

6 février 2025

Assemblée générale SFR Campus de la mer

**Présentation des travaux de thèse
pour le Prix des travaux
interdisciplinaires de doctorat 2025**

Marine CASSETTA

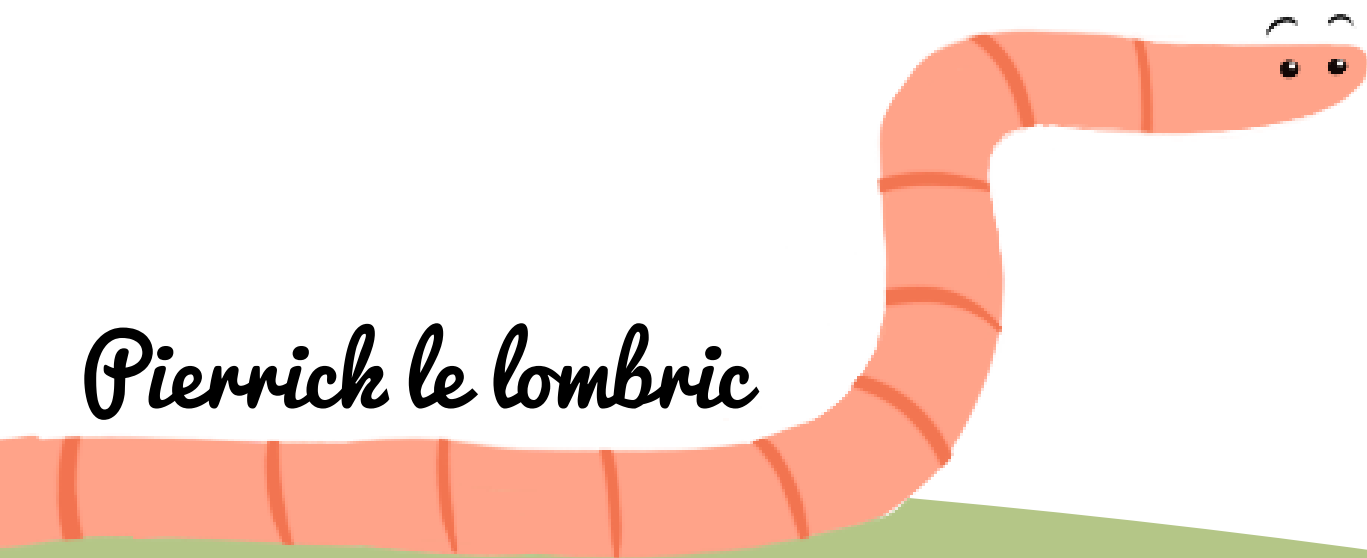
Encadrement de thèse : Jacinthe Caillaud - Sylvie Philippe - Michaël Hermoso



LES SOLS : EN PLEIN COEUR DE NOTRE ENVIRONNEMENT

La **pédosphère** (= l'ensemble des sols de la planète) est un compartiment environnemental à **l'interface** de tous les autres...

Pierrick le lombric

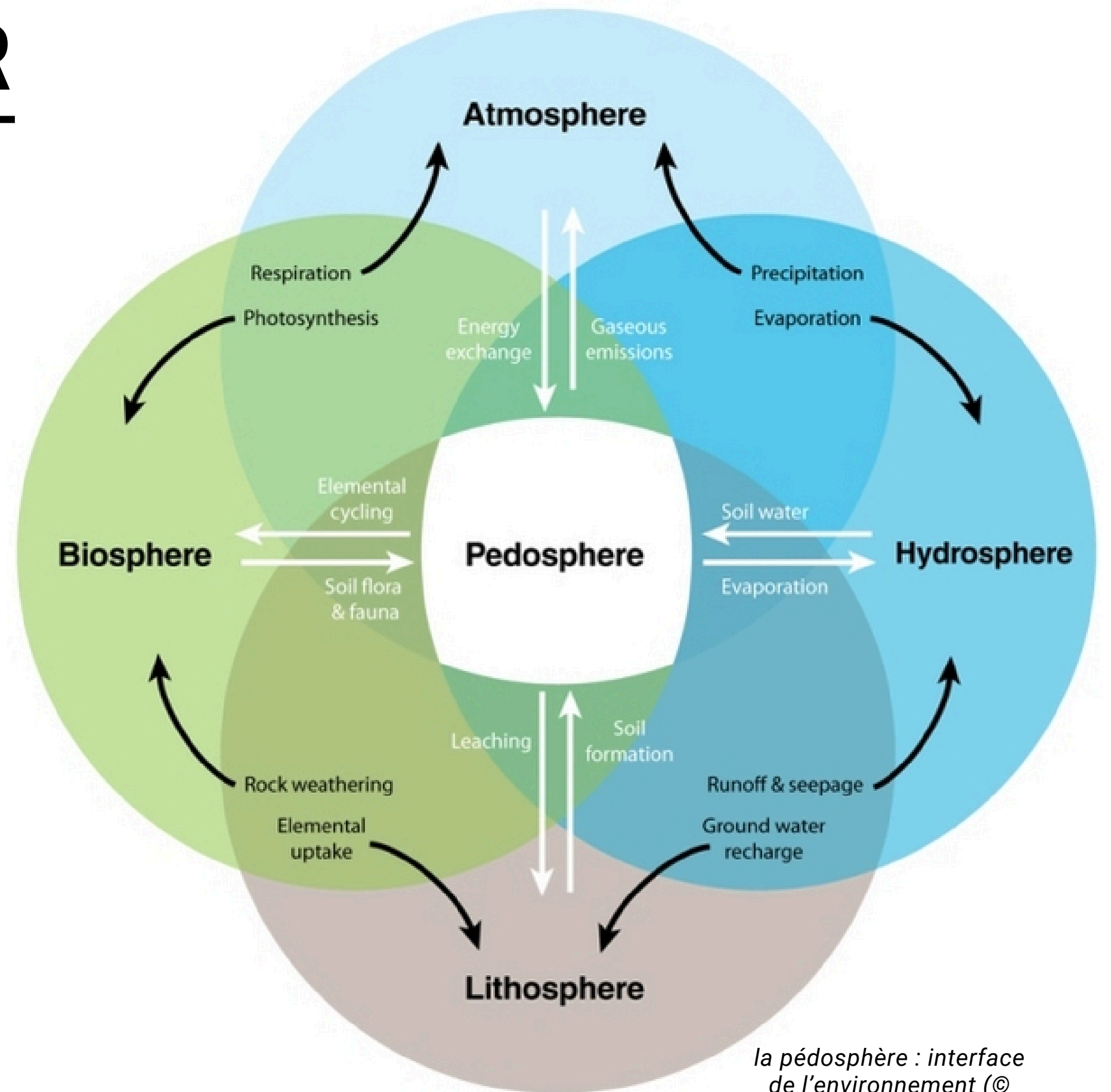


LES SOLS : EN PLEIN COEUR DE NOTRE ENVIRONNEMENT

La **pédosphère** (= l'ensemble des sols de la planète) est un compartiment environnemental à **l'interface** de tous les autres...

Pierrick le lombric

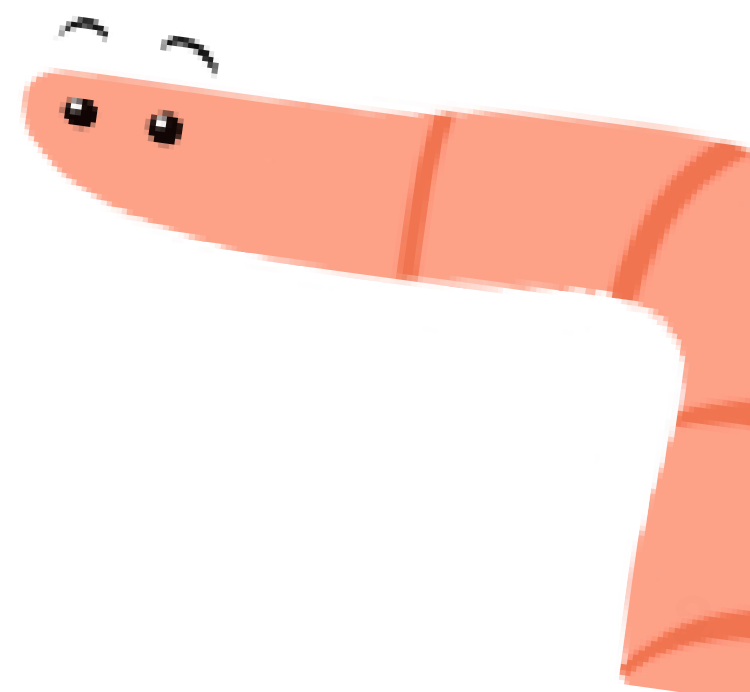
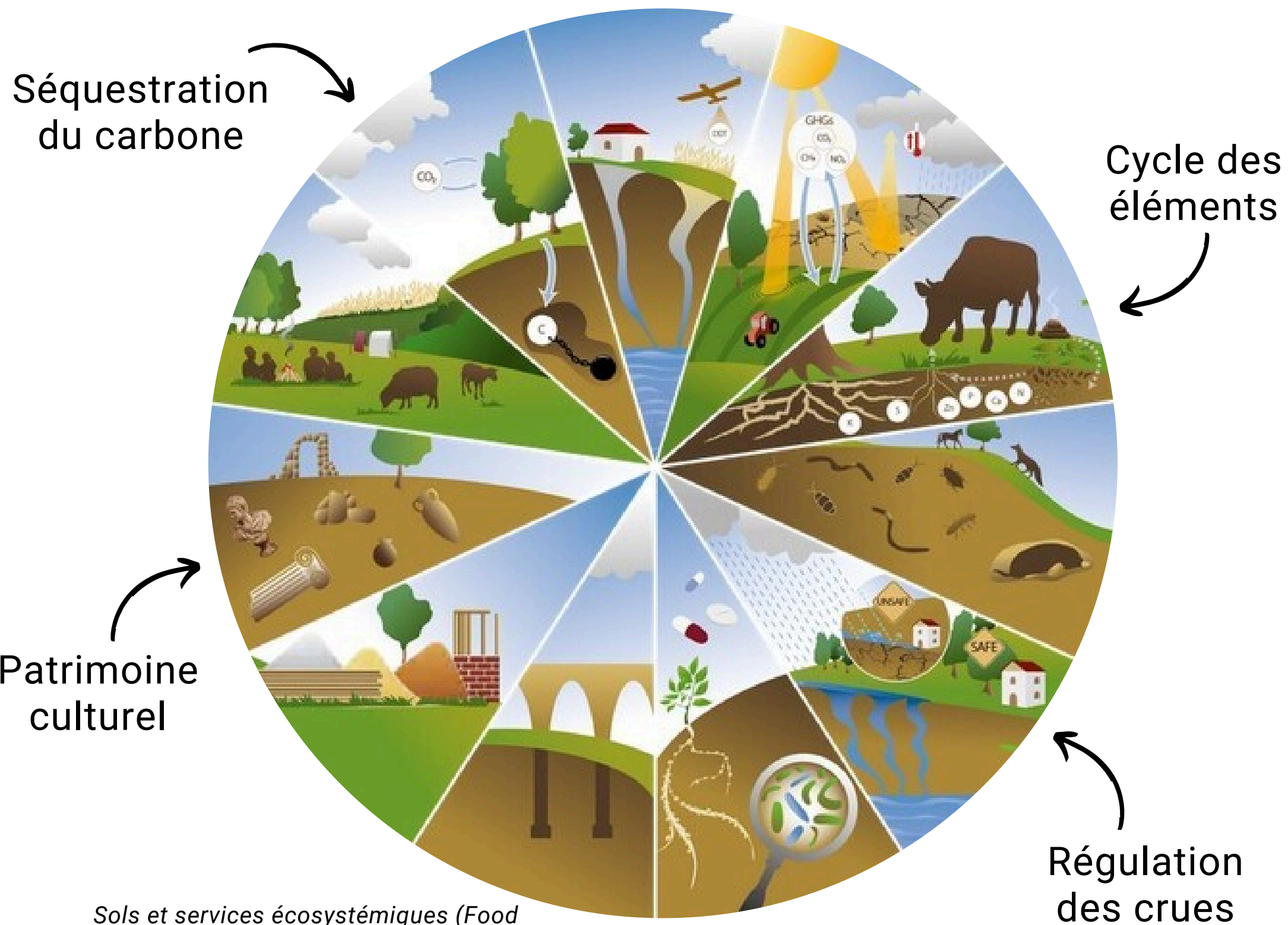
Ah oui tiens, j'avais même pas remarqué...



la pédosphère : interface de l'environnement (© 2012 Nature Education)

LES SOLS : EN PLEIN COEUR DE NOTRE ENVIRONNEMENT

Grâce à leur place dans l'environnement, les sols nous rendent de nombreux **services écosystémiques**...

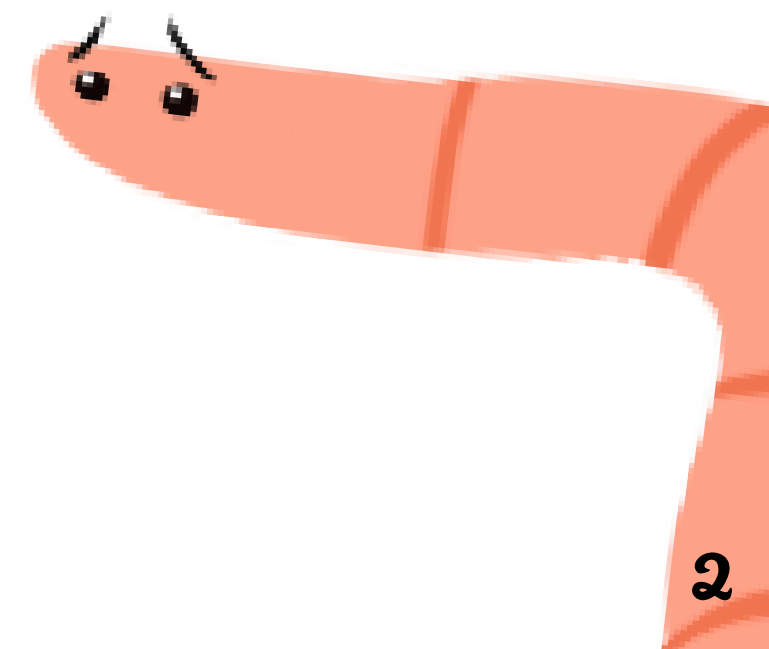


Sols et services écosystémiques (Food and Agriculture Organization, 2021)

LES SOLS : EN PLEIN COEUR DE NOTRE ENVIRONNEMENT

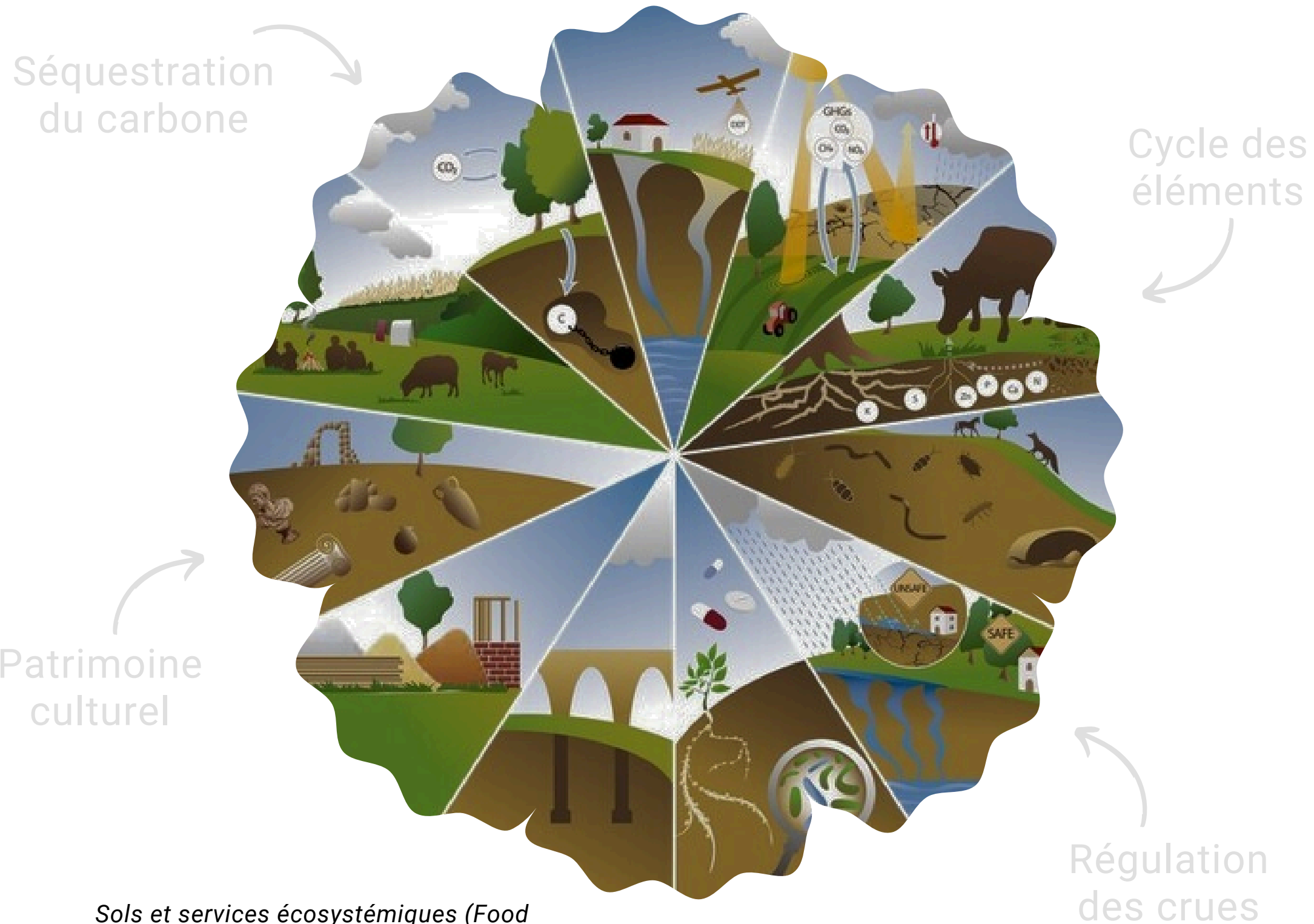
Grâce à leur place dans l'**environnement**, les sols nous rendent de nombreux **services écosystémiques**...

...ces derniers étant de + en + menacés par la **détérioration croissante** des terres émergées




LES SOLS : EN PLEIN COEUR DE NOTRE ENVIRONNEMENT

En 2021, près de **6 milliards d'ha** de terres émergées présentait un **état biophysique en déclin** (FAO, 2022)...



Sols et services écosystémiques (Food and Agriculture Organization, 2021)



Si seulement les sols n'étaient pas si fragiles et si longs à se former...

LES SOLS : EN PLEIN COEUR DE NOTRE ENVIRONNEMENT

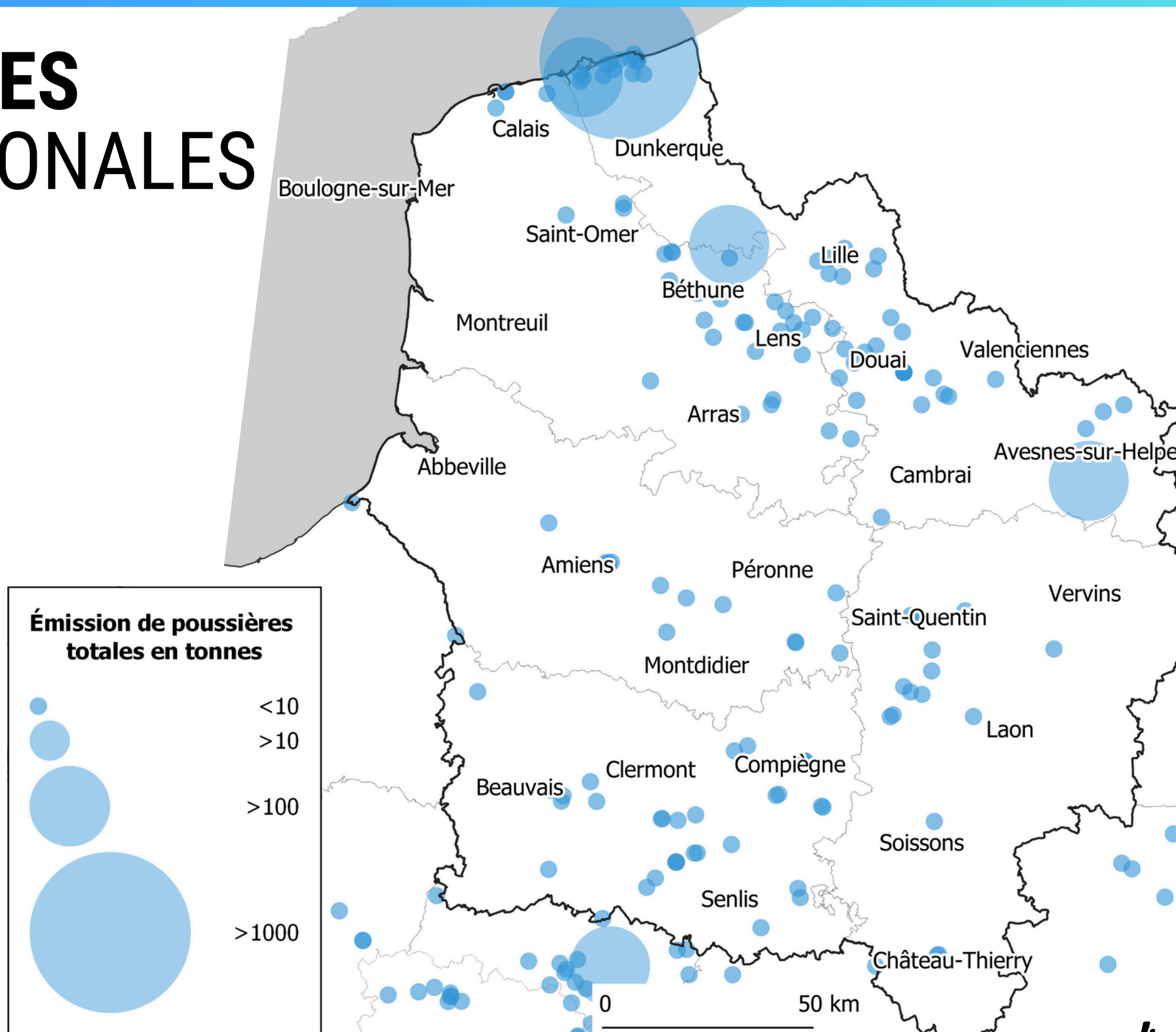
En 2021, près de **6 milliards d'ha** de terres émergées présentait un **état biophysique en déclin (FAO, 2022)**...

