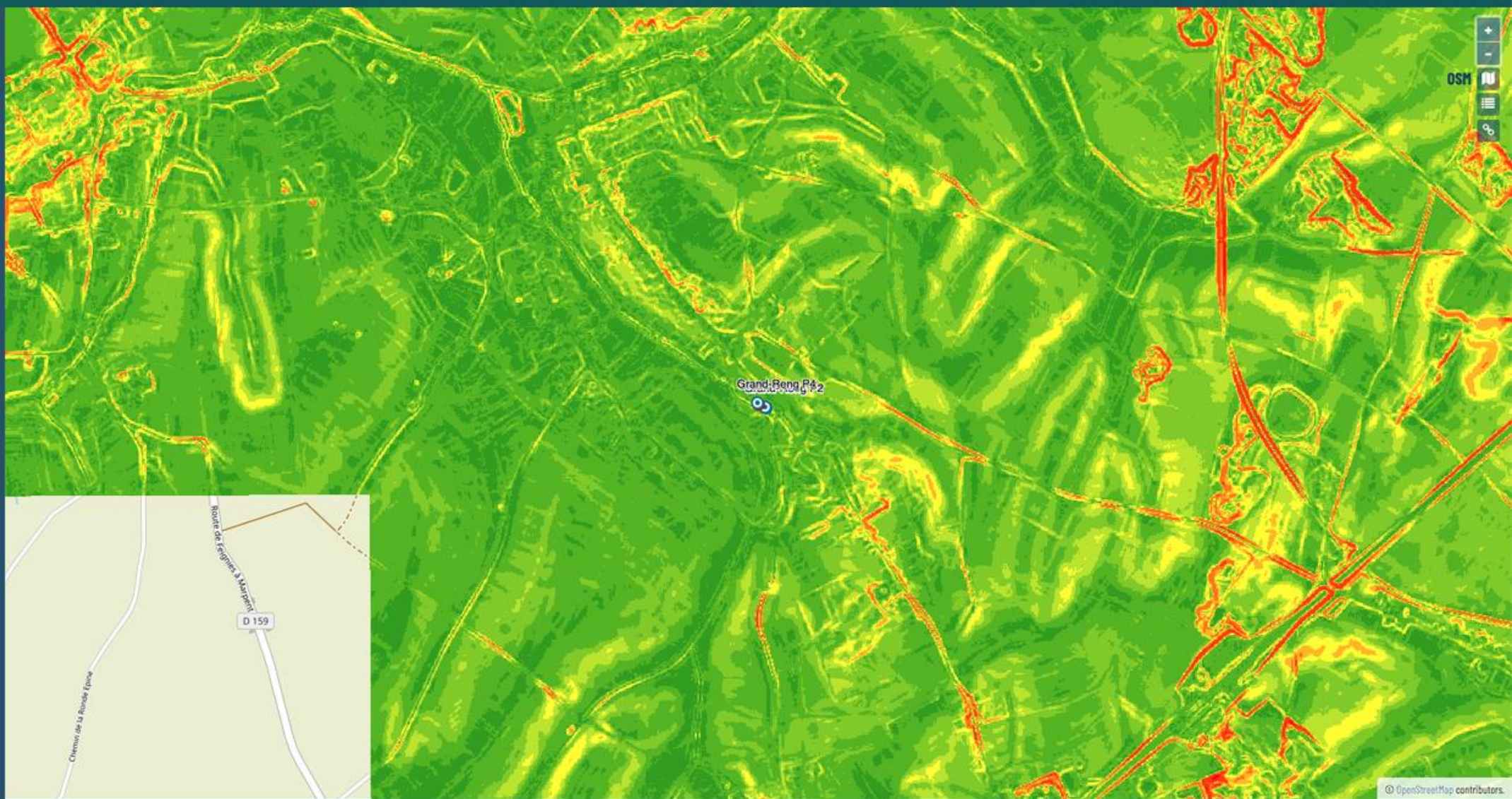
- Zones vulnérables aux nitrates

Facteurs de pression

- Cimetières
- Bâtiments agricoles

Autres couches informatives

- LIDAXES - Axes de concentration du ruissellement et données associées
- Relief de la Wallonie - Modèle Numérique des Pentes
- Relief de la Wallonie - Modèle Numérique de Terrain
- Réseau des stations de mesures piézométriques
- Atlas du karst wallon
- Données géologiques de base
- Carte géologique de



© OpenStreetMap contributors.

