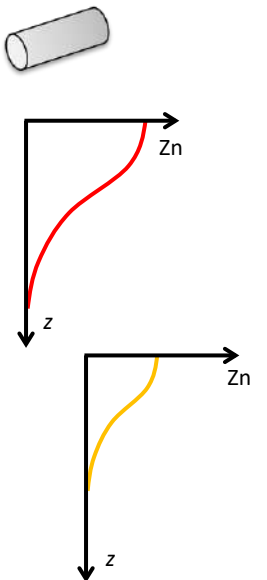
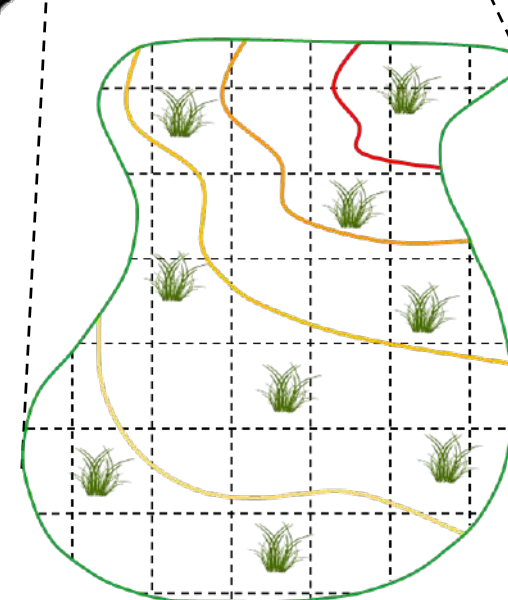
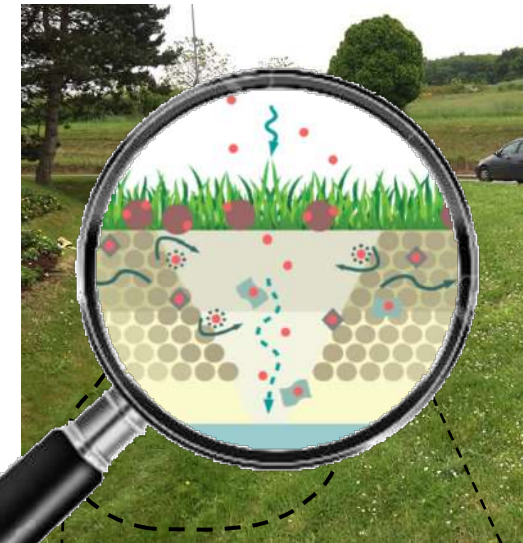
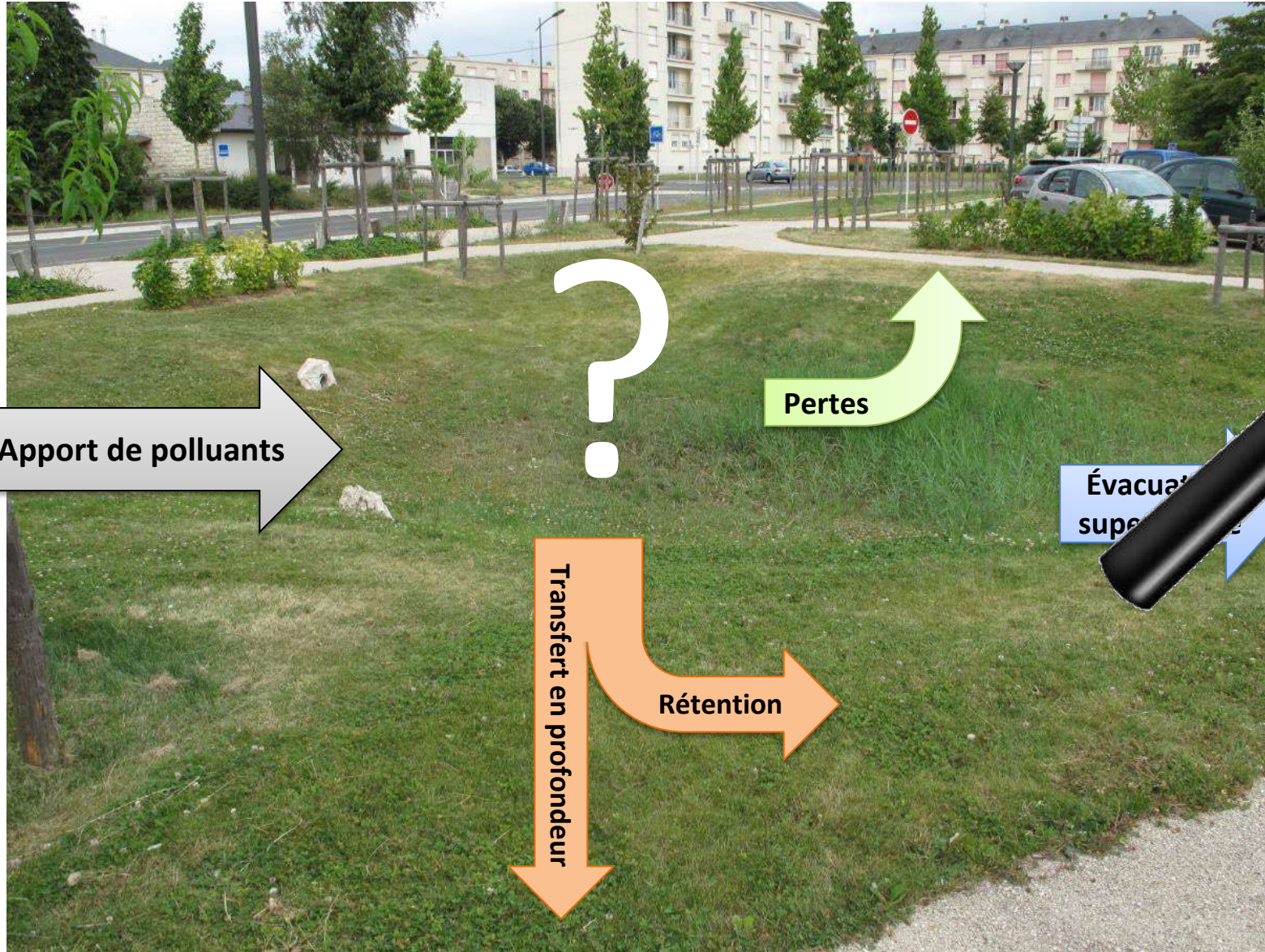


# La gestion intégrée des eaux pluviales face aux problématiques de pollution

Damien TEDOLDI,  
Maître de conférences  
Laboratoire DEEP



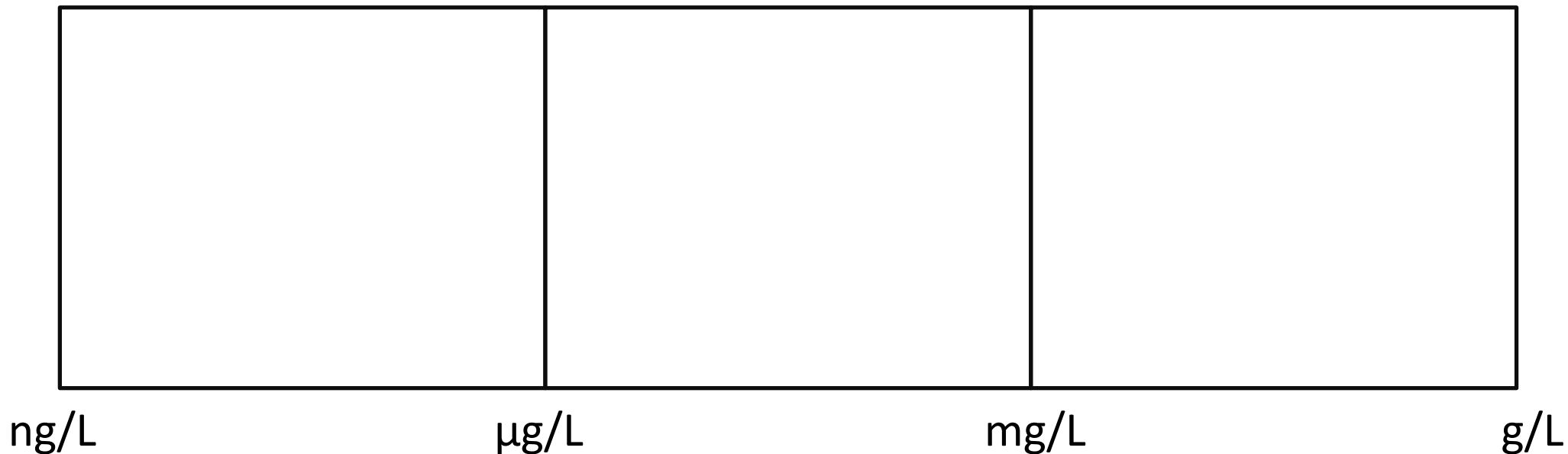




# Poser quelques ordres de grandeur



$\approx 5 \text{ g}$

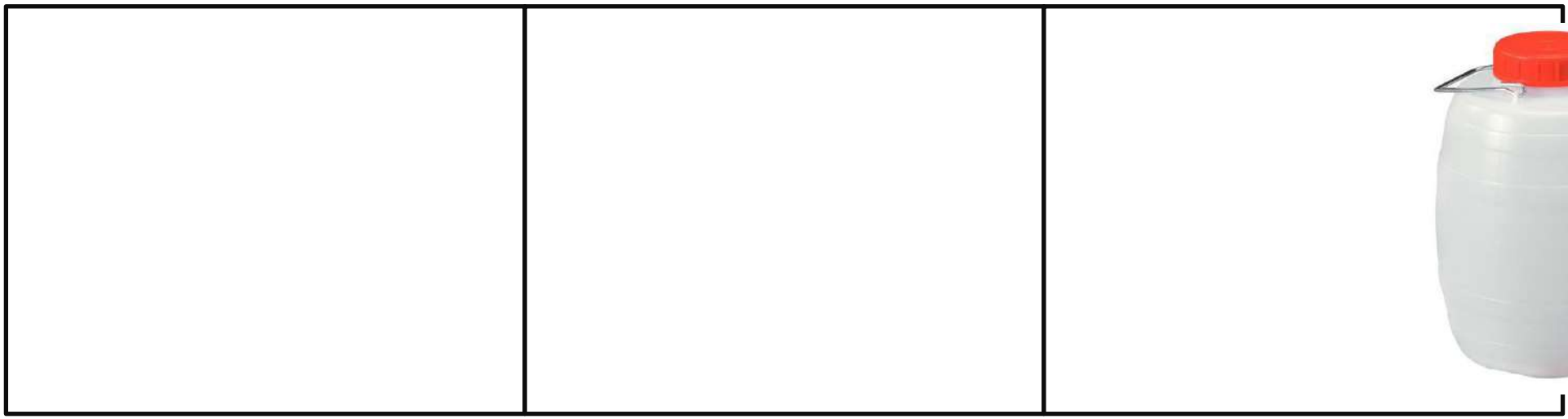
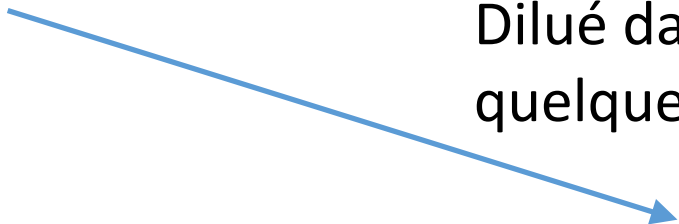


# Poser quelques ordres de grandeur



≈ 5 g

Dilué dans  
quelques litres d'eau



ng/L

µg/L

mg/L

g/L

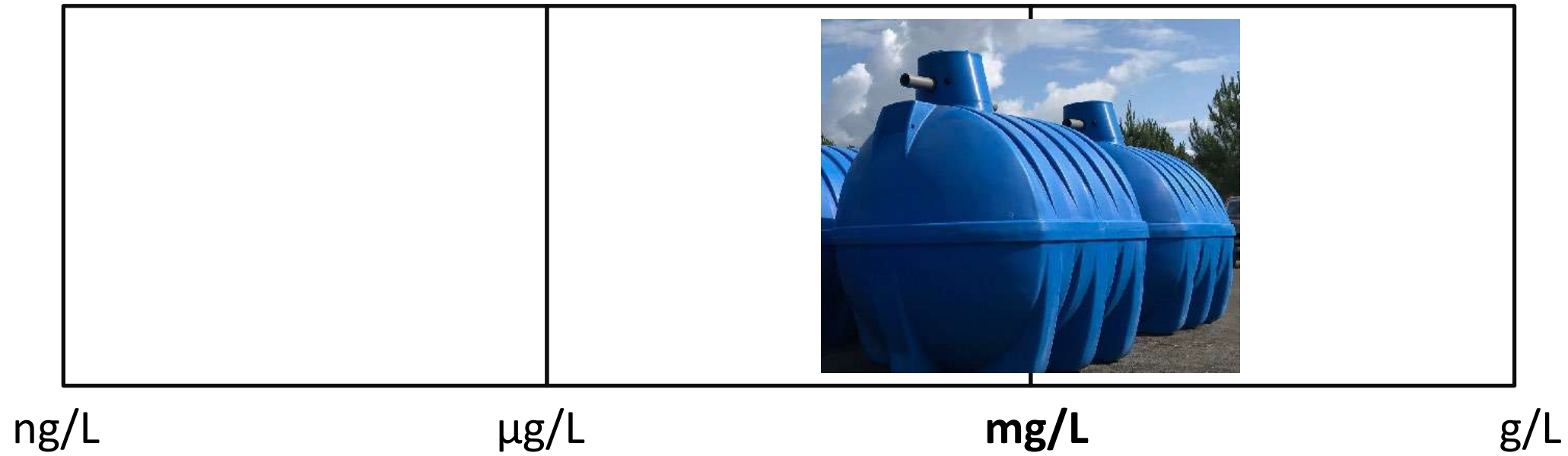


# Poser quelques ordres de grandeur



≈ 5 g

Dilué dans  
quelques m<sup>3</sup> d'eau

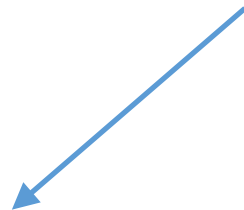


# Poser quelques ordres de grandeur



≈ 5 g

Dilué dans quelques  
milliers de m<sup>3</sup> d'eau



ng/L

μg/L

mg/L

g/L

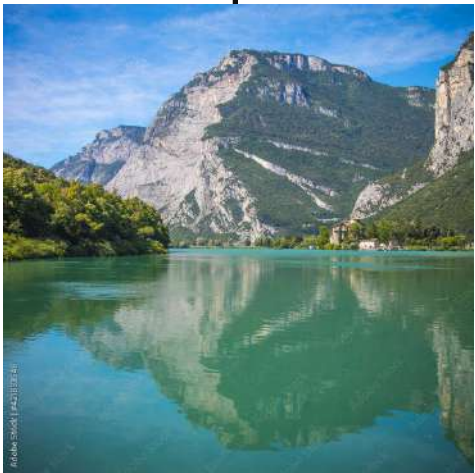


# Poser quelques ordres de grandeur

Dilué dans quelques millions de m<sup>3</sup> d'eau



≈ 5 g



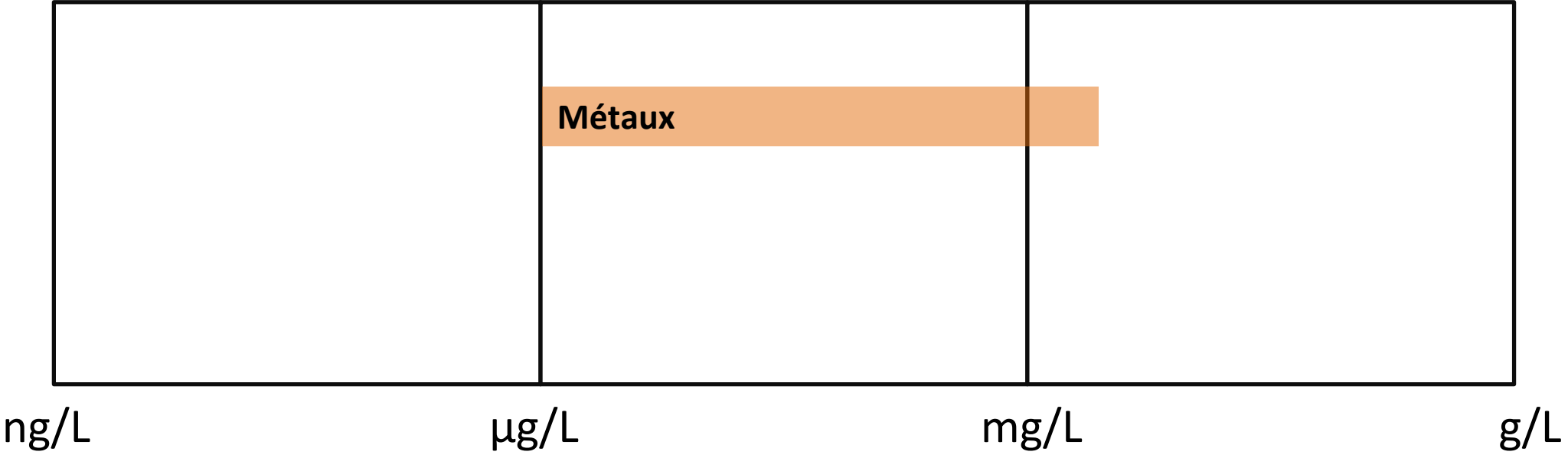
ng/L

µg/L

mg/L

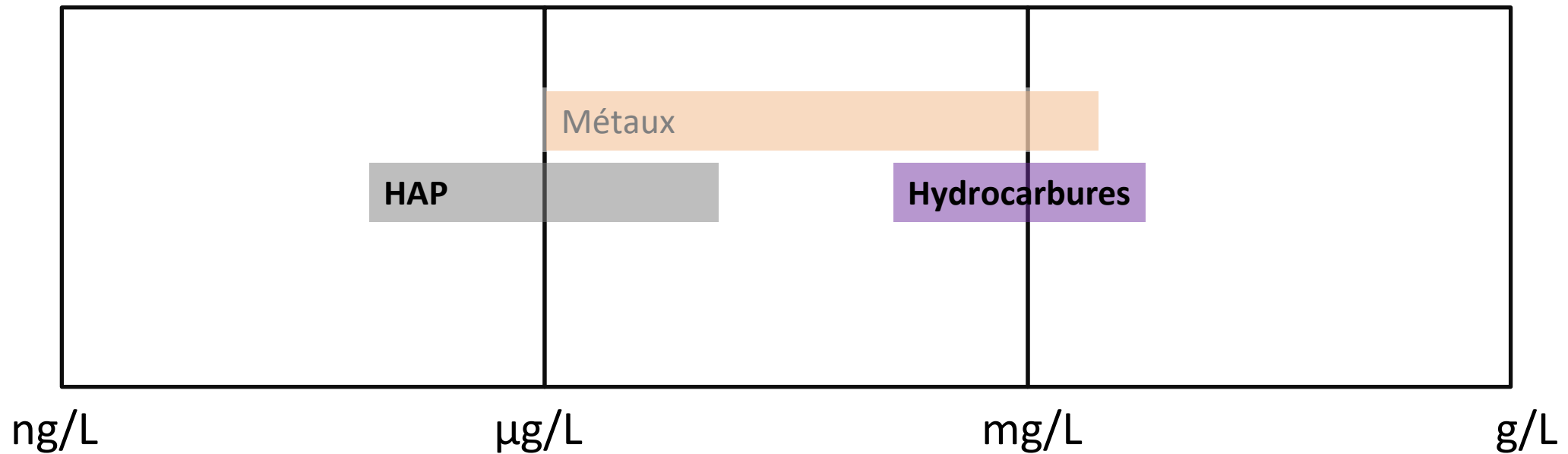
g/L

# De quelle pollution parle-t-on ?

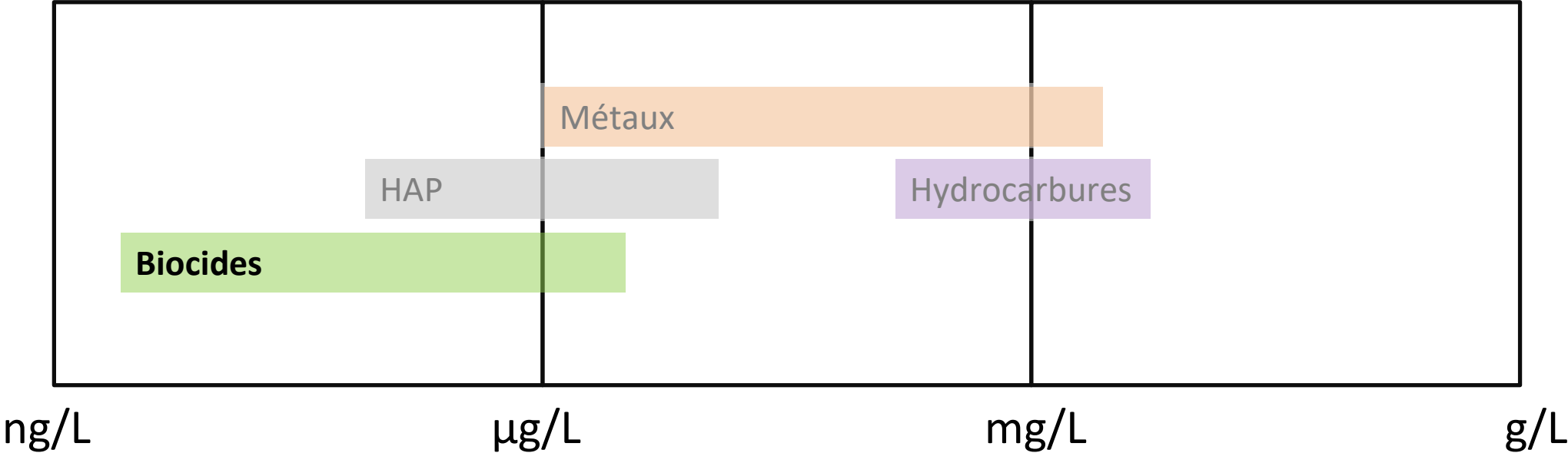




# De quelle pollution parle-t-on ?



# De quelle pollution parle-t-on ?





# De quelle pollution parle-t-on ?

## Le Monde



Consulter  
le journal

Planète

Comprendre le réchauffement climatique 9 indicateurs de l'urgence climatique

PLANÈTE • SANTÉ-ENVIRONNEMENT

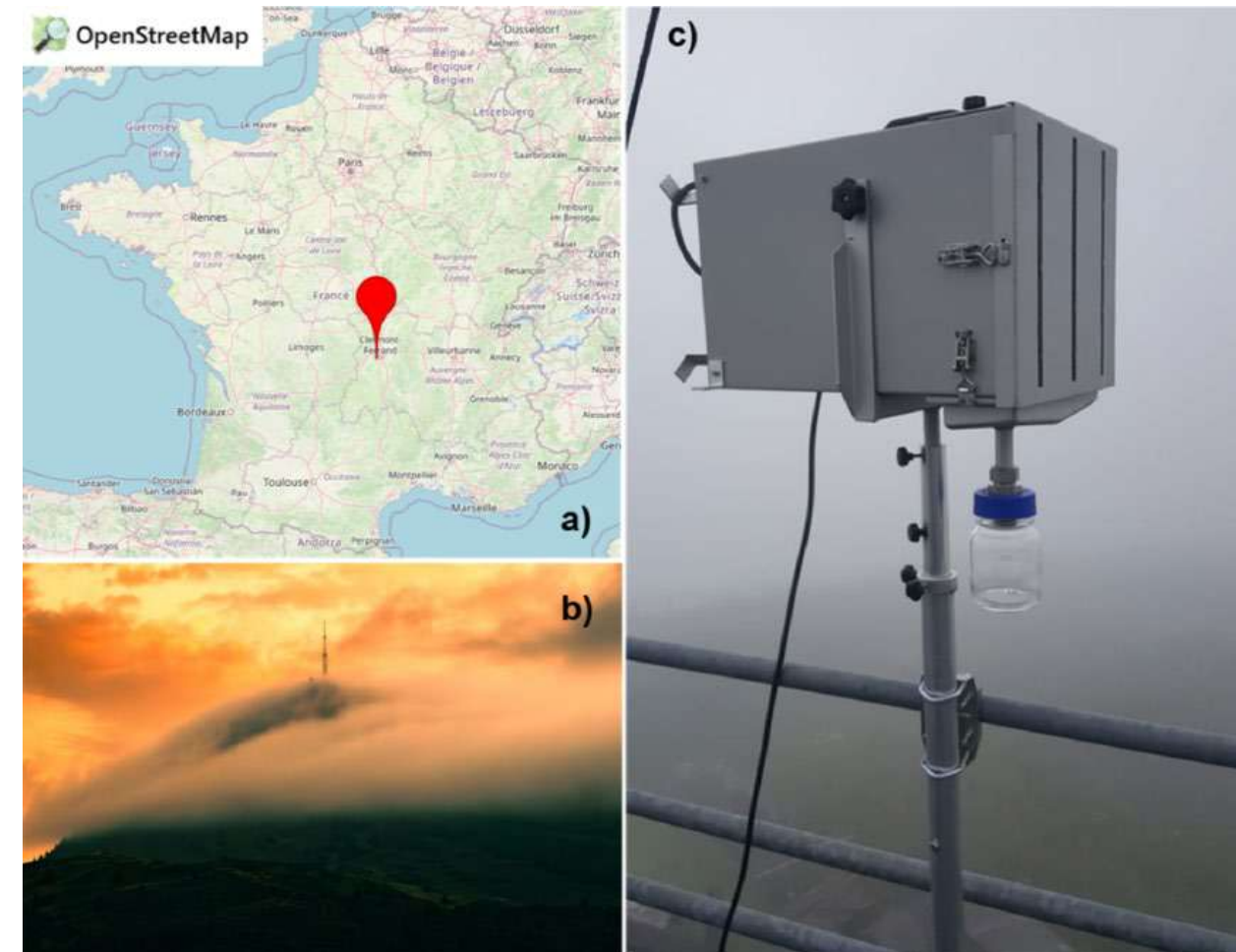
## Des dizaines de tonnes de pesticides présentes dans les nuages au-dessus de la France

Jusqu'à 140 tonnes de substances actives, dont certaines sont interdites, sont dissoutes dans les nuages au-dessus du territoire métropolitain, selon une étude franco-italienne. Les écosystèmes éloignés des activités humaines sont exposés à ces molécules par les précipitations.