...41% de ces détériorations étant directement attribuées aux **activités humaines** (changement d'usage, surexploitation, pollution...)



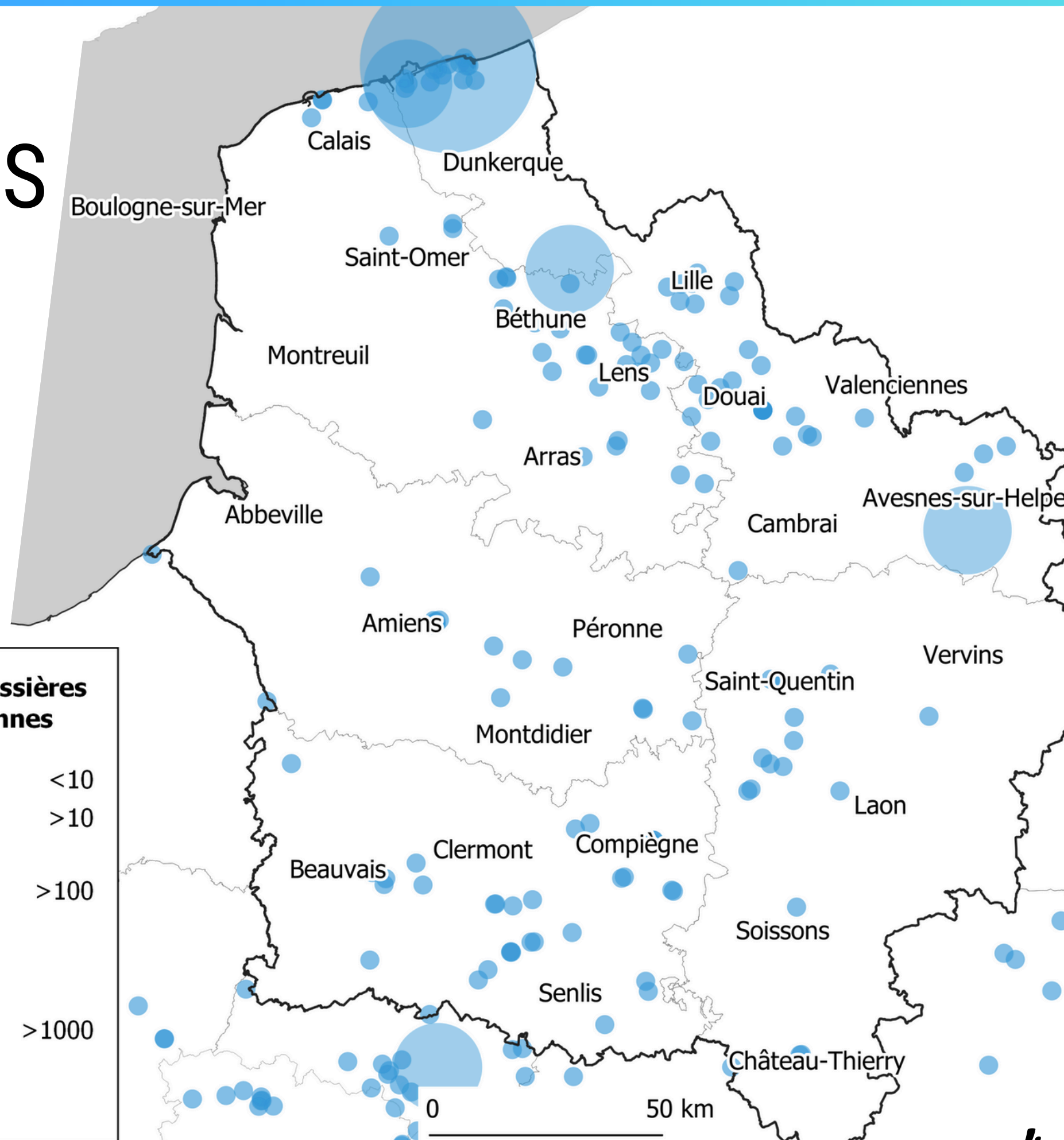
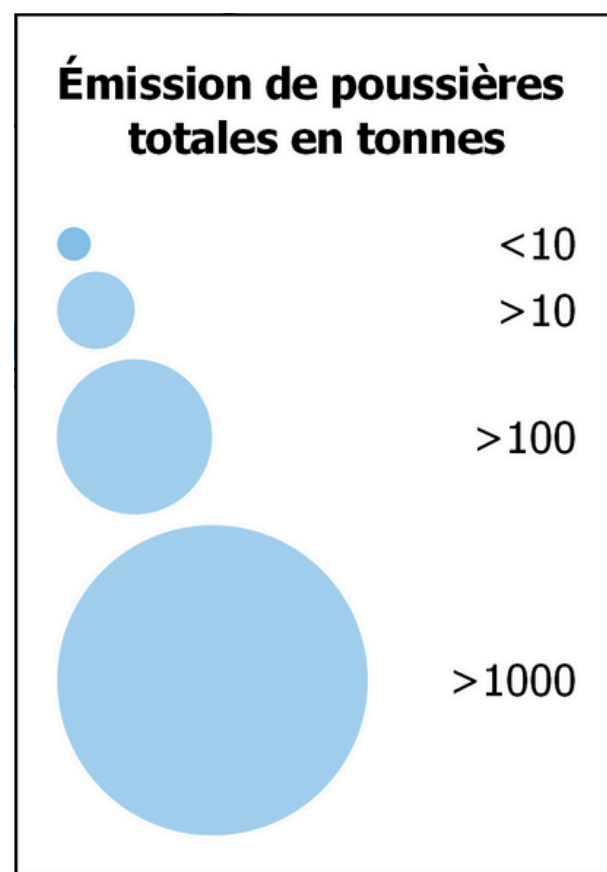
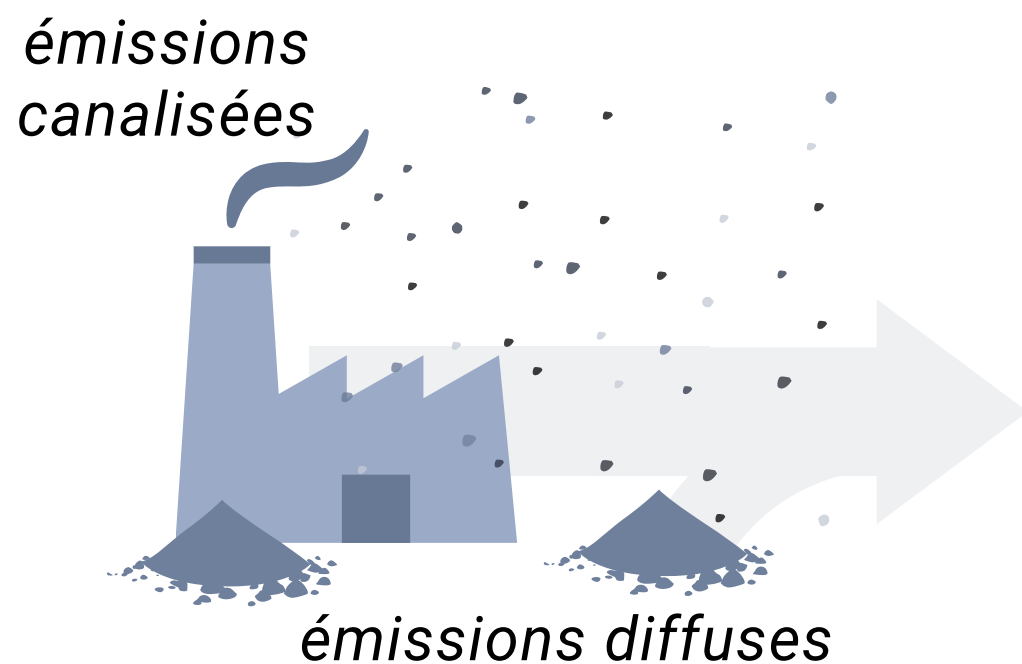
Si seulement les sols n'étaient pas si fragiles et si longs à se former...

ÉMISSION DE POUSSIÈRES ATMOSPHÉRIQUES RÉGIONALES



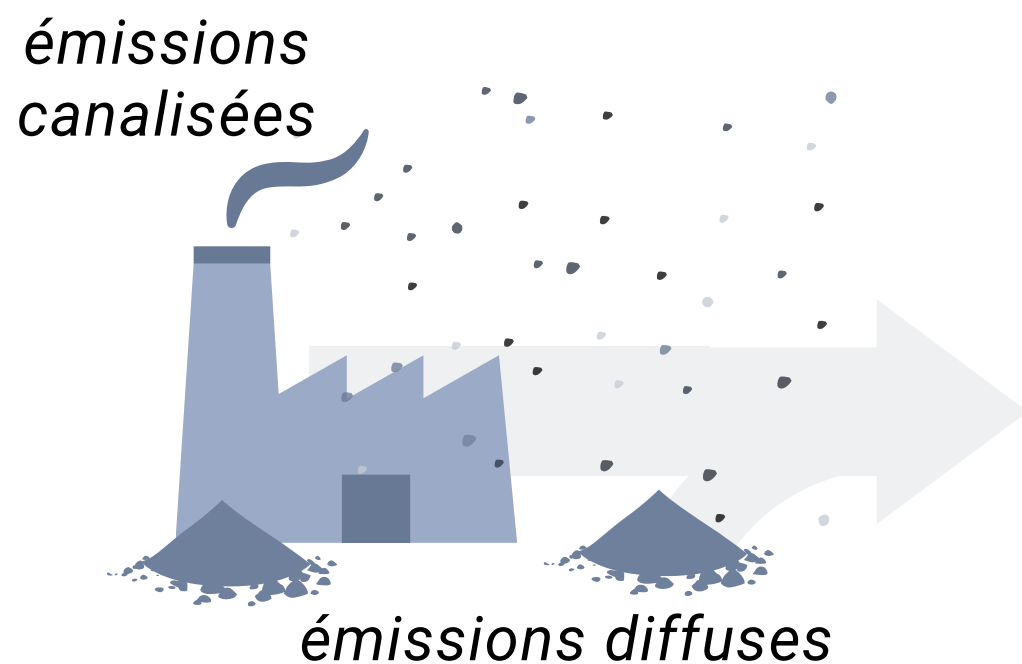
Émissions de poussières totales régionales en 2021 (Données Georisques)

ÉMISSION DE POUSSIÈRES ATMOSPHÉRIQUES RÉGIONALES



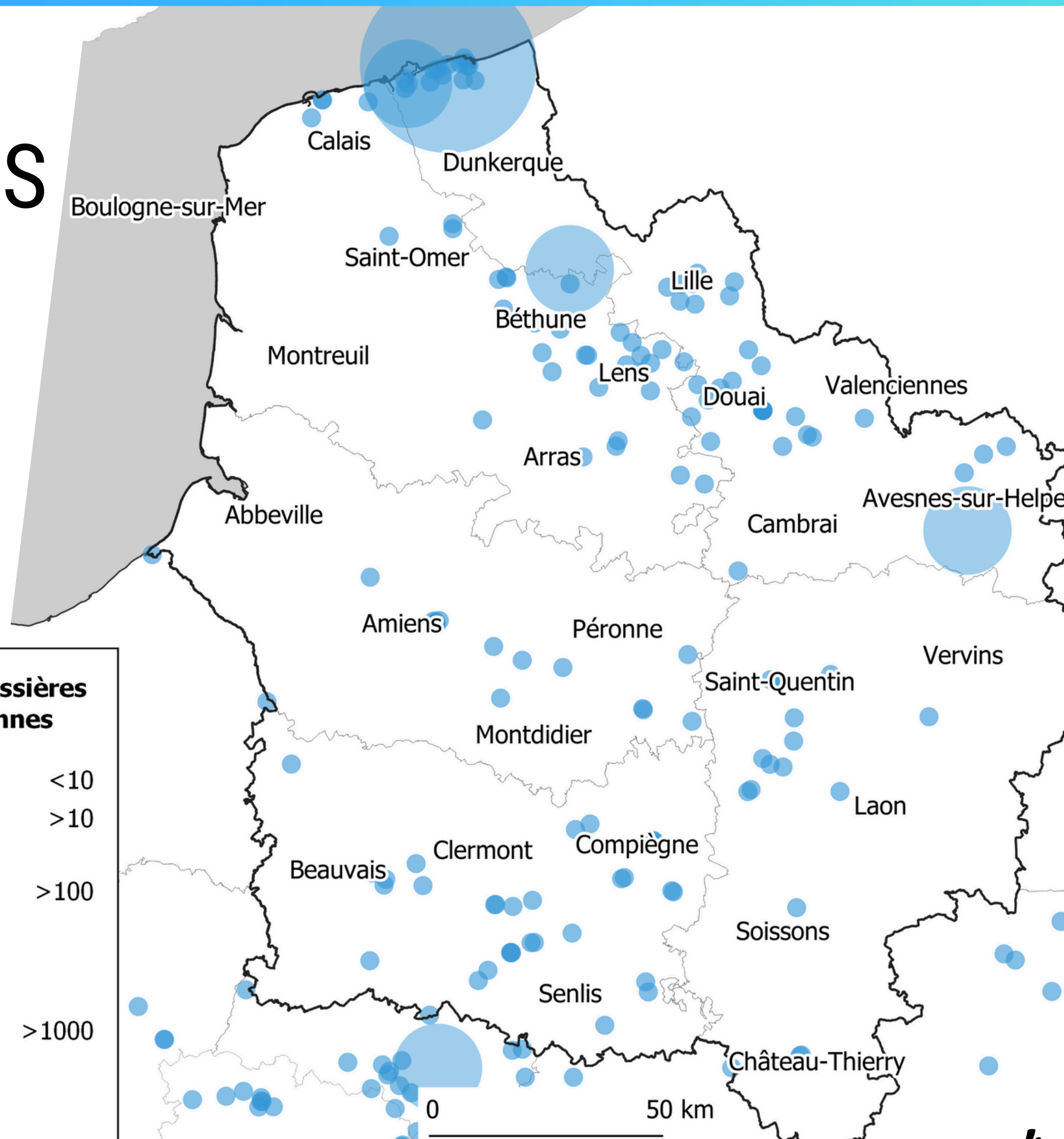
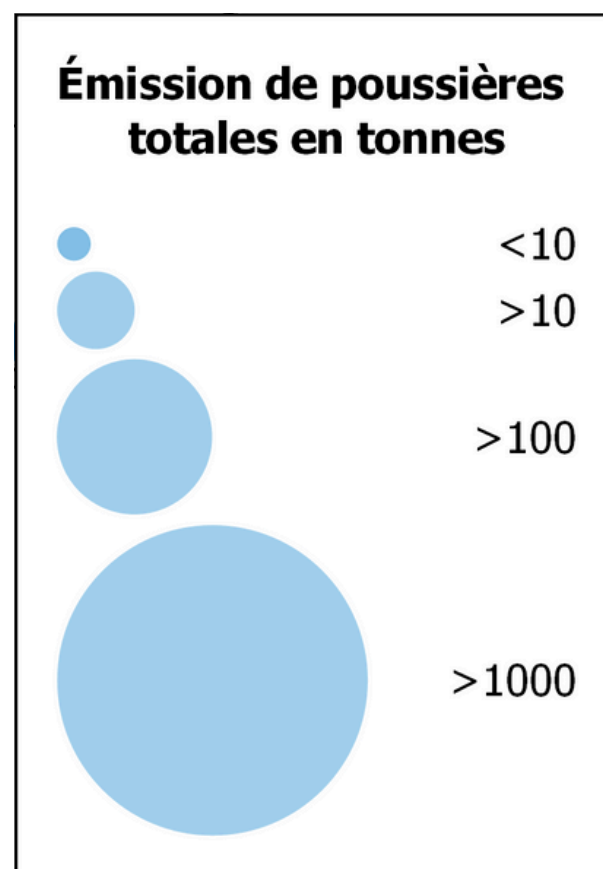
Émissions de poussières totales régionales en 2021 (Données Georisques)

ÉMISSION DE POUSSIÈRES ATMOSPHÉRIQUES RÉGIONALES



27%

des émissions françaises de **poussières** sont émises par des industries de la **Communauté Urbaine de Dunkerque (CUD)**



Émissions de poussières totales régionales en 2021 (Données Georisques)

FOCUS SUR UNE ZONE URBAINE INDUSTRIALISÉE : GRAVELINES



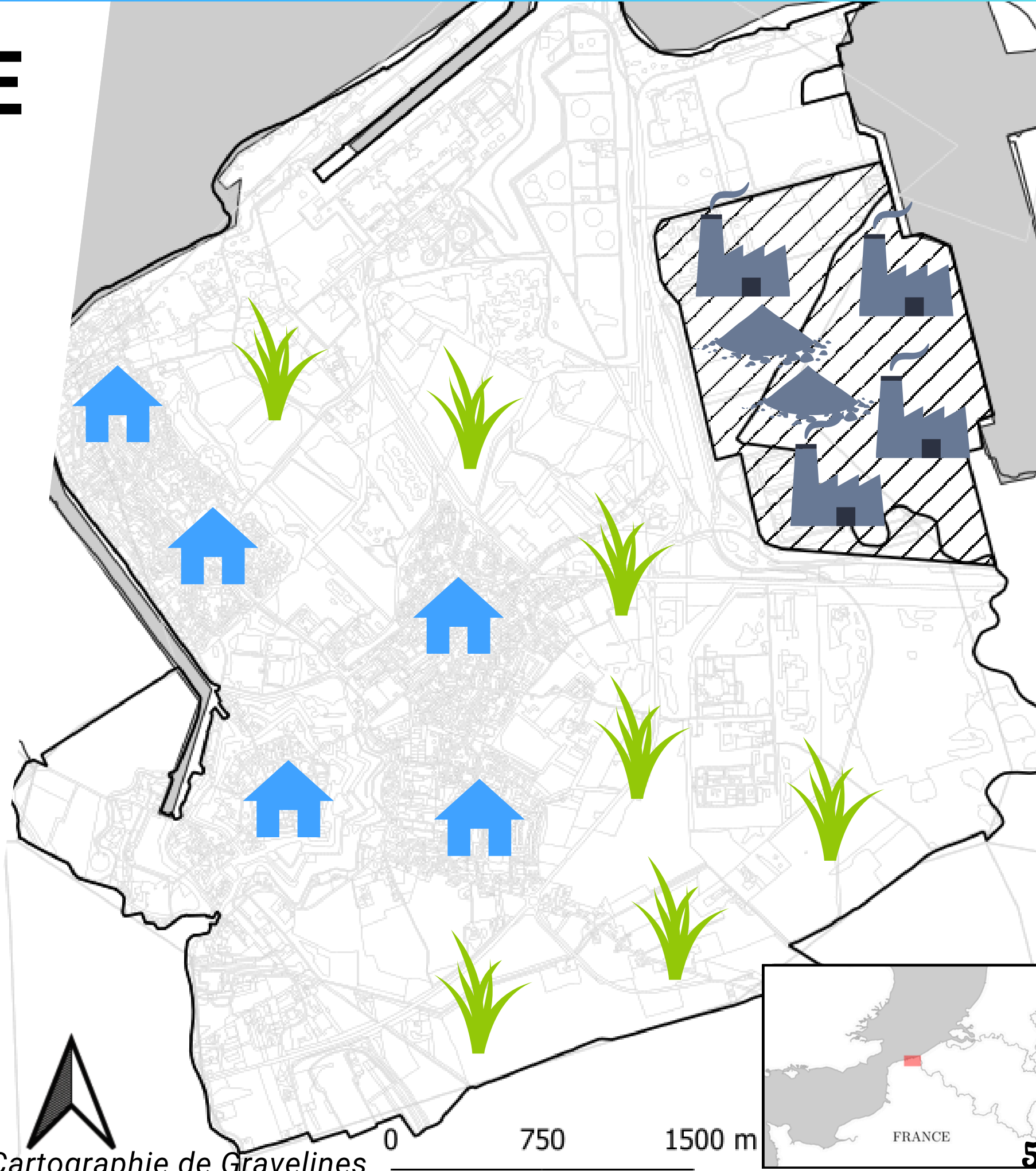
Activités métallurgiques



Parcelles végétalisées (boisements, agriculture...)