< Retour

Grand-Reng P3

- ▶ Fiche technique du captage
- ▶ Facteurs de vulnérabilité
- ▼ Paramètres de qualité

Choisissez un paramètre:

Nitrates

Valeur moyenne de nitrates au cours de la dernière année: 34.8 mg/l

Afficher la norme (50 mg/l)

Afficher des droites de tendance

Méthodes utilisées: plus d'info

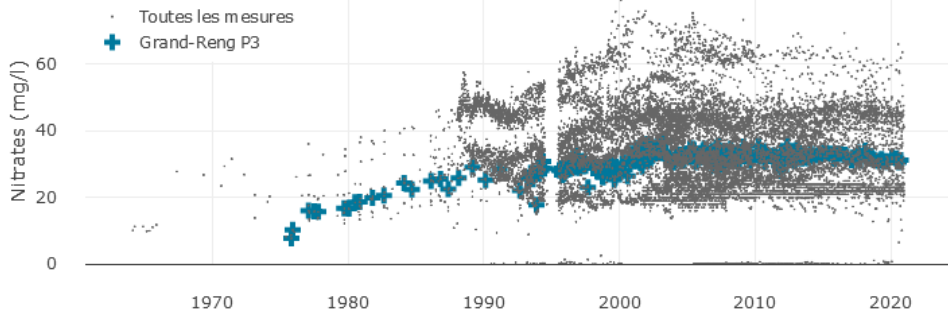
Comparez avec une autre station:

Choisissez une station

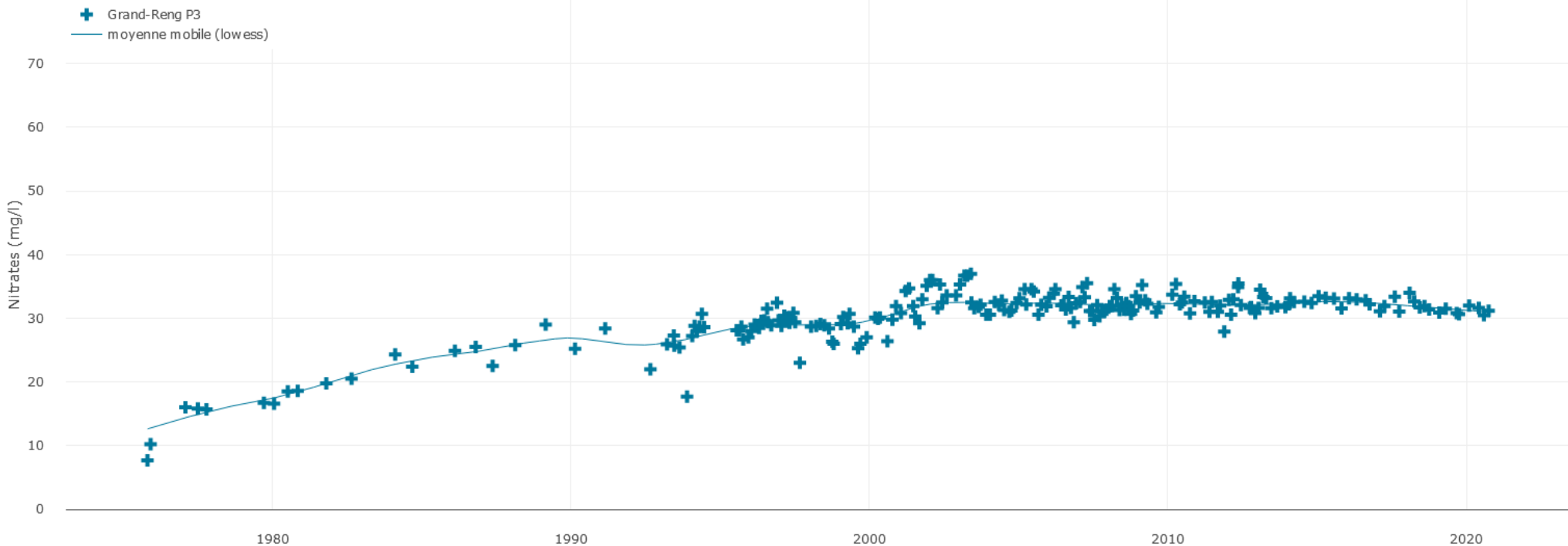
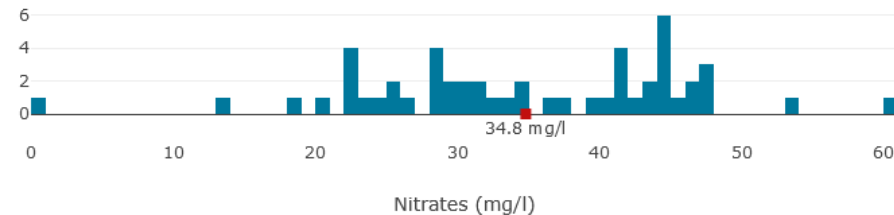
Contrôler l'année:

1975

2020



Histogram des moyennes de la dernière année



- Retour
- Grand-Reng P3**
- Fiche technique du captage
- Facteurs de vulnérabilité
- Paramètres de qualité

Choisissez un paramètre:

Nitrates

Valeur moyenne de nitrates au cours de la dernière année: 31.2 mg/l

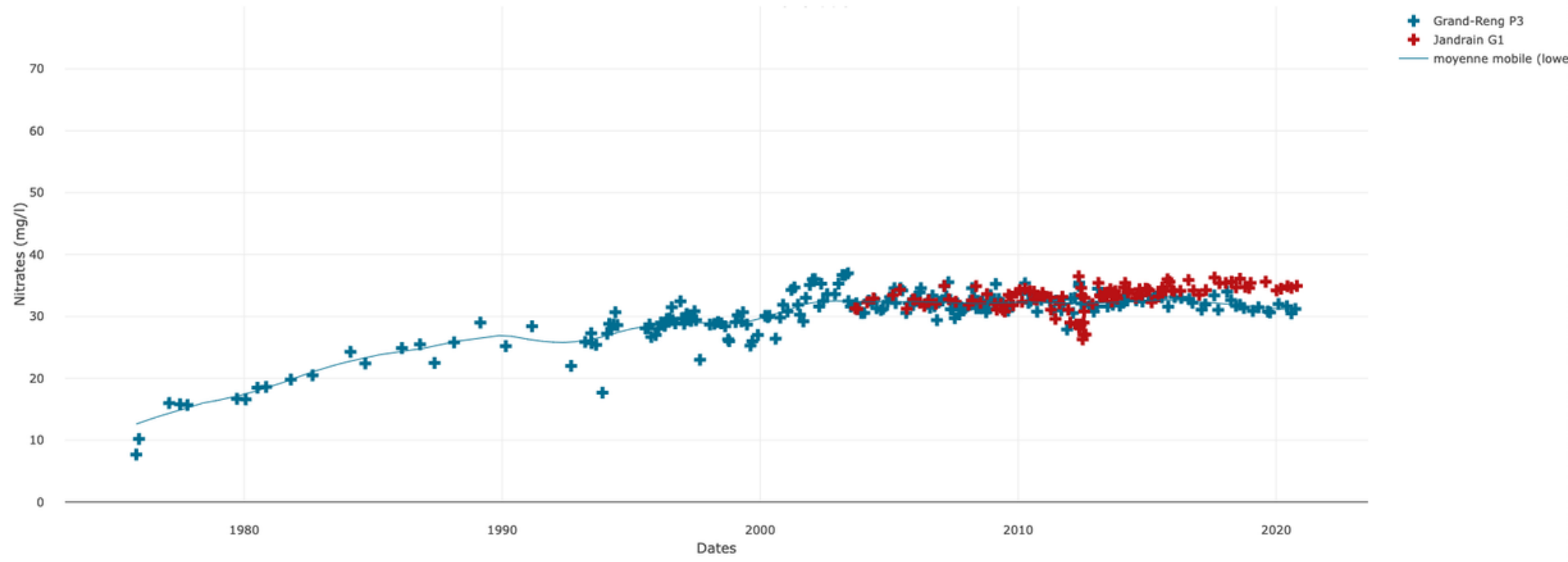
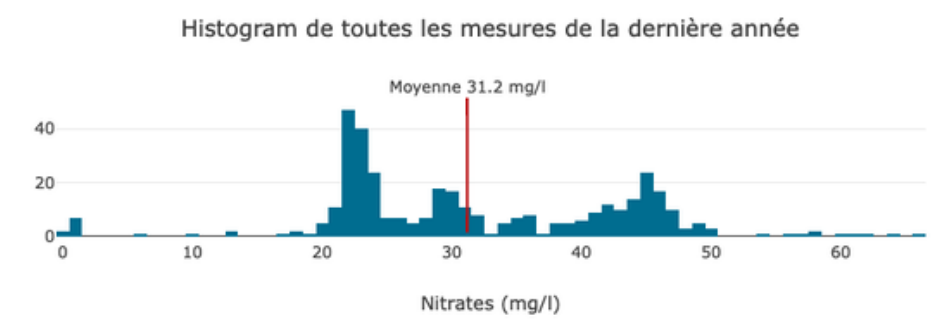
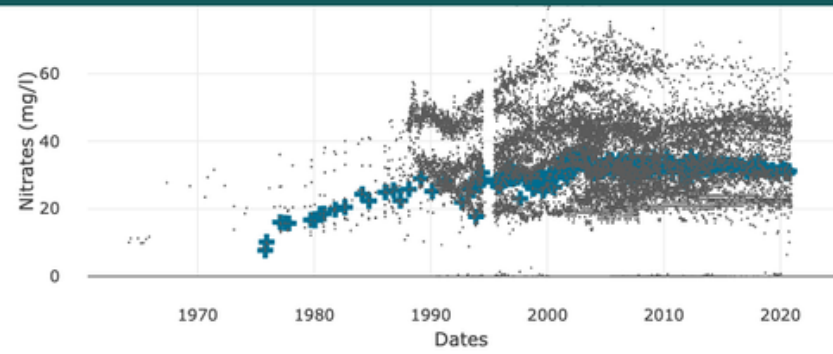
Afficher la norme (50 mg/l)