Par Stéphane Foucart

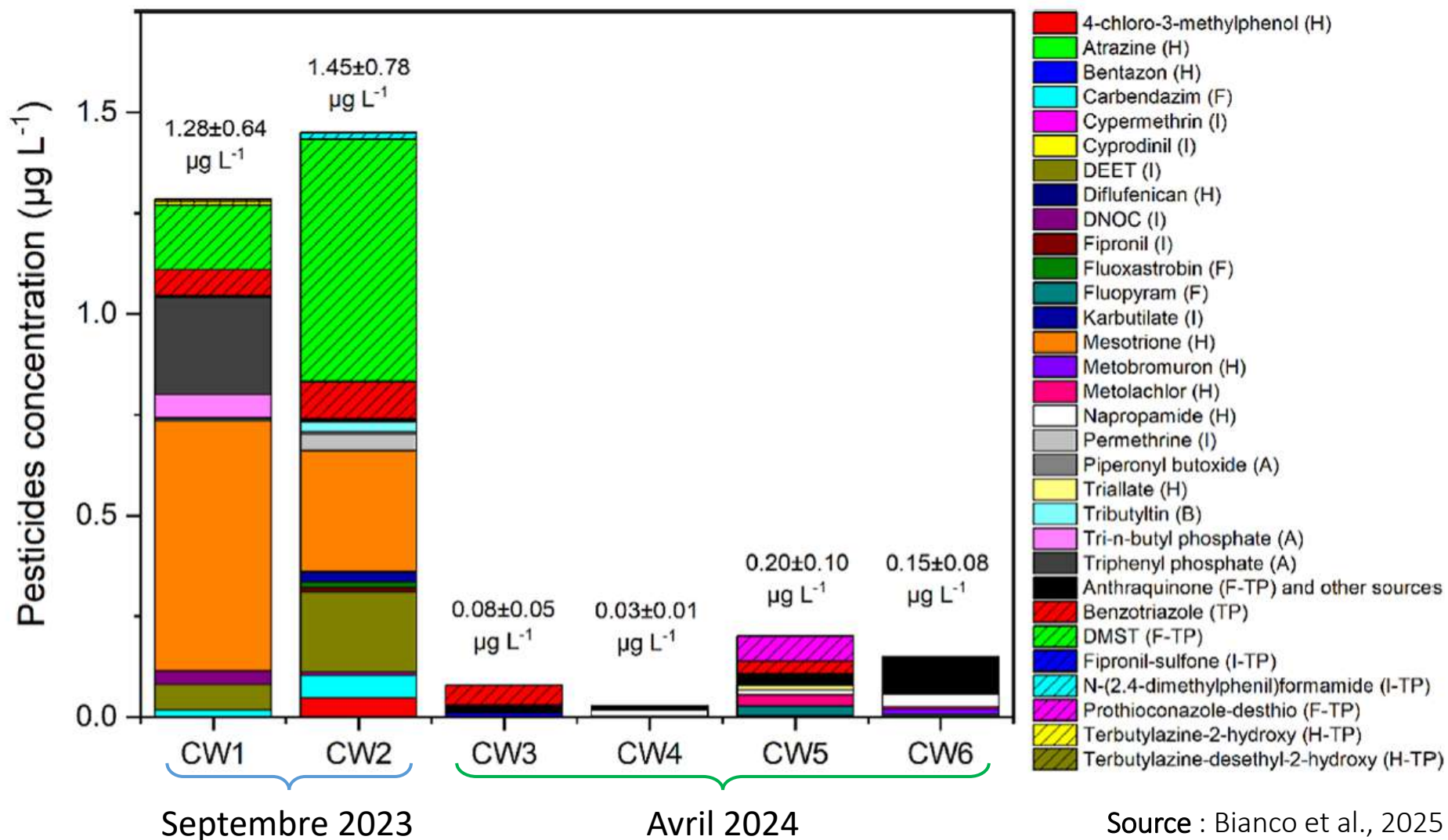
Publié le 20 septembre 2025 à 05h45, modifié le 20 septembre 2025 à 14h46 · 🕒 Lecture 4 min.

# De quelle pollution parle-t-on ?



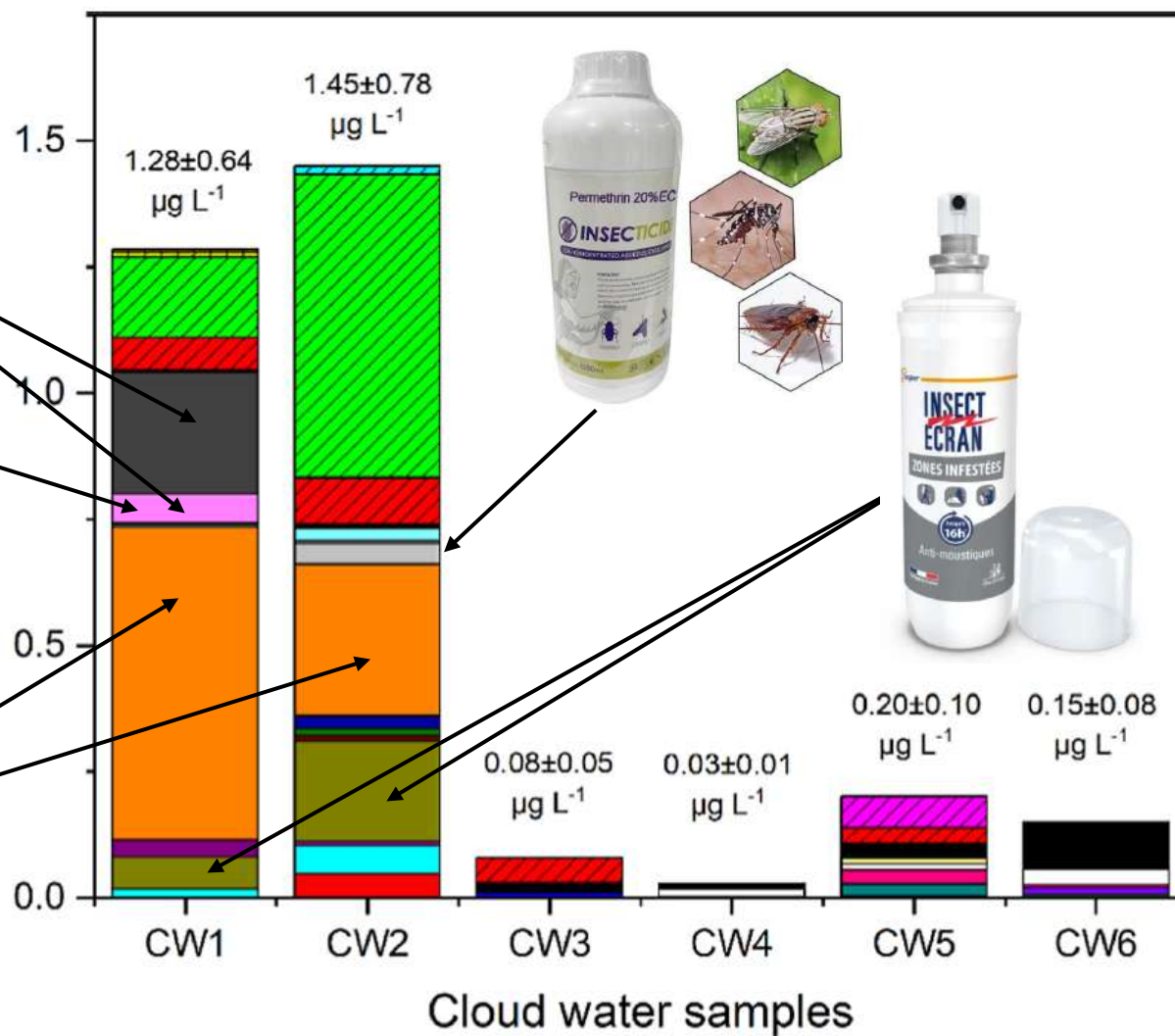


# De quelle pollution parle-t-on ?





# De quelle pollution parle-t-on ?



- 4-chloro-3-methylphenol (H)
- Atrazine (H)
- Bentazon (H)
- Carbendazim (F)
- Cypermethrin (I)
- Cyprodinil (I)
- DEET (I)
- Diflufenican (H)
- DNOC (I)
- Fipronil (I)
- Fluoxastrobin (F)
- Fluopyram (F)
- Karbutilate (I)
- Mesotrione (H)
- Metobromuron (H)
- Metolachlor (H)
- Napropamide (H)
- Permethrine (I)
- Piperonyl butoxide (A)
- Triallate (H)
- Tributyltin (B)
- Tri-n-butyl phosphate (A)
- Triphenyl phosphate (A)
- Anthraquinone (F-TP) and other sources
- Benzotriazole (TP)
- DMST (F-TP)
- Fipronil-sulfone (I-TP)
- N-(2,4-dimethylphenyl)formamide (I-TP)
- Prothioconazole-desthio (F-TP)
- Terbutylazine-2-hydroxy (H-TP)
- Terbutylazine-desethyl-2-hydroxy (H-TP)

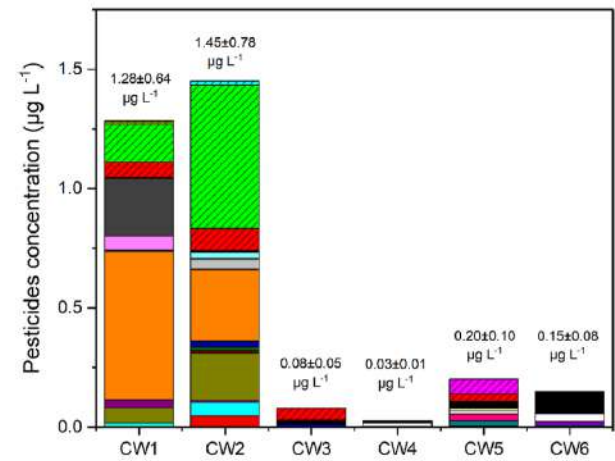
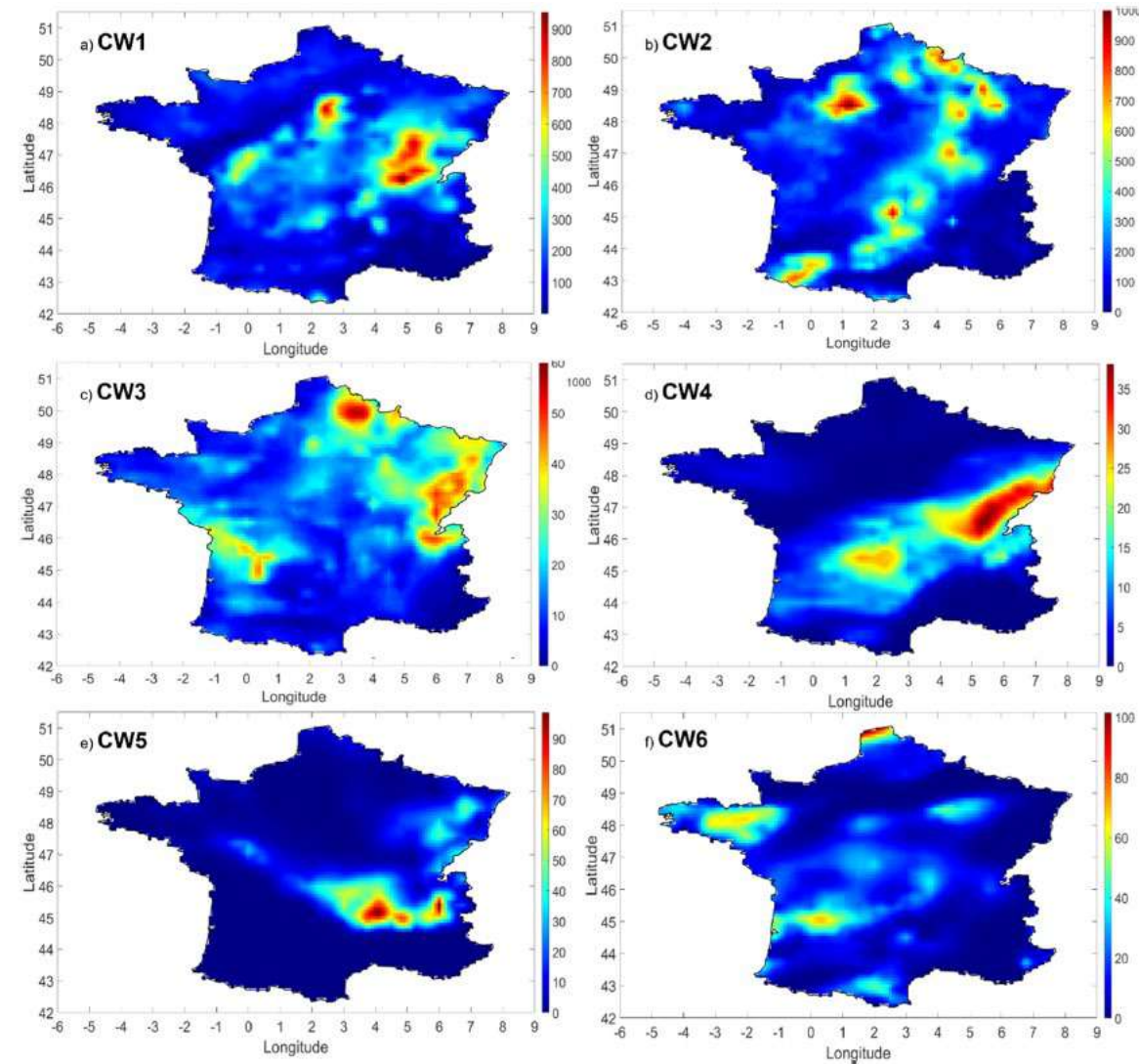


# De quelle pollution parle-t-on ?

Concentrations en  $\mu\text{g}/\text{m}^2$



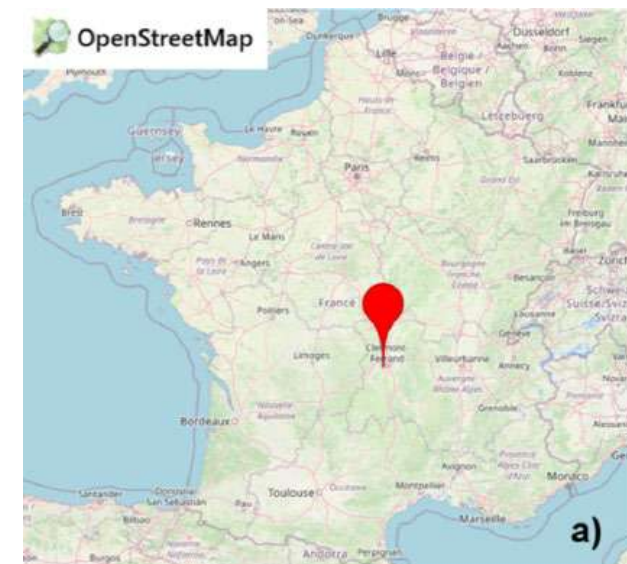
Couverture  
nuageuse  
au-dessus  
de la France



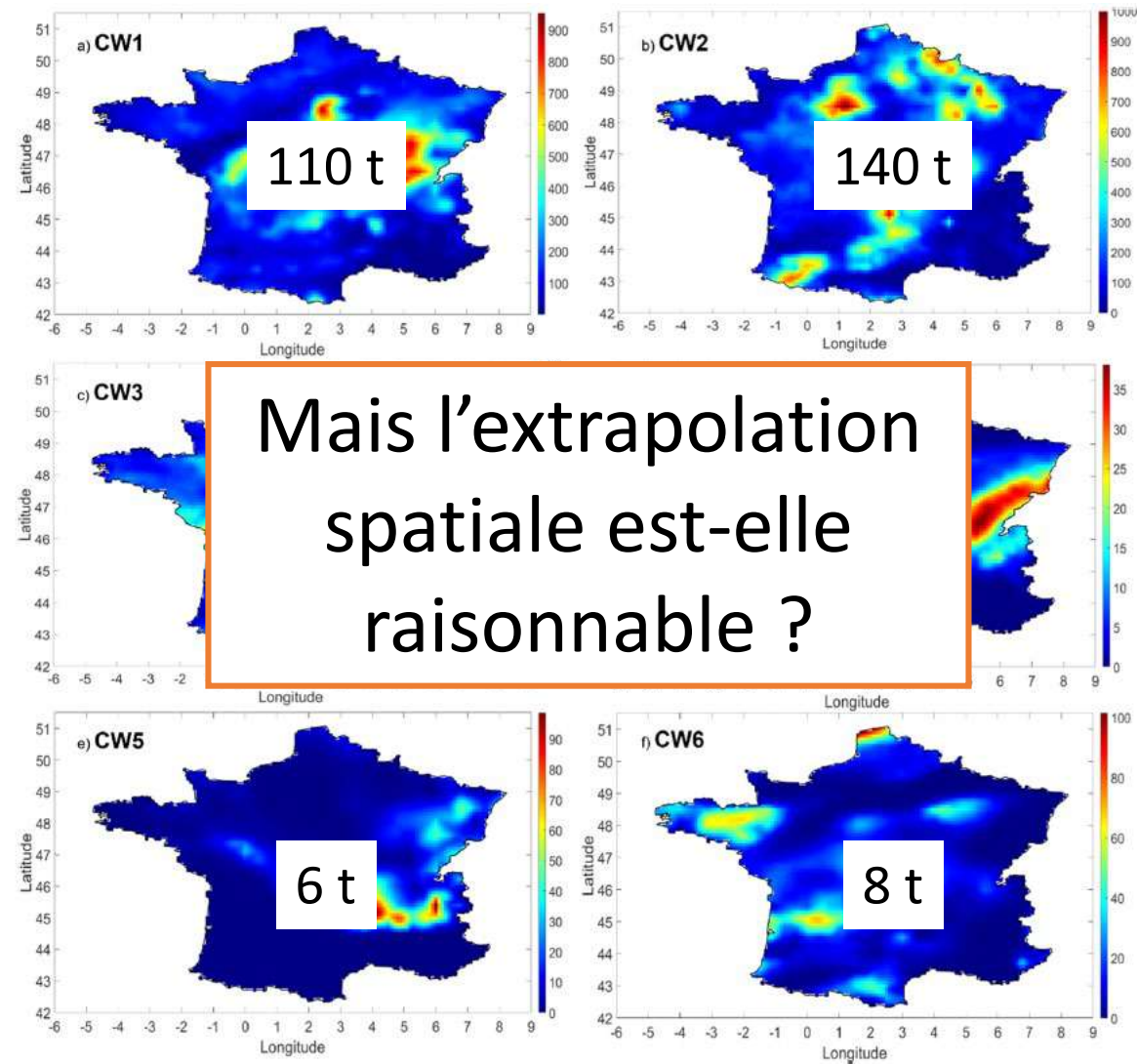
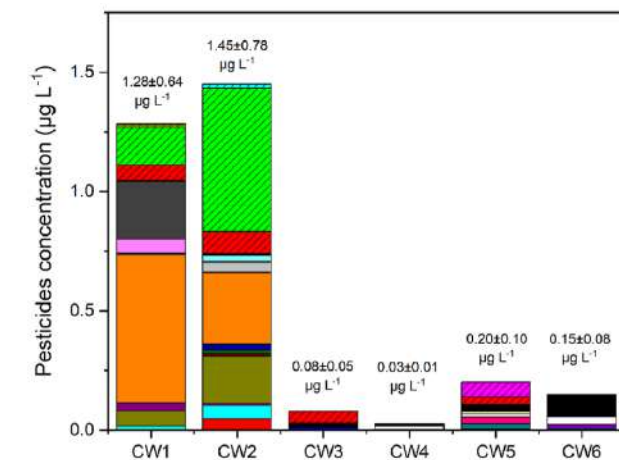


# De quelle pollution parle-t-on ?

Concentrations en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

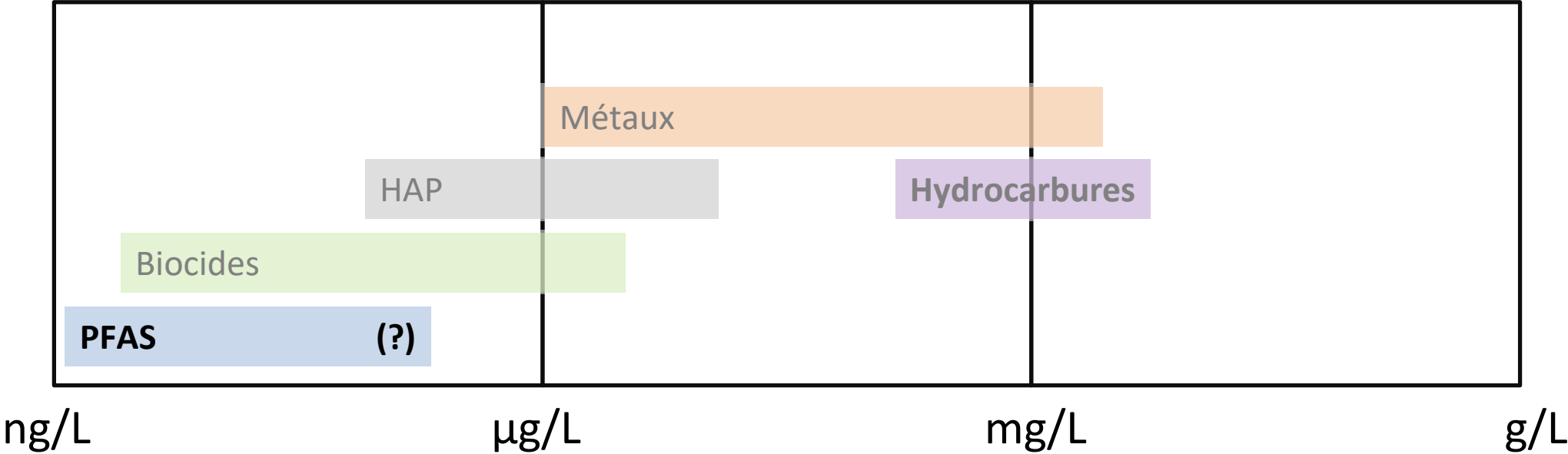


Couverture  
nuageuse  
au-dessus  
de la France

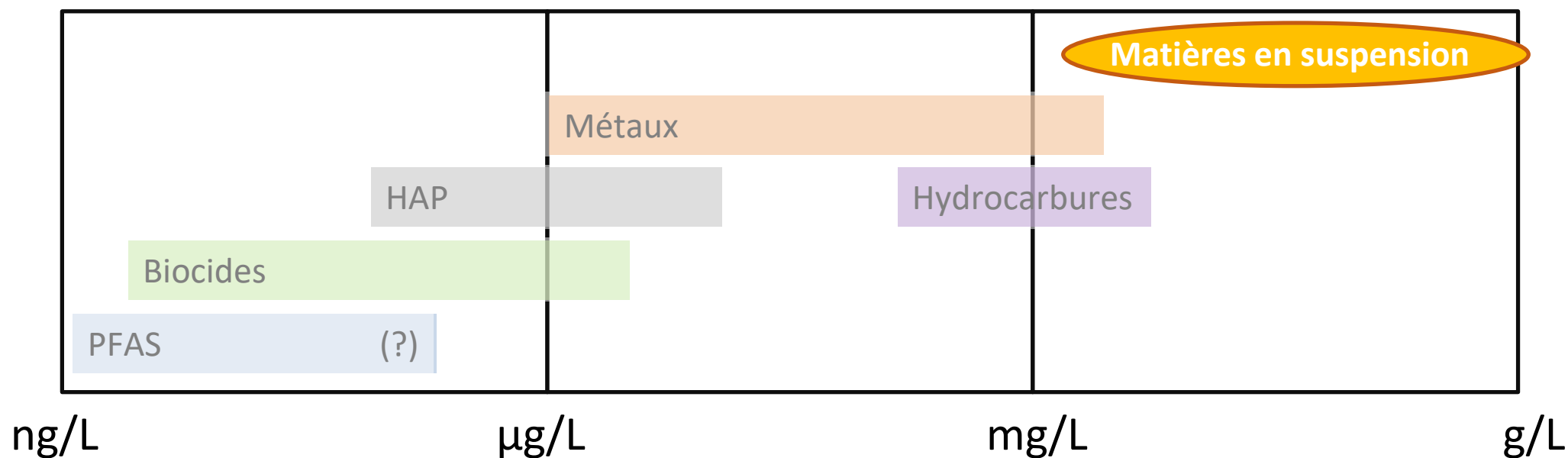




# De quelle pollution parle-t-on ?



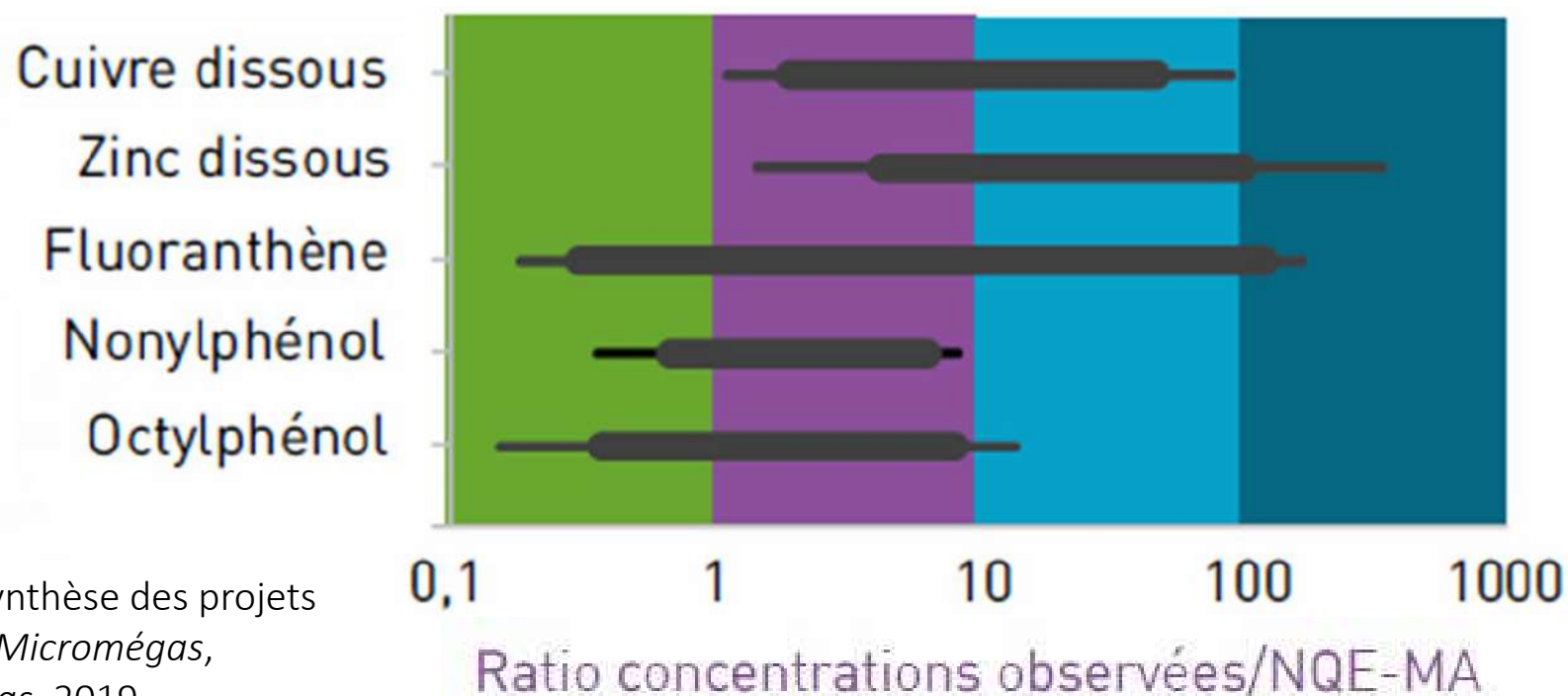
# De quelle pollution parle-t-on ?