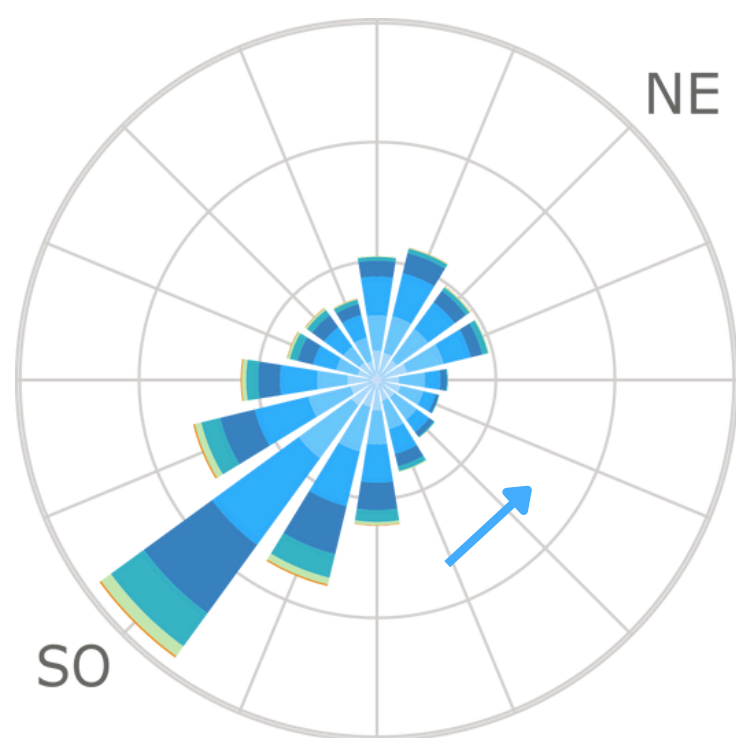
Quartiers résidentiels



Cartographie de Gravelines

FOCUS SUR UNE ZONE URBAINE INDUSTRIALISÉE : GRAVELINES

Les vents dominants proviennent du SO...



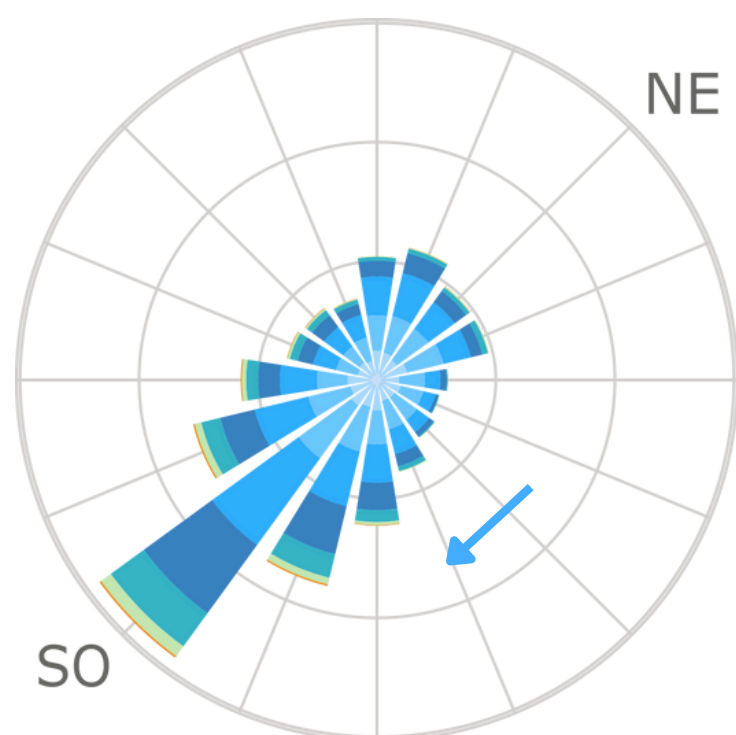
Meteoblue, 2023



Cartographie de Gravelines

FOCUS SUR UNE ZONE URBAINE INDUSTRIALISÉE : GRAVELINES

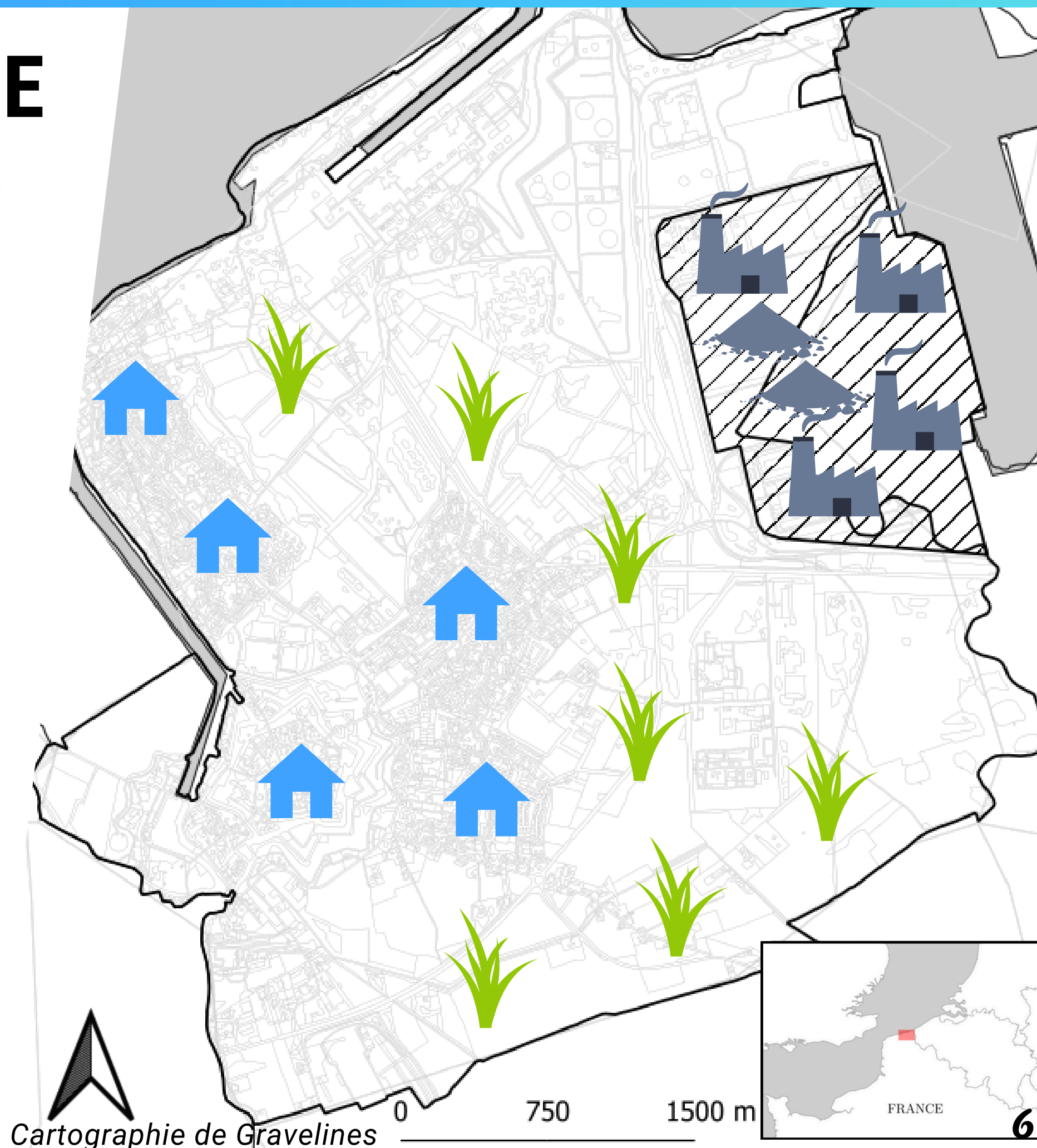
Les vents dominants proviennent du SO...



Meteoblue, 2023



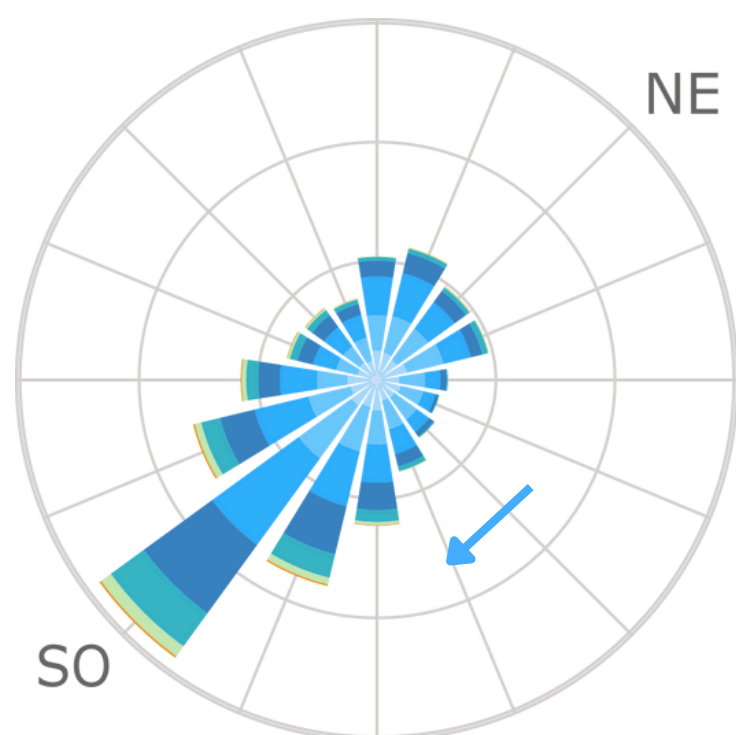
... mais vents de NE réguliers au printemps



Cartographie de Gravelines

FOCUS SUR UNE ZONE URBAINE INDUSTRIALISÉE : GRAVELINES

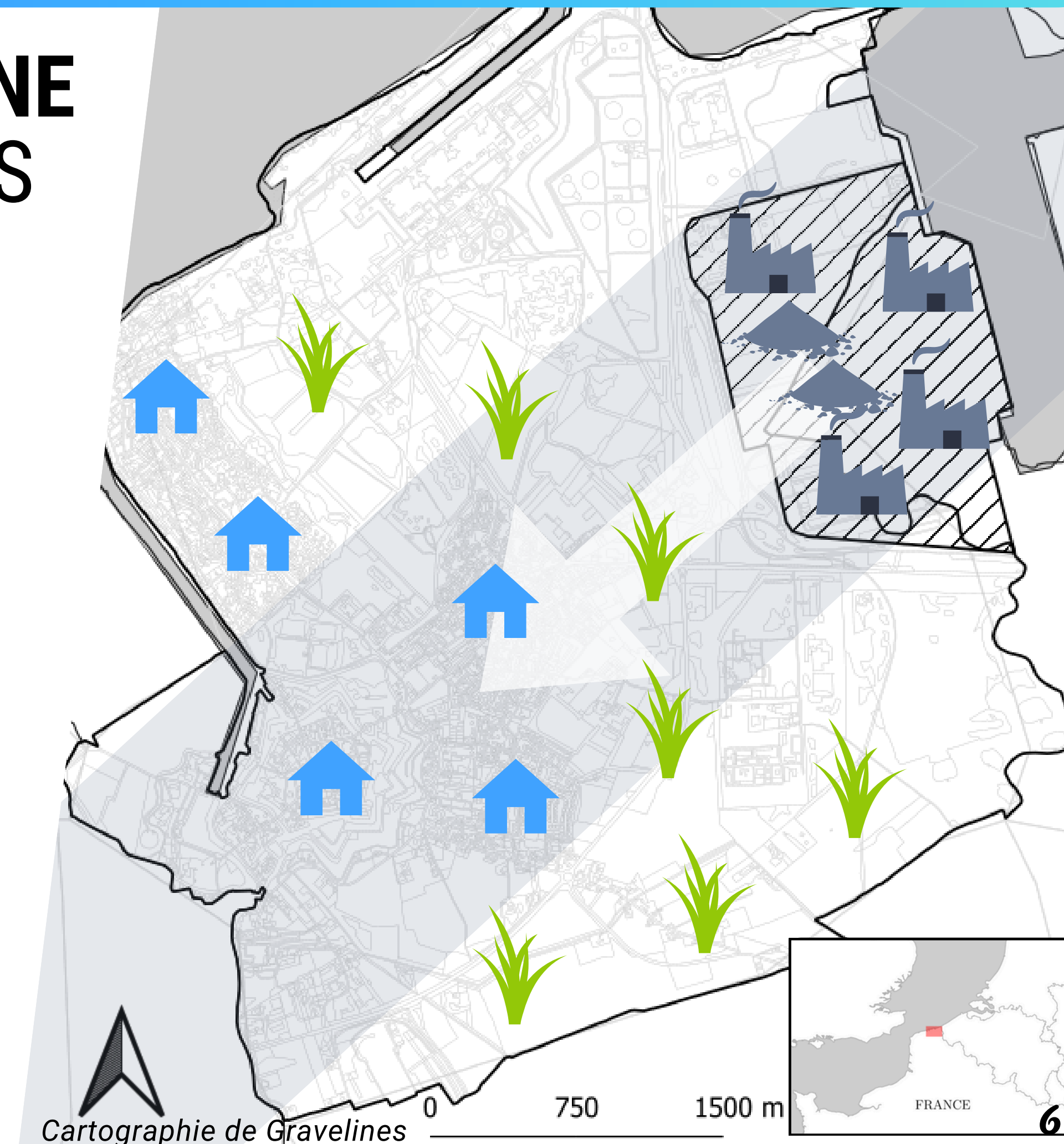
Les vents dominants proviennent du SO...



Meteoblue, 2023



... mais vents de NE réguliers au printemps



Cartographie de Gravelines

FOCUS SUR UNE ZONE URBAINE INDUSTRIALISÉE : GRAVELINES

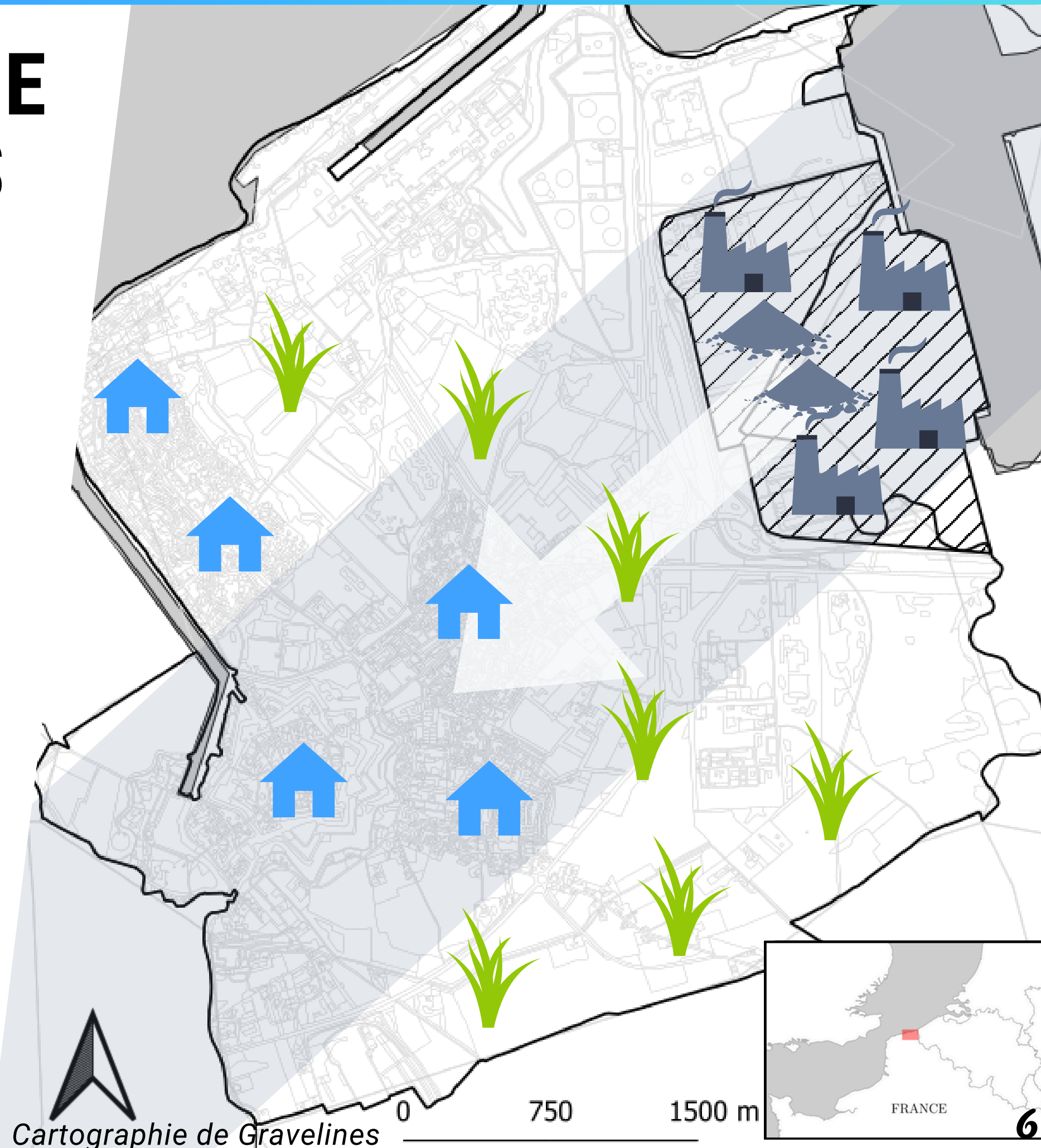
LA
VOIX
DU
NORD

Gravelines : les habitants déplorent le retour des envols de poussières (21.04.2020)

LA
VOIX
DU
NORD

Gravelines : une nouvelle activité sur le QPO, et encore des envols de poussières ? (15.10.2022)

Tu m'étonnes... ça retombe sur leur potager et leur mobilier de jardin...



FOCUS SUR UNE ZONE URBAINE INDUSTRIALISÉE : GRAVELINES

LA VOIX DU NORD

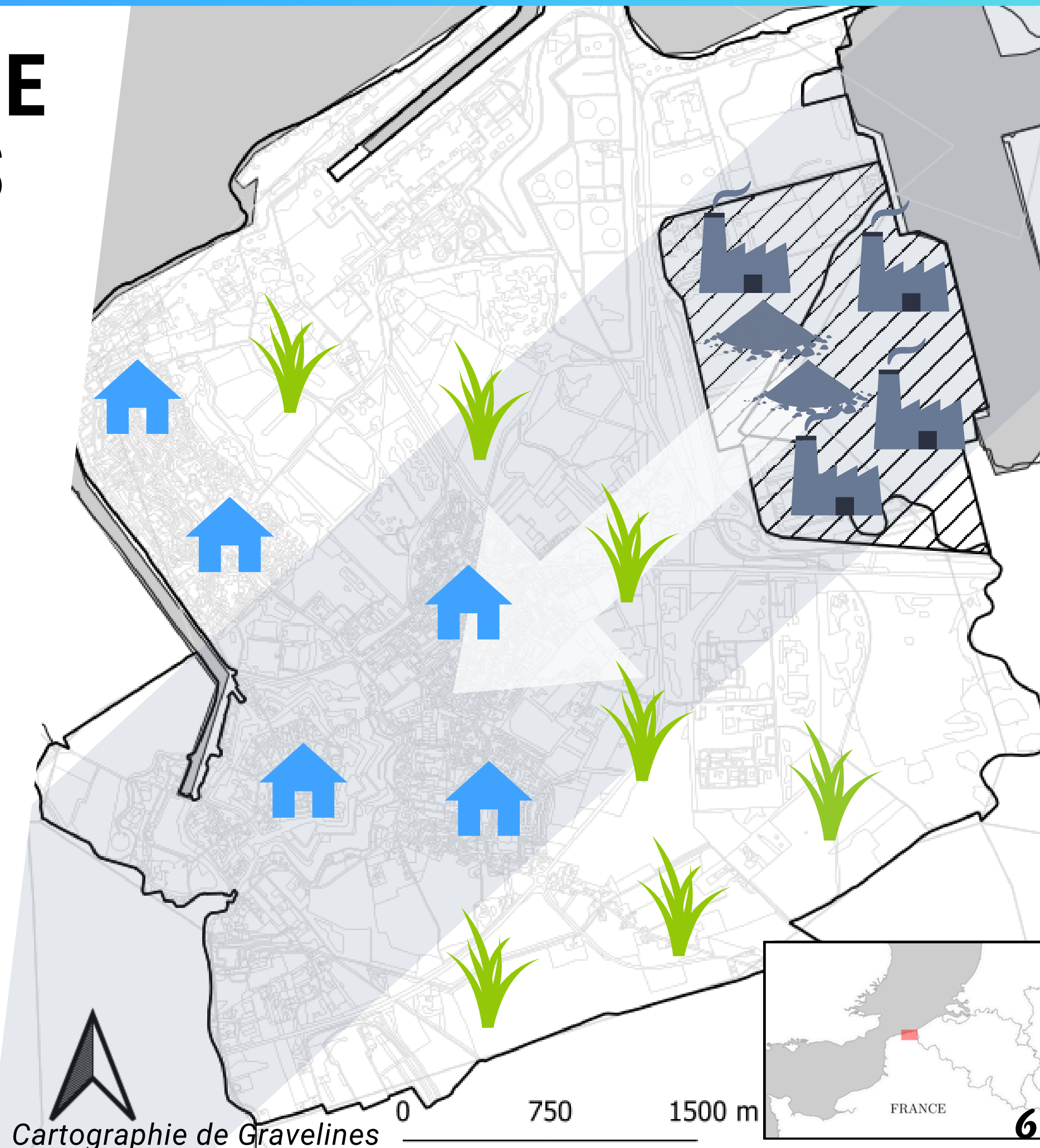
Gravelines : les habitants déplorent le retour des envols de poussières (21.04.2020)

LA VOIX DU NORD

Gravelines : une nouvelle activité sur le QPO, et encore des envols de poussières ? (15.10.2022)



Tu m'étonnes... ça retombe sur leur potager et leur mobilier de jardin...



