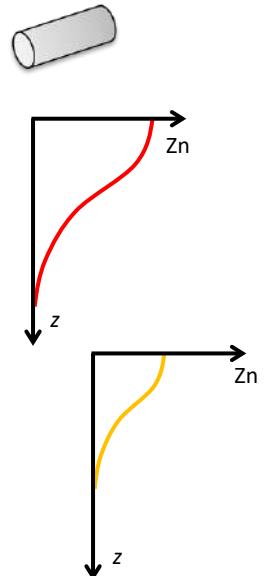
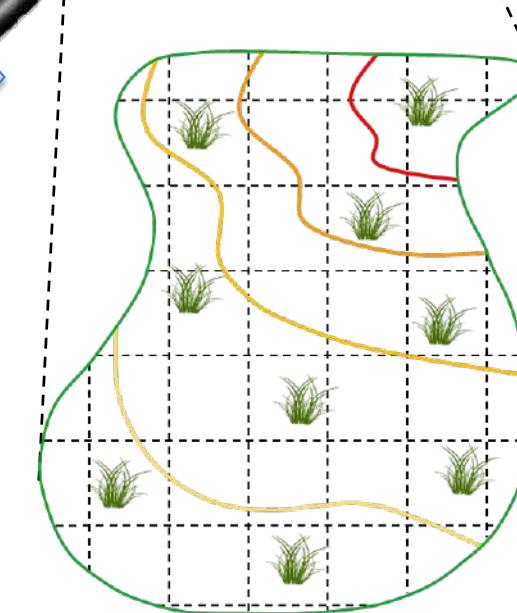
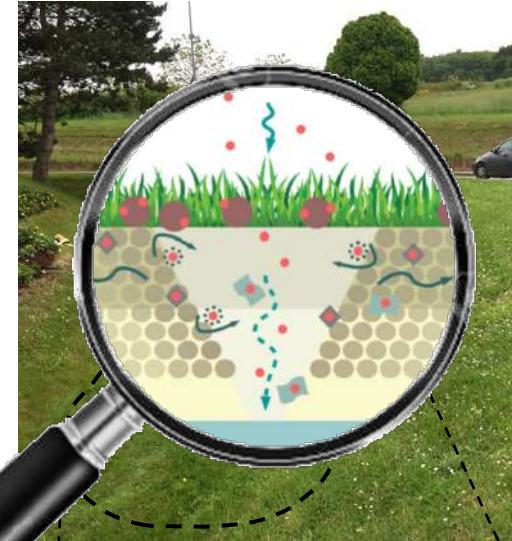
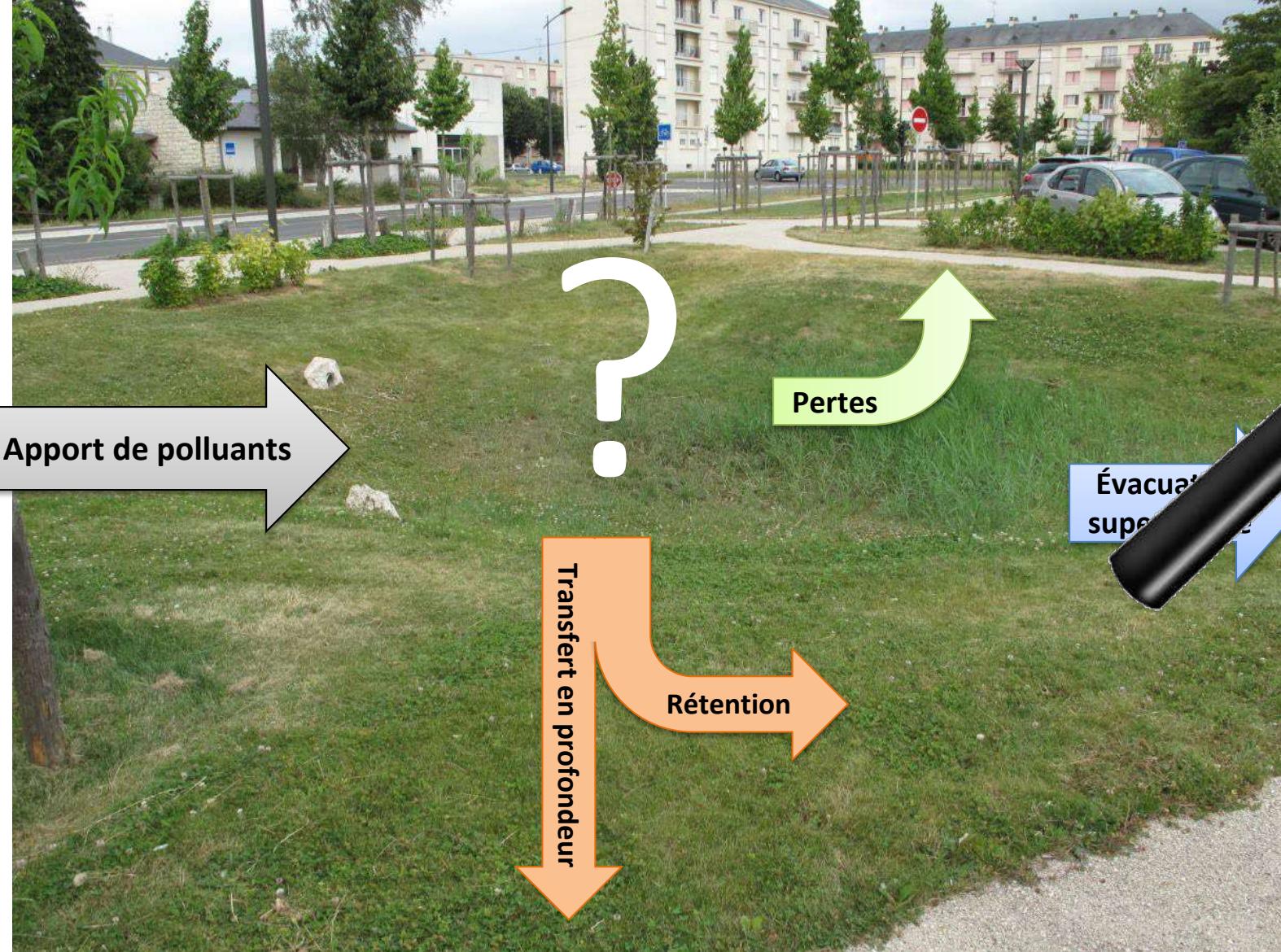