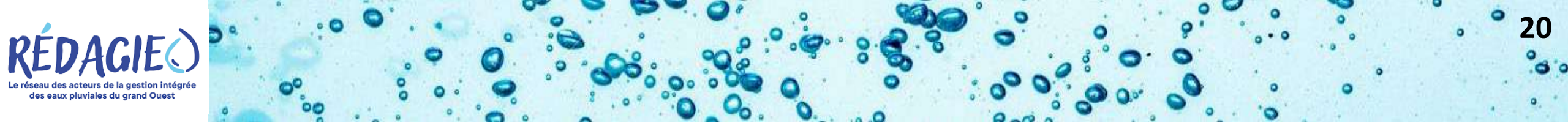
# De quelle pollution parle-t-on ?

- Contamination **diffuse**, avec des sources multiples
- Des concentrations « modérées » et variables...  
mais **susceptibles d'impacter les milieux aquatiques**



Source : Synthèse des projets  
Roulépur, Micromégas,  
Matriochkas, 2019





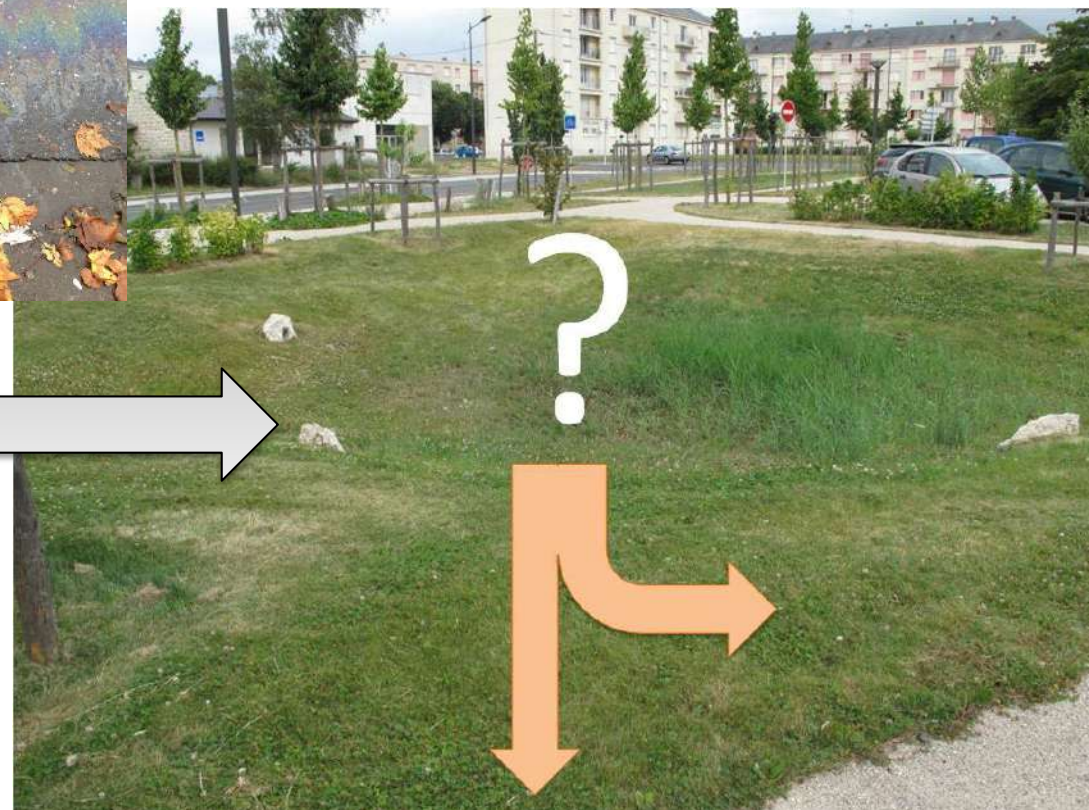
# Bien poser le problème

- Avant de nous intéresser aux impacts de l'infiltration...

Quel impact de l'infiltration sur les flux polluants ?

Le sol des ouvrages est-il contaminé ?

Y a-t-il un risque pour la qualité des nappes ?





# Bien poser le problème

- Avant de nous intéresser aux impacts de l'infiltration...
- ...quelle est l'alternative ?
- ...et quelles en sont les conséquences ?
  - Entre 1980 et 2010 en France : 160 terrains de football imperméabilisés chaque jour ! (CGDD)
  - Insuffisances d'un modèle centré sur le réseau : inondations, rejets de polluants...





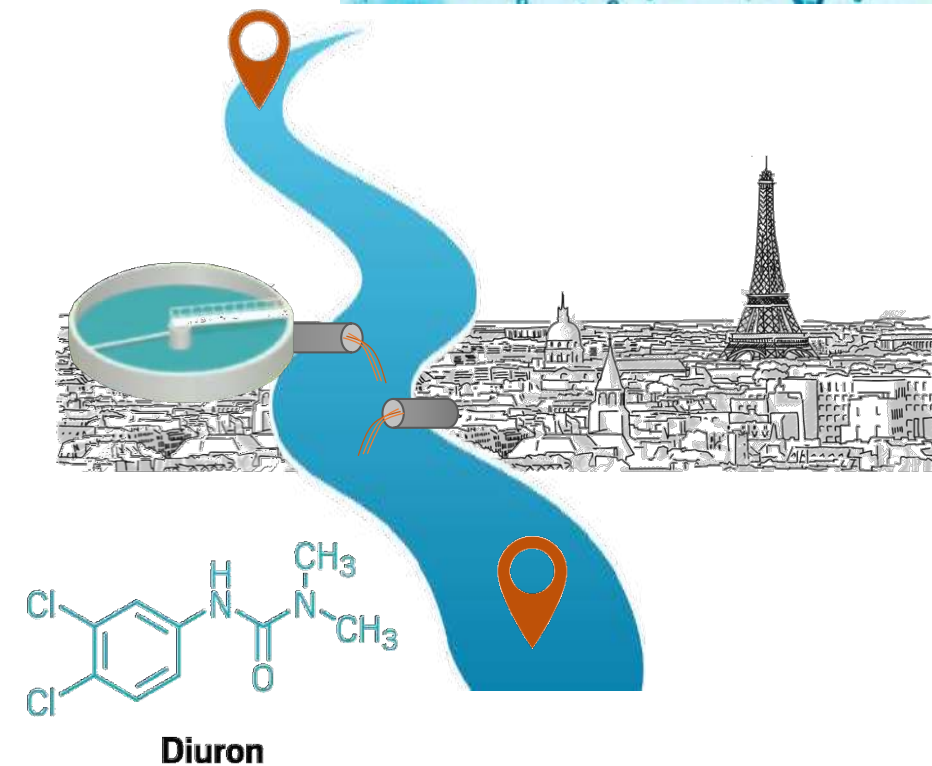
# Bien poser le problème



Photos : "Through the manholes", Phil Gayton / <https://in-situ.com/us/combined-sewer-overflow-cso-monitoring> / Thèse L. Grospretre, 2011

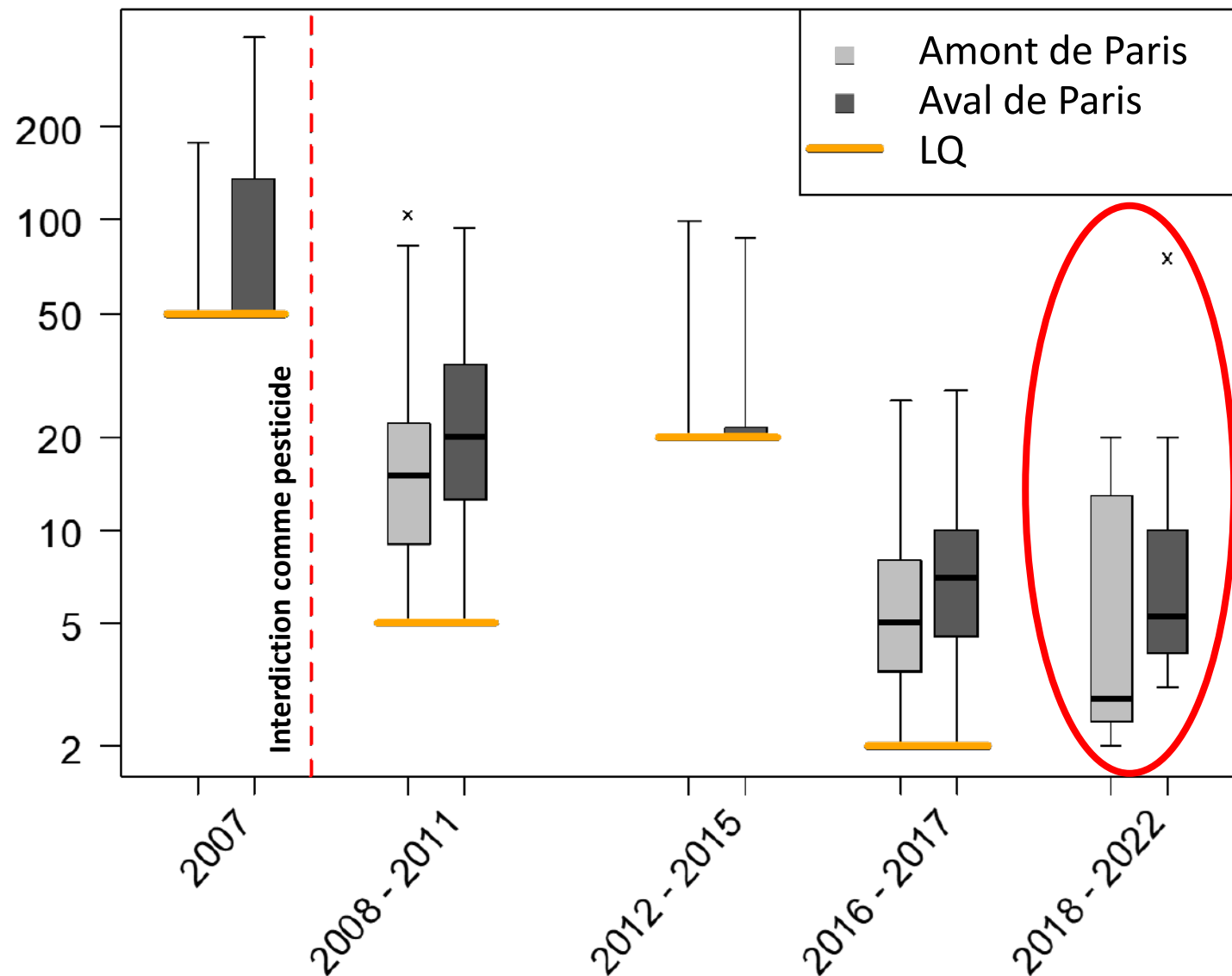
Nicolas Journoud





## Contribution du milieu urbain à cette contamination rémanente ?

Concentrations en diuron dans la Seine [ng/L]



## Côtes-d'Armor. Le retraité voulait vendre des herbicides interdits

Cet agriculteur en retraite de la côte de Granit rose pensait pouvoir se débarrasser, sur le site Leboncoin, d'un stock de produits phytosanitaires entreposé dans son hangar depuis 20 ans. Sauf que le produit, à base, notamment, de glyphosate et surtout de diuron, un herbicide particulièrement nocif, est interdit à la vente depuis dix ans.



Le stock d'herbicides interdits a été détruit. | GENDARMERIE NATIONALE

# Fiche technique StoSilco® MP

Enduit de finition à base de résine siloxane en tant qu'enduit modelable



<b>Marquage</b>	
<b>Groupe de produits</b>	Enduit de façade
<b>Composition</b>	Selon la directive VdL pour les revêtements usuels du bâtiment, dispersion de polymères, émulsion à base de résine siloxane, dioxyde de titane, charges minérales, hydroxyde d'aluminium, charges silicates, eau, étherglycol, aliphates, agent antimoissant, agent dispersant, épaississant, agent mouillant, agents de protection pour le revêtement à base d'OIT / Diuron, agents de protection pour le stockage à base de BIT/MIT (1:1)

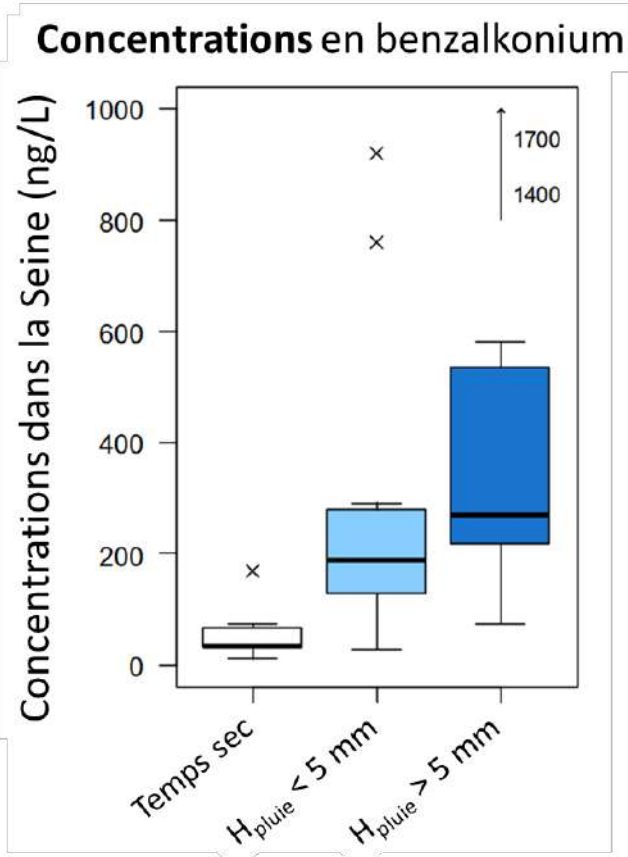
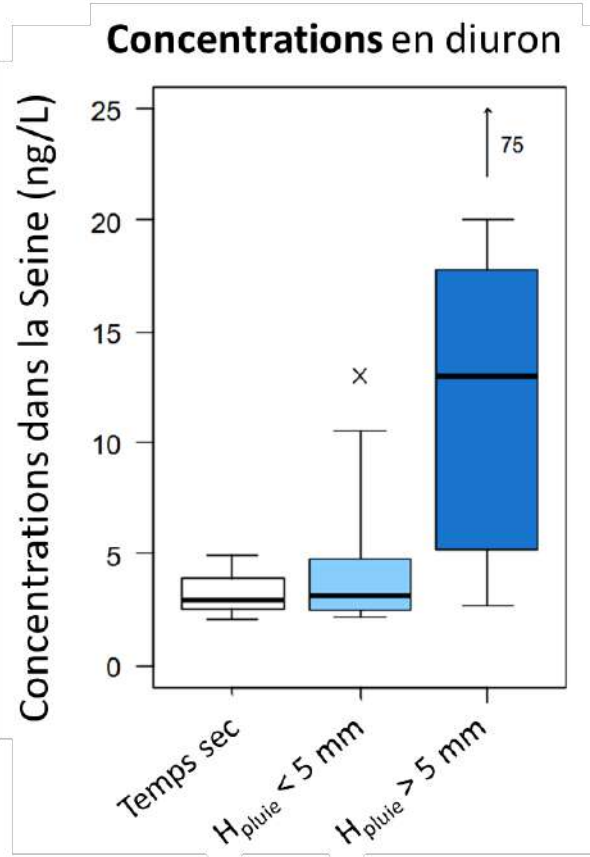


# Bien poser le problème

- Cette contamination ne disparaît pas dans le réseau...



Figure :  
D. Tedoldi  
et E. Brelot





# Bien poser le problème

- Cette contamination ne disparaît pas dans le réseau...
- Une certitude : **gérer les eaux pluviales à la source** contribue à préserver la qualité des eaux superficielles
- **Abattement de polluants**  
 $\geq$  **Abattement en volume**  
(sur le long terme)
- **Importance de l'hydrologie !**

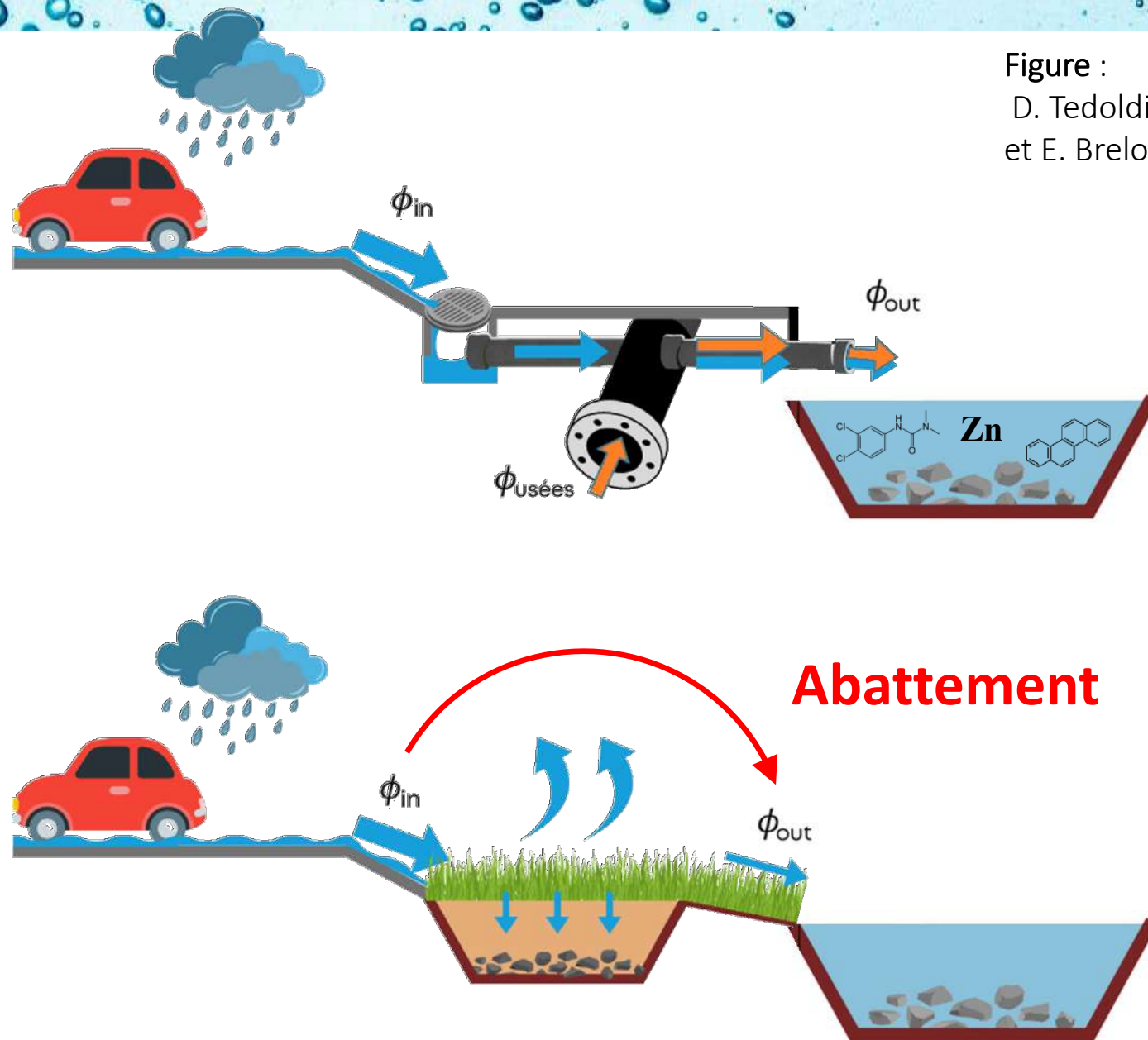
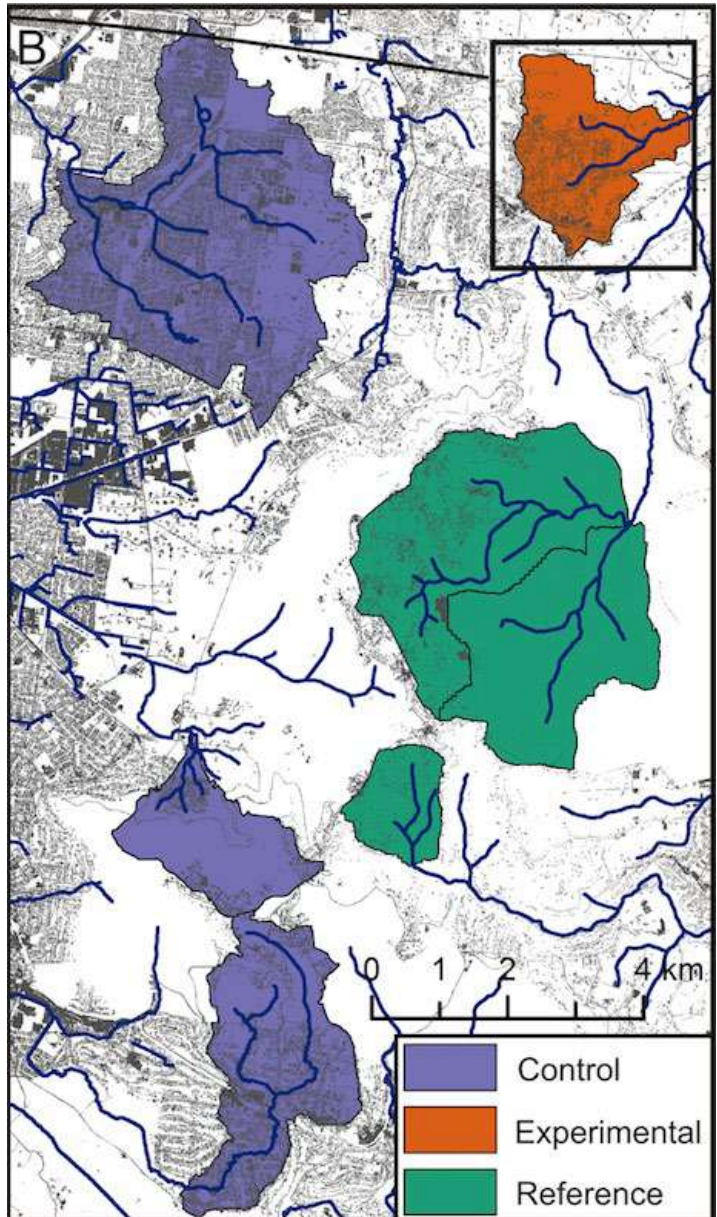
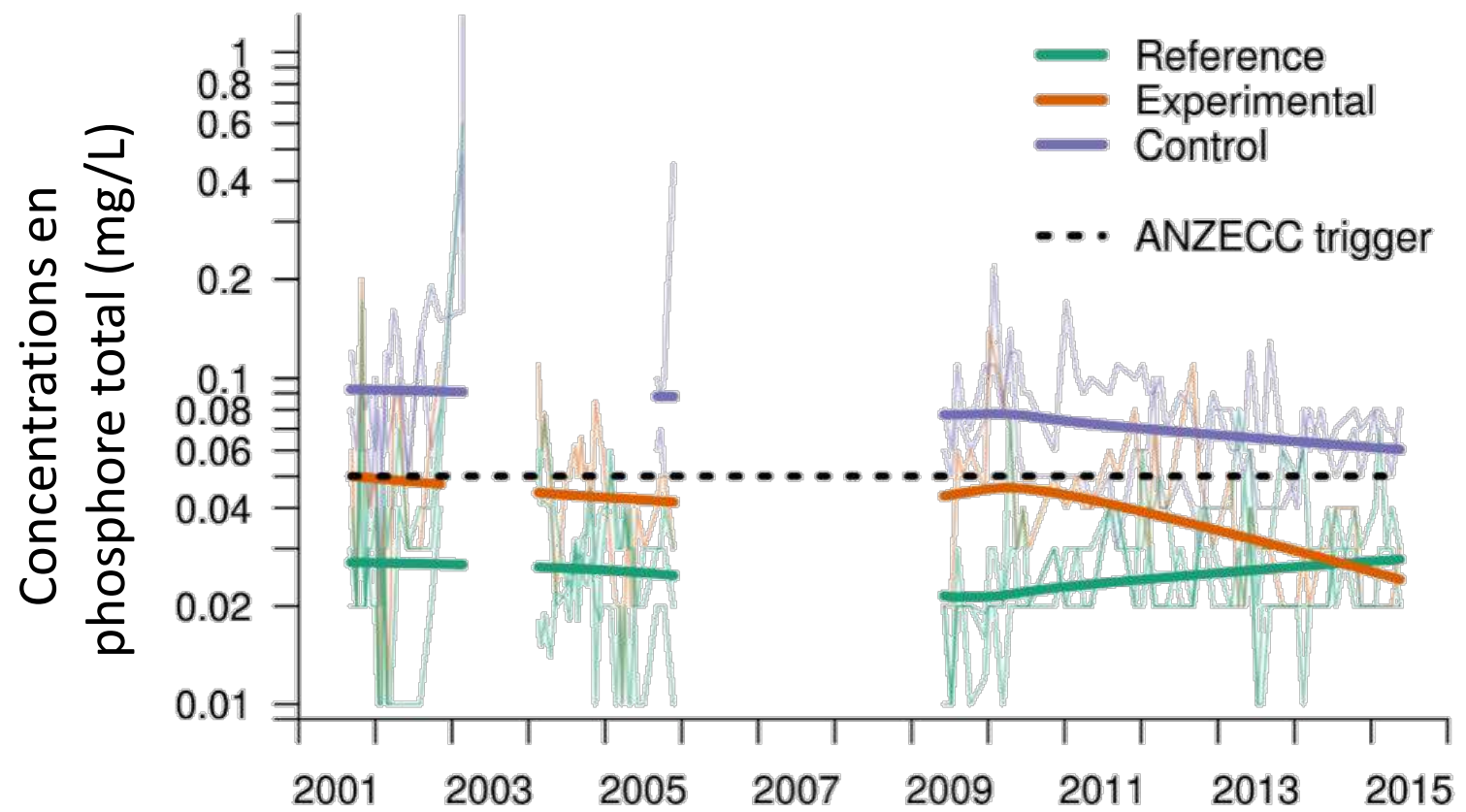


Figure :  
D. Tedoldi  
et E. Brelot

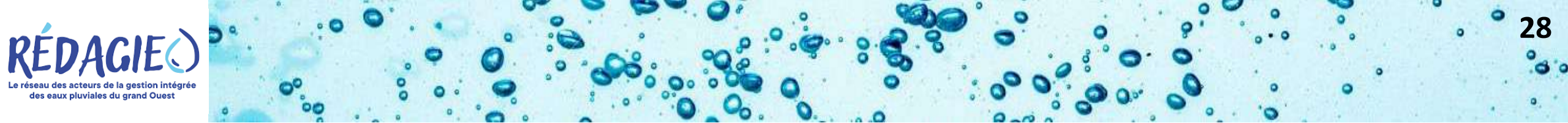


# Illustration : *Little Stringybark Creek Project*

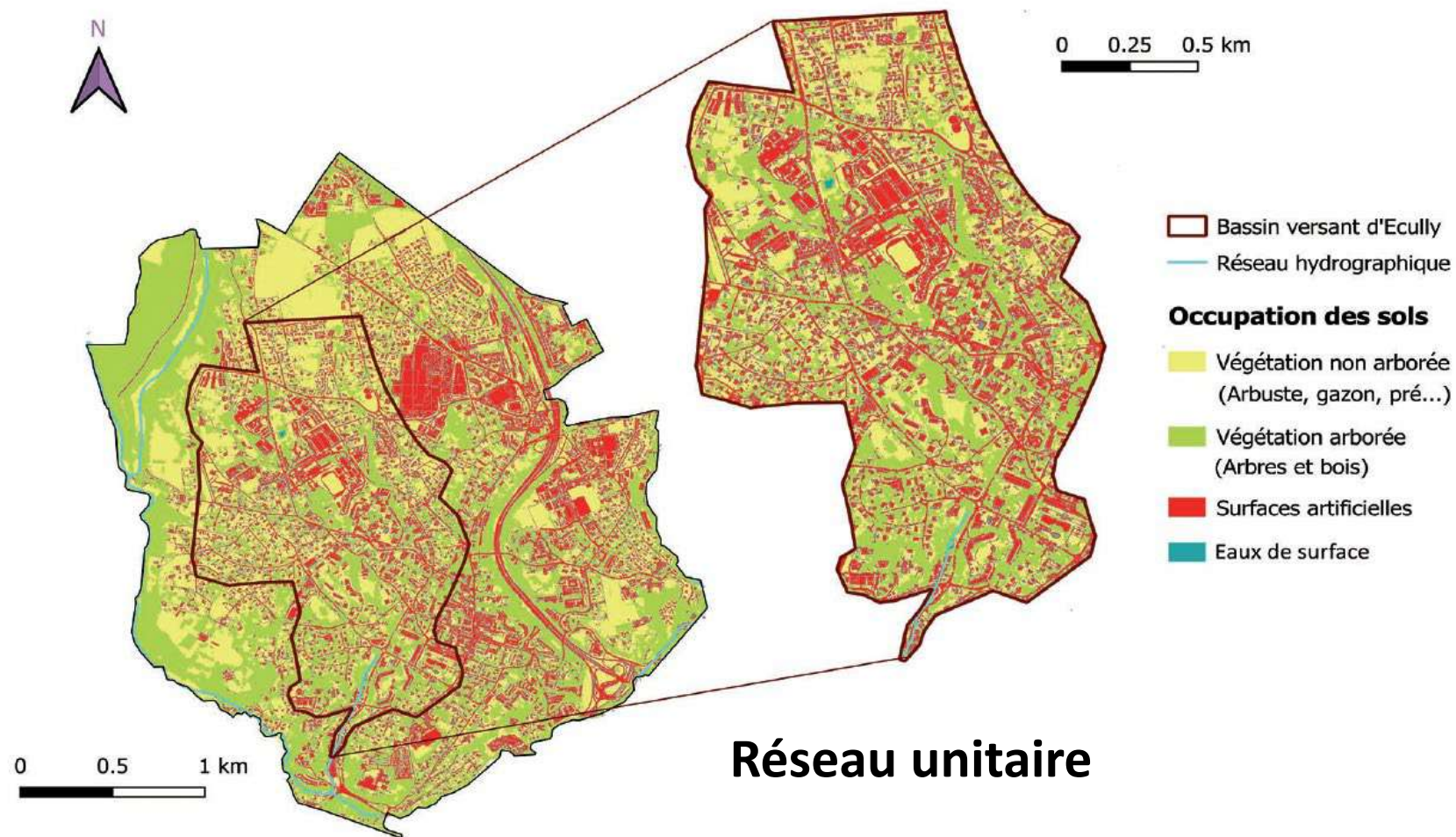
Restaurer un ruisseau... sans toucher au ruisseau ?