Cartographie de Gravelines

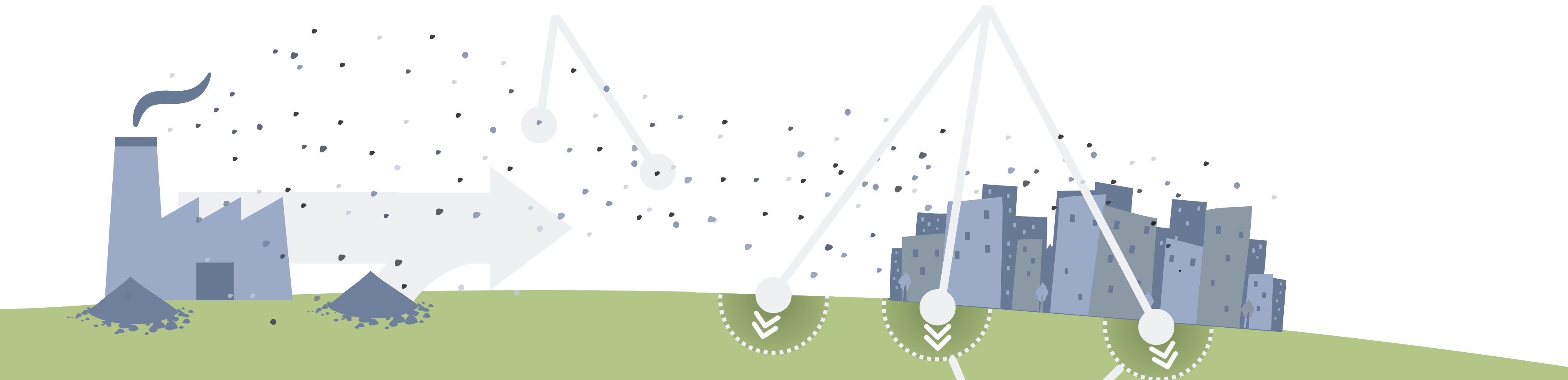
IMPACTS ET DEVENIR DES RETOMBÉES DE POUSSIÈRES INDUSTRIELLES SUR LES SOLS DE GRAVELINES

1 Mieux connaître les retombées de poussières et métaux associés

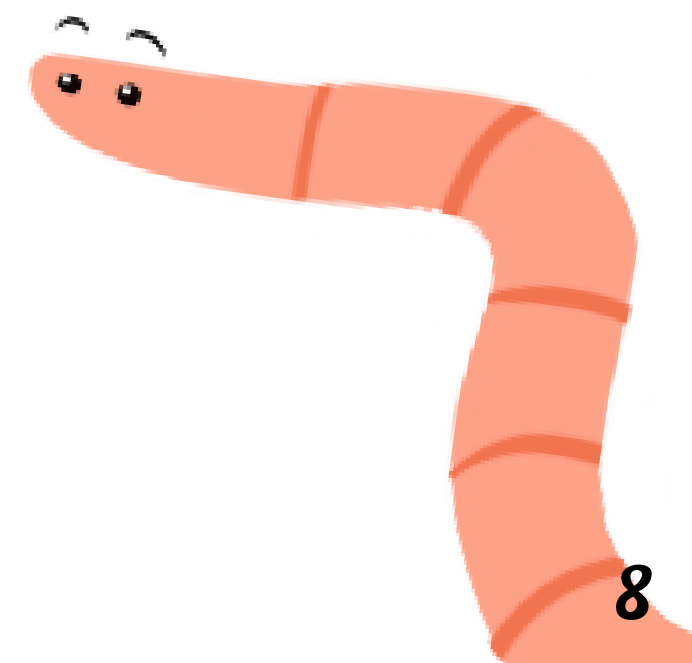
2 Identifier les sols impactés par ces retombées

4 Vérifier si leur présence dans les sols représente un risque écotoxicologique

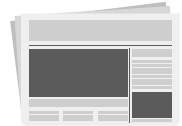
3 Comprendre le comportement des poussières et métaux dans les sols



QUELS LIENS ENTRE DÉPÔTS INDUSTRIELS ATMOSPHÉRIQUES & QUALITÉ DES SOLS ?



QUELS LIENS ENTRE DÉPÔTS INDUSTRIELS ATMOSPHÉRIQUES & QUALITÉ DES SOLS ?



Casetta et al., 2024
Journal of Soils and Sediments

Journal of Soils and Sediments (2024) 24:2377–2397
<https://doi.org/10.1007/s11368-024-03817-7>

SOILS, SEC 4 • ECOTOXICOLOGY • RESEARCH ARTICLE



Use of potentially toxic elements in sedimentable industrial dust to trace their input in soils (Northern France)

M. Casetta¹ · L. Courcot¹ · J. Caillaud¹ · D. Dumoulin² · V. Alaimo² · V. Cornille¹ · G. Billon² · D. Courcot³ · M. Hermoso¹ · S. Philippe¹

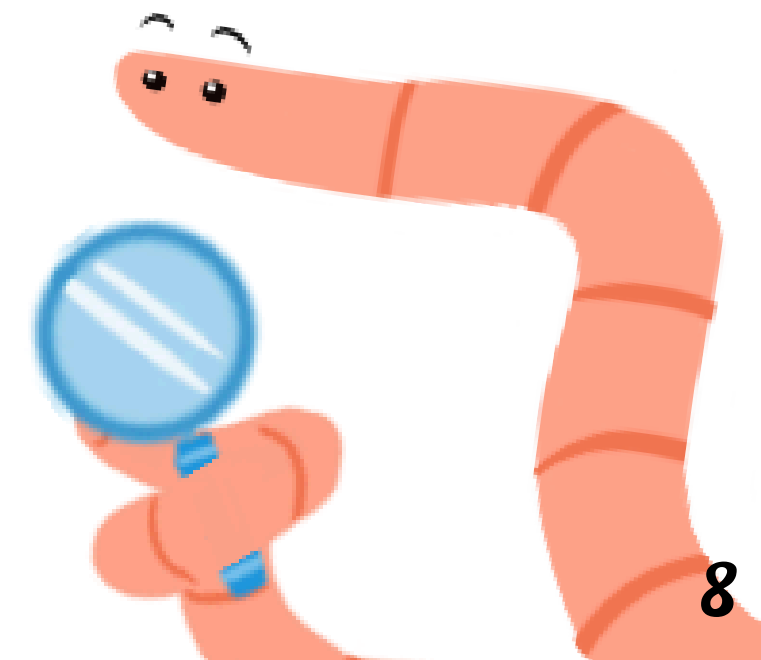
Received: 20 September 2023 / Accepted: 10 May 2024 / Published online: 23 May 2024
© The Author(s), under exclusive licence to Springer-Verlag GmbH Germany, part of Springer Nature 2024

Abstract

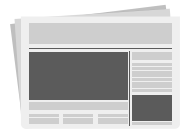
Purpose At the vicinity of metallurgical and steel activities, notable contamination of Potentially Toxic Elements (PTE) is measured in discrete environmental compartments (soils, biosphere, atmosphere). The main question addressed in this study pertains to the influence of industrial dust fallout on PTE concentrations in soils. The study was conducted near the seaport of Dunkerque, belonging to one of the most industrialised and dust-emitting sites of France.

Materials and methods A composite sample of dust fallout was collected over a 4-month-period in urban areas downwind of nearby industries. SEM-EDS and ICP-AES/MS analyses were conducted on this sample to identify metallurgical particles and highlight the main tracer elements of industrial activities. Then, a comprehensive characterization of soils was conducted to map the spatial distribution of metallic pollution levels in the study area. Nearby soil parameters analysis (grain-size distribution, pH, CEC, SOM, calcium carbonates and water contents), the soil chemical composition was identified using XRF and ICP-AES/MS analyses.

Results and discussion We quantified the proportion of particles of industrial origin in the composite dust sample at 88% of the total fraction, stressing the importance of metallurgical activities near the seaport of Dunkerque. This dust sample



QUELS LIENS ENTRE DÉPÔTS INDUSTRIELS ATMOSPHÉRIQUES & QUALITÉ DES SOLS ?



Casetta et al., 2024
Journal of Soils and Sediments

Journal of Soils and Sediments (2024) 24:2377–2397
<https://doi.org/10.1007/s11368-024-03817-7>

SOILS, SEC 4 • ECOTOXICOLOGY • RESEARCH ARTICLE



Use of potentially toxic elements in sedimentable industrial dust to trace their input in soils (Northern France)

M. Casetta¹ · L. Courcot¹ · J. Caillaud¹ · D. Dumoulin² · V. Alaimo² · V. Cornille¹ · G. Billon² · D. Courcot³ · M. Hermoso¹ · S. Philippe¹

Received: 20 September 2023 / Accepted: 10 May 2024 / Published online: 23 May 2024
© The Author(s), under exclusive licence to Springer-Verlag GmbH Germany, part of Springer Nature 2024

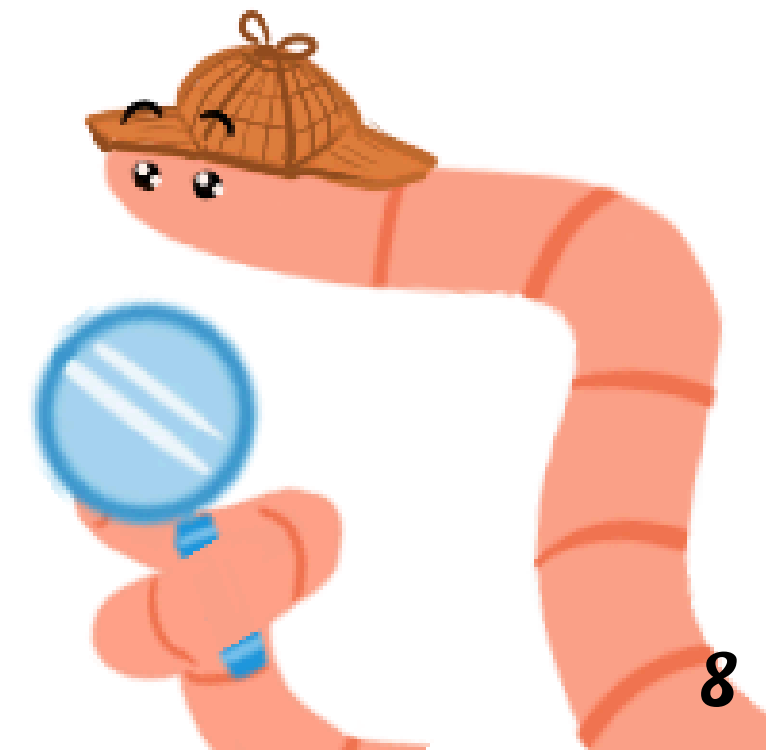
Abstract

Purpose At the vicinity of metallurgical and steel activities, notable contamination of Potentially Toxic Elements (PTE) is measured in discrete environmental compartments (soils, biosphere, atmosphere). The main question addressed in this study pertains to the influence of industrial dust fallout on PTE concentrations in soils. The study was conducted near the seaport of Dunkerque, belonging to one of the most industrialised and dust-emitting sites of France.

Materials and methods A composite sample of dust fallout was collected over a 4-month-period in urban areas downwind of nearby industries. SEM-EDS and ICP-AES/MS analyses were conducted on this sample to identify metallurgical particles and highlight the main tracer elements of industrial activities. Then, a comprehensive characterization of soils was conducted to map the spatial distribution of metallic pollution levels in the study area. Nearby soil parameters analysis (grain-size distribution, pH, CEC, SOM, calcium carbonates and water contents), the soil chemical composition was identified using XRF and ICP-AES/MS analyses.

Results and discussion We quantified the proportion of particles of industrial origin in the composite dust sample at 88% of the total fraction, stressing the importance of metallurgical activities near the seaport of Dunkerque. This dust sample

Objectif Cartographie des niveaux de contamination des sols en métaux industriels.



QUELS LIENS ENTRE DÉPÔTS INDUSTRIELS ATMOSPHÉRIQUES & QUALITÉ DES SOLS ?



Casetta et al., 2024
Journal of Soils and Sediments

Journal of Soils and Sediments (2024) 24:2377–2397
<https://doi.org/10.1007/s11368-024-03817-7>

SOILS, SEC 4 • ECOTOXICOLOGY • RESEARCH ARTICLE



Use of potentially toxic elements in sedimentable industrial dust to trace their input in soils (Northern France)

M. Casetta¹ · L. Courcot¹ · J. Caillaud¹ · D. Dumoulin² · V. Alaimo² · V. Cornille¹ · G. Billon² · D. Courcot³ · M. Hermoso¹ · S. Philippe¹

Received: 20 September 2023 / Accepted: 10 May 2024 / Published online: 23 May 2024
© The Author(s), under exclusive licence to Springer-Verlag GmbH Germany, part of Springer Nature 2024

Abstract

Purpose At the vicinity of metallurgical and steel activities, notable contamination of Potentially Toxic Elements (PTE) is measured in discrete environmental compartments (soils, biosphere, atmosphere). The main question addressed in this study pertains to the influence of industrial dust fallout on PTE concentrations in soils. The study was conducted near the seaport of Dunkerque, belonging to one of the most industrialised and dust-emitting sites of France.

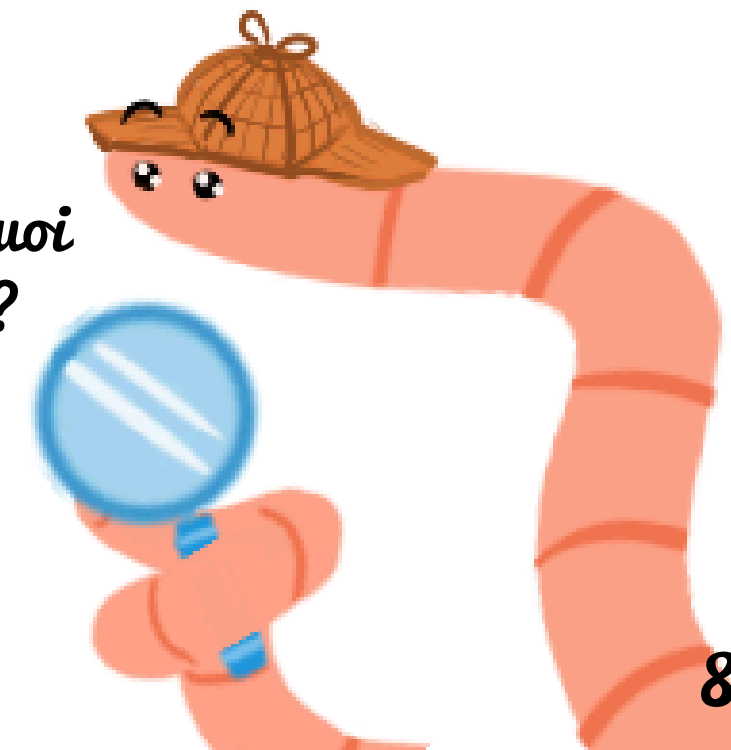
Materials and methods A composite sample of dust fallout was collected over a 4-month-period in urban areas downwind of nearby industries. SEM-EDS and ICP-AES/MS analyses were conducted on this sample to identify metallurgical particles and highlight the main tracer elements of industrial activities. Then, a comprehensive characterization of soils was conducted to map the spatial distribution of metallic pollution levels in the study area. Nearby soil parameters analysis (grain-size distribution, pH, CEC, SOM, calcium carbonates and water contents), the soil chemical composition was identified using XRF and ICP-AES/MS analyses.

Results and discussion We quantified the proportion of particles of industrial origin in the composite dust sample at 88% of the total fraction, stressing the importance of metallurgical activities near the seaport of Dunkerque. This dust sample

Objectif Cartographie des niveaux de contamination des sols en métaux industriels.

Une démarche en 3 étapes

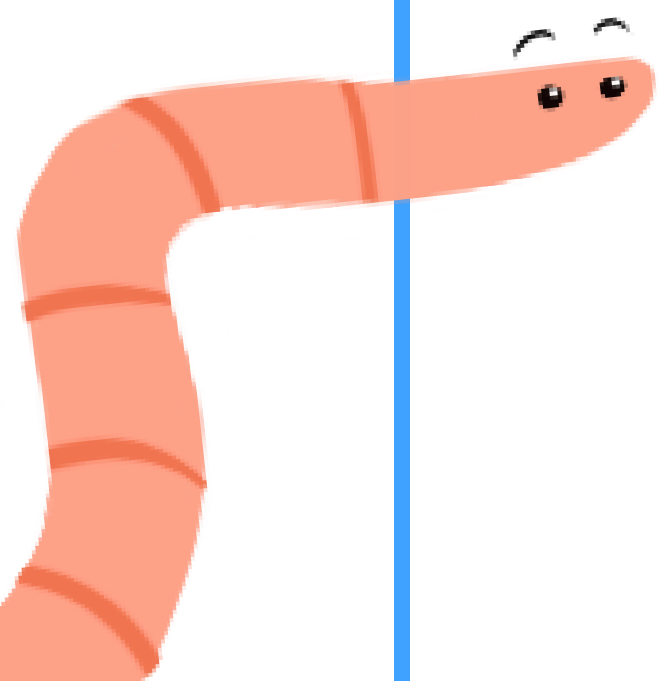
Super ! Par quoi on commence ?



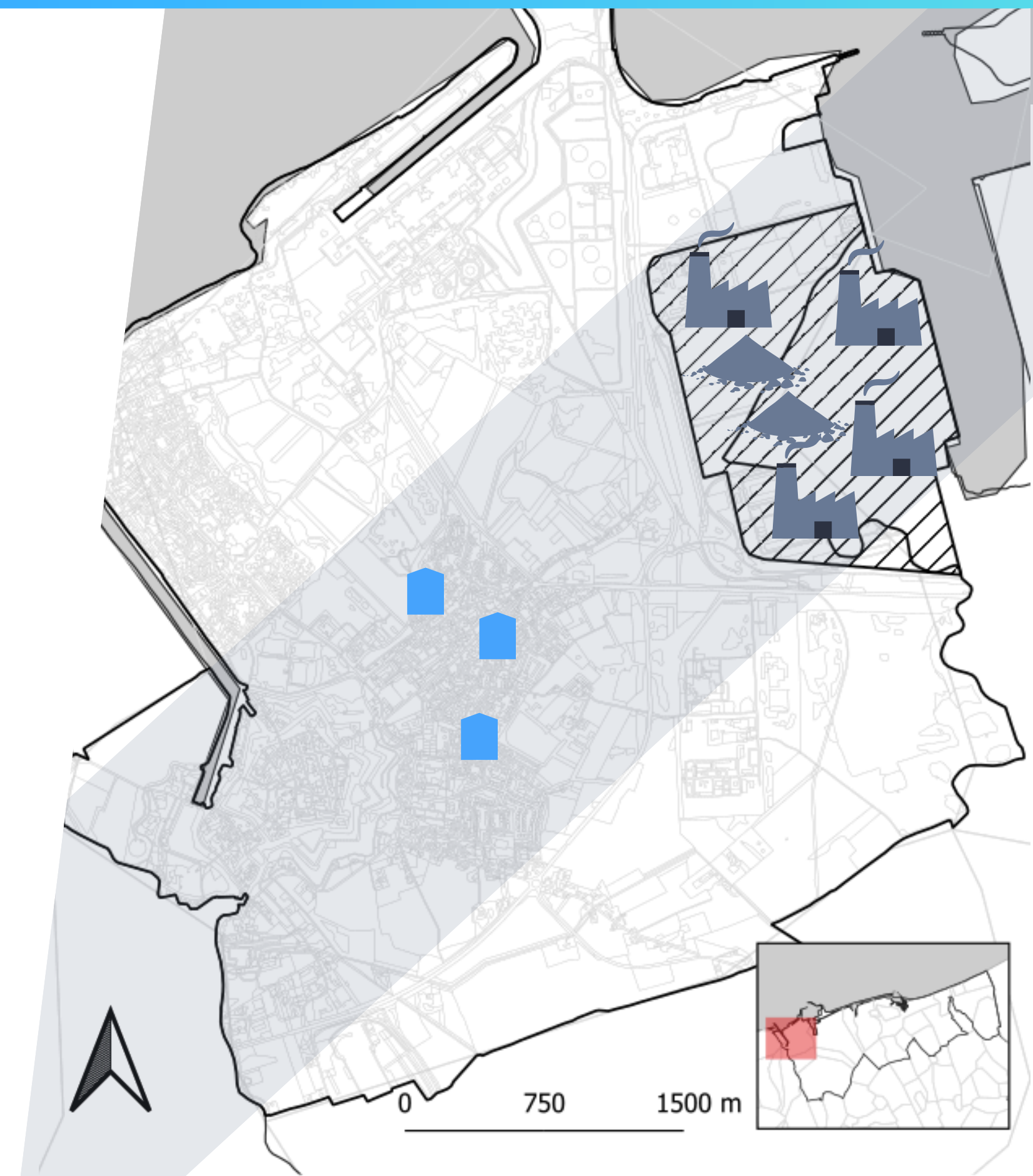
1. QUELLE EST LA NATURE DES POUSSIÈRES ATMOSPHÉRIQUES ?