Afficher des droites de tendance

Comparez avec une autre station:

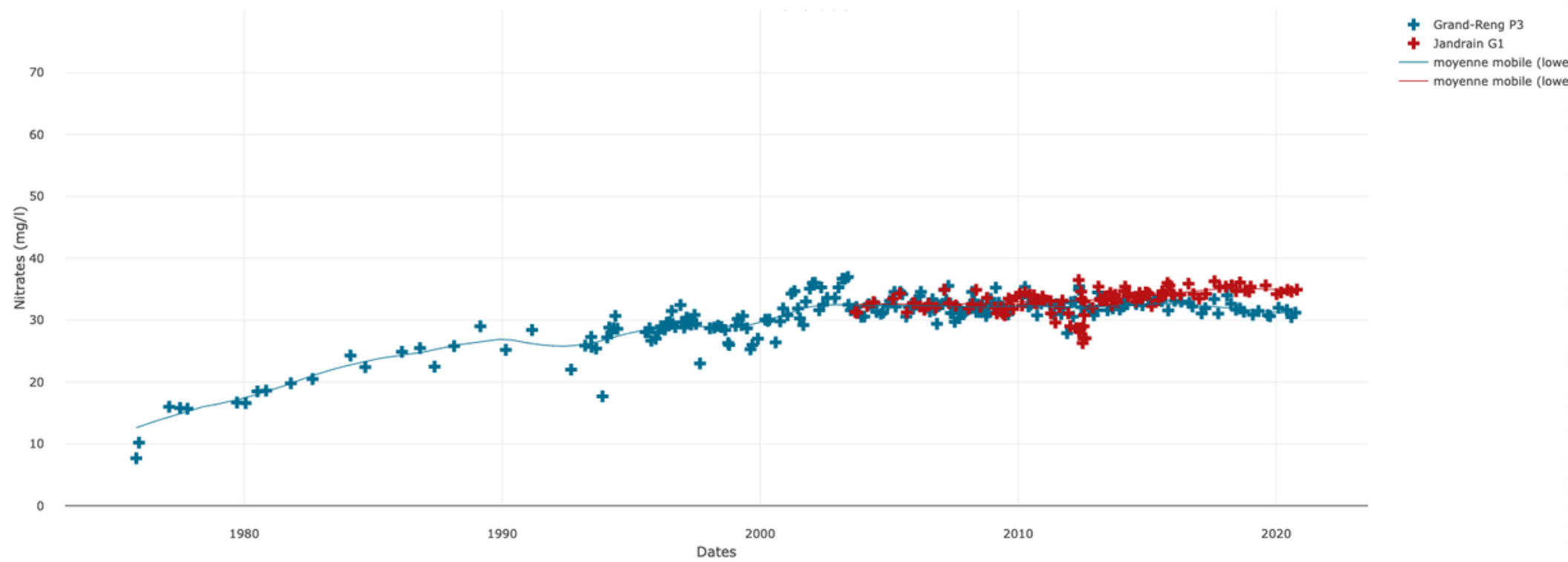
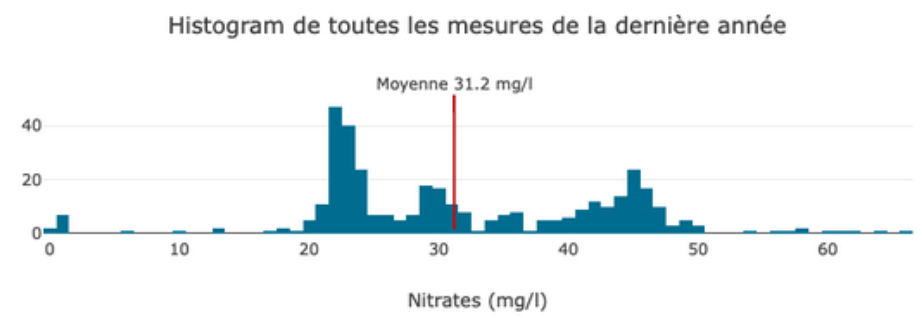
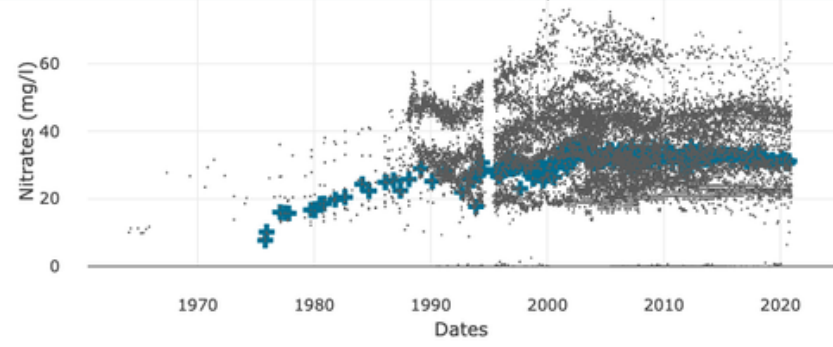
Jandrain G1