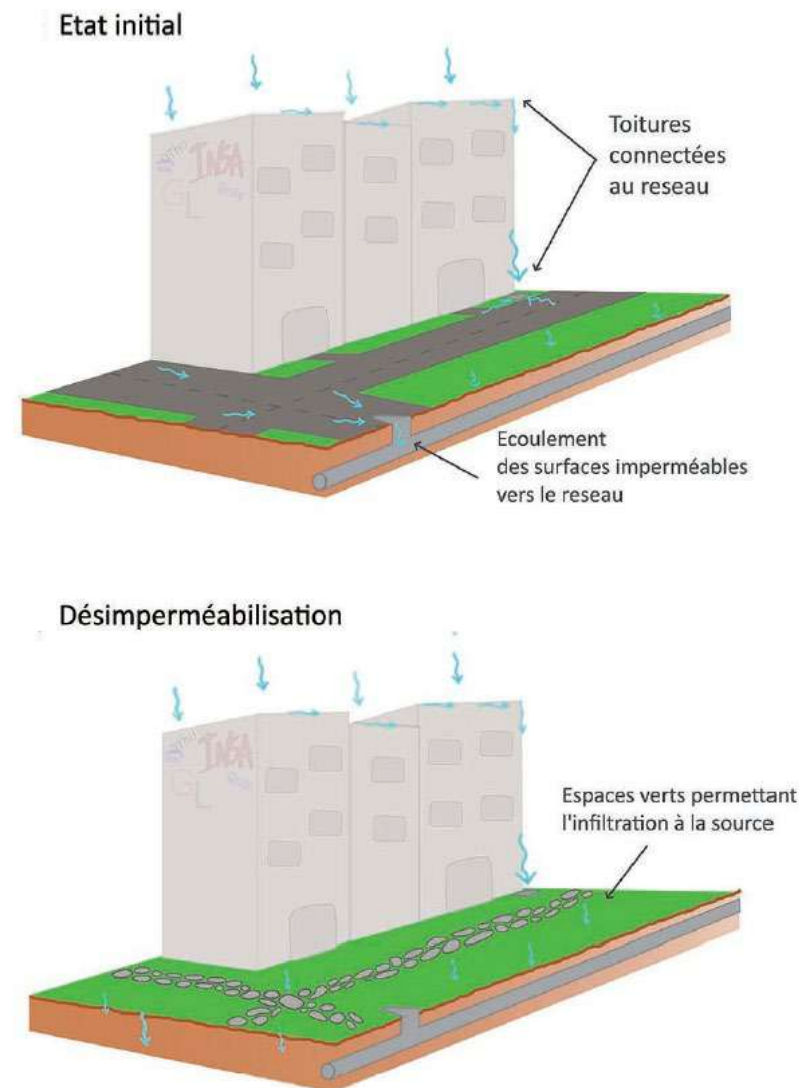




# On va dans le sens d'une adaptation

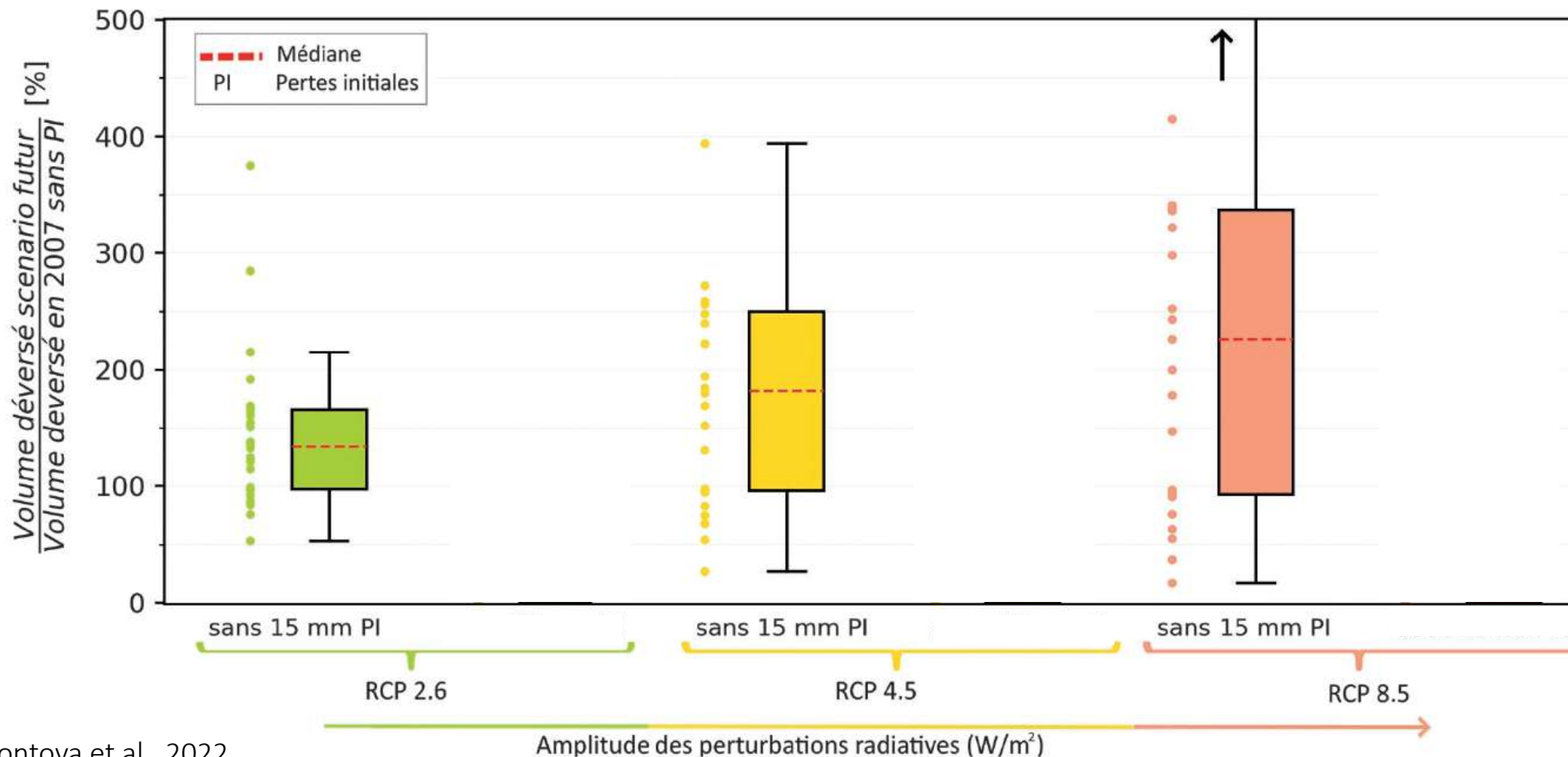


Réseau unitaire

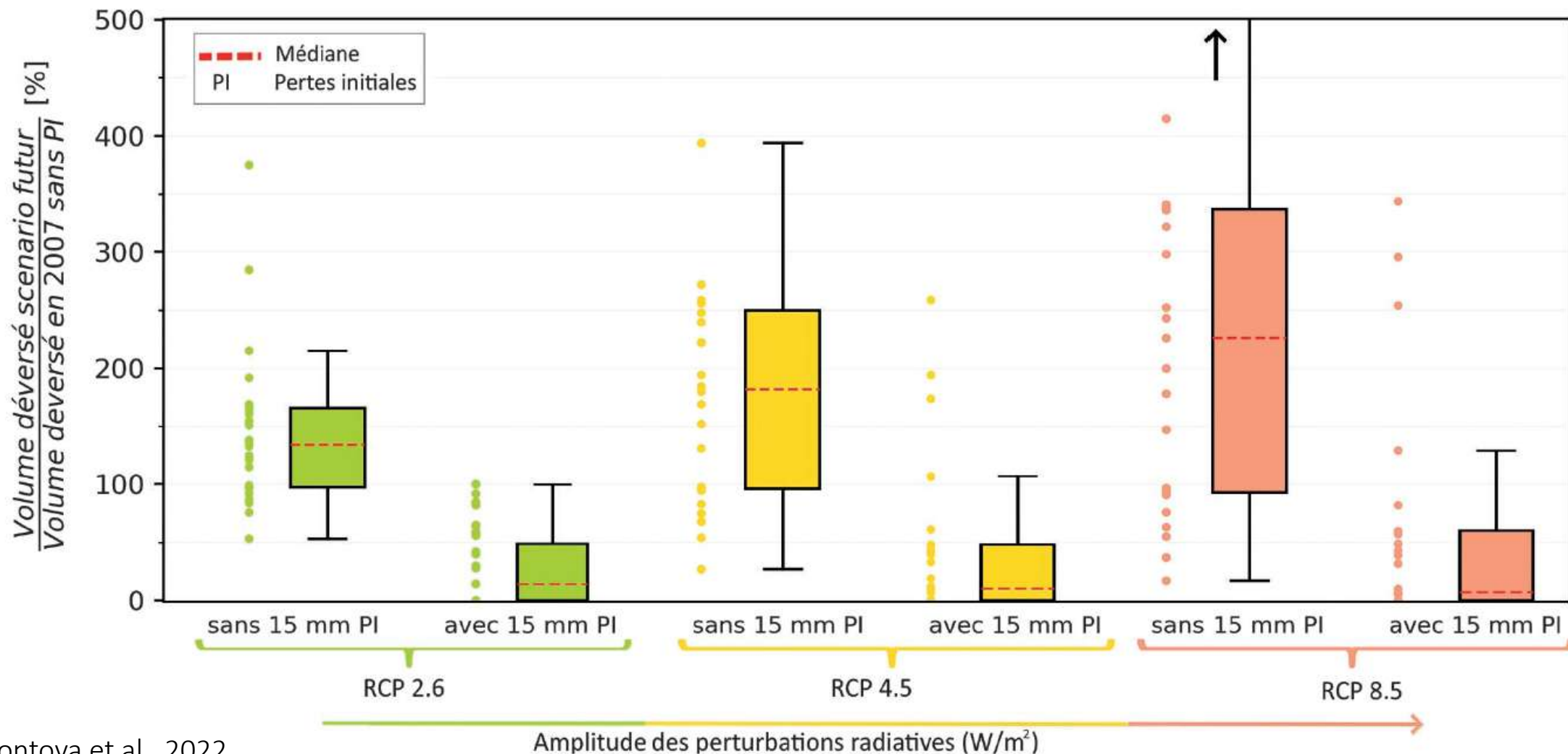




# On va dans le sens d'une adaptation

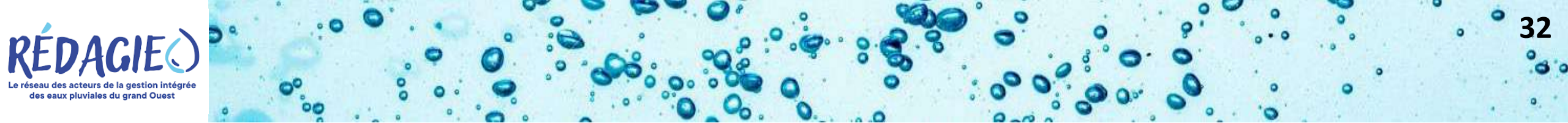


# On va dans le sens d'une adaptation









# GIEP & contaminants

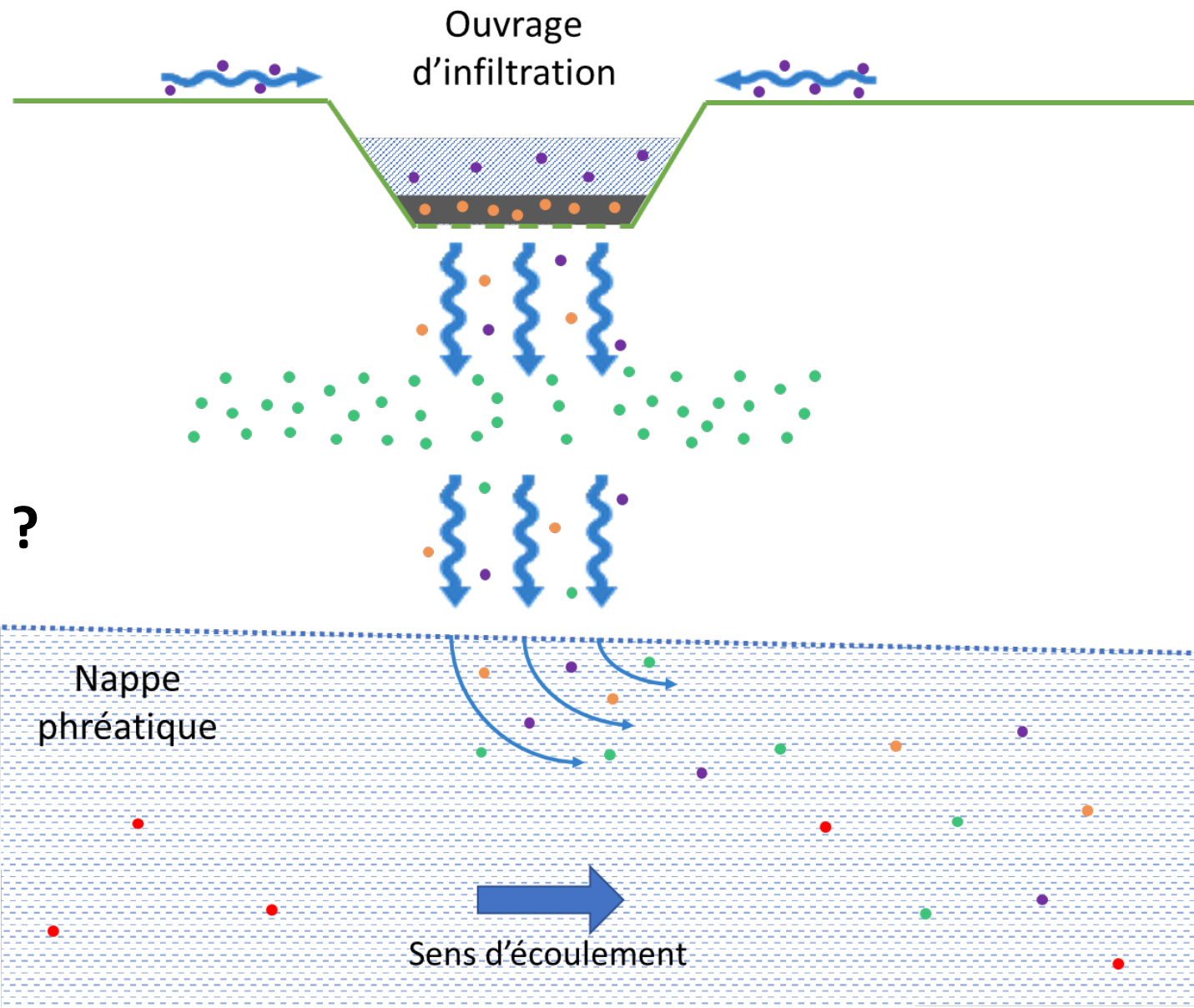
Du point de vue de la nappe,  
trois sources de contamination  
associées à l'infiltration :

- Contaminants présents dans  
les eaux de ruissellement

⇒ **Rétention par le sol et impacts ?**

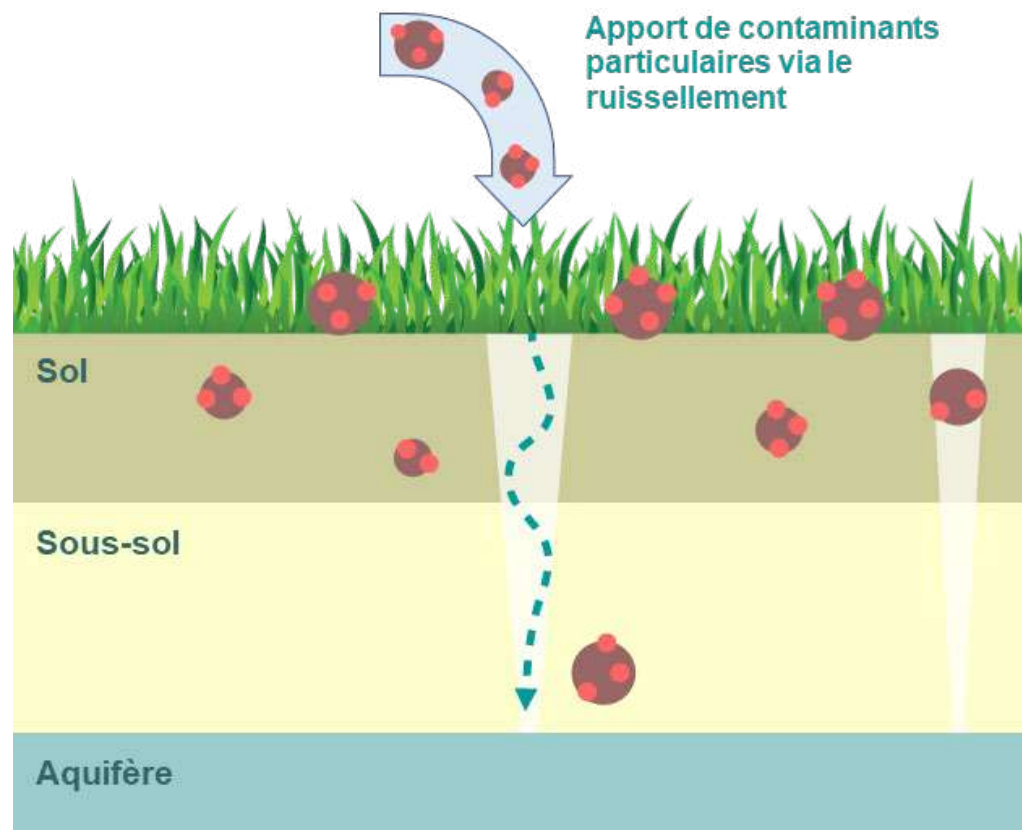
- Remobilisation depuis des  
sédiments pluviaux
- Remobilisation depuis des  
sols/remblais

⇒ **Stocks et mobilité ?**

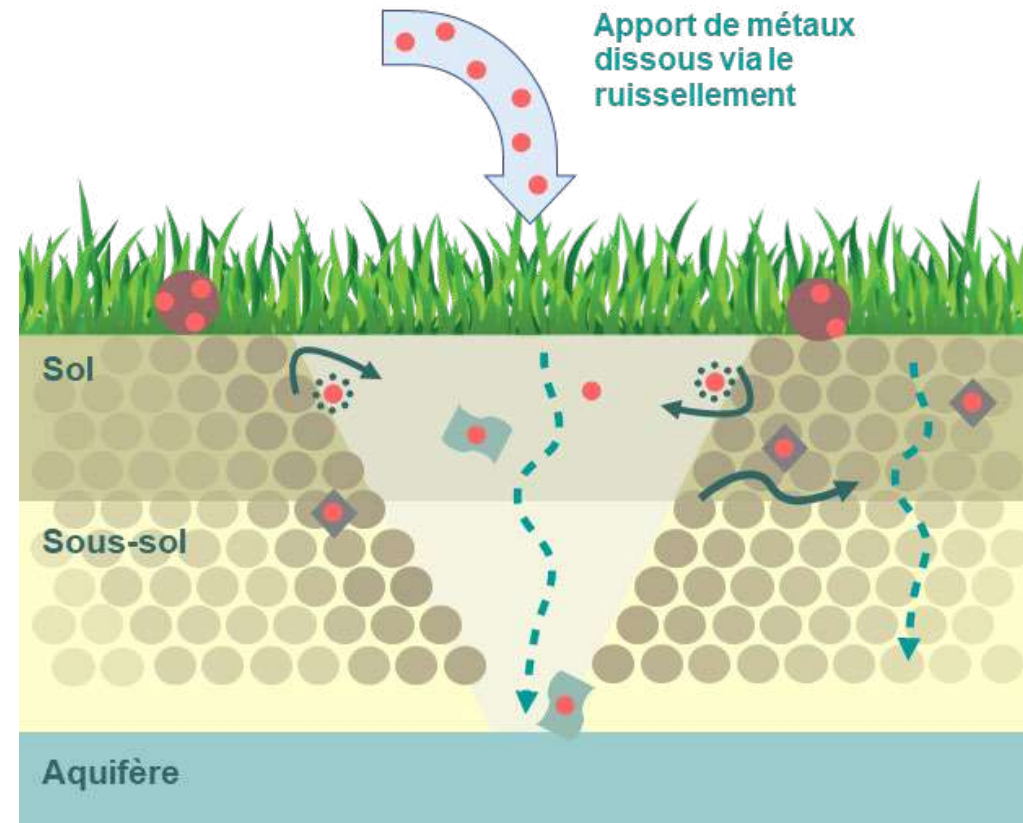










# Rétention des métaux dans le sol



-  Matière en suspension
-  Contaminants liés aux particules



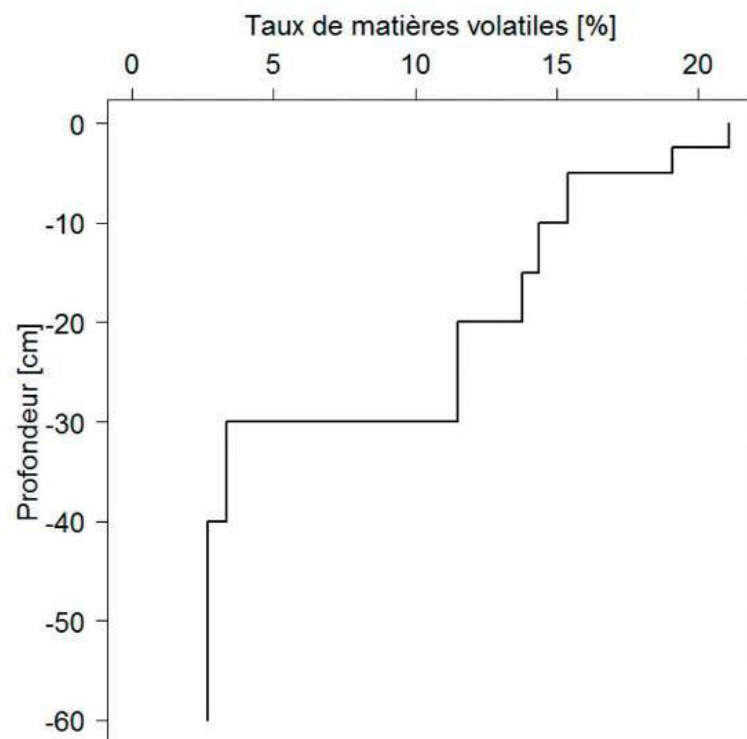
-  Métal sous forme dissoute
-  Adsorption sur les dépôts de surface
-  Adsorption par liaisons chimiques
-  Diffusion dans la matrice solide
-  Adsorption par interactions électrostatiques (réversibles)
-  Métal complexé à la matière organique dissoute ou à des colloïdes

# Rétention des métaux : à noter

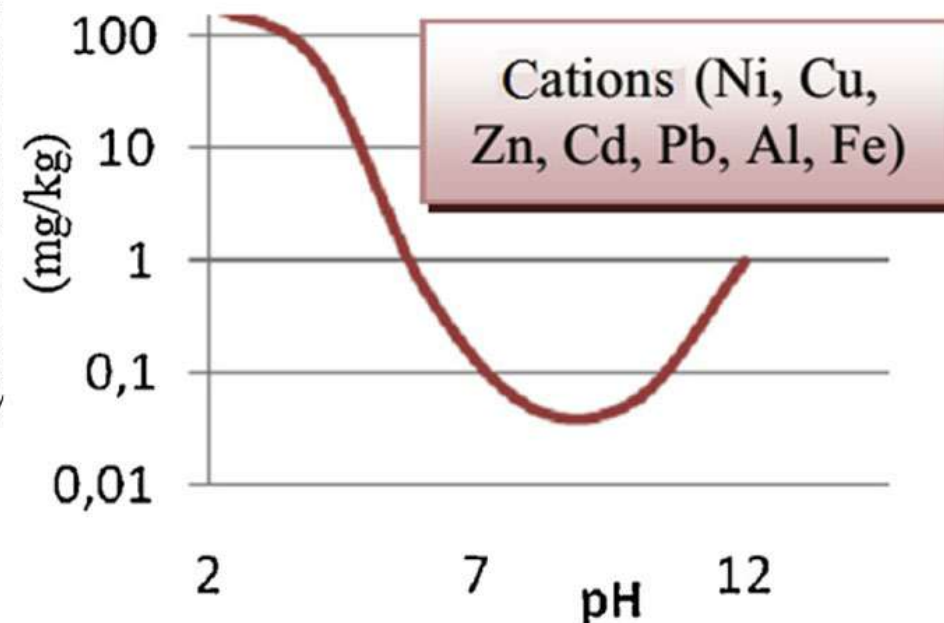
La rétention est d'autant meilleure que le sol est organique  $\Rightarrow$  implication sur la mise en place des ouvrages

La mobilité des métaux augmente dans un sol/substrat acide  $\Rightarrow$  éviter les amendements de type tourbe

À conserver !