3 collecteurs
ADA-MASS



Collecteur ADA-
MASS (ALOATEC)



1. QUELLE EST LA NATURE DES POUSSIÈRES ATMOSPHÉRIQUES ?



3 collecteurs ADA-MASS



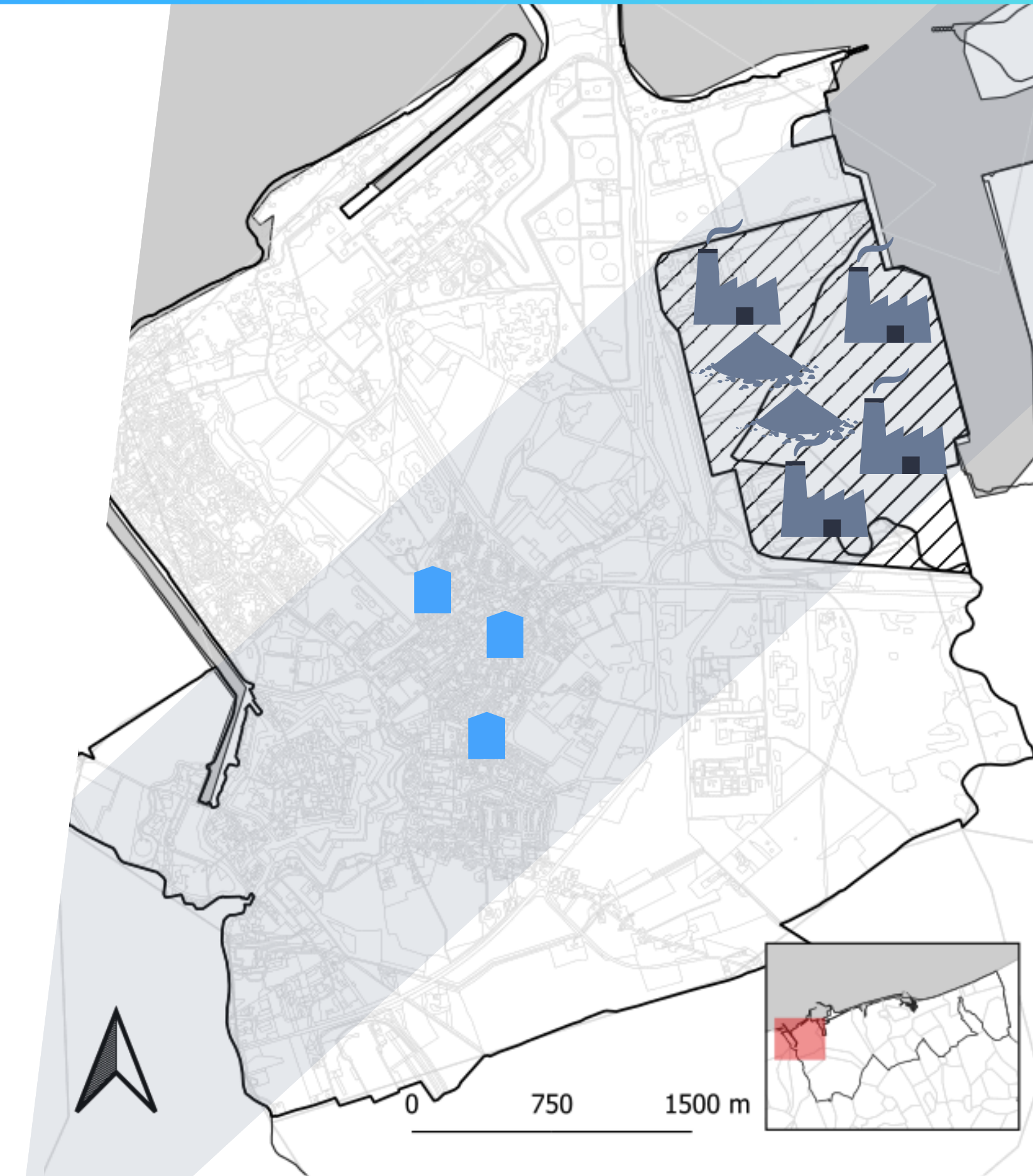
4 mois de collecte en 2022 (vents de NE)



Analyses chimiques et morphologiques



Collecteur ADA-MASS (ALOATEC)



1. QUELLE EST LA NATURE DES POUSSIÈRES ATMOSPHÉRIQUES ?



3 collecteurs ADA-MASS





4 mois de collecte en 2022 (vents de NE)



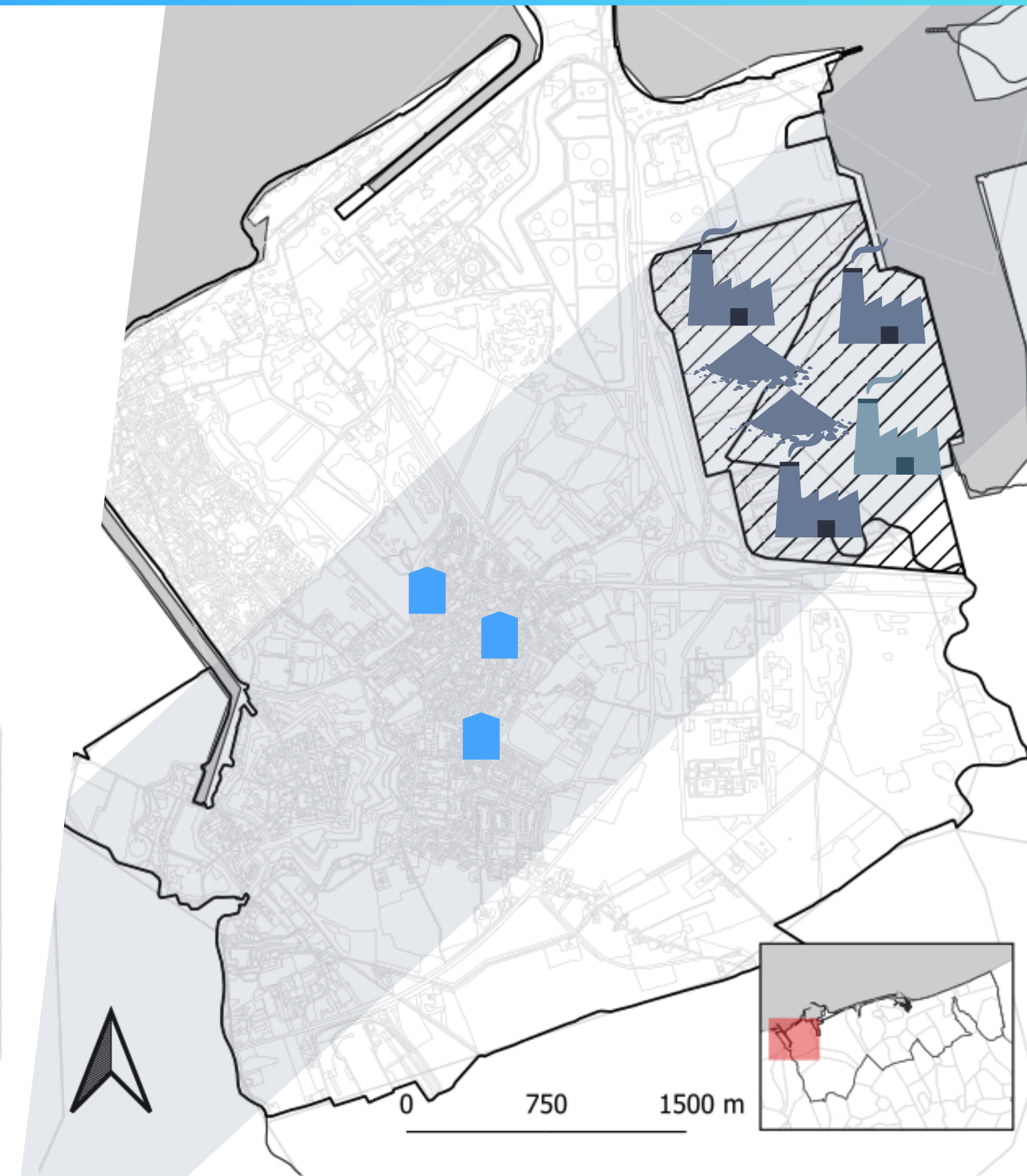
Analyses chimiques et morphologiques

POUSSIÈRE D'ALUMINE

	≈ 60% Oxygène
	≈ 40% Aluminium
	Traces de Fluor

2D : Clivages cristallographiques

Grâce à ça, les particules industrielles seront plus faciles à retrouver dans les sols !

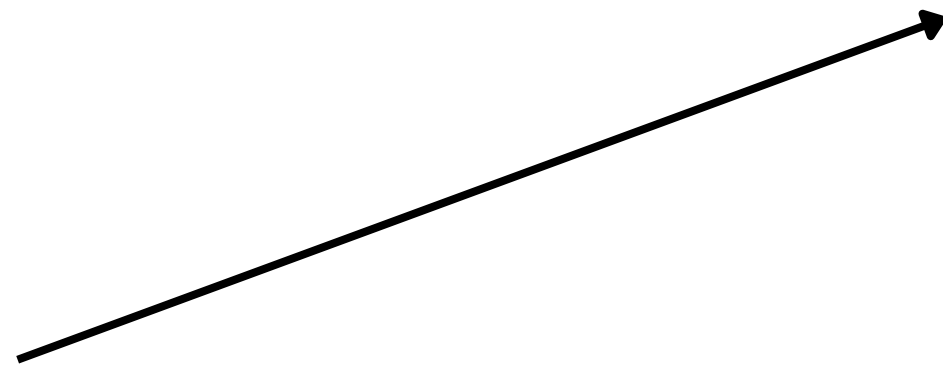


1. QUELLE EST LA NATURE DES POUSSIÈRES ATMOSPHERIQUES ?



88 % de particules industrielles

Poussières collectées en
période de vents de NE

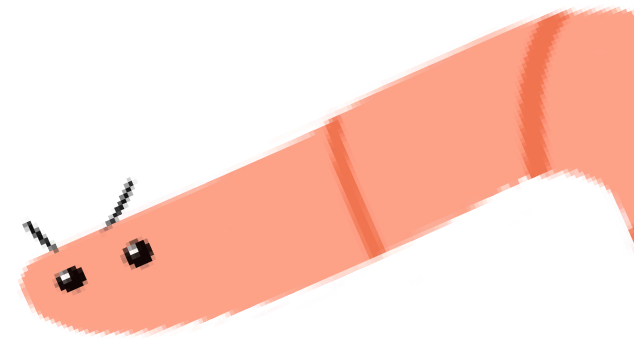


Gravelines

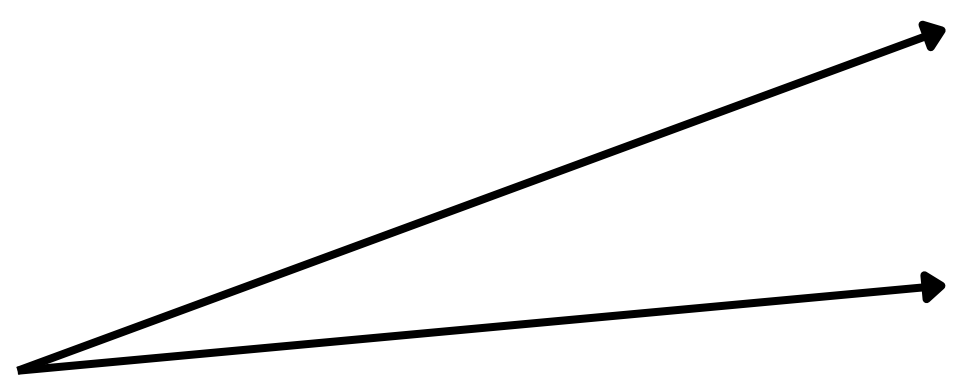


Collecteur
ADA-MASS

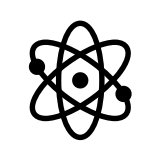
1. QUELLE EST LA NATURE DES POUSSIÈRES ATMOSPHÉRIQUES ?



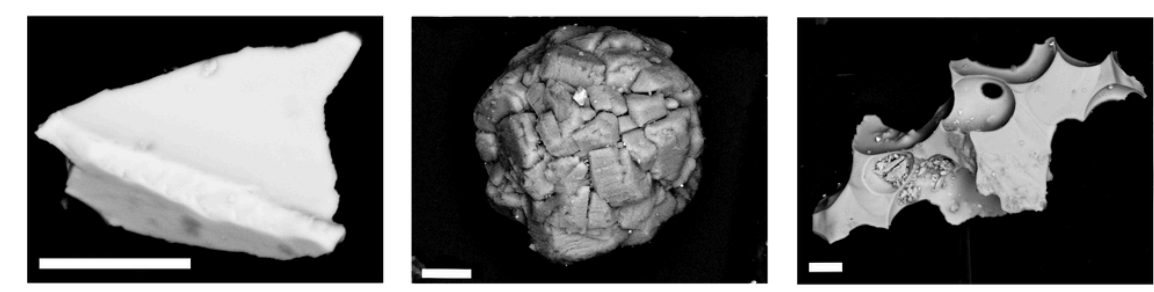
Poussières collectées en période de vents de NE



88 % de particules industrielles



Charbons, poussières d'alumine, minerais/oxydes de fer, laitiers



Lucie Courcot, 2023

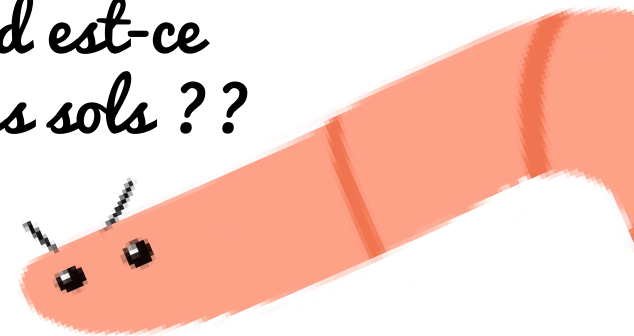


Gravelines

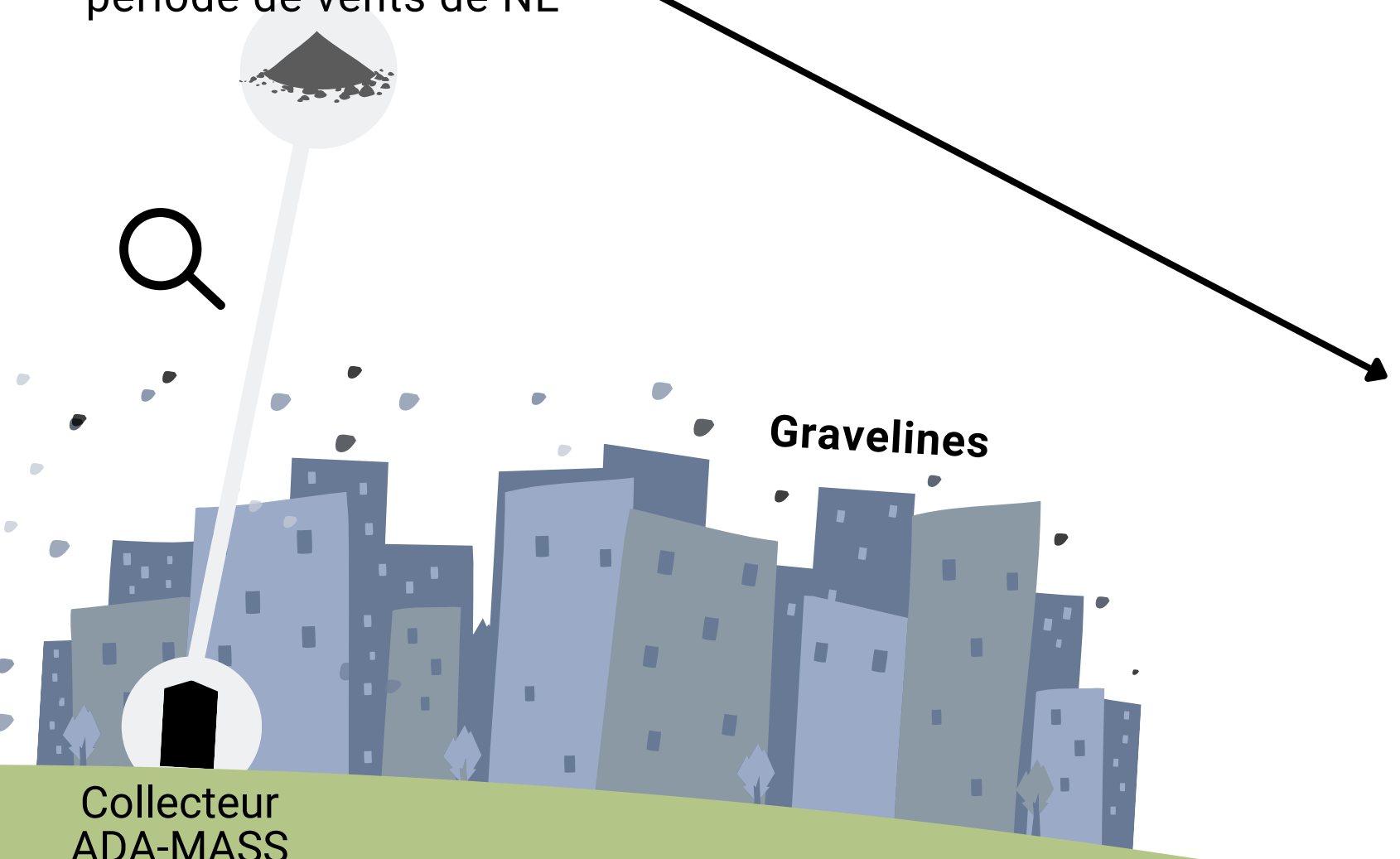
Collecteur ADA-MASS

1. QUELLE EST LA NATURE DES POUSSIÈRES ATMOSPHÉRIQUES ?

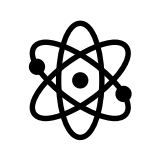
Bon... quand est-ce qu'on parle des sols ??