Contrôler l'année: 1975 - 2020



- Retour
- Grand-Reng P3**
- Fiche technique du captage
- Facteurs de vulnérabilité
- Paramètres de qualité

- Choisissez un paramètre:
- ✓ Nitrates
 - Turbidité**
 - Somme pesticides
 - Atrazine
 - Déséthylatrazine
 - Simazine
 - Métribuzin
 - Terbuthylazine
 - Diuron
 - Isoproturon
 - Chlortoluron
 - Lindane
 - Aldrine
 - Dieldrin
 - Somme Heptachlore
 - MCPA
 - 2,4-D
 - Bromacil



Outil de gestion du risque sur base d'infrastructures vertes



Naturem Solutions

Consultance & ingénierie dans 2 secteurs :

Solutions fondées sur la nature

Gestion et traitement de l'eau : Lagunage, filtres plantés, phytoépuration, substrats réactifs, taillis d'évaporation, etc.

- Traitement eaux usées domestiques et industrielles, zéro rejet
- Traitement nappes contaminées
- Gestion & traitement eaux de ruissellement
- Protection des ressources & captages

Pour l'industrie et secteur tertiaire :

- Phytoremediation et phytomanagement terrains contaminés
- Formulation terres végétales (économie circulaire)
- infrastructures vertes pour le changement climatique

Economie circulaire de l'eau

Recyclage et réutilisation de l'eau :

- Eaux usées domestiques et industrielles, eaux pluviales, etc.
- Prétraitement, traitement ou post-traitement : tous types
- Valorisation en interne ou par tiers
- Irrigation, recharge nappes

Valorisation des co-produits dans l'eau & les boues :

- Différentes filières dont nutriments N et P (engrais)
- En intégration avec valorisation énergétique

www.naturem-solutions.com

Objectif principal

- Développer un **outil d'aide à la décision pour gérer les risques de pollution des captages sur base d'infrastructures vertes et de solutions fondées sur la nature (SfN)**
- **Utilisateurs** : acteurs des contrats de captage (principalement Protect'eau)
- Complément aux bonnes pratiques agricoles

En pratique

- **Outil cartographique** avec comparaison de différents scénarii via **analyse multicritère**
- **Fiches techniques** pour l'aide à la décision

Applicabilité

- Zones agricoles (utilisable partout en Wallonie) - Eaux souterraines et eaux de surface
- En complément, **fiches informatives** :
 - Zones forestières : bonnes pratiques
 - Zones urbanisées : gestion durable des eaux de ruissellement contre la pollution et SfN pour le traitement des eaux usées domestiques

SfN et infrastructures vertes

Bande enherbée



Haie bocagère



Ripisylve



Zone tampon humide artificielle



Chenal enherbé



Bande de saules/peupliers



Bande de miscanthus



+ combinaisons :

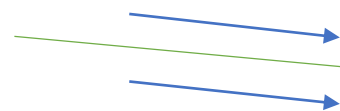
Bande enherbée + ripisylve

Bande enherbée + haie

Généralités

Modes de transfert

Ecoulement de surface
diffus ou concentré



Ecoulement diffus
superficiel

Polluants

Pesticides dissous
Pesticides adsorbés
Nitrates
Matières en suspension
Matière organique
Phosphore

Modes d'action

Dilution, hydrolyse,
photodégradation,
volatilisation, précipitation

Filtration, sédimentation et
adsorption

Absorption

SfN

Dégradation biotique (dont
dénitrification) et abiotique

Résumé du fonctionnement de l'outil

- Le **diagnostic de pollution** du contrat de captage fournit le polluant problématique, les zones sensibles/vulnérables et les modes de transfert.
- L'**utilisateur** définit l'échelle de travail en identifiant cartographiquement les chemins de l'eau.
- L'**OAD** propose un pré-classement des solutions (base = efficacité à interrompre le transfert du polluant).
- L'**utilisateur** construit des scénarii :
 - Trace des lignes dans l'outil cartographique où il souhaite implanter une solution
 - Sélectionne une solution par ligne
- L'**OAD** compare les scénarii grâce à l'analyse multicritère.