Quantité mobilisable



Source : van der Sloot and Kosson, 2010, in Krol et al., 2020

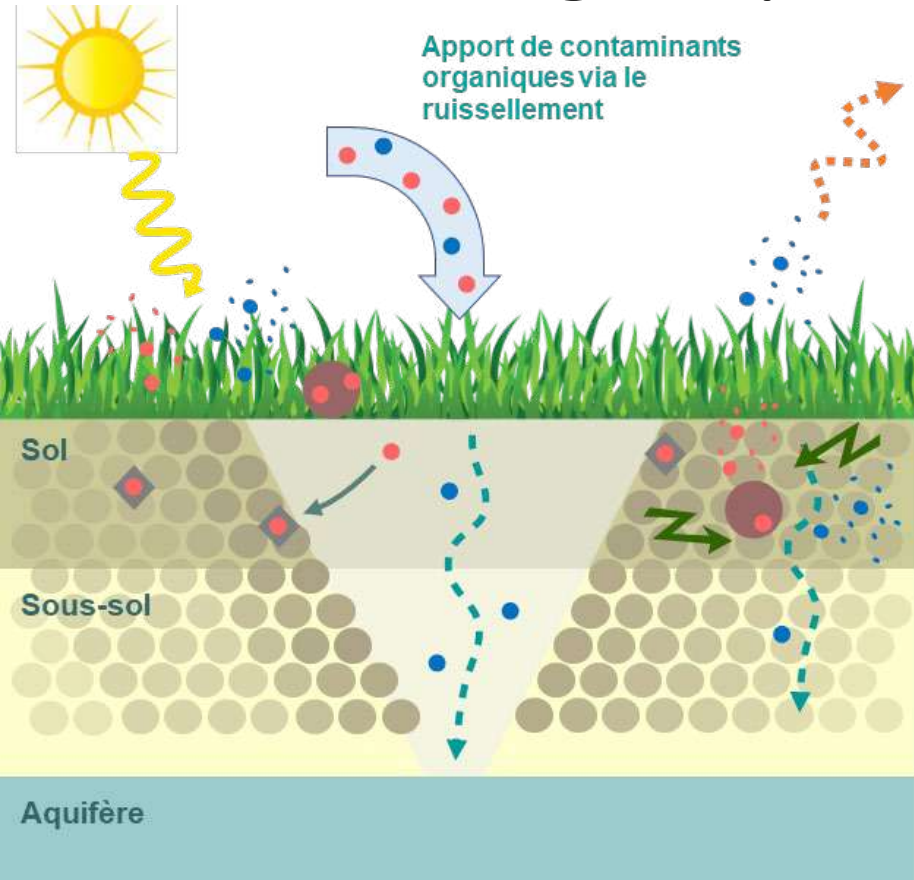


# Rétention des contaminants organiques dans le sol



Contaminant organique hydrophobe

Bien retenu par le sol



Apport de contaminants organiques via le ruissellement

Contaminant organique hydrophobe

Contaminant particulaire piégé dans le sol

Contaminant adsorbé sur la matière organique du sol

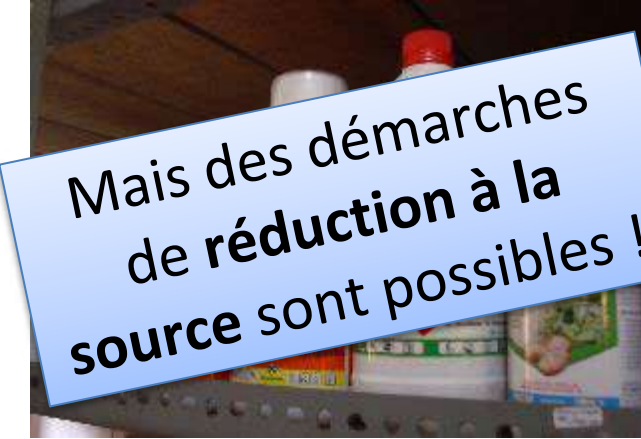
Dissipation d'un contaminant organique

Volatilisation

Biodégradation

Photolyse

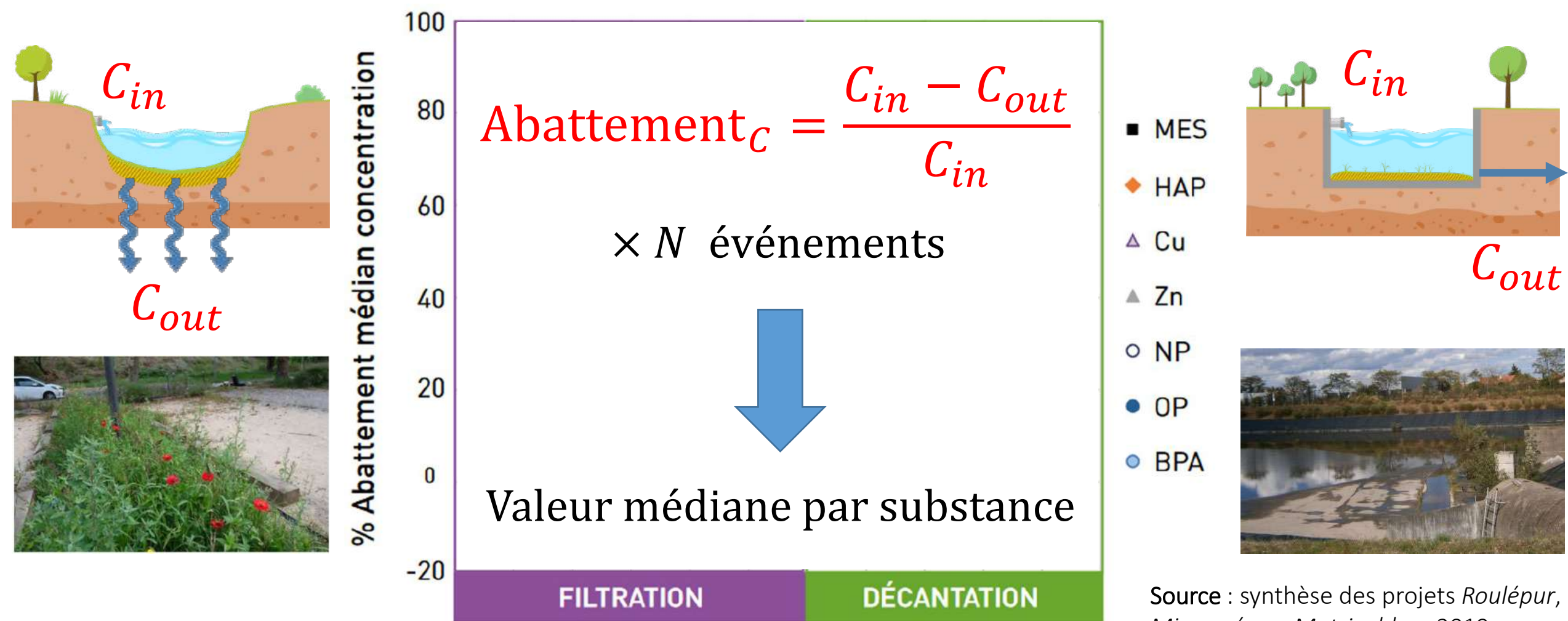
Susceptible de migrer



Mais des démarches de réduction à la source sont possibles !

Contaminant organique hydrophile

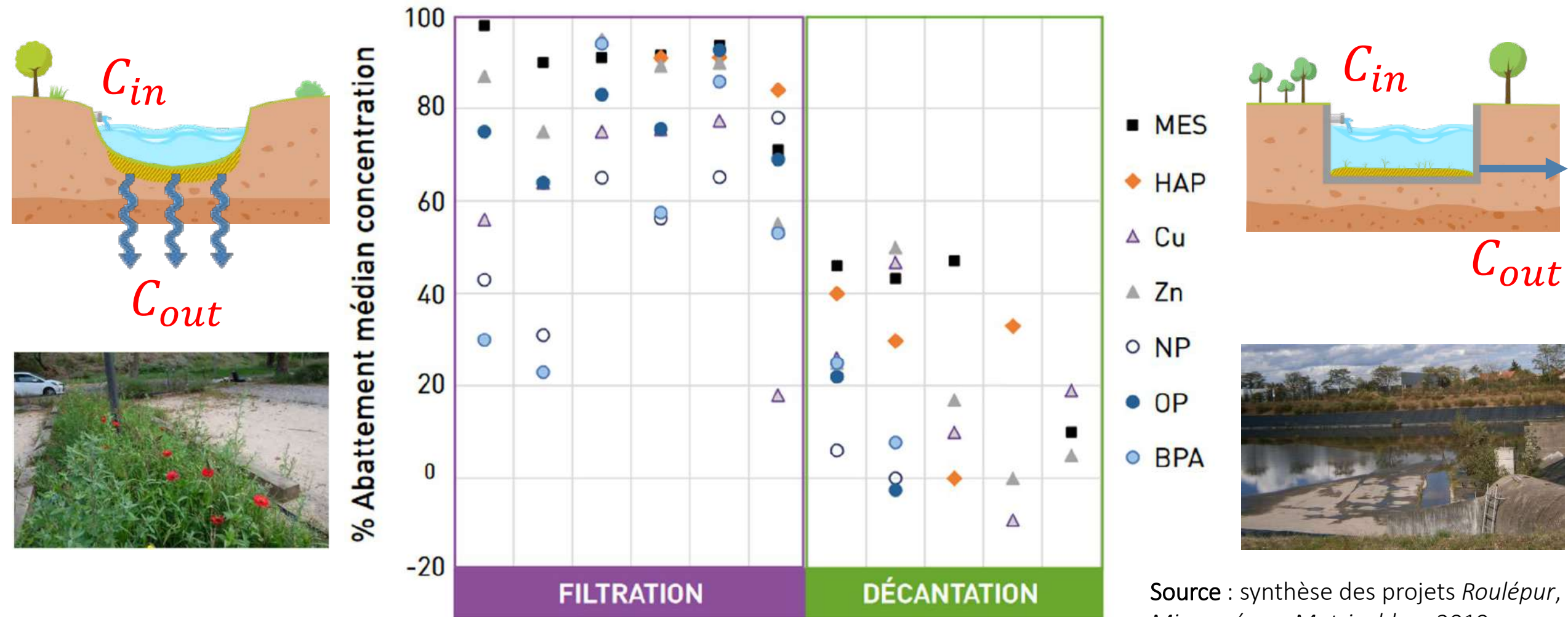
# Mécanismes de rétention : (in)filtration vs. décantation



Source : synthèse des projets Roulépur, Micromégas, Matriochkas, 2019



# Mécanismes de rétention : (in)filtration vs. décantation



Source : synthèse des projets Roulépur, Micromégas, Matriochkas, 2019



# La problématique des sédiments pluviaux

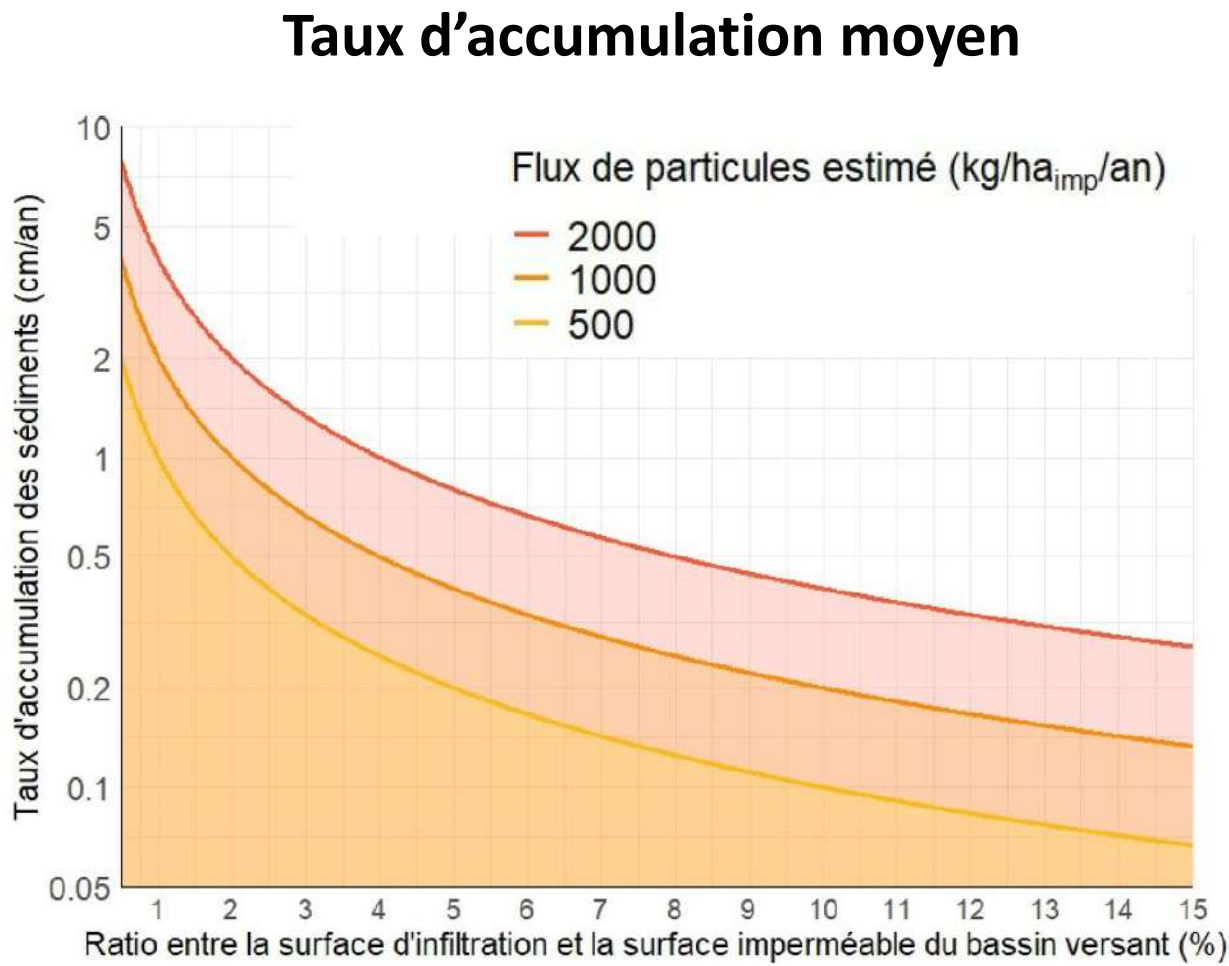
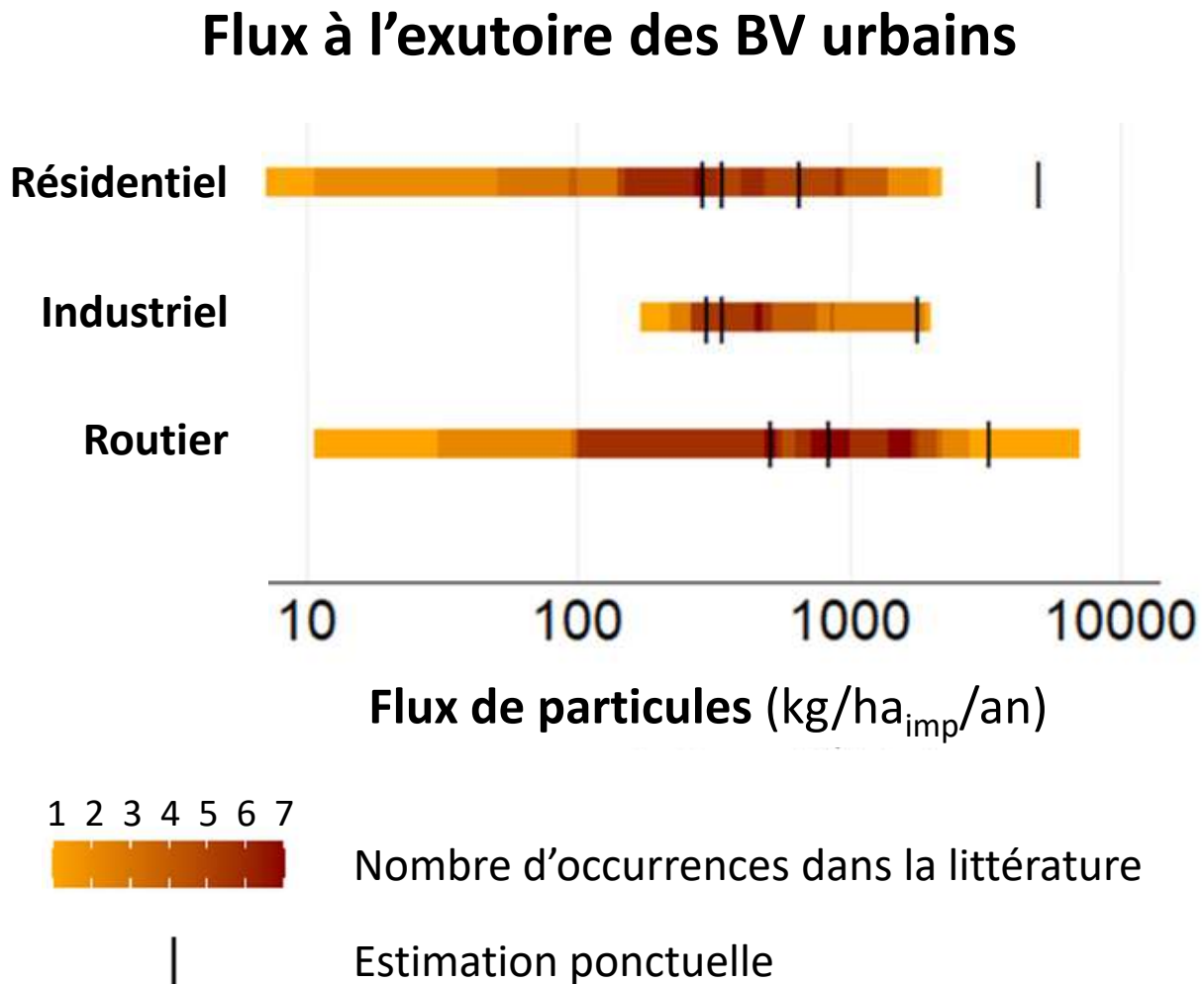
## Rétention des matières en suspension $\Rightarrow$ Accumulation de sédiments

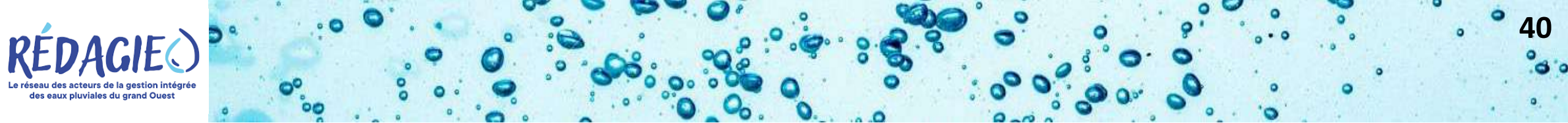
- À quelle vitesse ?
- À quel point sont-ils contaminés ?
- Quelles opérations de maintenance à prévoir et que faire de ces sédiments ?



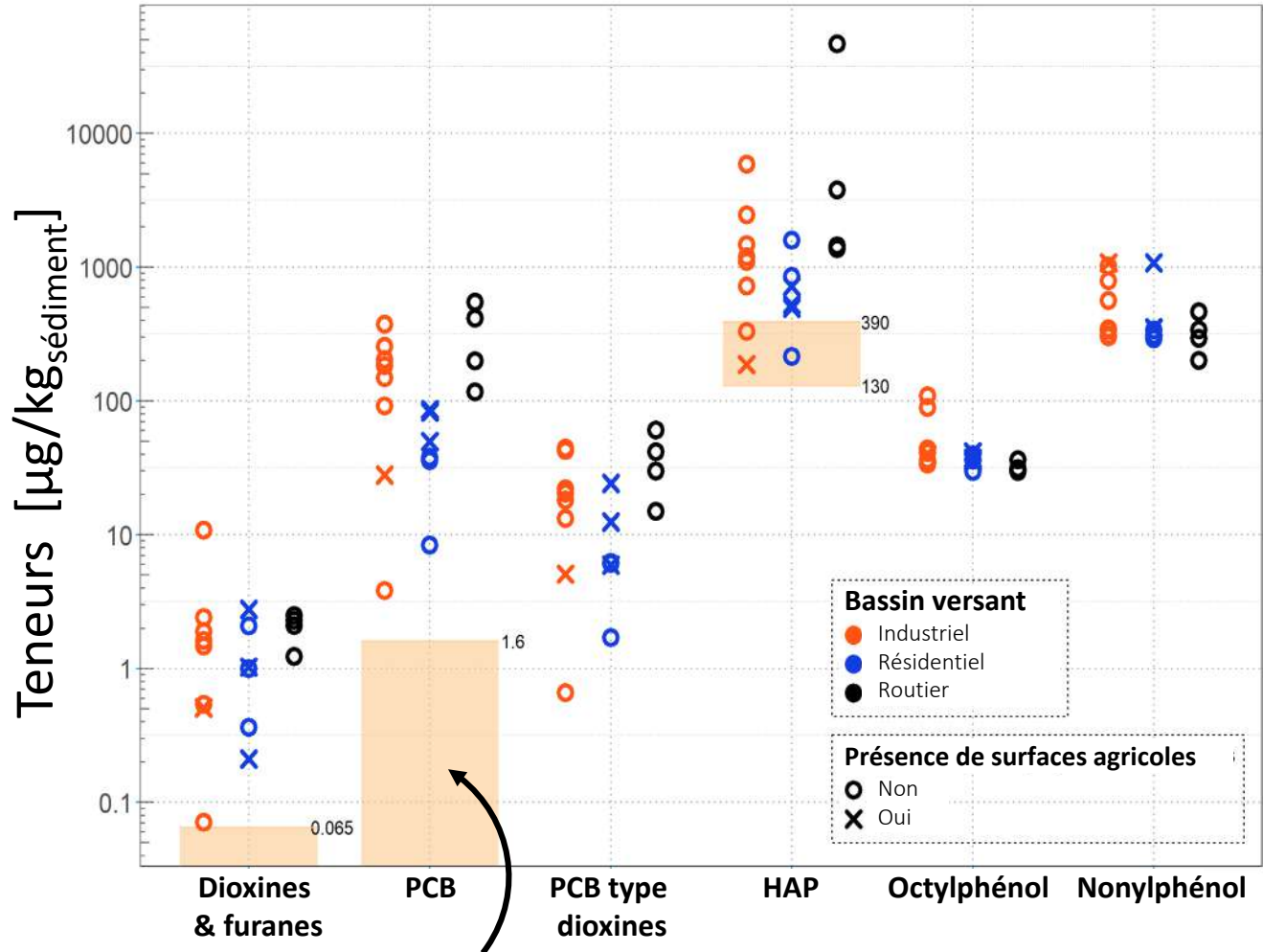
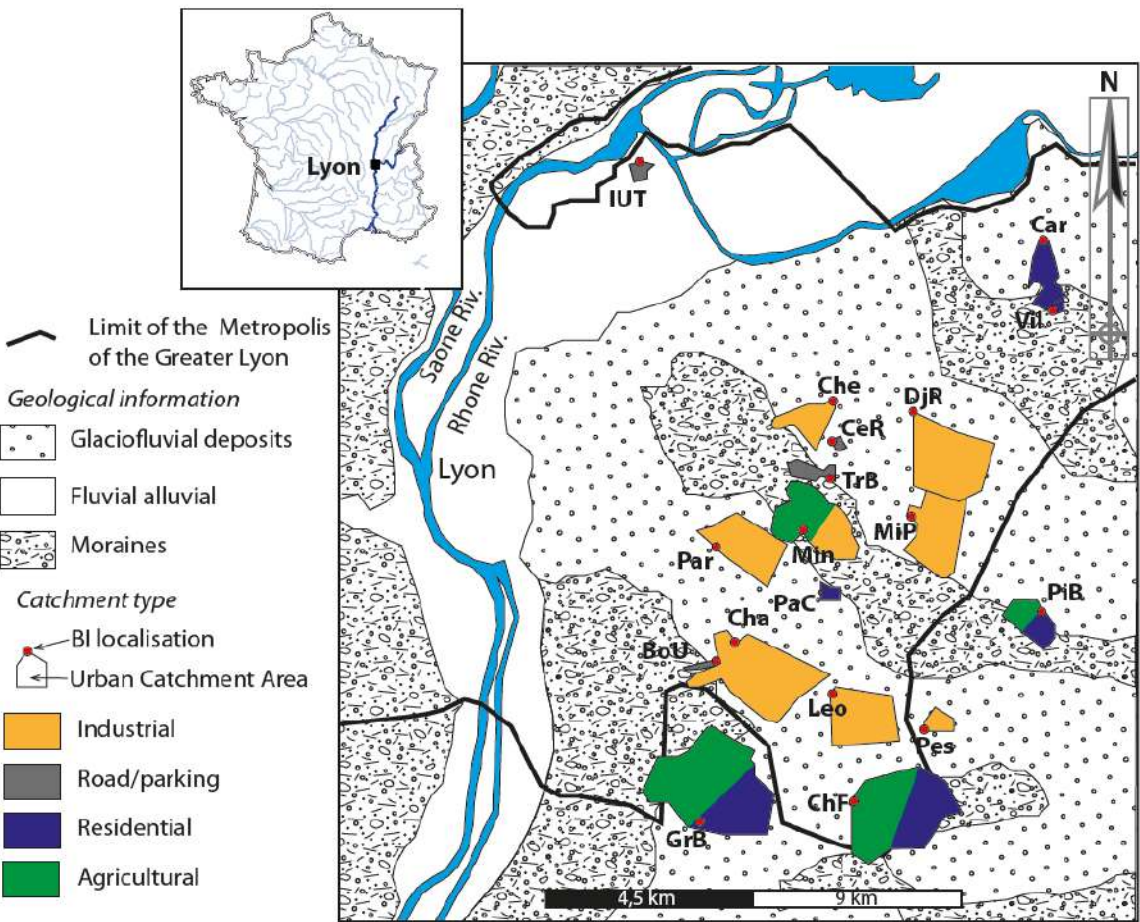


# Les sédiments pluviaux : flux et vitesse d'accumulation





# Les sédiments pluviaux : niveau de contamination



Source : Tedoldi et al., 2024

Bruit de fond anthropisé dans les sols de l'Hexagone



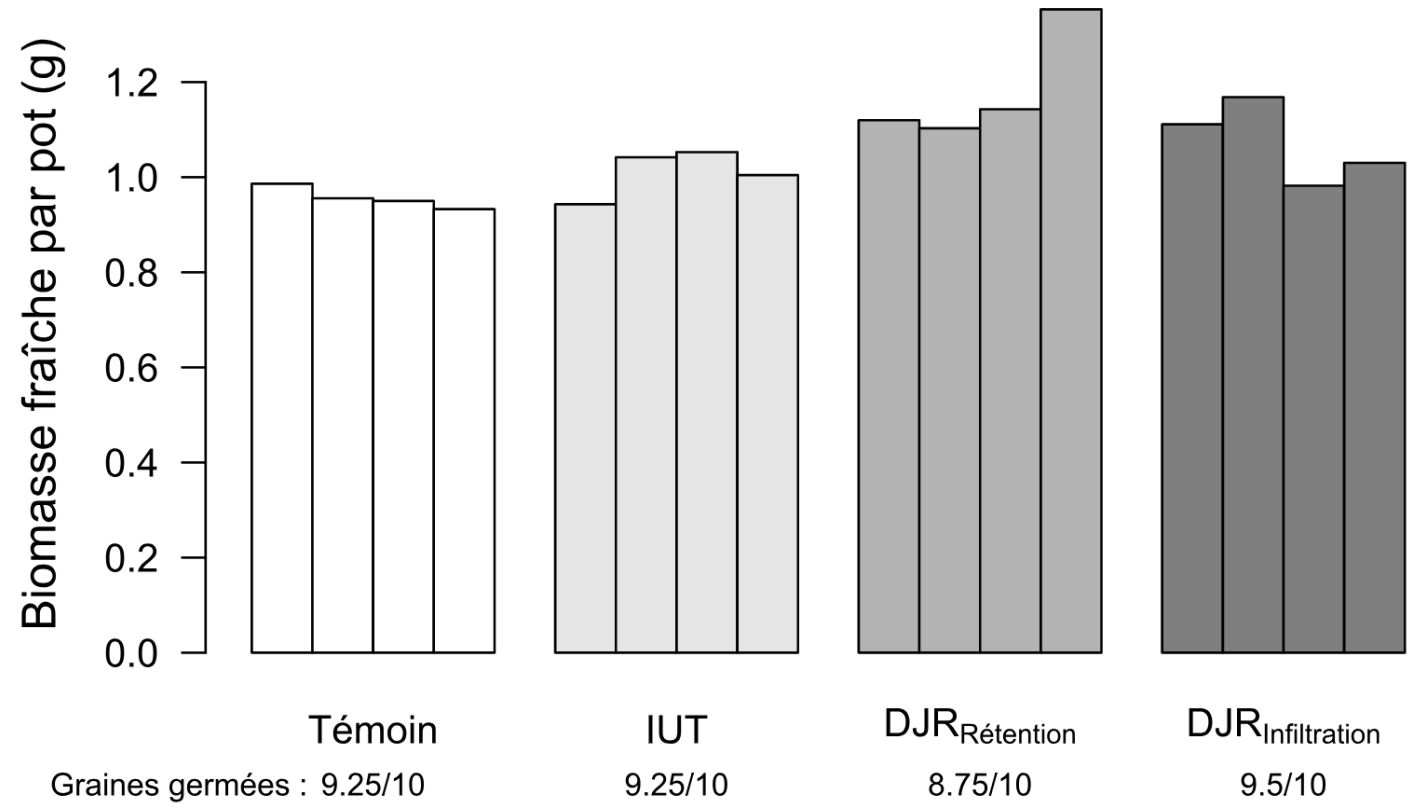
# Les sédiments sont contaminés... mais sont-ils toxiques ?