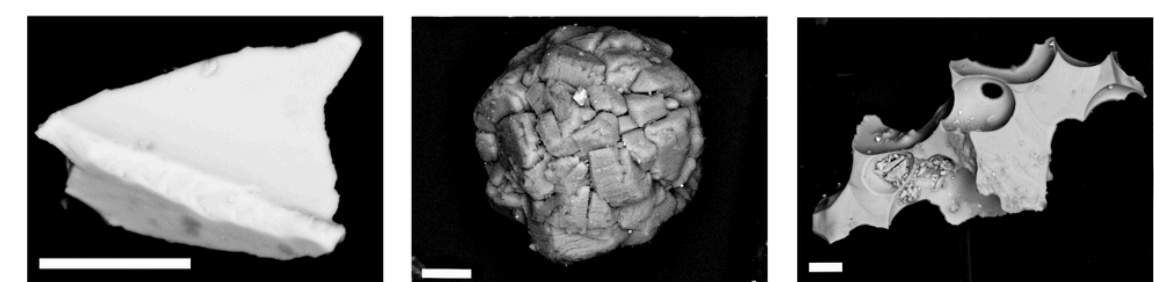
Poussières collectées en période de vents de NE



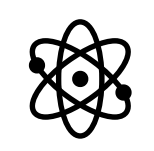
88 % de particules industrielles



Charbons, poussières d'alumine, minerais/oxydes de fer, laitiers



Lucie Courcot, 2023

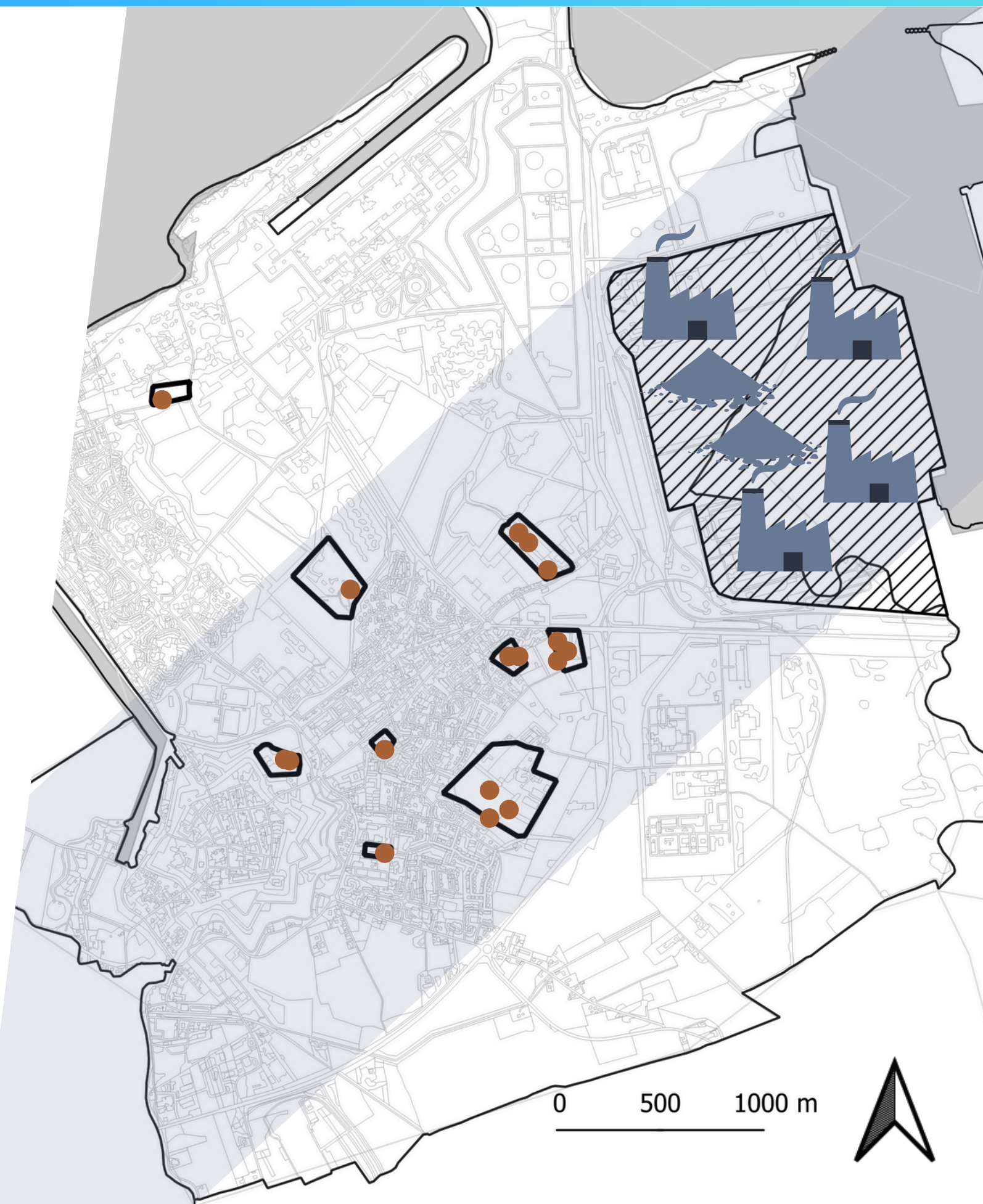


Facteurs d'enrichissement > 30 pour Cr, Ni, Mo, Mn, Cd, Zn



Principaux traceurs des poussières industrielles dans les sols

2. Y-A-T-IL UNE CONTAMINATION MÉTALLIQUE DES SOLS ?



2. Y-A-T-IL UNE CONTAMINATION MÉTALLIQUE DES SOLS ?



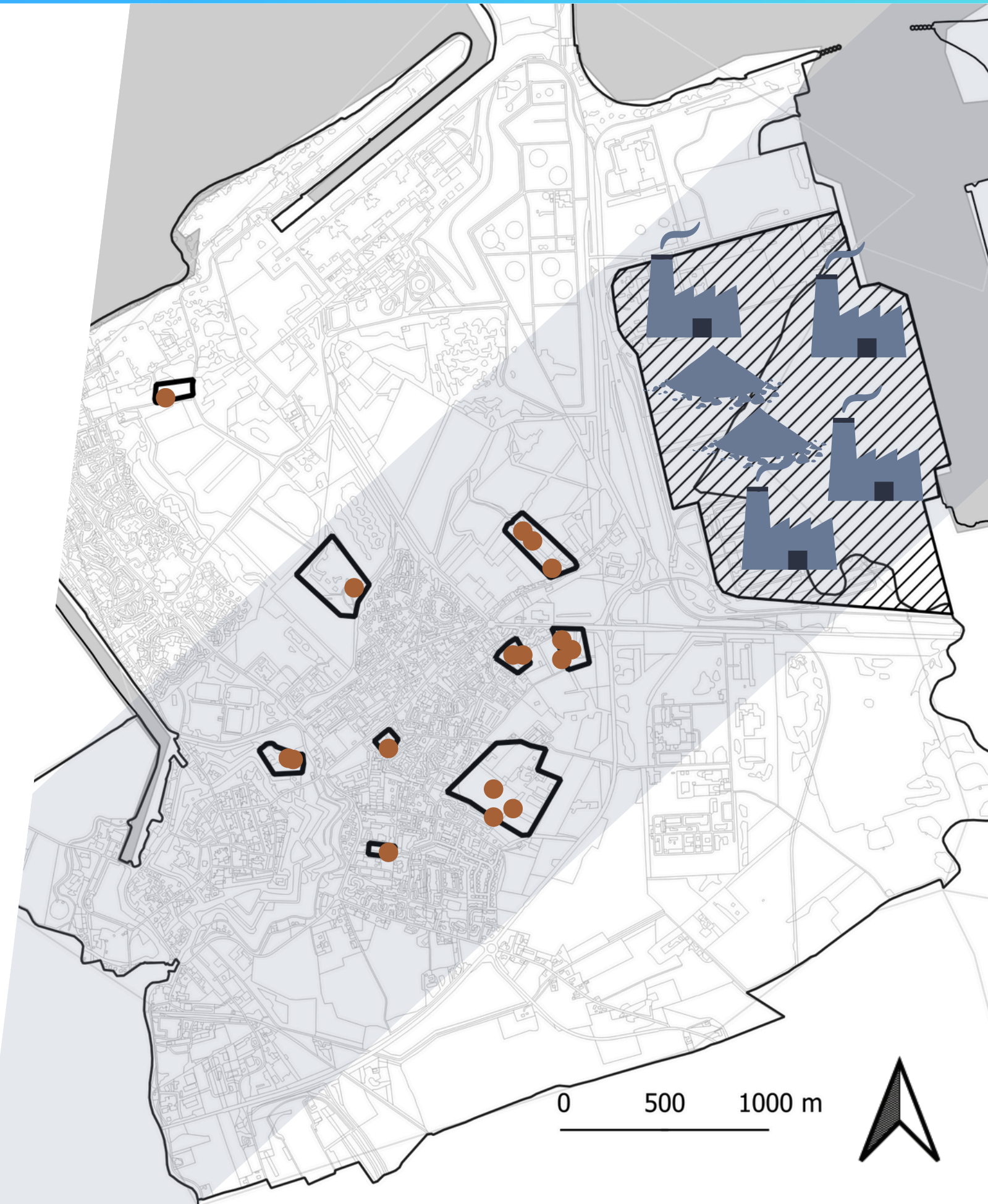
9 zones  échantillonnées



54 sous-échantillons prélevés ●


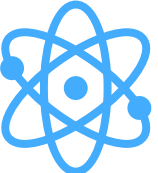


Prélèvement de sols à la tarière manuelle AMS (février 2021)



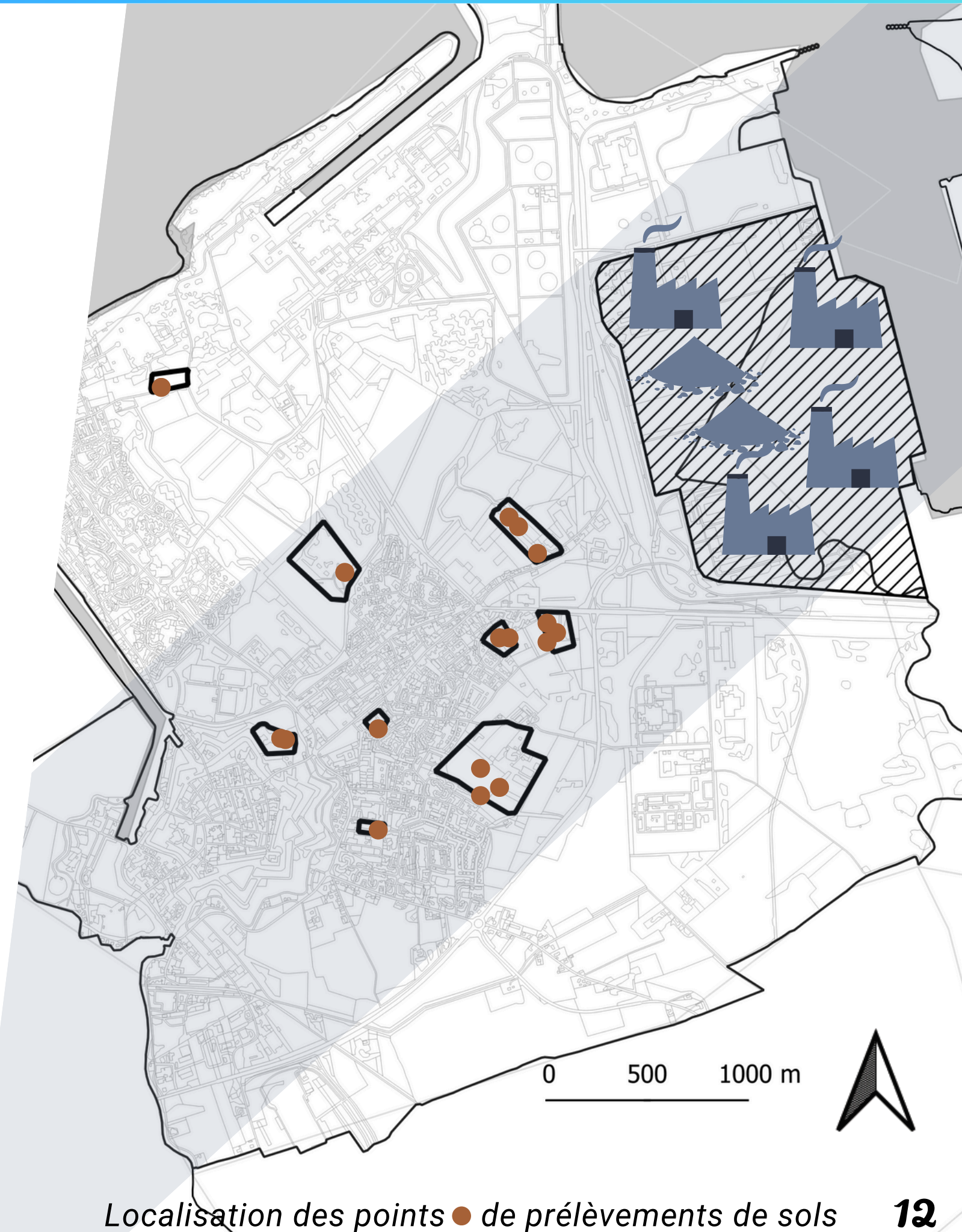
Localisation des points ● de prélèvements de sols

2. Y-A-T-IL UNE CONTAMINATION MÉTALLIQUE DES SOLS ?

-  **9** zones  échantillonnées
- 54** sous-échantillons prélevés 
 **A**
-  Analyses physico chimiques des sols



Prélèvement de sols à la tarière manuelle AMS (février 2021)




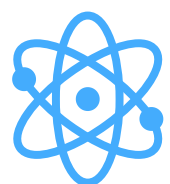
2. Y-A-T-IL UNE CONTAMINATION MÉTALLIQUE DES SOLS ?



9 zones  échantillonnées



54 sous-échantillons prélevés 



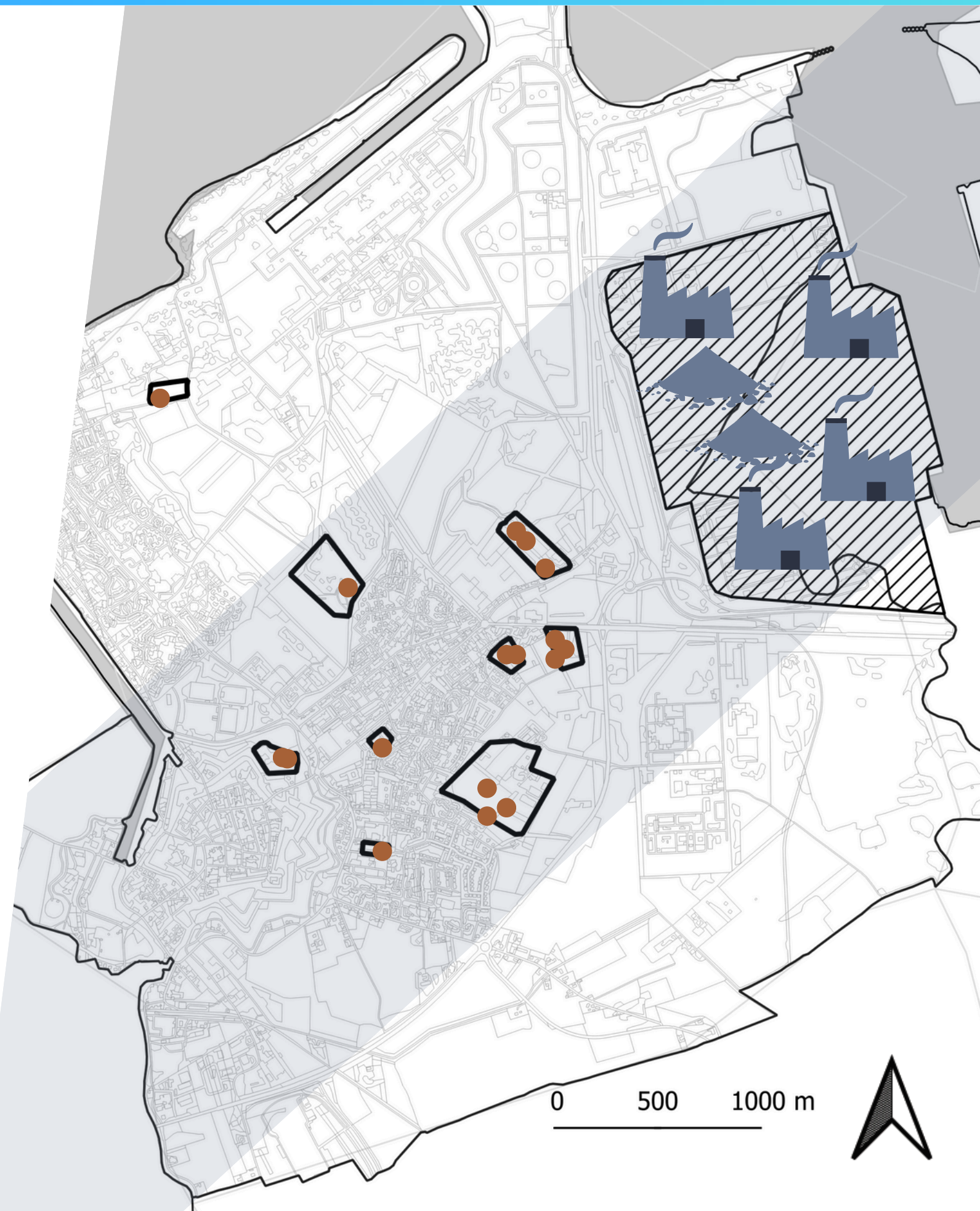
Analyses physico chimiques des sols



Etude des niveaux de **contamination** en métaux (par rapport à un référentiel local, Sterckeman et al., 2004) et étude de leur **qualité chimique**

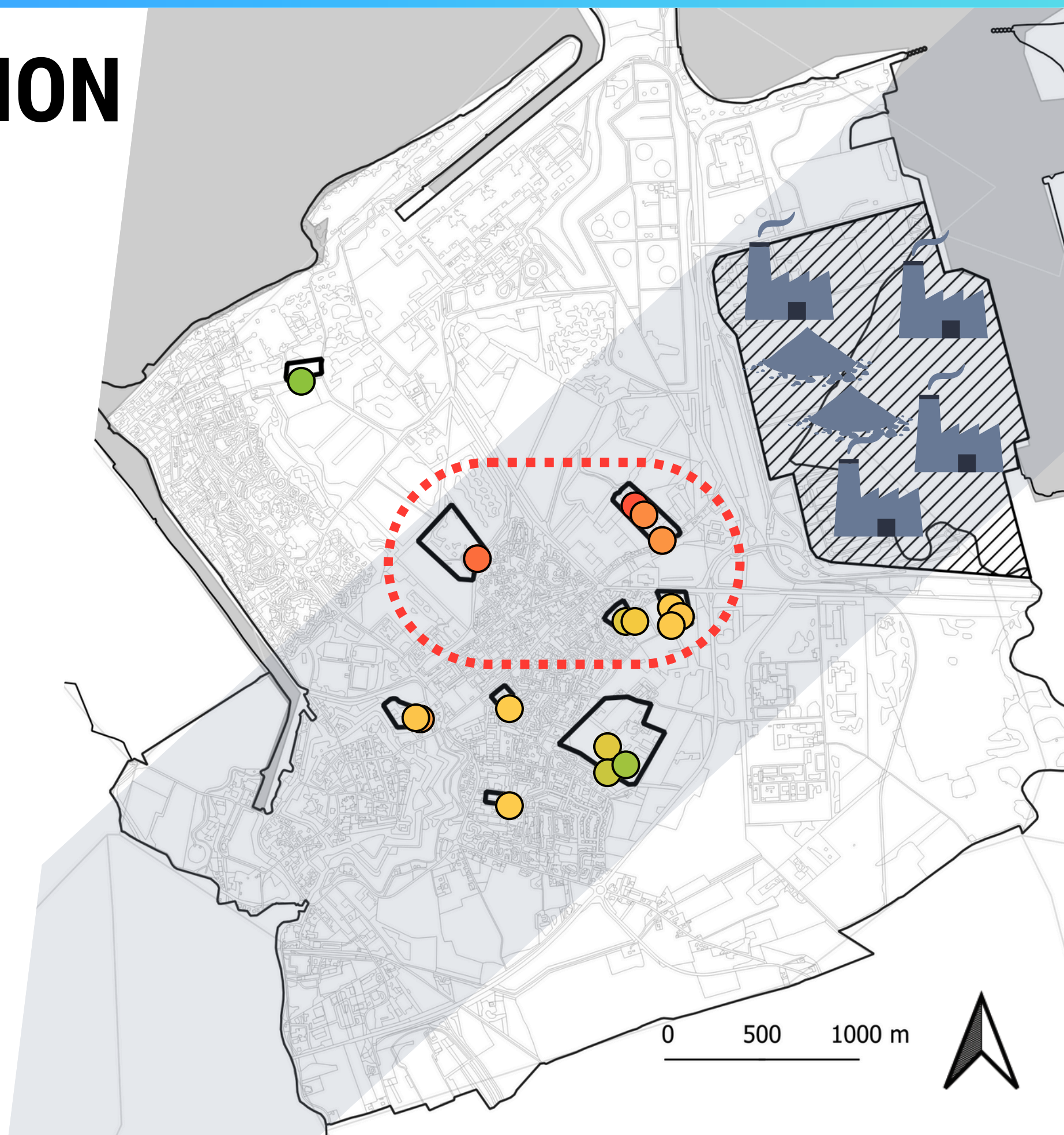
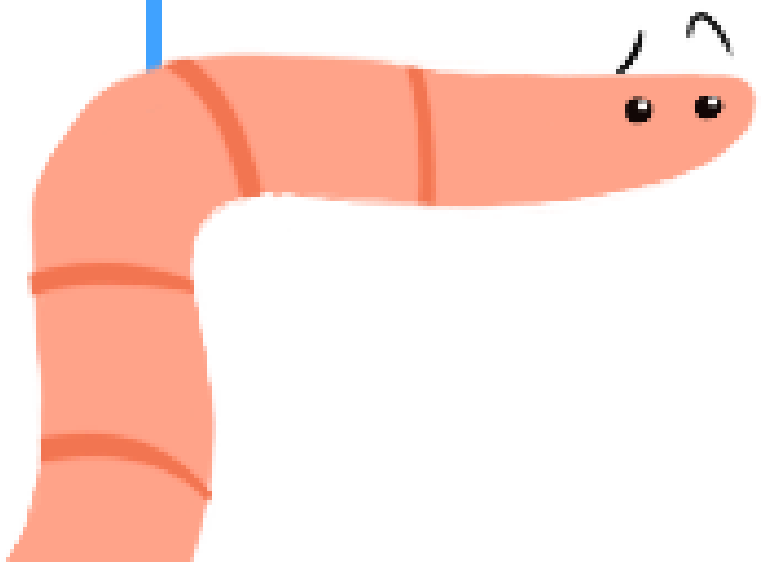
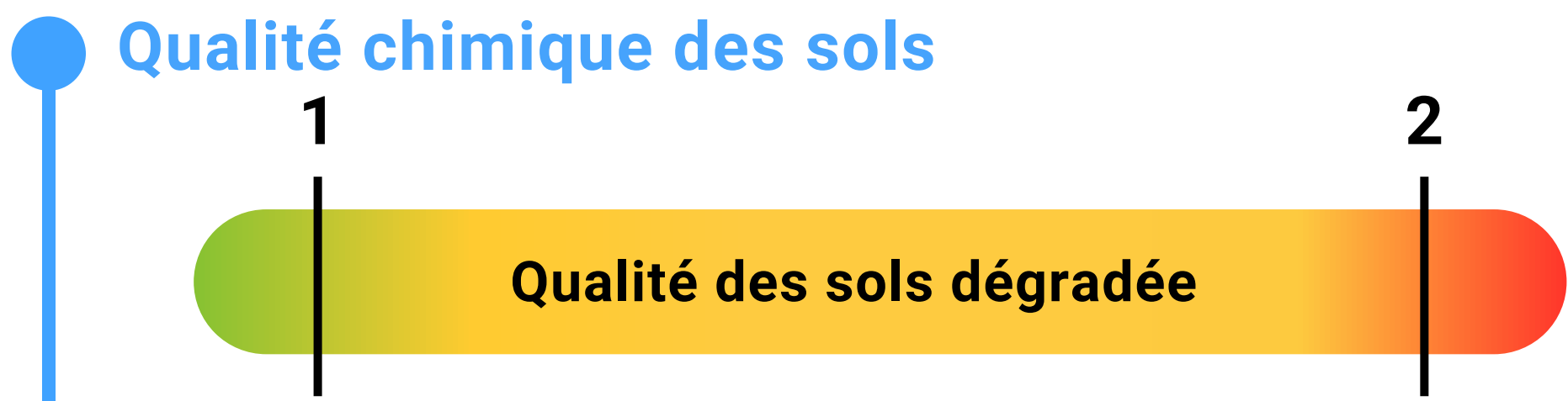