Exemple fictif d'utilisation



Polluant = Pesticide dissous
Transfert = écoulement diffus superficiel

Exemple fictif d'utilisation

Scénario 1

- Ligne 1 (0.78 km) -
Bande enherbée
- Ligne 2 (0.34 km) -
Haie + bande enherbée
- Ligne 3 (0.53 km) -
Bande lignocellulosique de miscar
- Ligne 4 (0.74 km) -
Bande lignocellulosique de saule/
- Ligne 5 (0.42 km) -
Haie
- Ligne 6 (0.83 km) -
Haie
- Ligne 7 (0.64 km) -
Bande enherbée
- Ligne 8 (0.43 km) -
Bande enherbée

Scénario 2

- Ligne 1 (0.78 km) -
Haie
- Ligne 2 (0.34 km) -
Bande enherbée
- Ligne 3 (0.53 km) -
Bande lignocellulosique de saule/
- Ligne 4 (0.74 km) -
Bande lignocellulosique de miscar
- Ligne 5 (0.42 km) -
Bande lignocellulosique de miscar
- Ligne 6 (0.83 km) -
Bande lignocellulosique de miscar
- Ligne 7 (0.64 km) -
Haie
- Ligne 8 (0.43 km) -
Haie



Catégories	Critères	Pondération	Scénario	Scénario
			1	2
Efficacité et durée	Efficacité (Rendement d'élimination par rapport au transfert vers la ressource)	36	17,5	13,4
	Durée de vie	12	8,1	4,8
	Durée nécessaire pour atteindre l'efficacité recherchée	12	6,7	4,7
SOUS TOTAL A :		60	32,3	22,9
Financier	Coûts			
	Coûts d'installation	3,75	2,2	1,8
	Coûts d'entretien	3,75	2,3	1,4
	Gains			
	Possibilité de valorisation	4,5	2,4	2,4
Compensation financière (primes plantation + MAEC)	3	1,4	0,3	
SOUS TOTAL B :		15	8,3	6,0
Acceptabilité	Problèmes d'acceptabilité par les agriculteurs			
	Perte de surface agricole utilisable	6	3,6	5,1
	Besoin d'entretien/de surveillance/de maintenance	7,5	5,6	3,5
	Aspects règlementaires			
	Besoin d'accord du propriétaire des terres agricoles	0,75	0,5	0,5
Besoin d'un permis d'urbanisme en zone agricole	0,75	0,8	0,8	
SOUS TOTAL C :		15	10,4	9,8
Avantages secondaires	Bénéfices agricoles directs			
	Effet brise-vent, d'ombrage, microclimat	0,75	0,3	0,3
	Augmentation de la fertilité des sols	0,75	0,3	0,3
	Refuge pour les espèces de premier choix (auxiliaires et pollinisateurs)	0,75	0,5	0,3
	Impact sur l'érosion	0,75	0,3	0,3
	Impact sur les milieux			
	Qualité des eaux en général	2	0,6	0,6
	Qualité des sols	0,6	0,1	0,1
	Qualité de l'air	0,4	0,2	0,2
	Atténuation des inondations			
	Impact sur le ruissellement en général (débit et volume)	0,25	0,1	0,1
	Impact sur le débordement des cours d'eau (ralentissement amont)	0,25	0,0	0,1
	Impact sur la biodiversité			
	Habitat pour la faune	0,5	0,3	0,2
	Abri pour la flore	0,5	0,3	0,2
	Corridor écologique	0,5	0,3	0,2
	Changement climatique			
Séquestration de carbone	1	0,4	0,1	
Substitution aux énergies fossiles	0,5	0,1	0,3	
Services culturels				
Paysage	0,3	0,0	0,0	
Loisir - agrotourisme	0,1	0,0	0,0	
Education	0,1	0,0	0,0	
SOUS TOTAL D :		10	3,9	3,2
TOTAL :		100	54,9	41,8

Conclusions

Avantages de l'outil :

- Comparaison des solutions type SfN de manière objective
- Base de discussion avec les agriculteurs et autres acteurs contrats de captage
- Source d'information (fiches techniques et informatives)
- Méthodologie AMC potentiellement applicable à d'autres cas

Utilisateurs potentiels :

- Protect'eau (utilisateur-cible)
- Contrats de rivière
- Natagriwal
- Autres conseillers agricoles



Merci pour votre attention !