Essai de toxicité chronique – *Avena sativa* (Avoine) (NF EN ISO 11269-2)

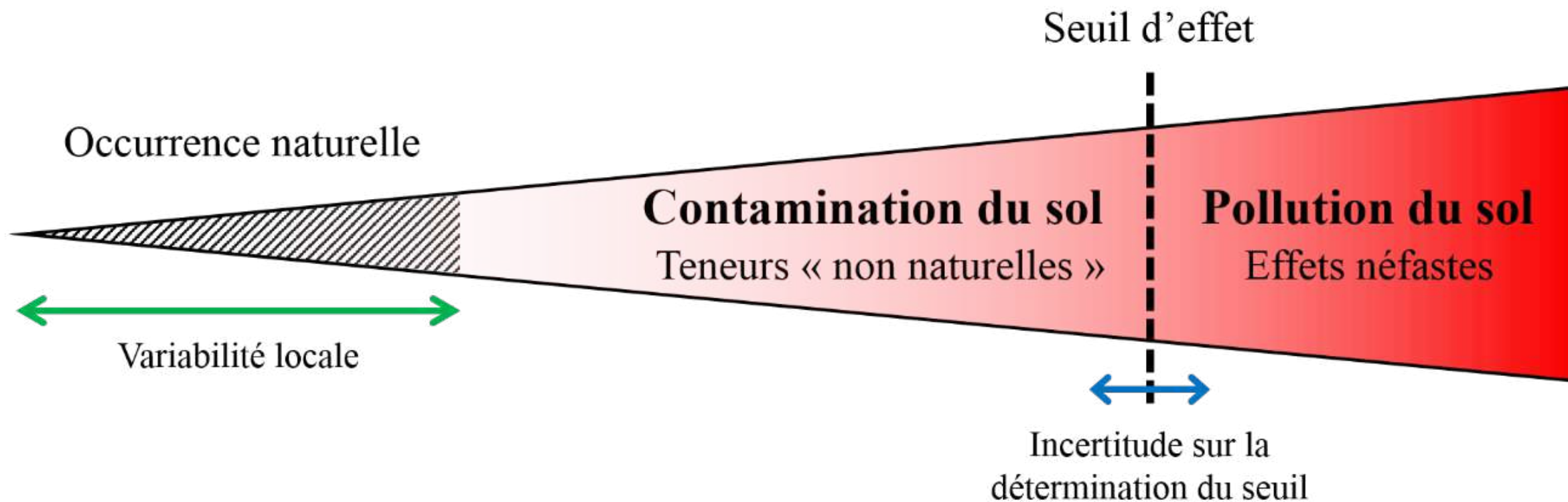


**Témoin**  
(Substrat)

**Sédiment**  
+ Substrat



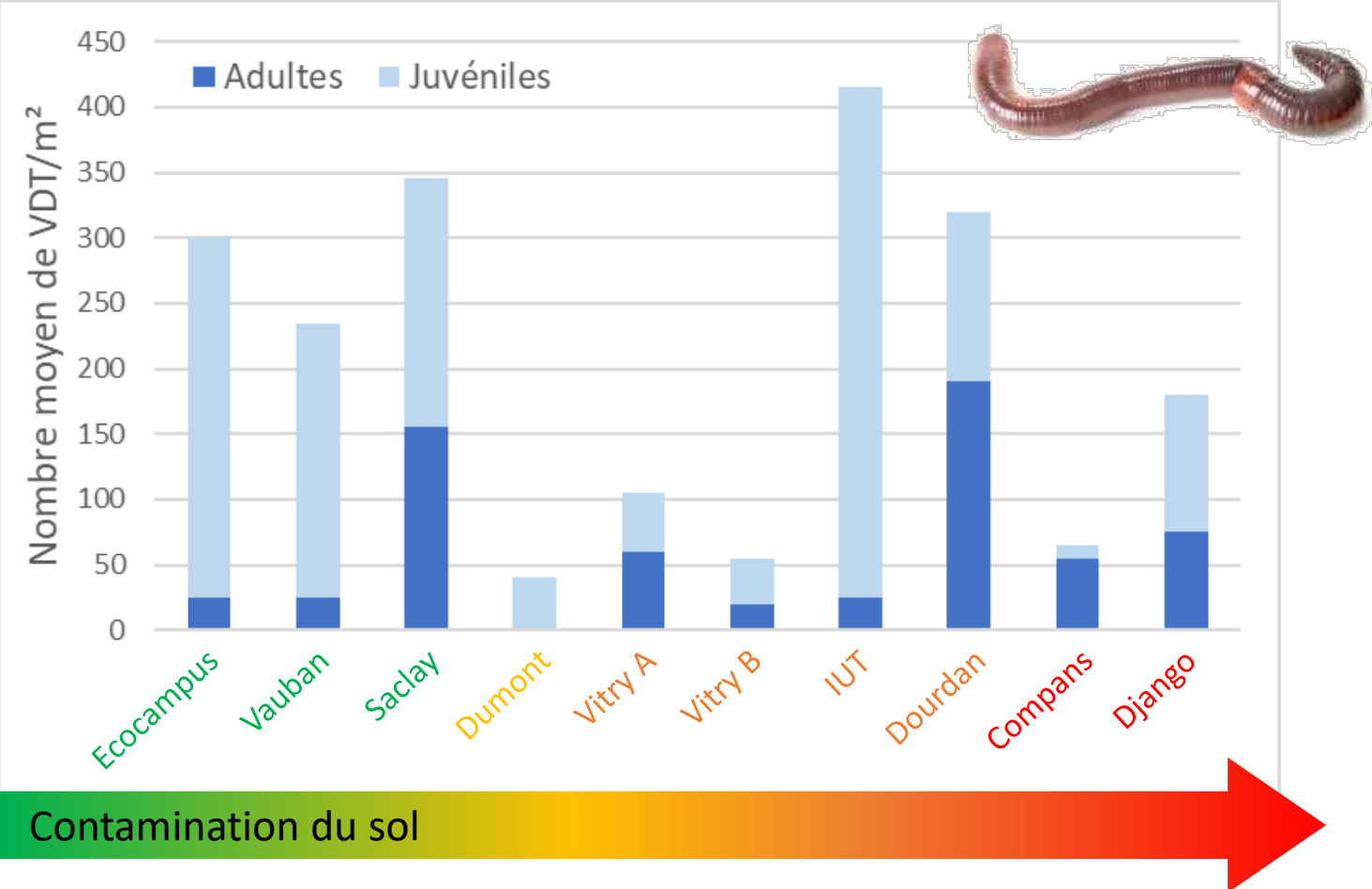
# Un contaminant n'est pas nécessairement un polluant





# Un contaminant n'est pas nécessairement un polluant

Tri et dénombrement des vers de terre prélevés *in situ*



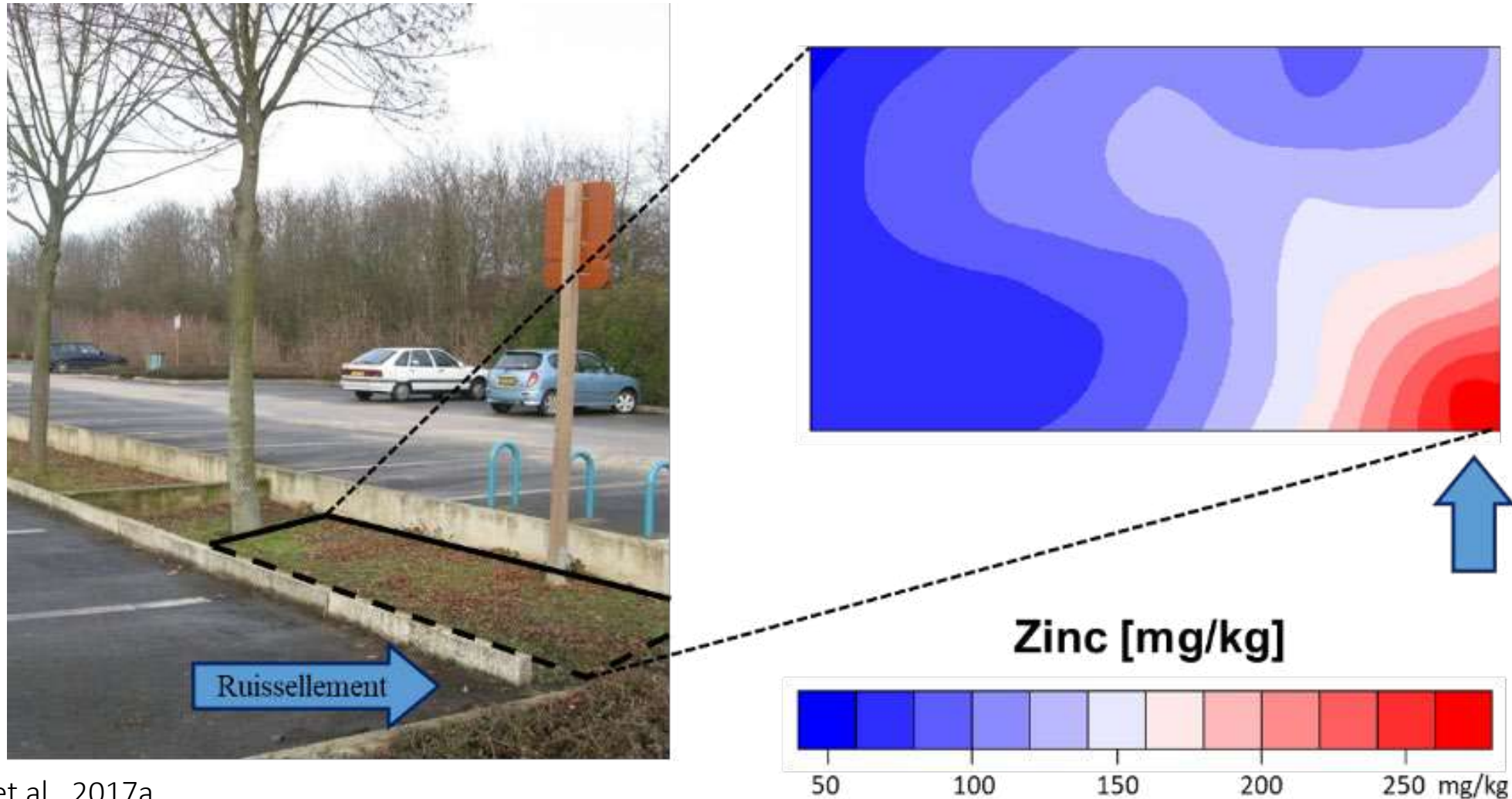
Exposition *ex situ* d'*Eisenia andrei* en mésocosmes



Après 28 jours :

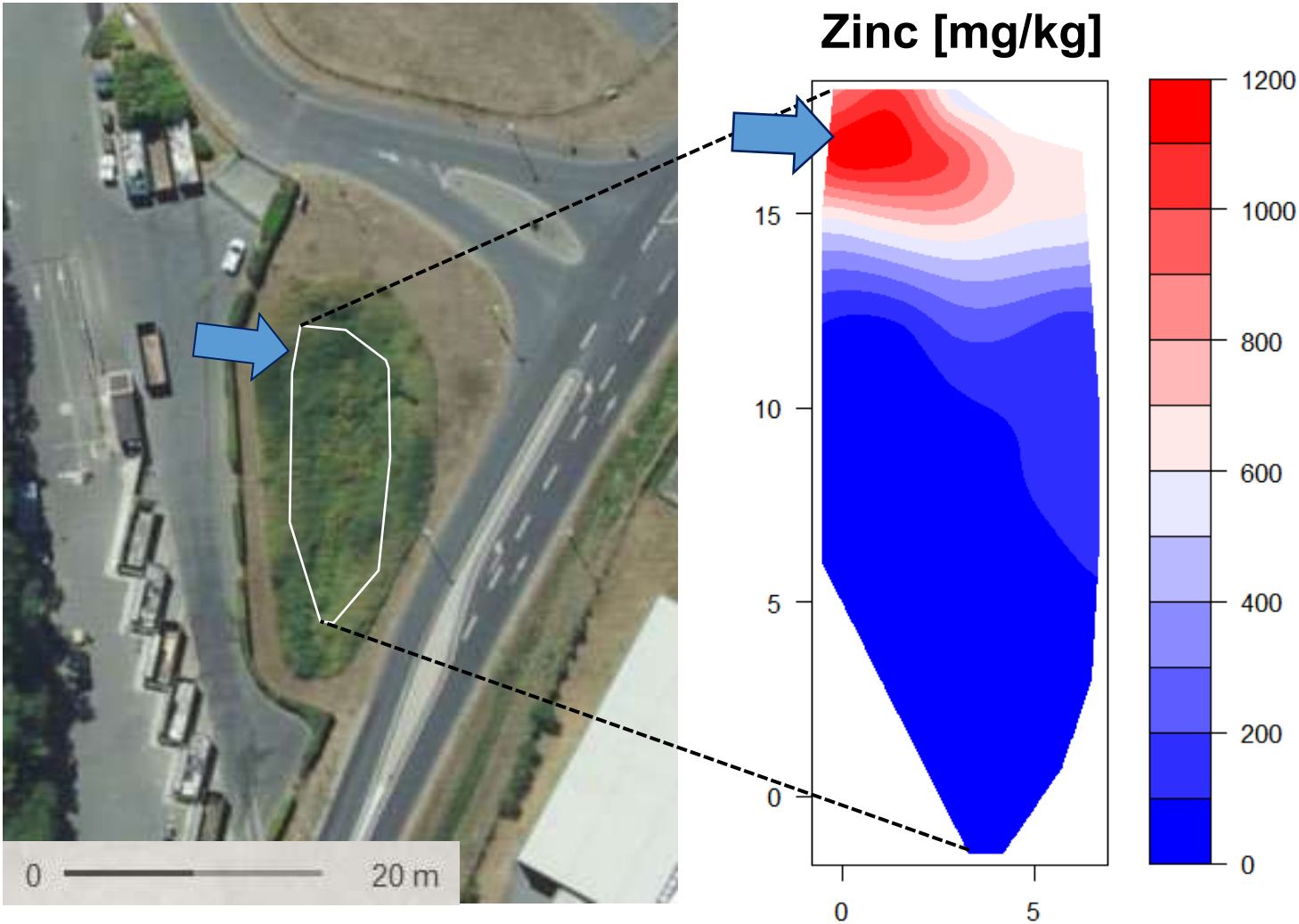
- Absence de mortalité, quel que soit le site d'étude
- Reproduction (présence de cocons, ISO 11268-2) observée sur certains sites

# Étendue spatiale de la zone contaminée

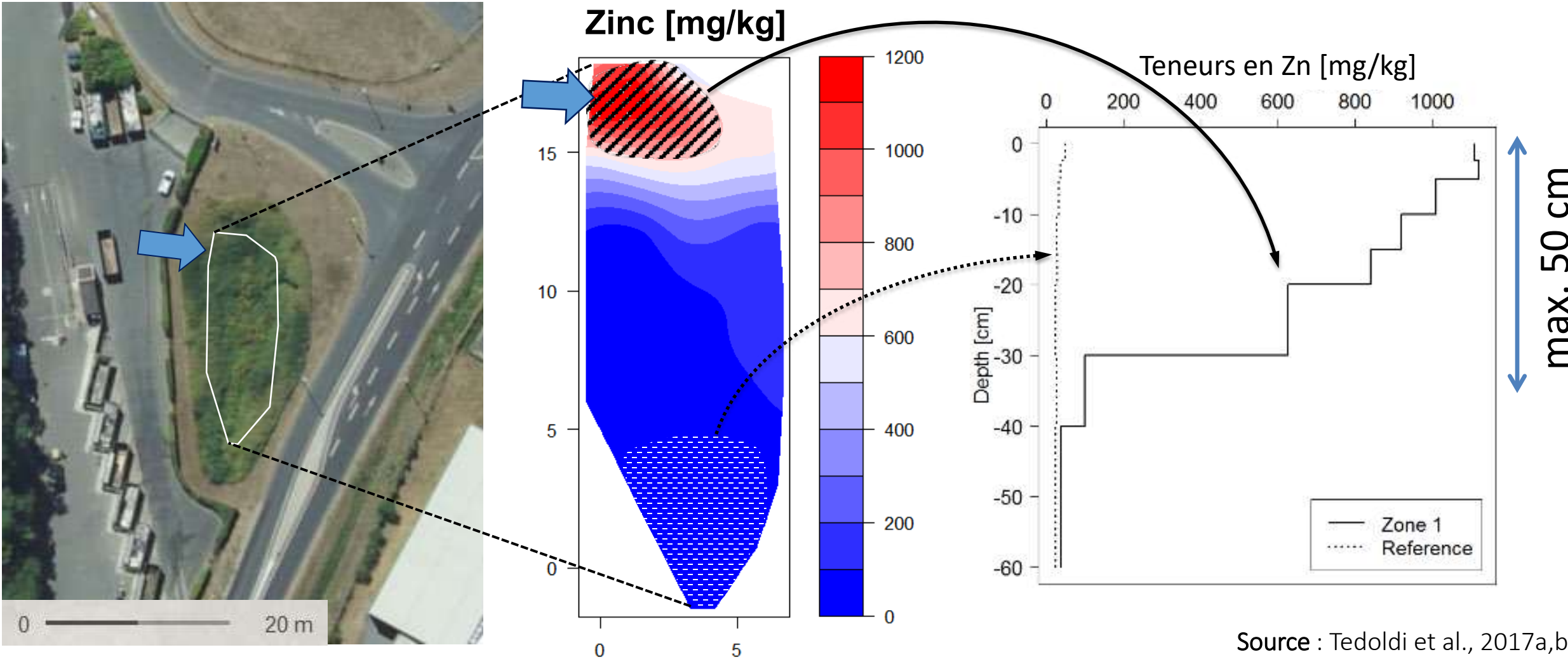




# Étendue spatiale de la zone contaminée

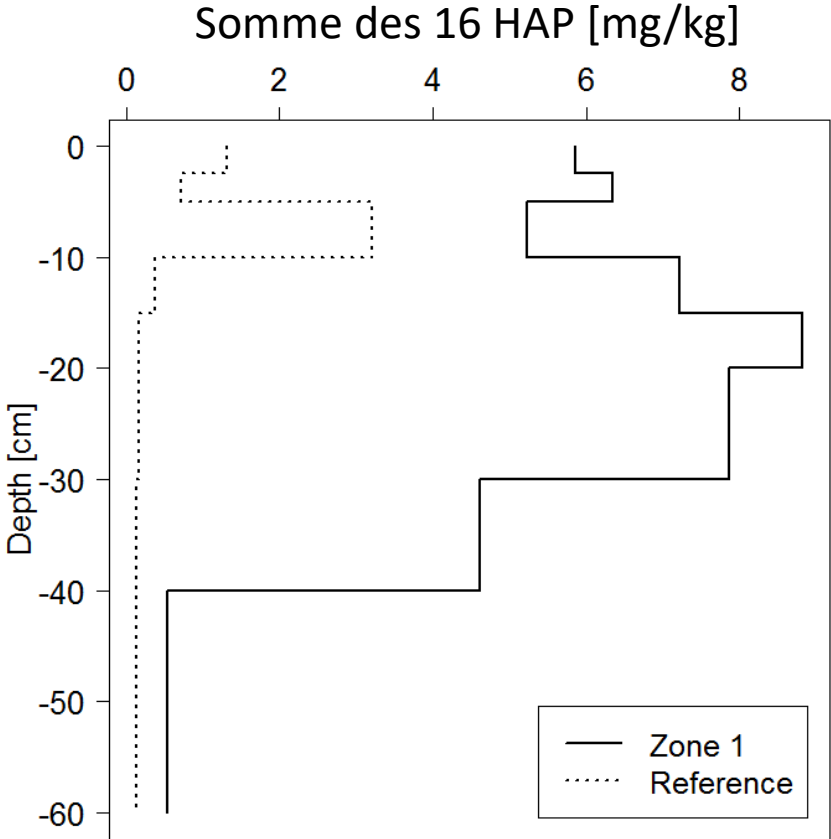


# Étendue spatiale de la zone contaminée

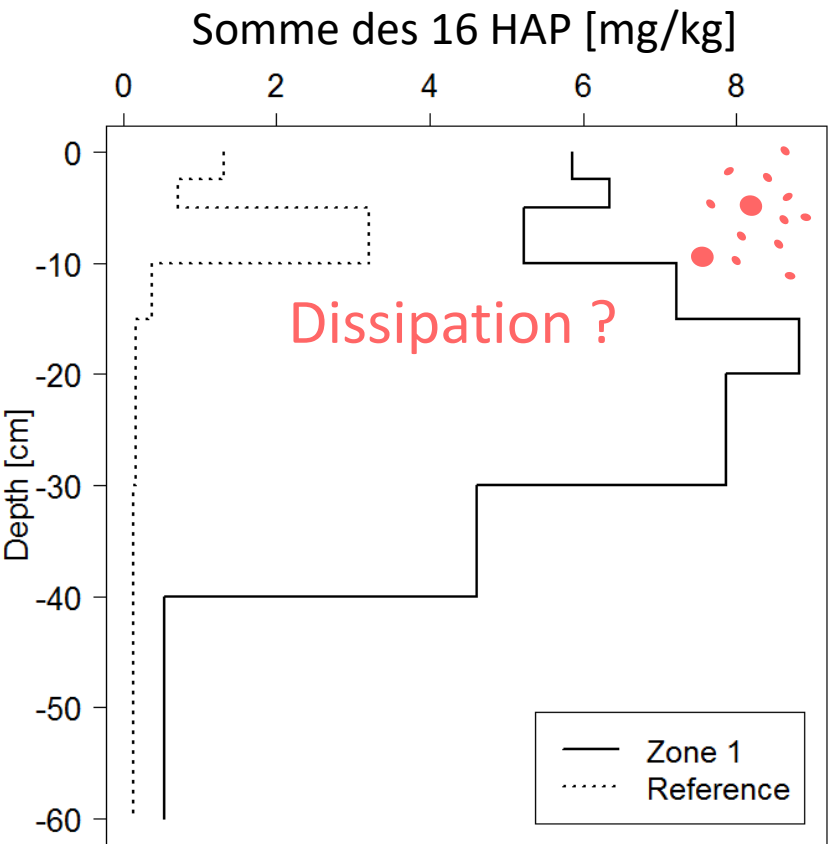
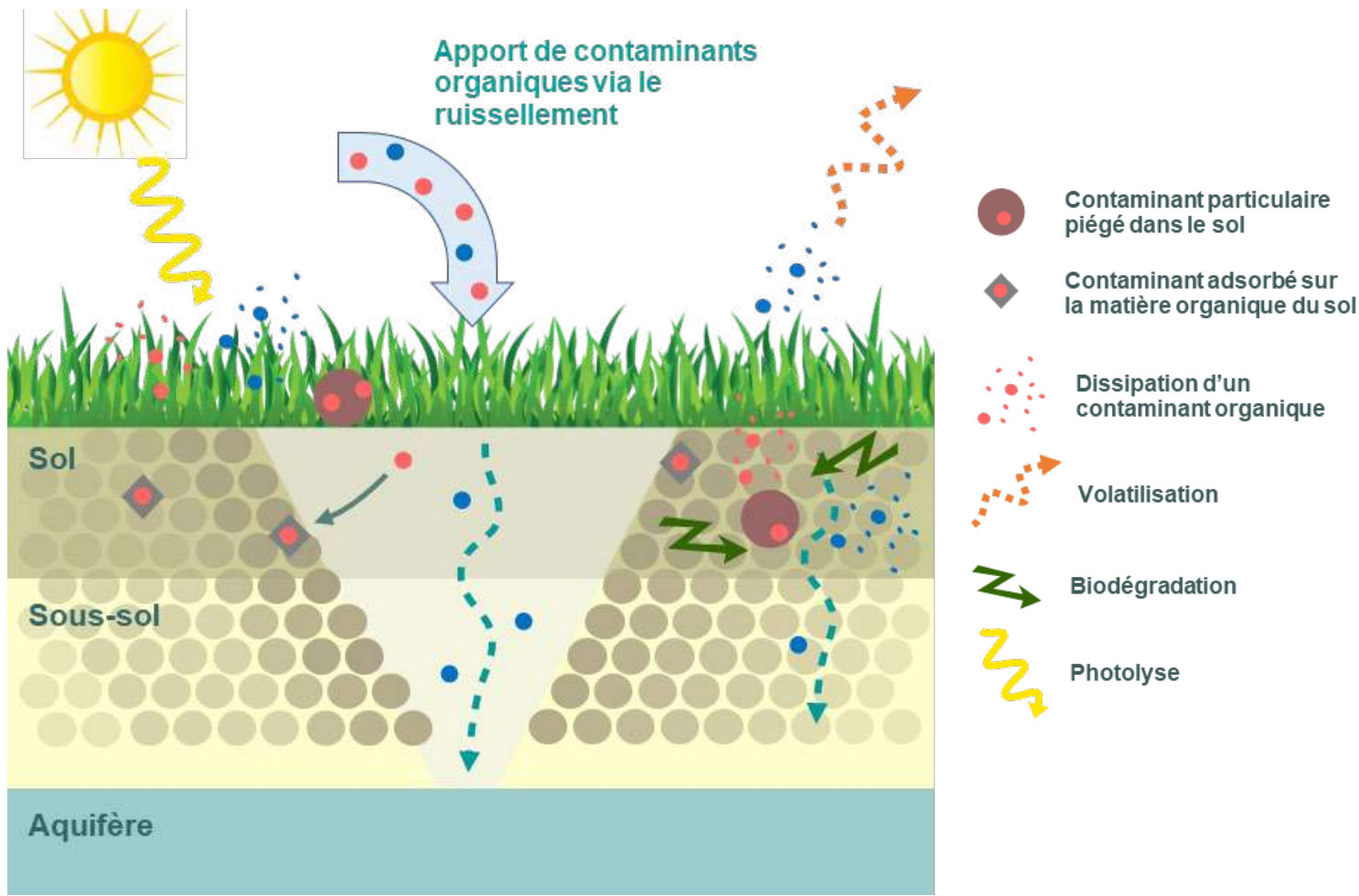