Prélèvement de sols à la tarière manuelle AMS (février 2021)

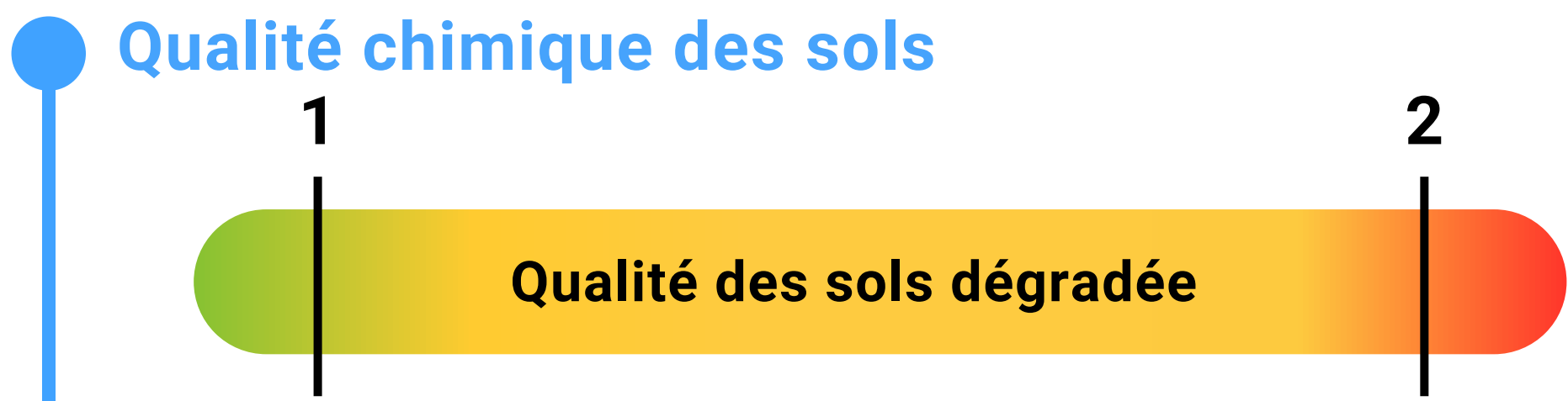


Localisation des points  de prélèvements de sols

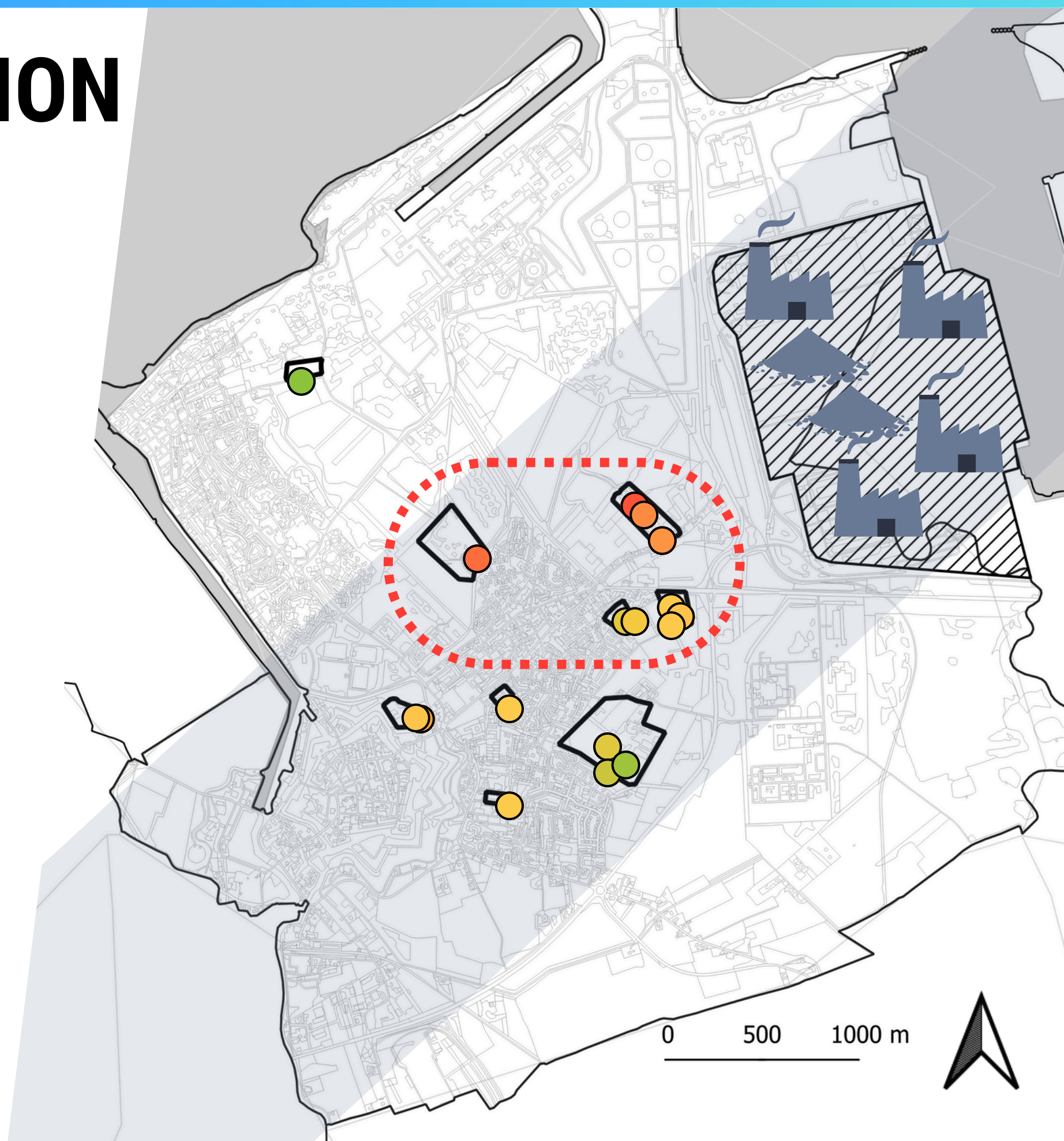
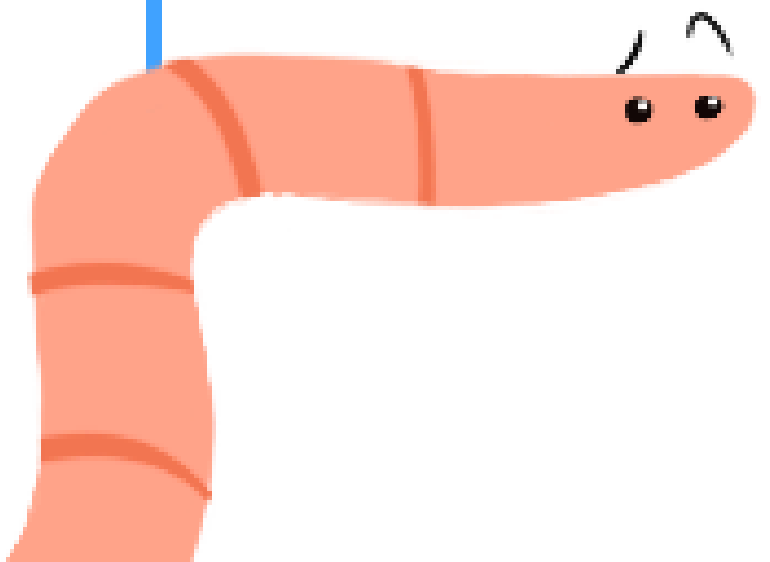
2. Y-A-T-IL UNE CONTAMINATION MÉTALLIQUE DES SOLS ?



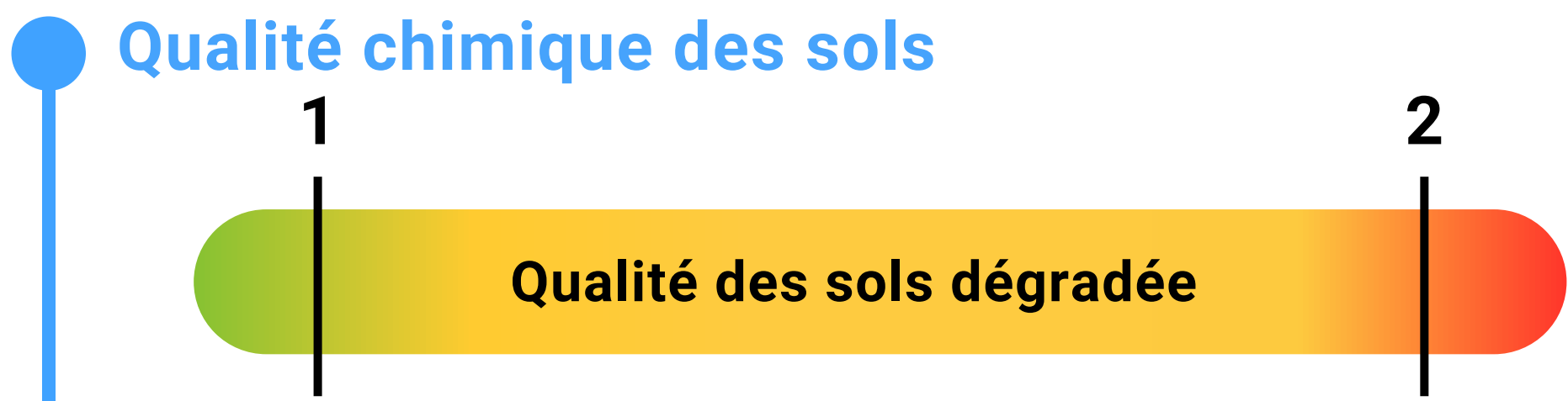
2. Y-A-T-IL UNE CONTAMINATION MÉTALLIQUE DES SOLS ?



Qualité des sols dégradée par les métaux...



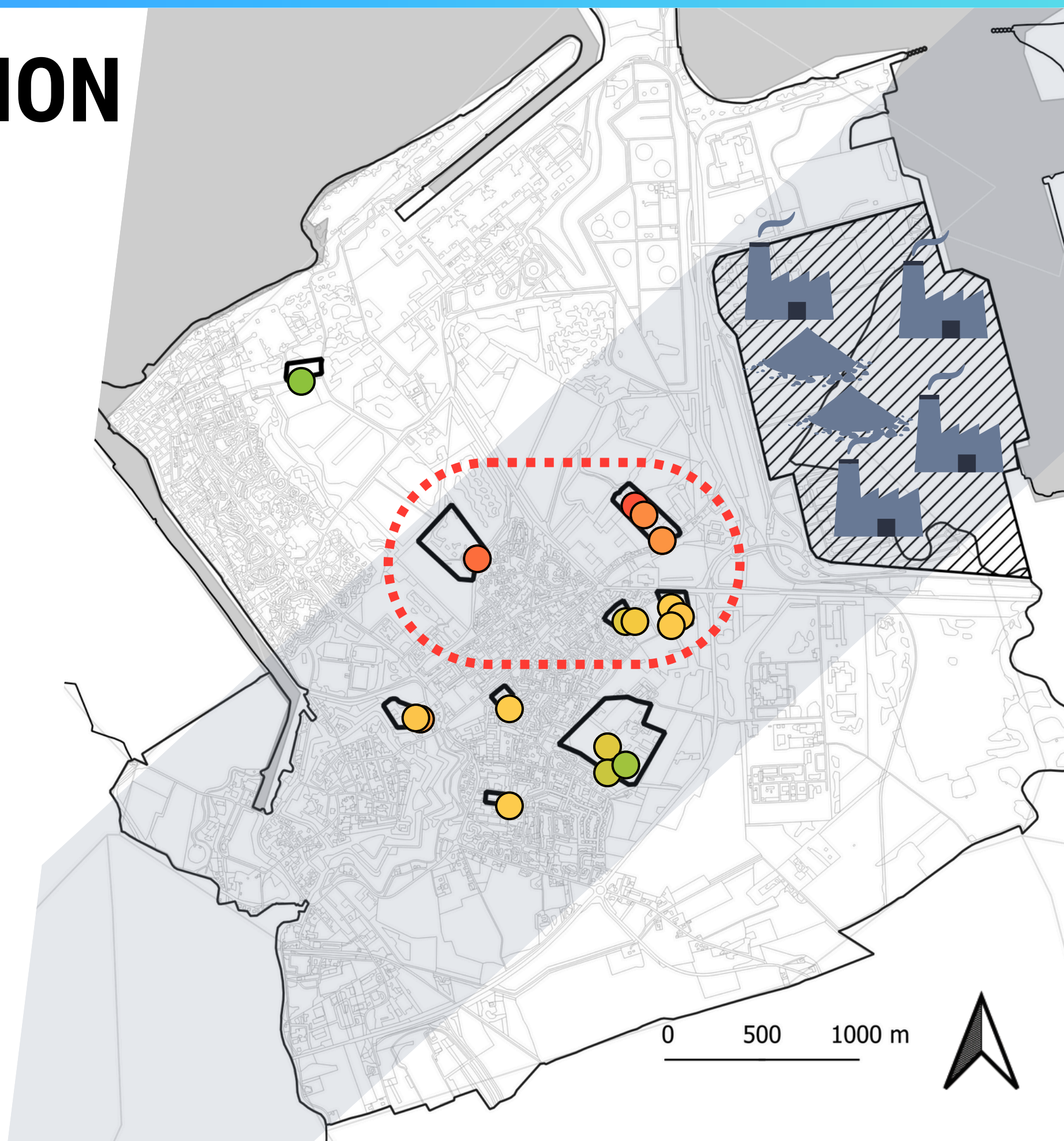
2. Y-A-T-IL UNE CONTAMINATION MÉTALLIQUE DES SOLS ?



Qualité des sols dégradée par les métaux...

...et reflétant une contamination métallique **diffuse**

Comment savoir si cette contamination est liée aux émissions industrielles ?

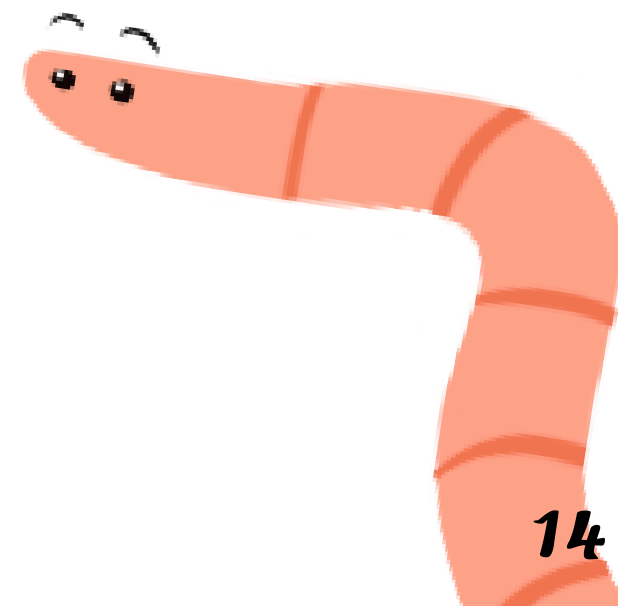


3. QUEL LIEN ENTRE CONTAMINATION DES SOLS ET MÉTAUX INDUSTRIELS ?



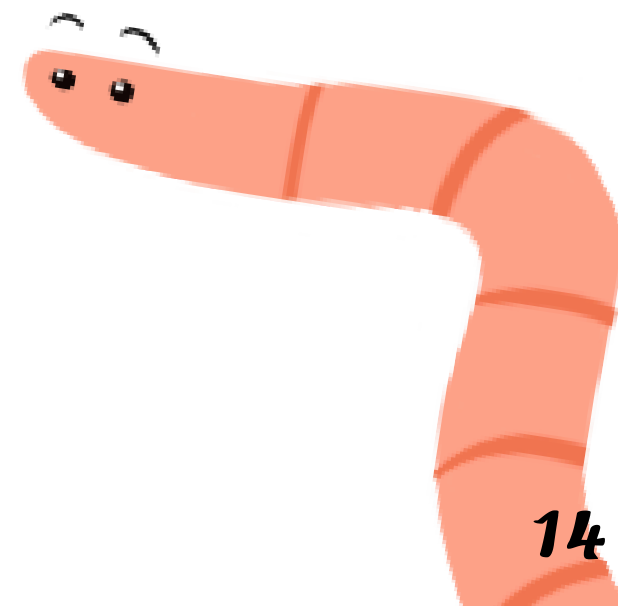
3. QUEL LIEN ENTRE CONTAMINATION DES SOLS ET MÉTAUX INDUSTRIELS ?

- 1 ● Les sols étudiés sont-ils **contaminés** par les métaux ?



3. QUEL LIEN ENTRE CONTAMINATION DES SOLS ET MÉTAUX INDUSTRIELS ?

- 1 ● Les sols étudiés sont-ils **contaminés** par les métaux ?
- 2 ● Si oui, les **enrichissements** en métaux dans les sols sont-ils **corrélés** ?
(Métaux potentiellement apportés par une source commune)



3. QUEL LIEN ENTRE CONTAMINATION DES SOLS ET MÉTAUX INDUSTRIELS ?

- 1 ● Les sols étudiés sont-ils **contaminés** par les métaux ?
- 2 ● Si oui, les **enrichissements** en métaux dans les sols sont-ils **corrélés** ? (Métaux potentiellement apportés par une source commune)
- 3 ● Si oui, ces métaux apportés aux sols conjointement sont-ils issus de **sources industrielles** dans le secteur d'étude ?



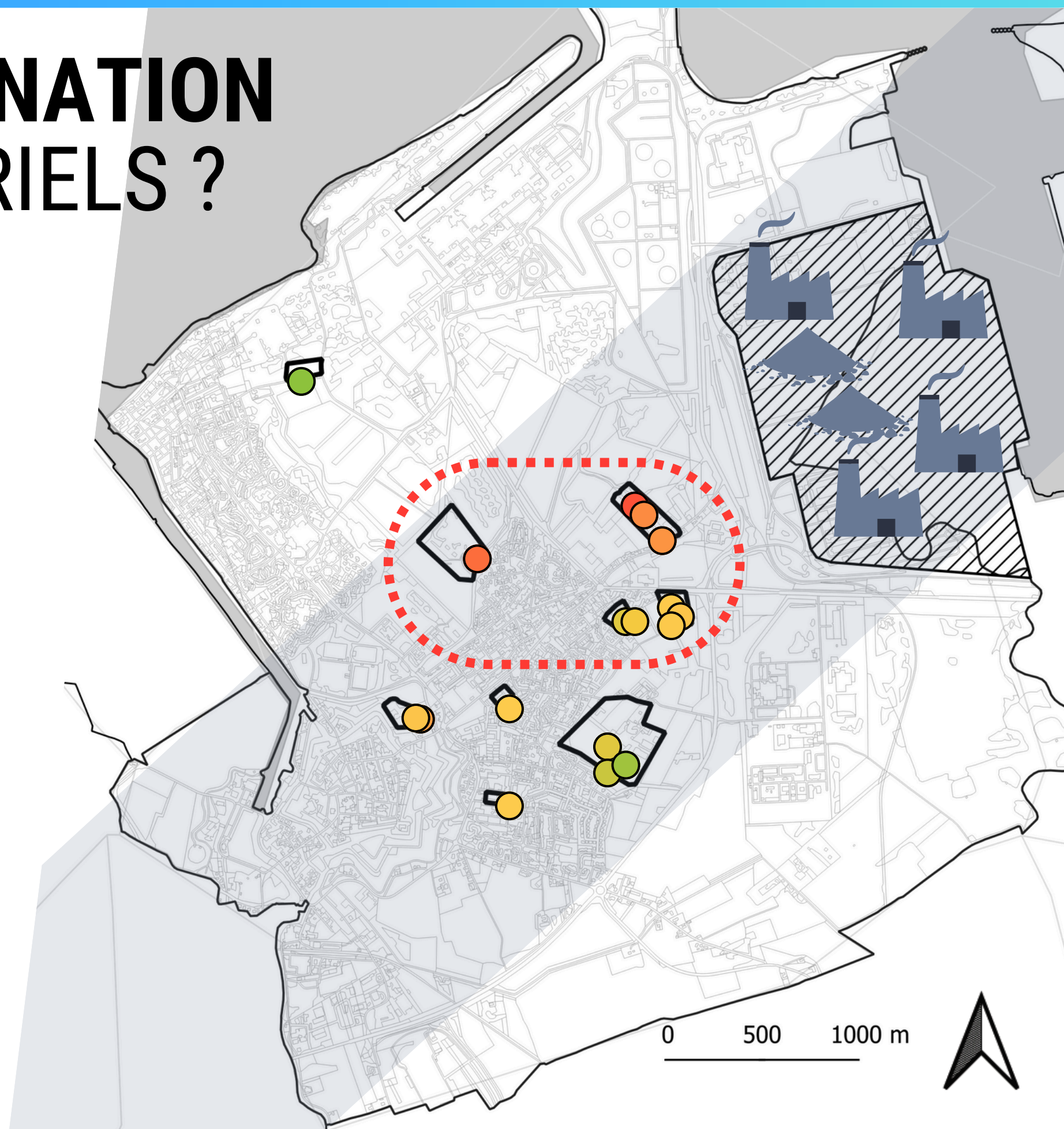
3. QUEL LIEN ENTRE CONTAMINATION DES SOLS ET MÉTAUX INDUSTRIELS ?