Dias complémentaires

Écoulement de surface diffus et concentré

Écoulement diffus superficiel

PPP, MES, NO₃, P, MO

Zone délimitée d'infiltration

Réseau de drains agricoles et fossés

Lit mineur de cours d'eau

Infiltration diffuse

Infiltration ponctuelle (diffuse accélérée)

Echanges Esu et Eso

ex. zone karstique

- **Critères d'efficacité et de biodiversité** : modèle expert et analyse floue (Fuzzy TOPSIS)
 - Participation d'un panel d'experts : 6 pour l'efficacité (22%) et 4 pour la biodiversité (20%)
 - Avis donnés sous forme qualitative (de très faible à très élevé)
 - Transformation des avis qualitatifs en quantitatifs (trois nombres flous)
 - Calculs : moyenne, normalisation, distance, coefficient de proximité
 - Résultats : classement des solutions selon leur efficacité ou leur capacité à préserver la biodiversité
- **Critères « plus pratiques »** : cotation selon des données de terrain (fonction des dimensions des solutions)
 - Résultats : cotation en €/ml ou €/solution (pour les critères financiers) et cotation en m² (pour la perte de SAU)

Analyse multicritère

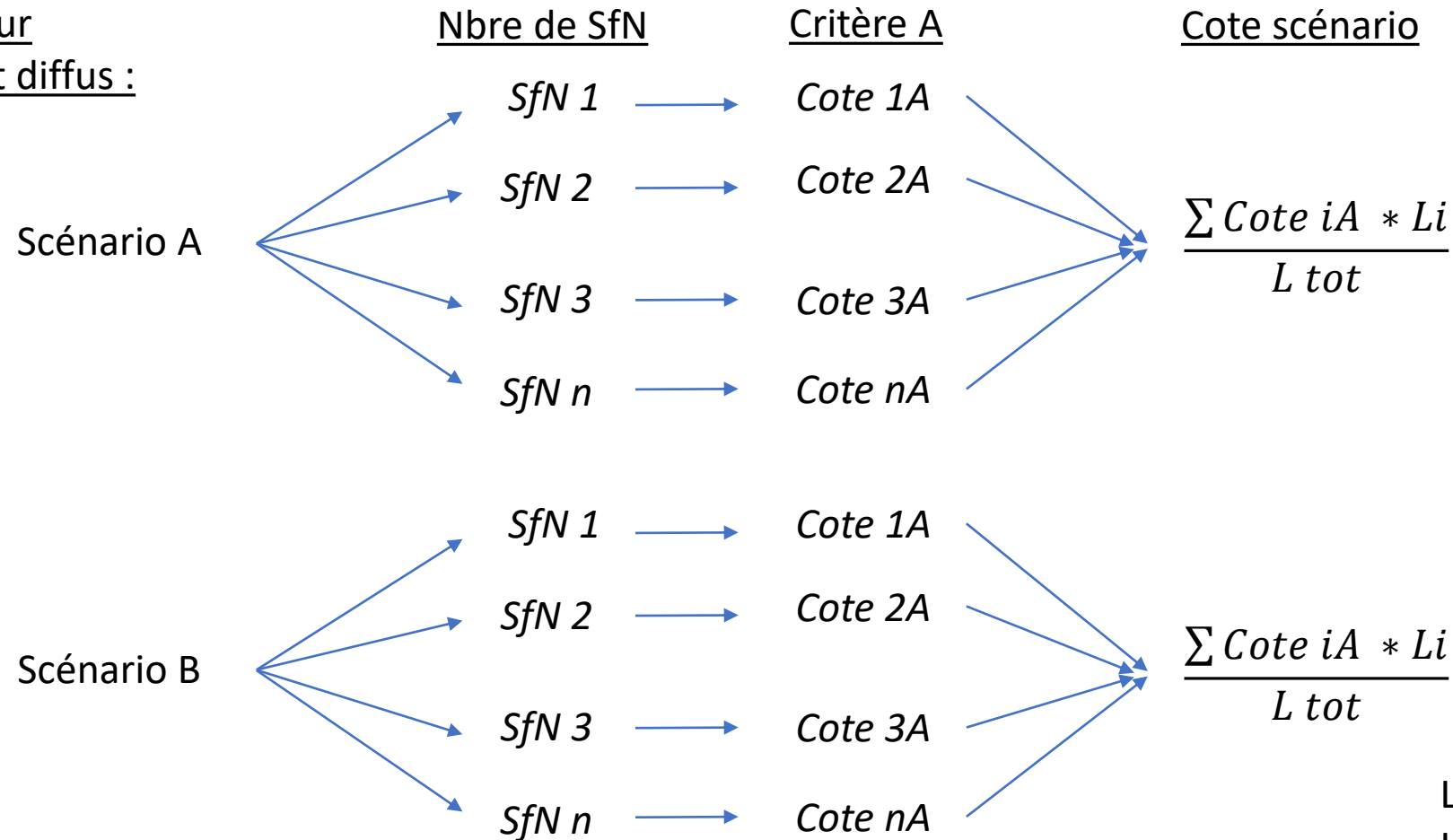


- **Critères d'avantages secondaires** : cotation selon la recherche bibliographique + analyse hiérarchique des procédés (AHP)
 - Recherche bibliographique et compilation de données
 - Comparaison par paires de solutions par méthode AHP et échelle de Saaty