# Étendue spatiale de la zone contaminée

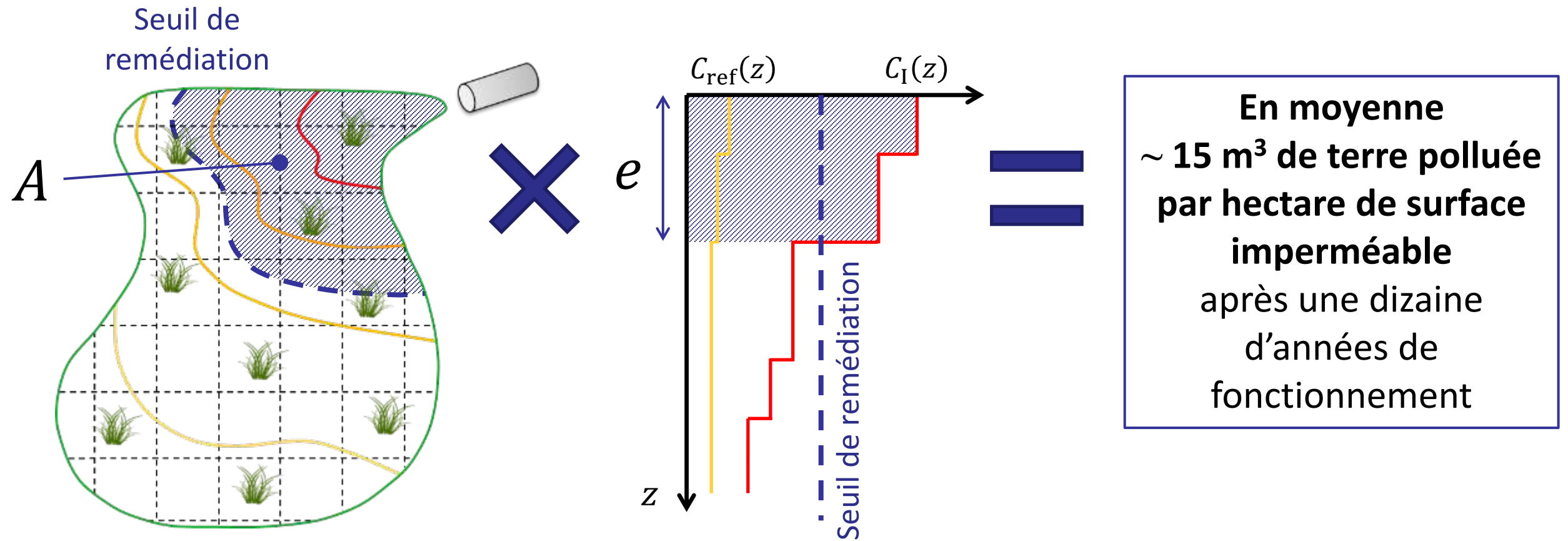


# Étendue spatiale de la zone contaminée





# Quelle maintenance serait nécessaire ?



# Quels points de vigilance en phase de conception ?

Traitement

prétraitement

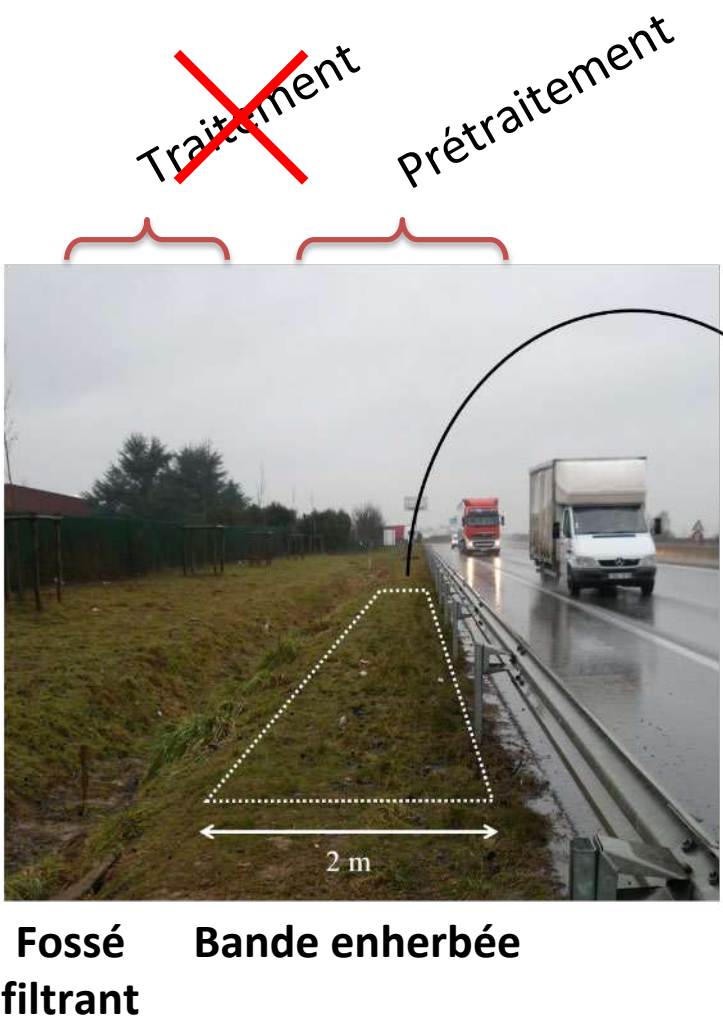


Fossé  
filtrant

Bande enherbée

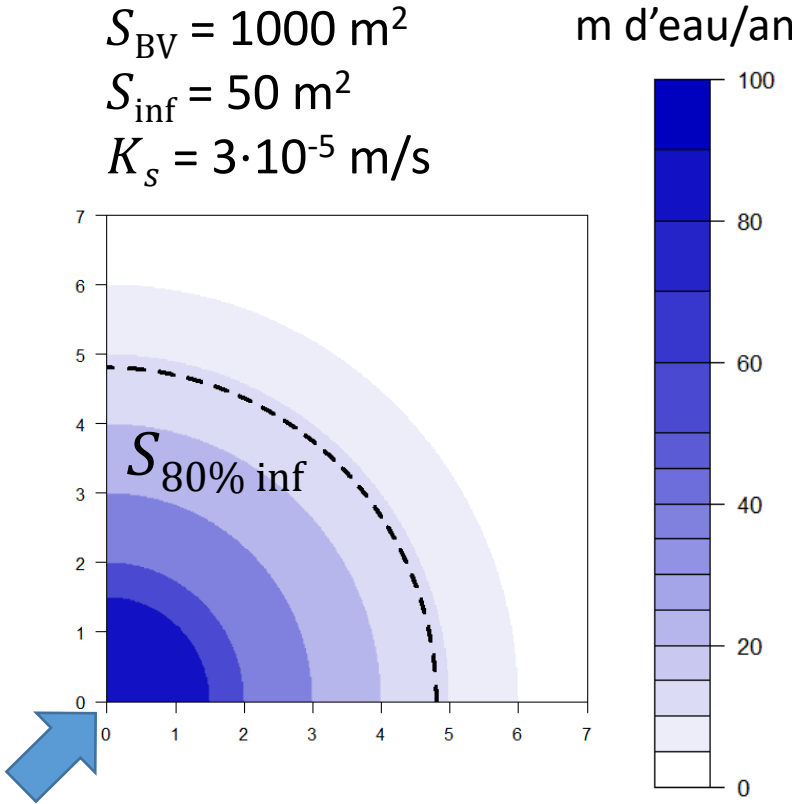
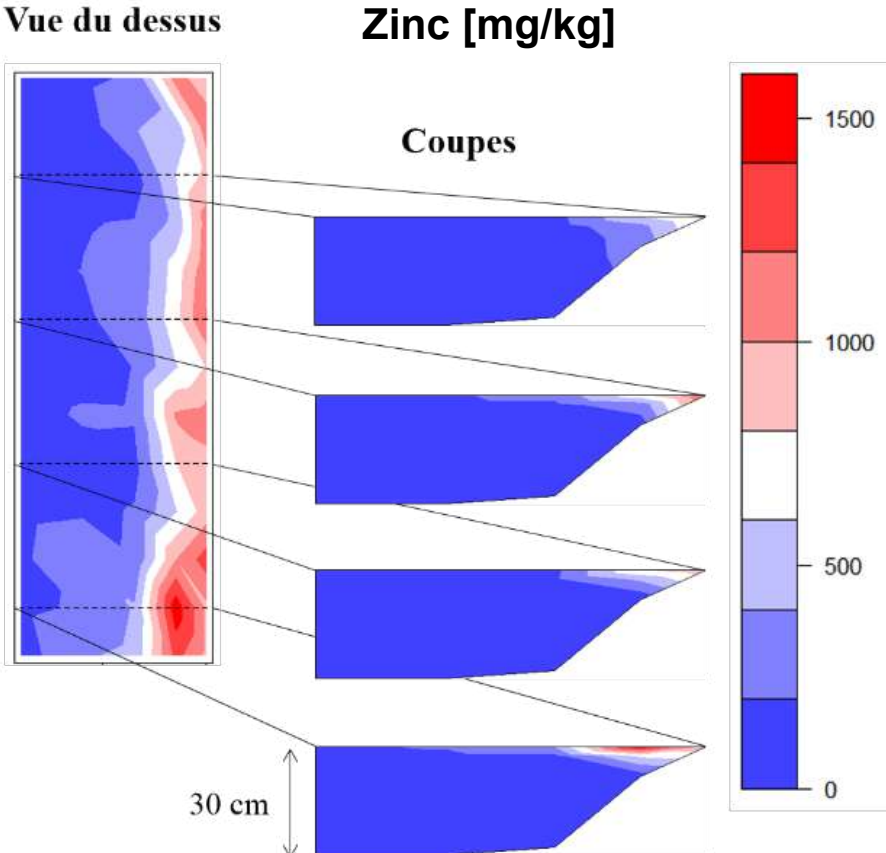


# Quels points de vigilance en phase de conception ?

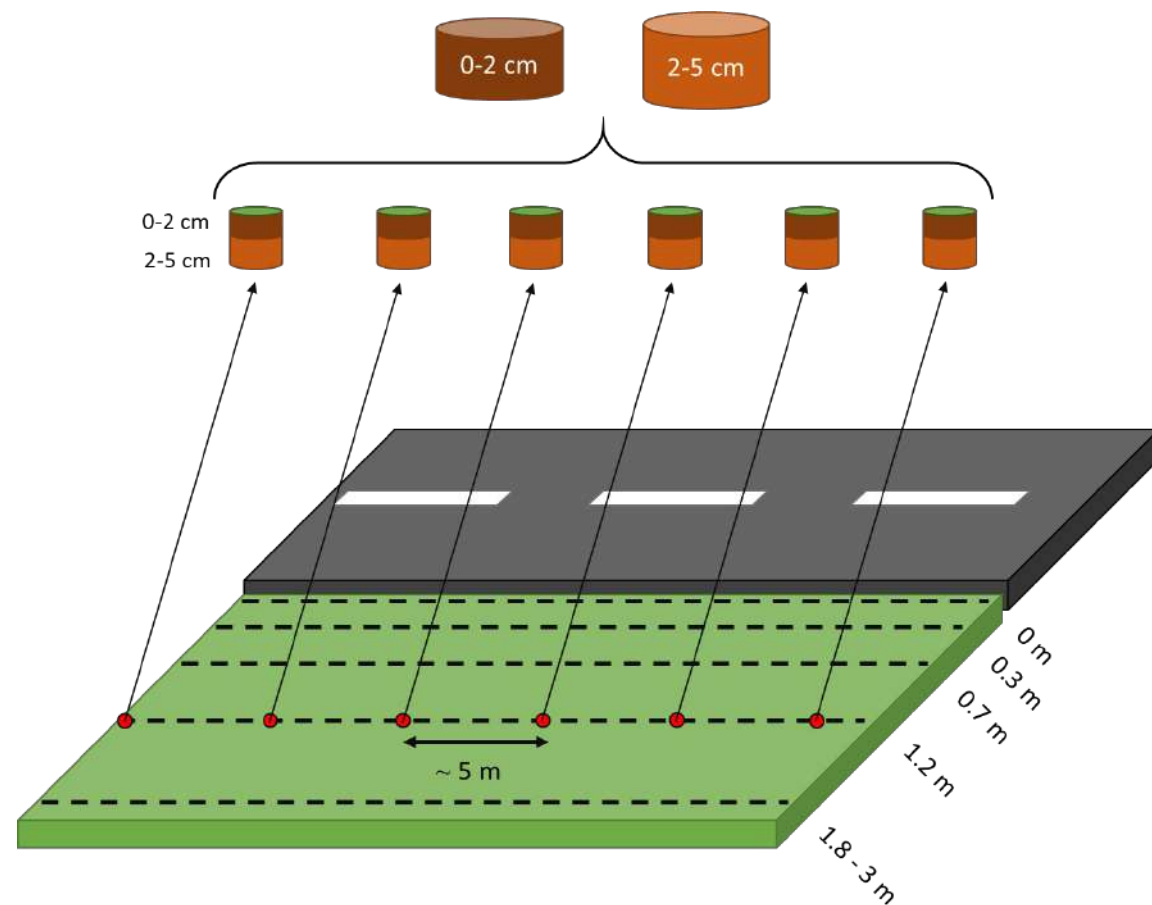


L'ouvrage de traitement ne joue pas son rôle de manière optimale

L'interception a lieu surtout sur la première surface perméable

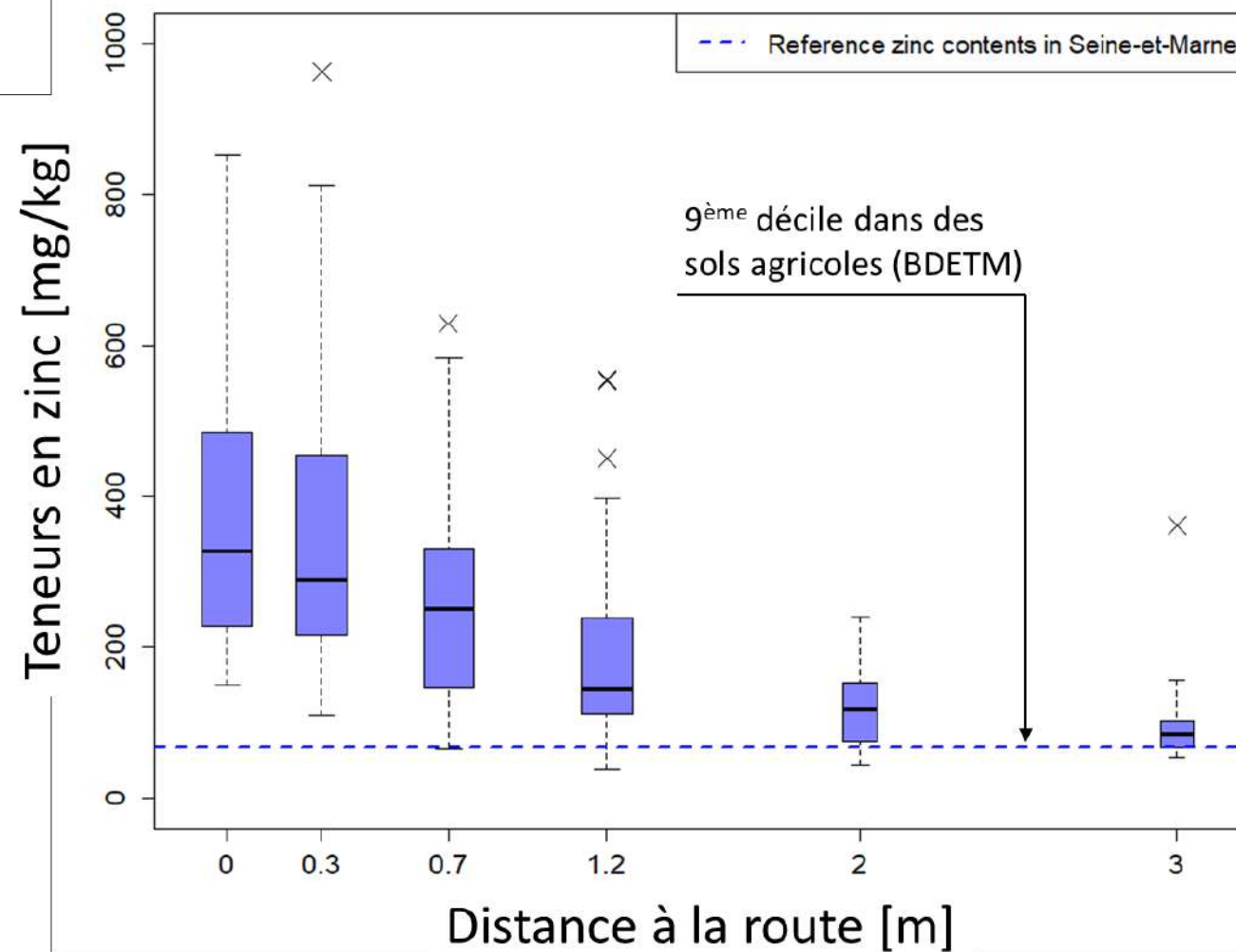
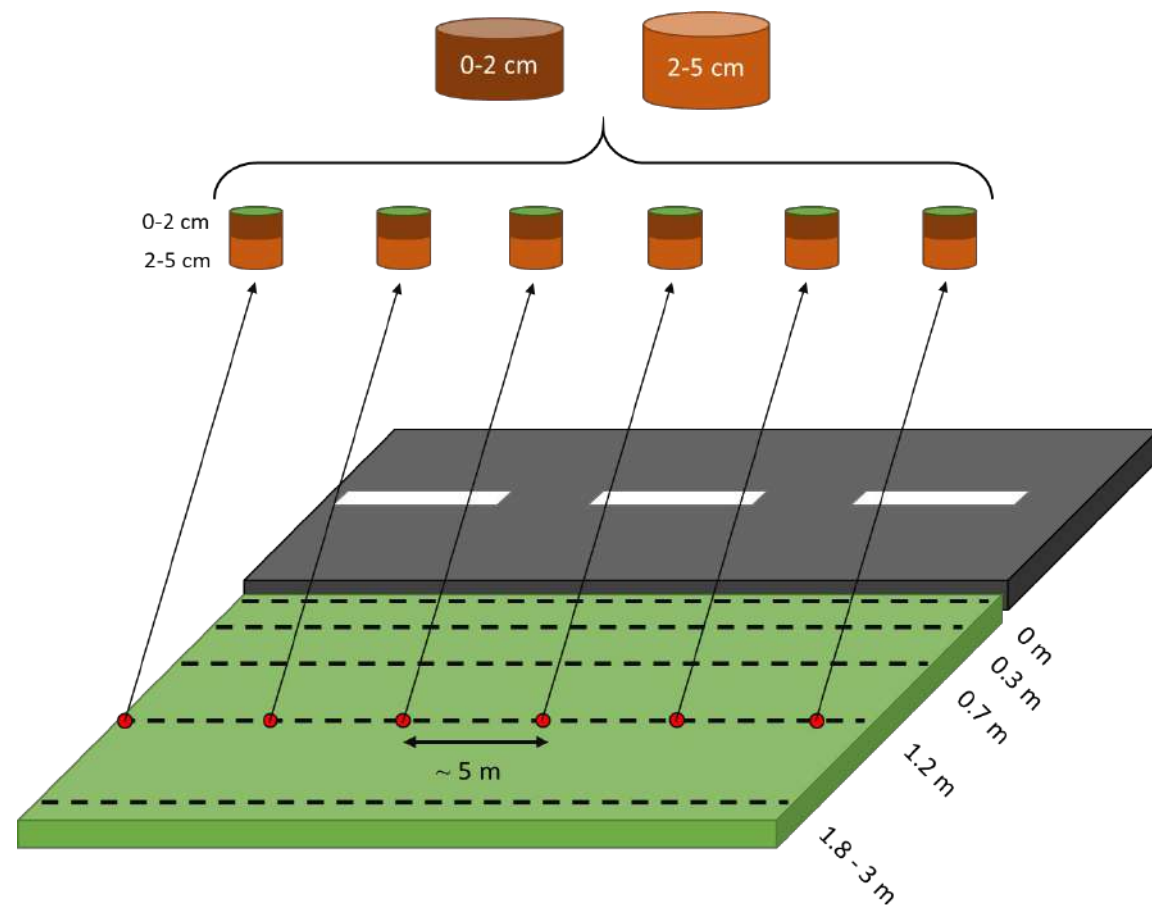