- 1 ● Les sols étudiés sont-ils **contaminés** par les métaux ?
- 2 ● Si oui, les **enrichissements** en métaux dans les sols sont-ils **corrélés** ? (Métaux potentiellement apportés par une source commune)
- 3 ● Si oui, ces métaux apportés aux sols conjointement sont-ils issus de **sources industrielles** dans le secteur d'étude ?

→ Associations **Cr, Ni, Mo**
particulièrement pertinentes pour mettre
en évidence la **contamination** des sols
par les **poussières industrielles**



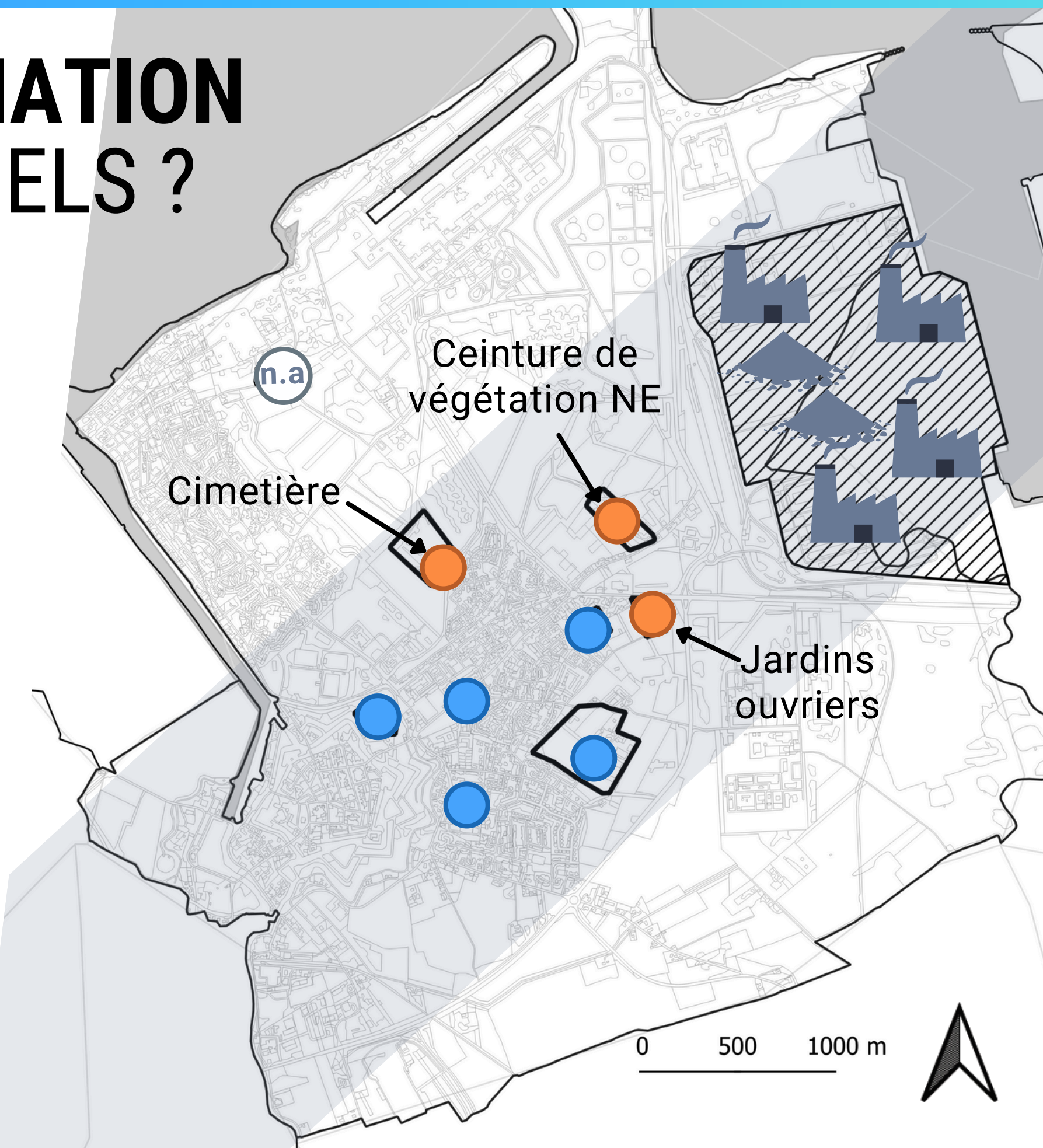
3. QUEL LIEN ENTRE CONTAMINATION DES SOLS ET MÉTAUX INDUSTRIELS ?



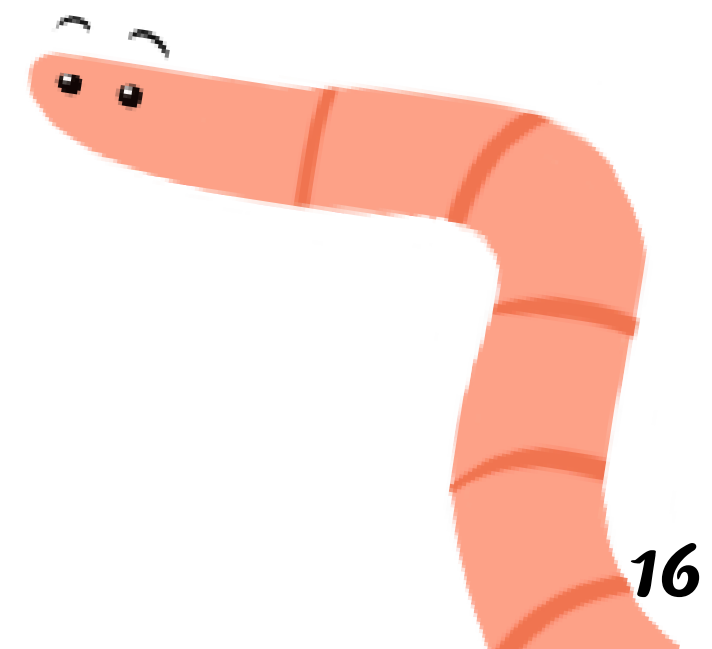
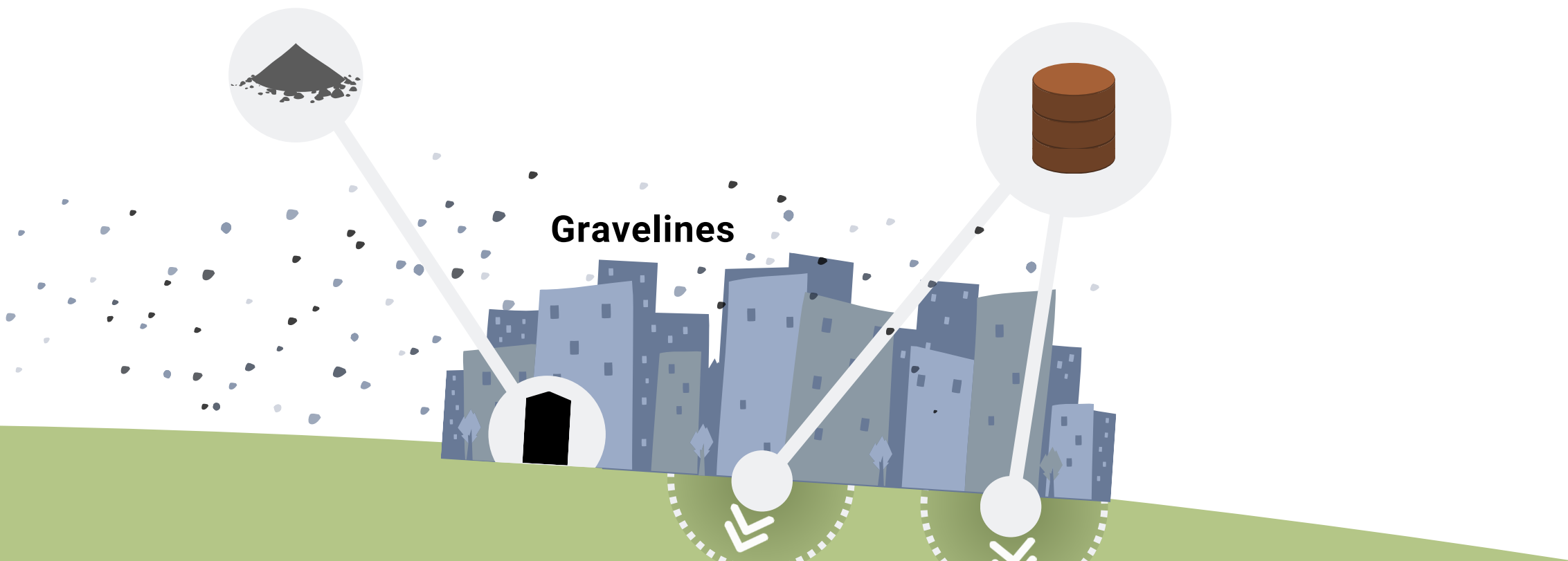
3. QUEL LIEN ENTRE CONTAMINATION DES SOLS ET MÉTAUX INDUSTRIELS ?

Influence industrielle 

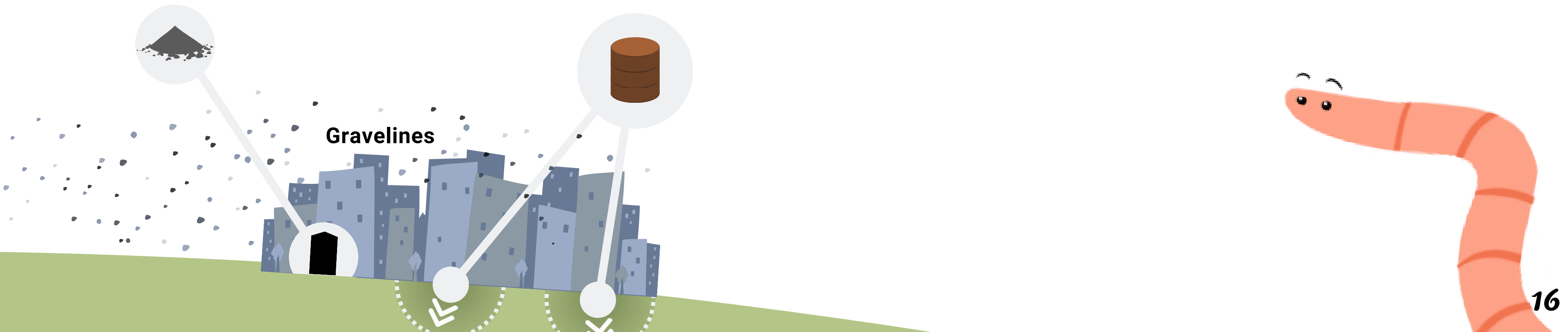
Influence mixte 



Ca paraît logique, après tout ce sont les plus proches des industries...



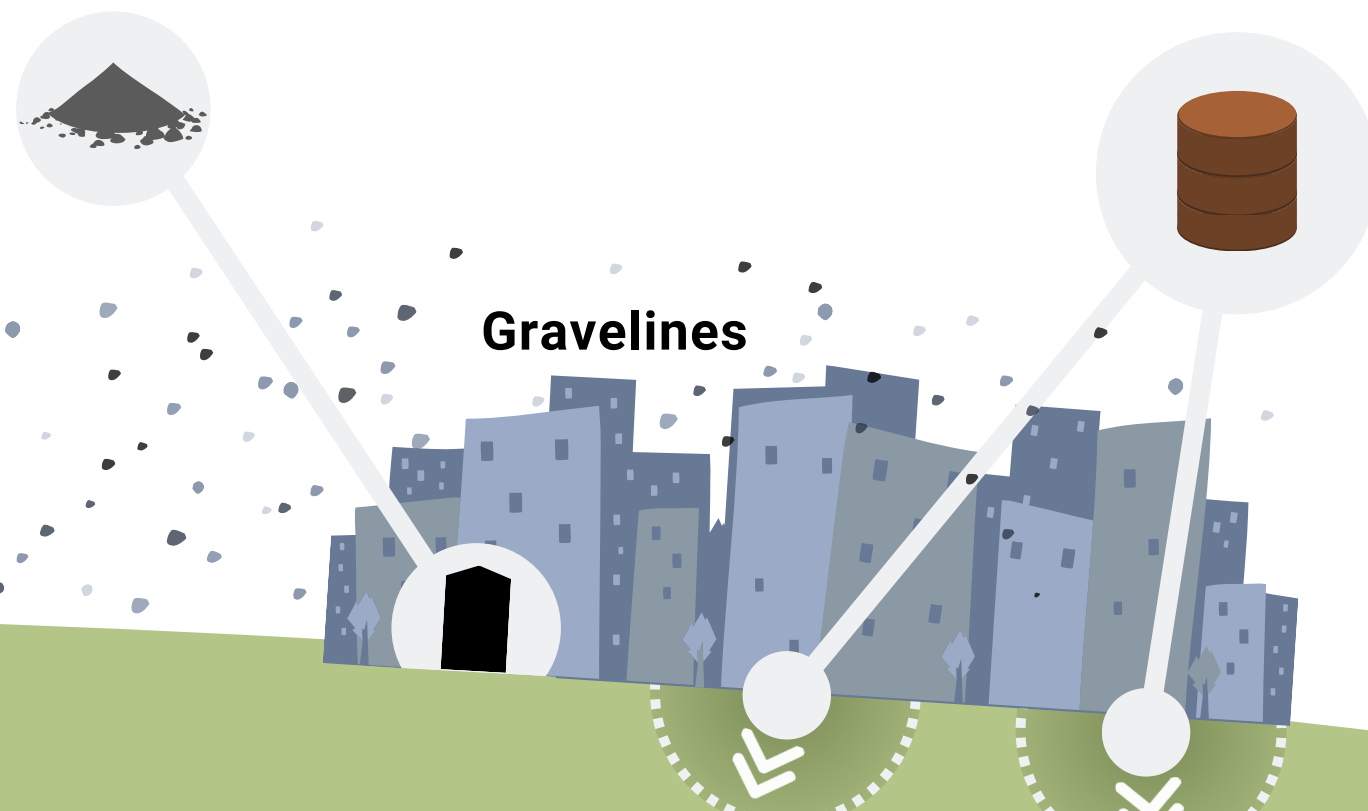
Une interdisciplinarité entre **géochimie élémentaire, pédologie, chimie de l'atmosphère** pour des...



Une interdisciplinarité entre **géochimie élémentaire, pédologie, chimie de l'atmosphère** pour des...

... apports scientifiques

- Nature des poussières industrielles
- Nature des sols
- Impact des poussières sur la qualité des sols



C'est dommage, tu aurais pu parler d'écotoxicologie et de géochimie isotopique du plomb...

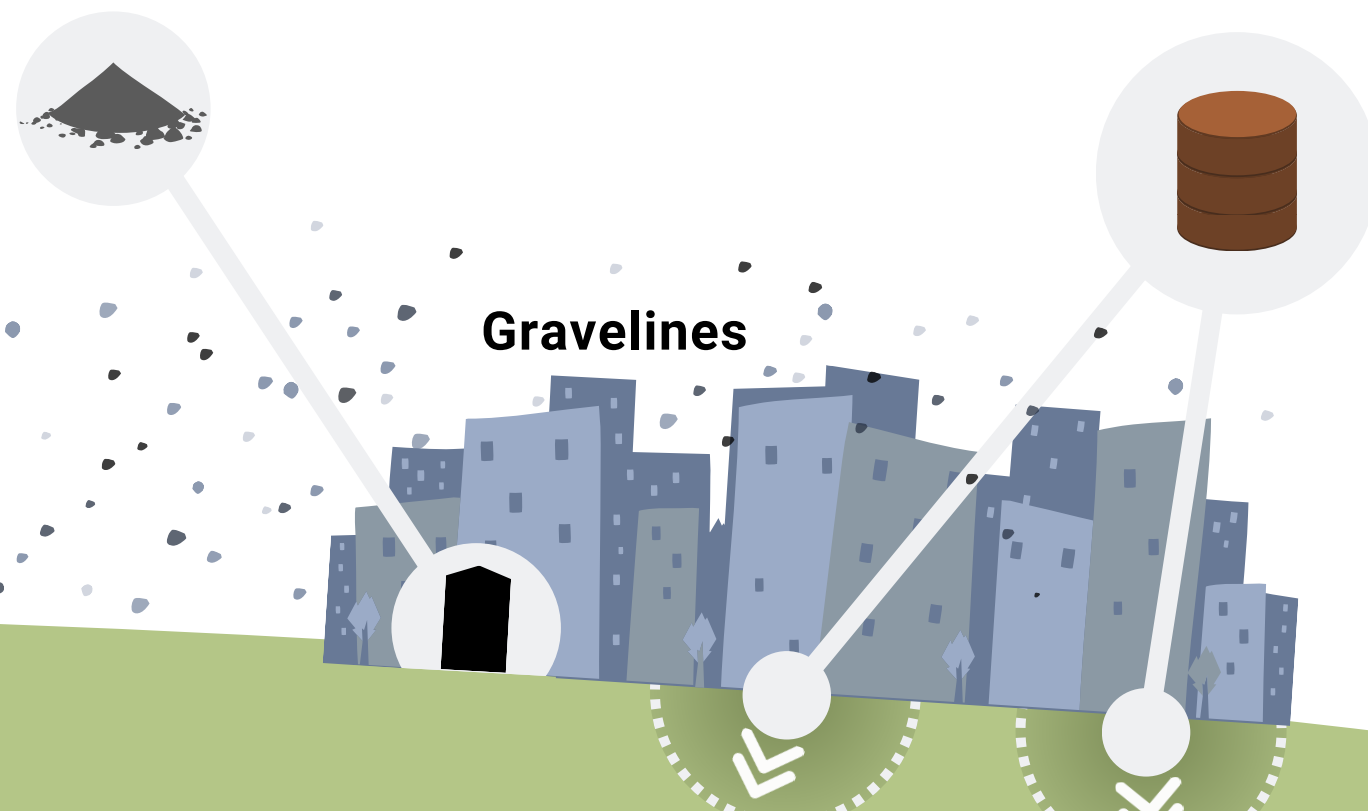
Une interdisciplinarité entre **géochimie élémentaire, pédologie, chimie de l'atmosphère** pour des...

... **apports scientifiques**

- Nature des poussières industrielles
- Nature des sols
- Impact des poussières sur la qualité des sols

...**et des apports sociétaux**

- Réponse aux interrogations des acteurs territoriaux
- Groupe de travail "Poussières" à Gravelines



C'est dommage, tu aurais pu parler d'écotoxicologie et de géochimie isotopique du plomb...

MERCI DE VOTRE ATTENTION !

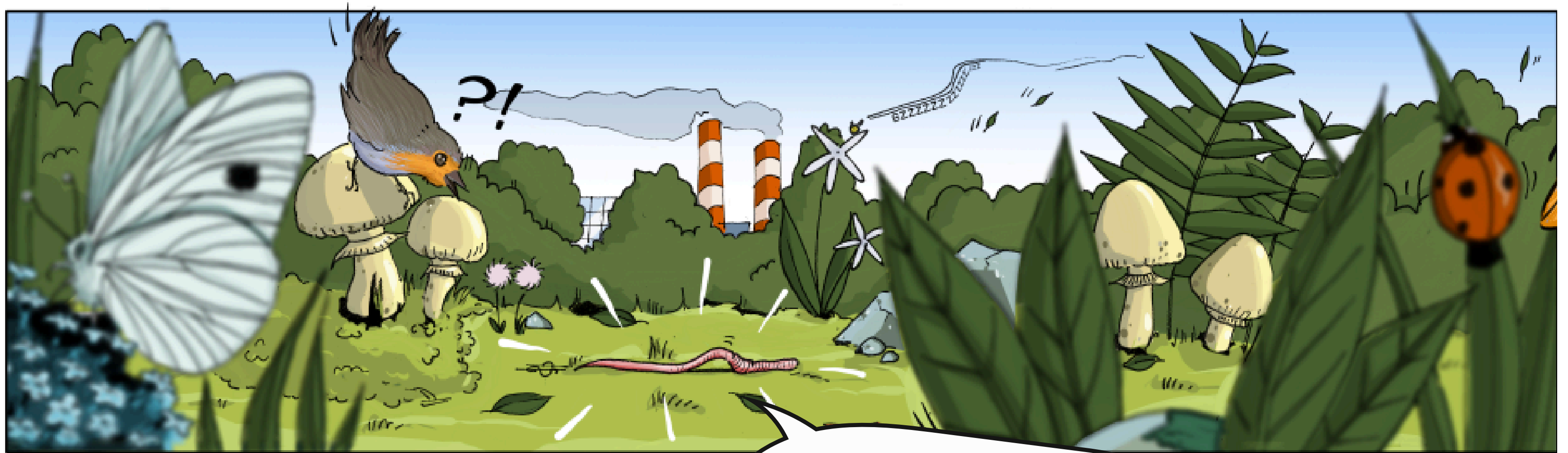


Planche de BD réalisée dans le cadre d'une formation doctorale et (CSETTA, 2021)

N'hésitez pas à lui poser vos questions, moi je rentre au bercail !