Echelle	Signification (A = solution 1 et B = solution 2)
1	Importance égale de A et B
3	A est un peu plus important que B
5	A est plus important que B
7	A est beaucoup plus important que B
9	A est absolument plus important que B

Analyse multicritère

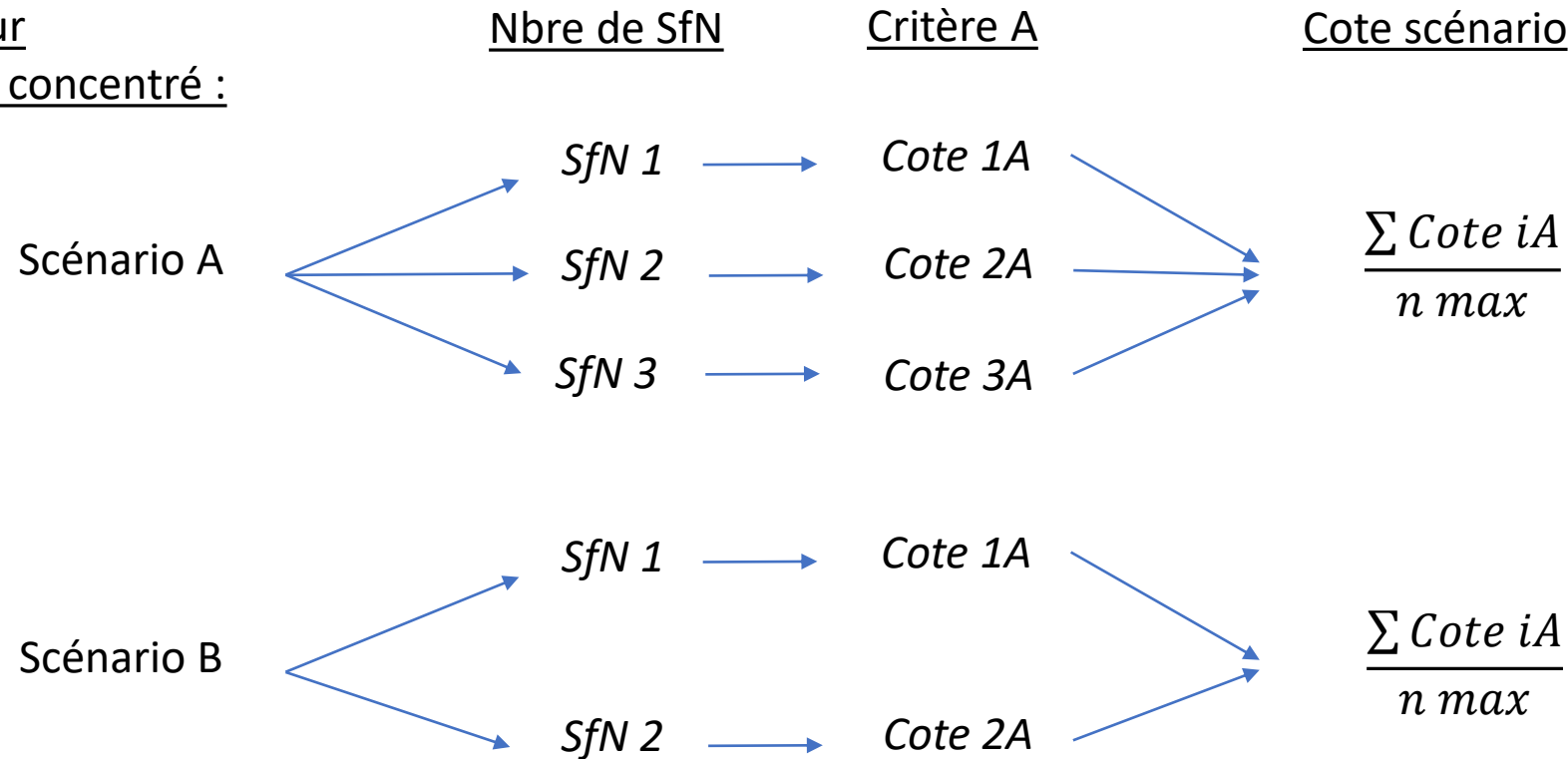
Principe pour écoulement diffus :



Li = longueur de chaque SfN
L tot = longueur totale des SfN

Analyse multicritère

Principe pour écoulement concentré :



n max = nombre de SfN maximum
parmi tous les scénarii