# Quels points de vigilance en phase de conception ?



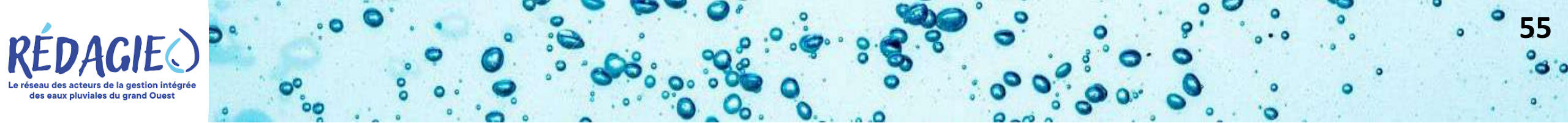


# Quels points de vigilance en phase de conception ?

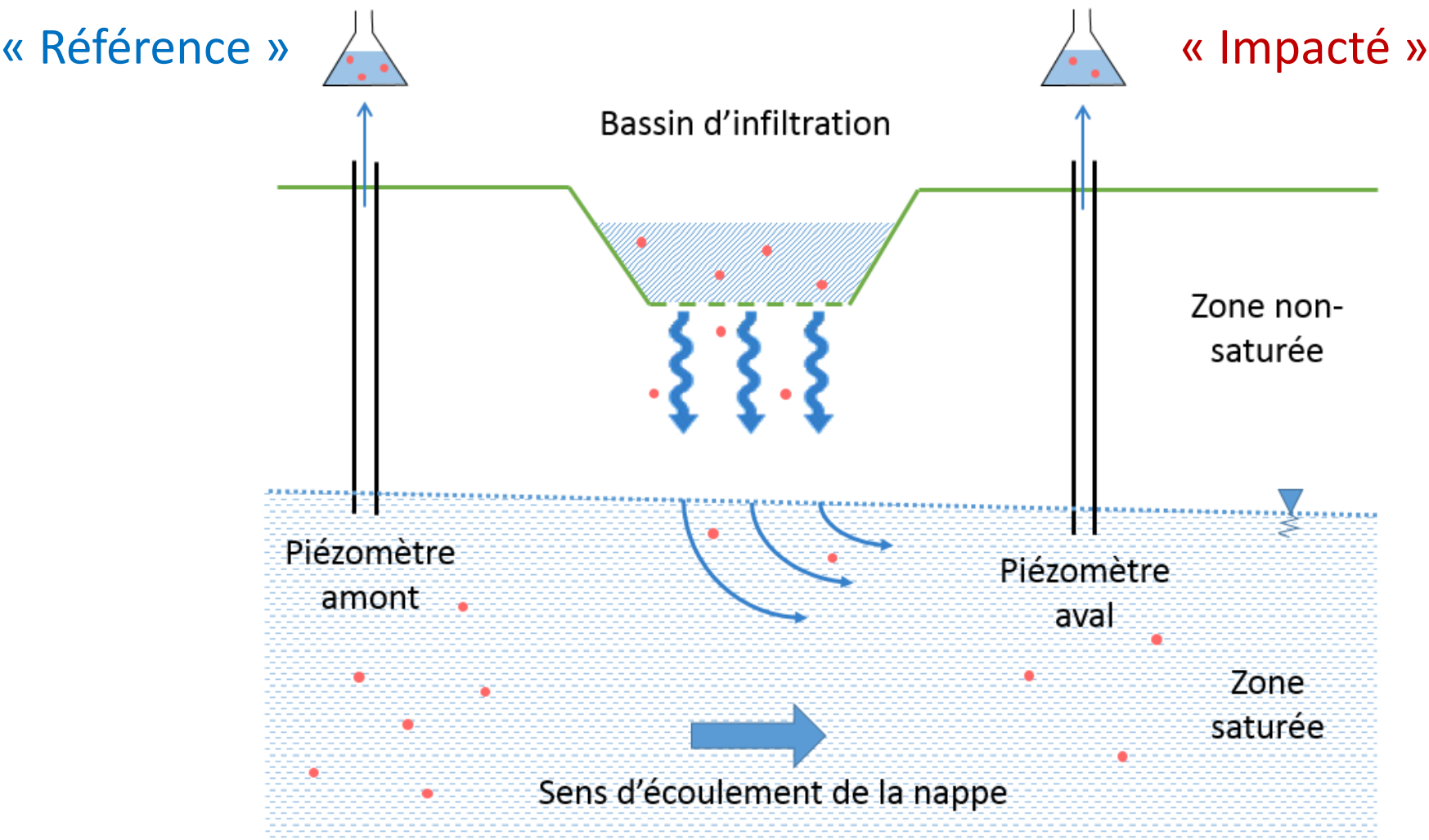




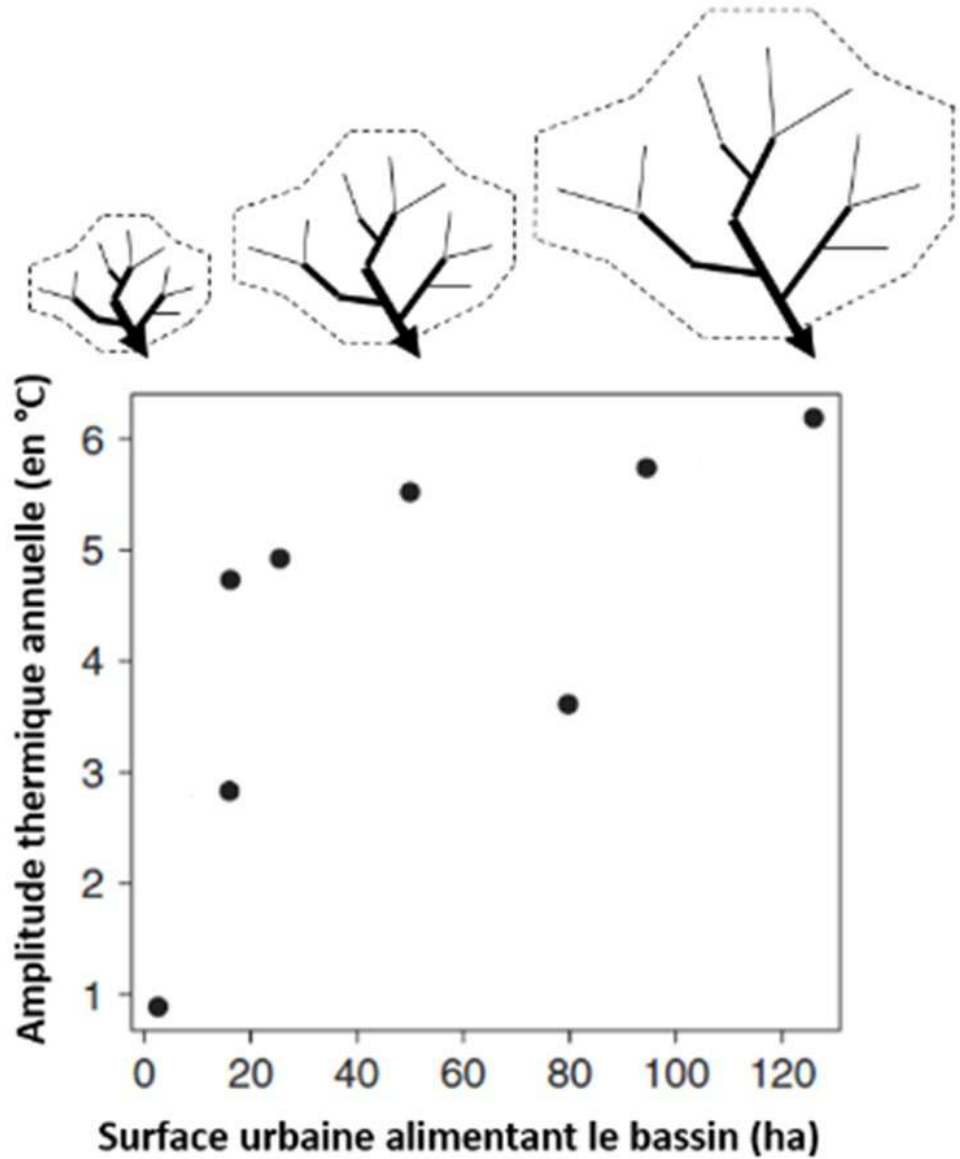
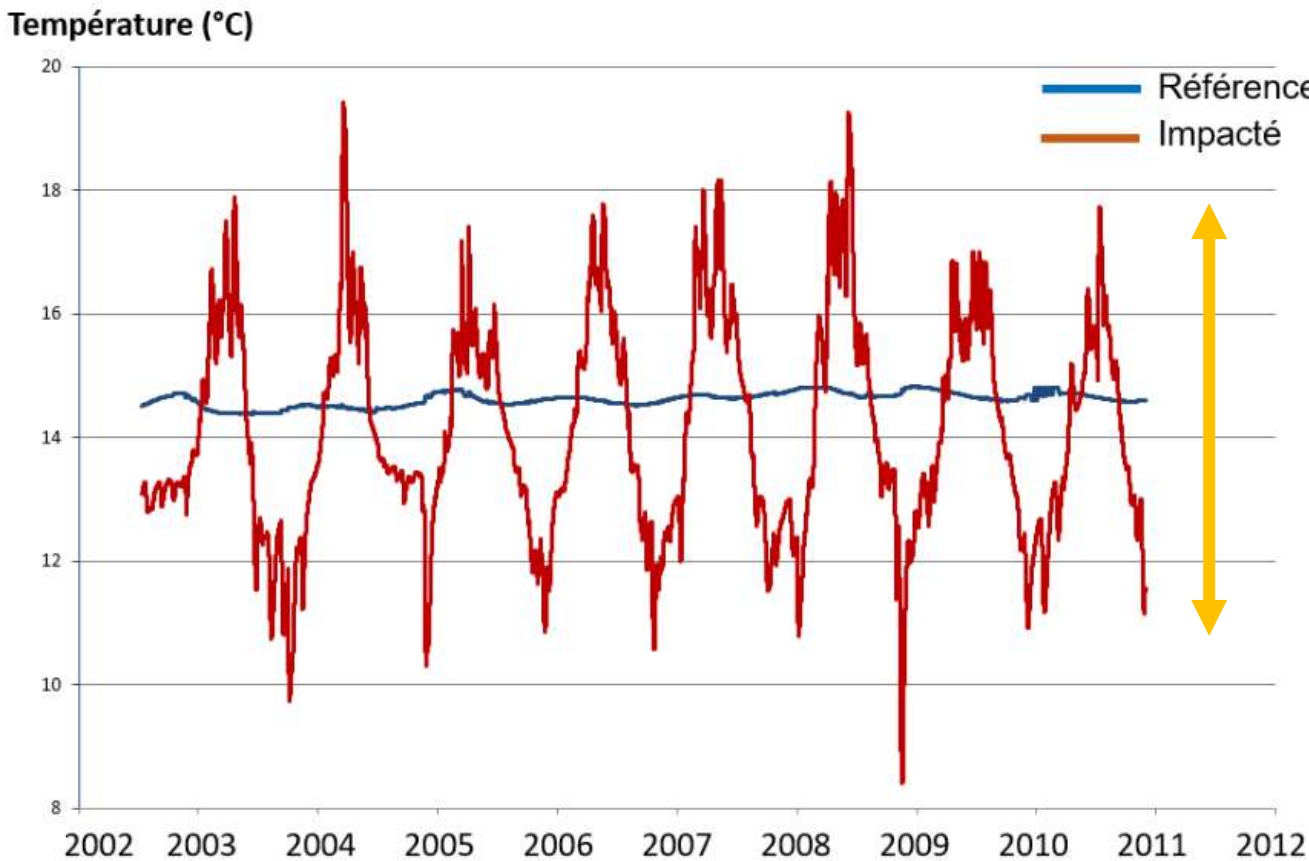




# Quels impacts sur la nappe ?



# Quels impacts sur la nappe ?



Source : Données OTHU, 2012 ; Foulquier et al., 2009 ; Livrable final ANR FROG, 2022



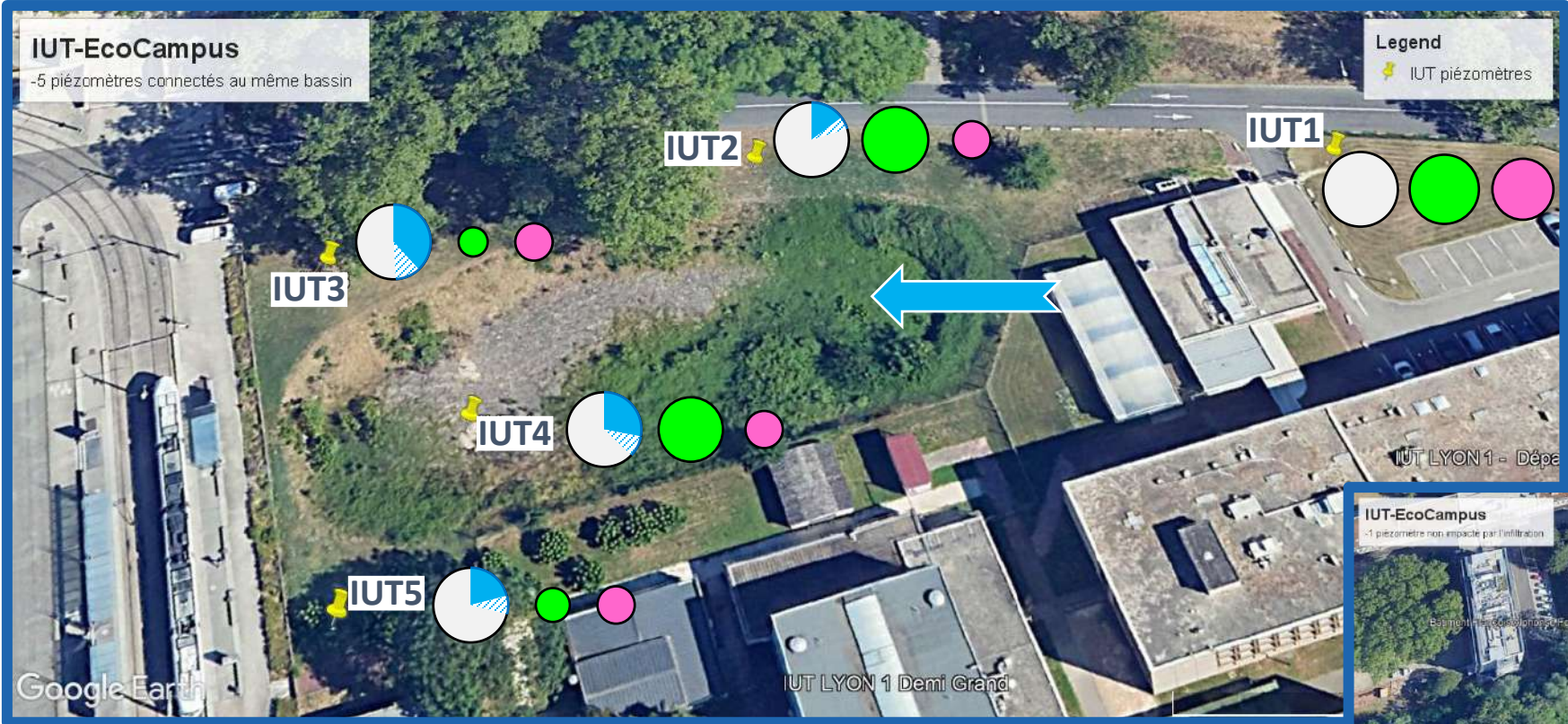
# Quels impacts sur la nappe ?

← Sens d'écoulement de la nappe








# Quels impacts sur la nappe ?



← Sens d'écoulement de la nappe

-  Proportion d'eaux pluviales estimée d'après la conductivité
-  Naphtalène (ng/L) - HAP  
< 20 - 140 ng/L
-  DEET (ng/L) - Insecticide  
< 7 - 19 ng/L

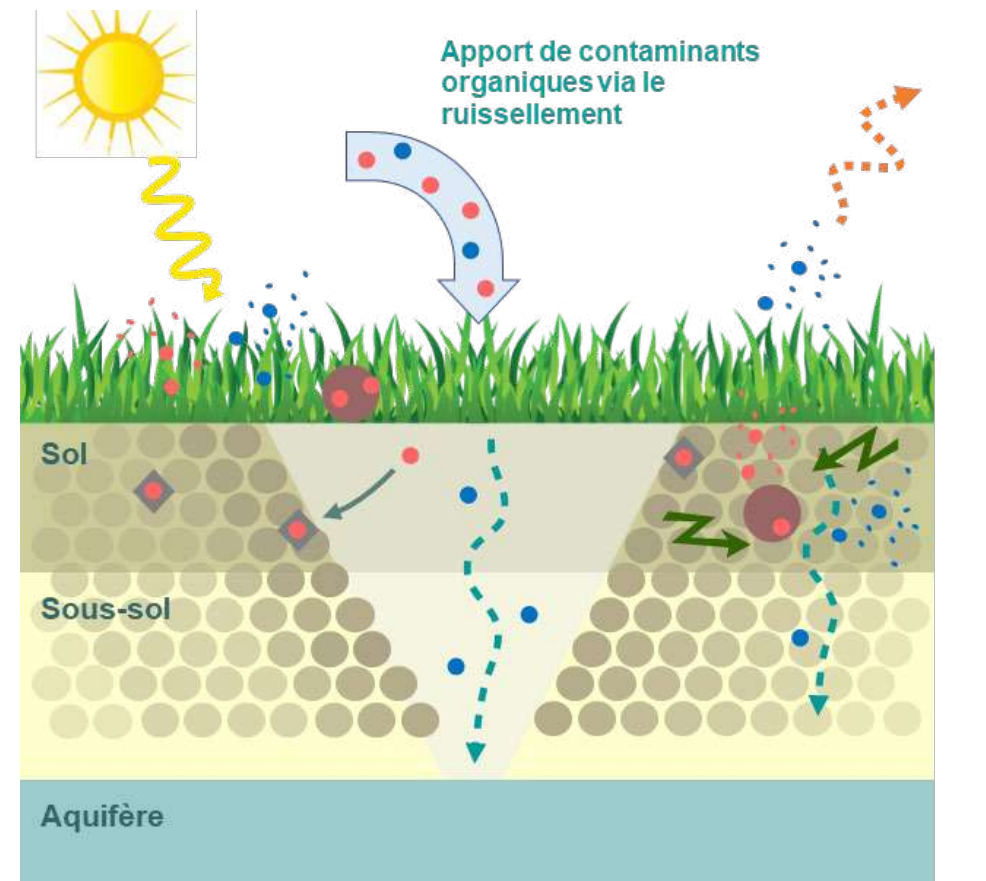
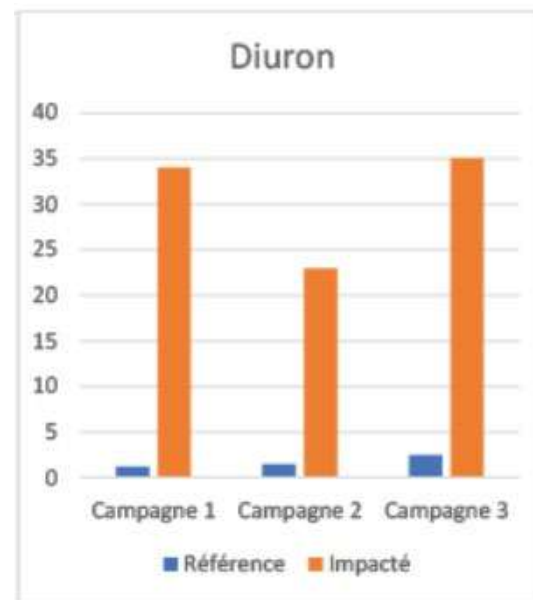
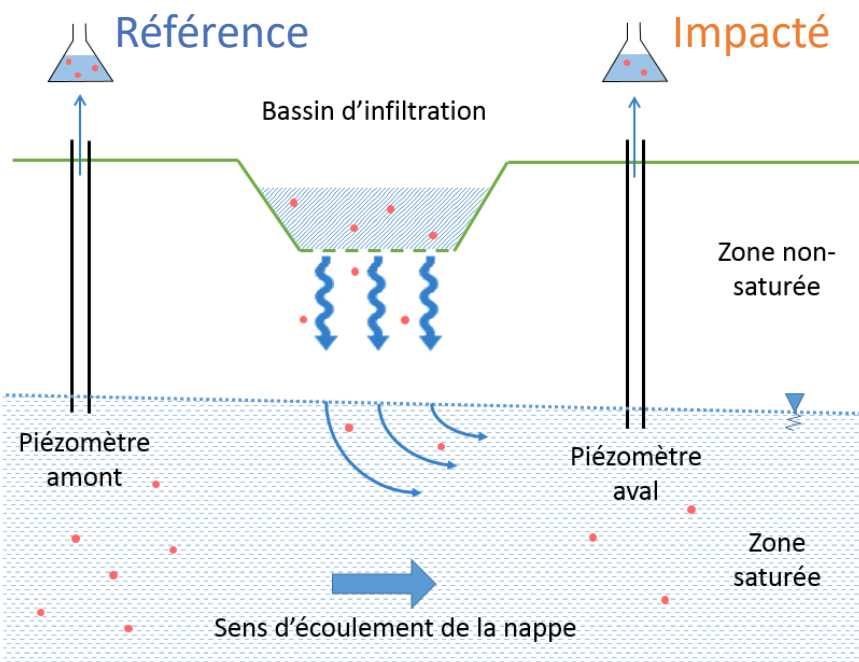


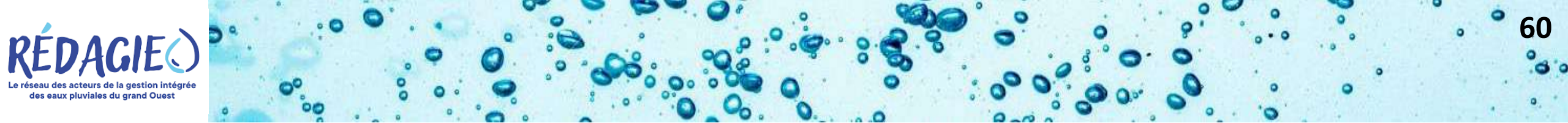
Échantillonnage réalisé après un fort épisode pluvieux



# Quels impacts sur la nappe ?

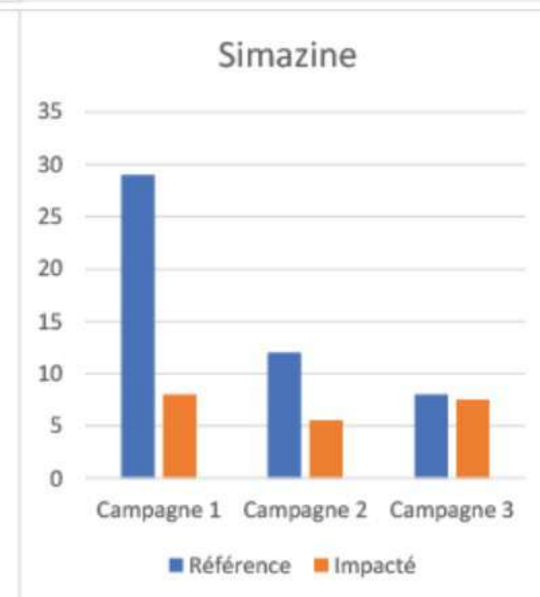
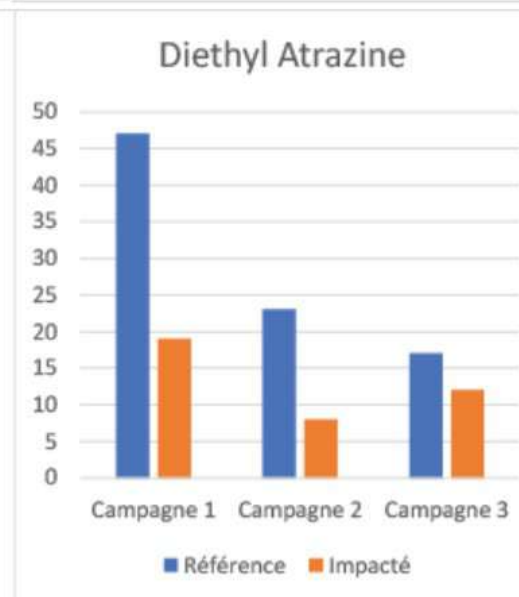
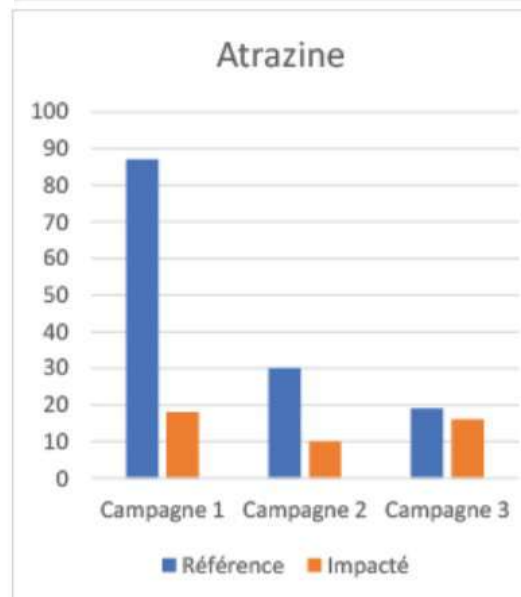
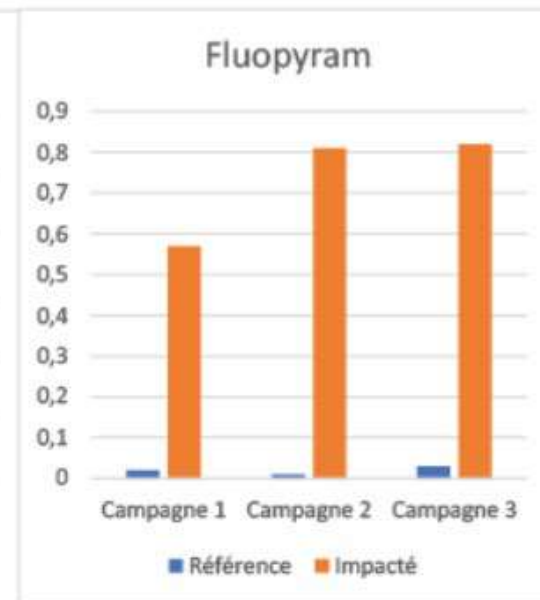
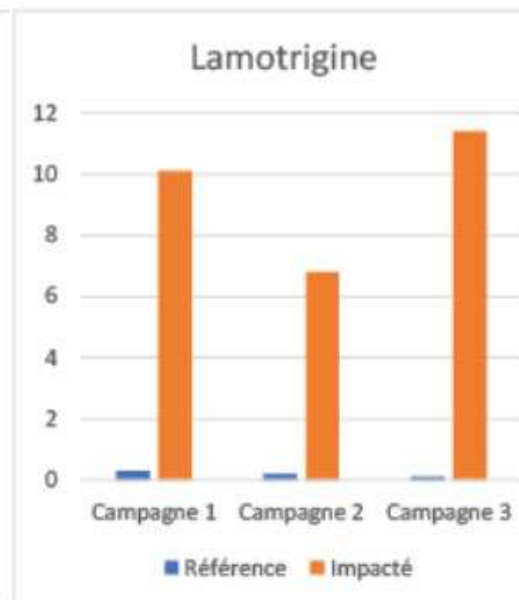
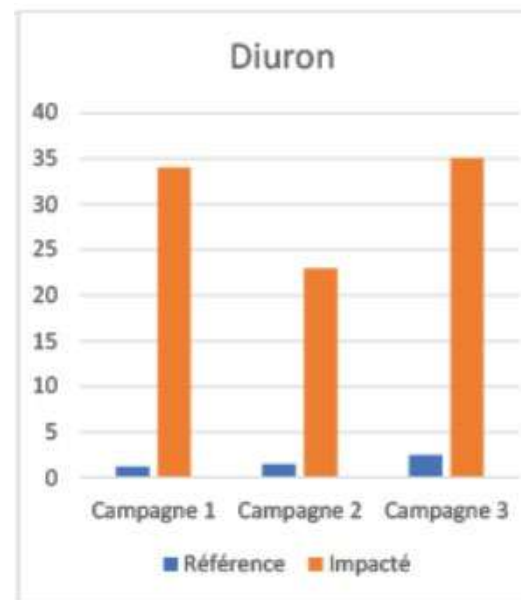
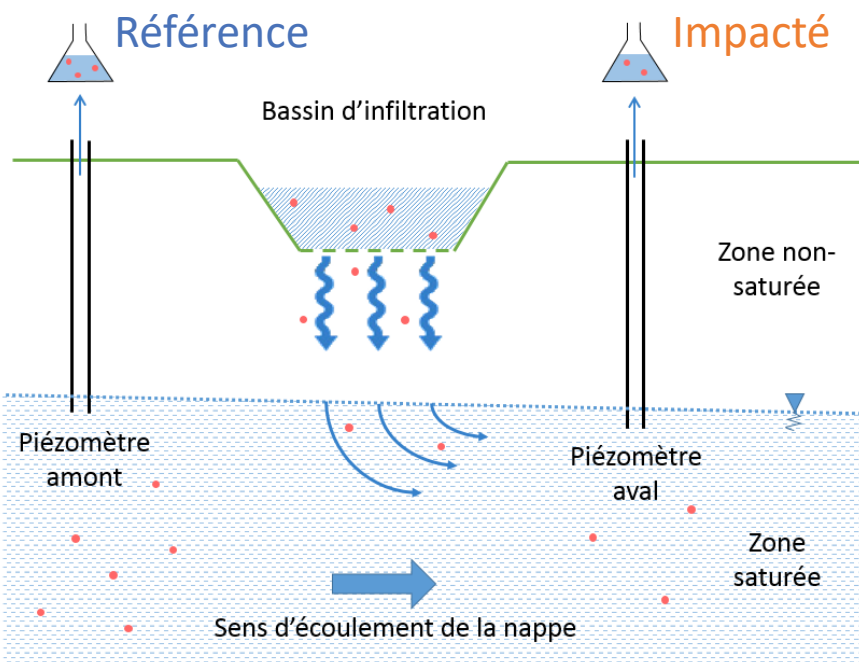
Quantité accumulée sur un  
échantillonneur passif (ng)





# Quels impacts sur la nappe ?

Quantité accumulée sur un  
  chantillonneur passif (ng)





# Merci beaucoup !

damien.tedoldi@insa-lyon.fr

Un grand merci à :

Sylvie Barraud, Jean-Luc Bertrand-Krajewski, Gislain Lipeme-Kouyi, Jérémie Bonneau, Laëtitia Bacot, Vincent Chatain, Milèna Chabert, Florian Mermillod-Blondin, Frédéric Hervant, Lucie Pinasseau, Marie-Christine Gromaire, Ghassan Chebbo, Jérémie Sage, Kelsey Flanagan, Adèle Bressy, Claudia Paijens, Régis Moilleron, Laurine Ferra, Philippe Branchu, Noureddine Bousserhine, Fabrice Rodriguez, Béatrice Béchet, Tim Fletcher