La gestion intégrée des eaux pluviales face aux problématiques de pollution

Damien TEDOLDI,
Maître de conférences
Laboratoire DEEP



Poser quelques ordres de grandeur



$\approx 5 \text{ g}$

--	--	--	--

ng/L

$\mu\text{g}/\text{L}$

mg/L

g/L

Poser quelques ordres de grandeur



$\approx 5 \text{ g}$

Dilué dans
quelques litres d'eau



Poser quelques ordres de grandeur



≈ 5 g

Dilué dans
quelques m³ d'eau



ng/L

µg/L

mg/L

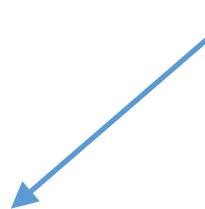
g/L

Poser quelques ordres de grandeur



$\approx 5 \text{ g}$

Dilué dans quelques milliers de m^3 d'eau



ng/L

$\mu\text{g}/\text{L}$

mg/L

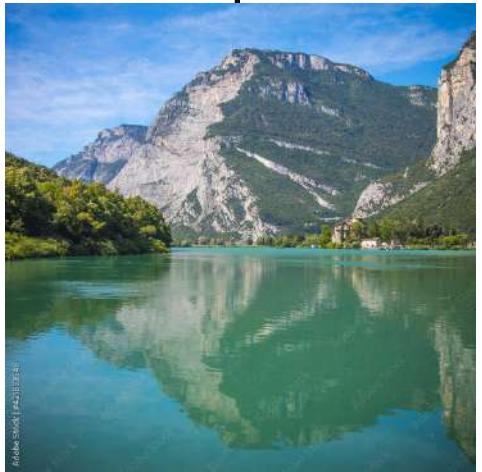
g/L

Poser quelques ordres de grandeur

Dilué dans quelques millions de m³ d'eau



≈ 5 g



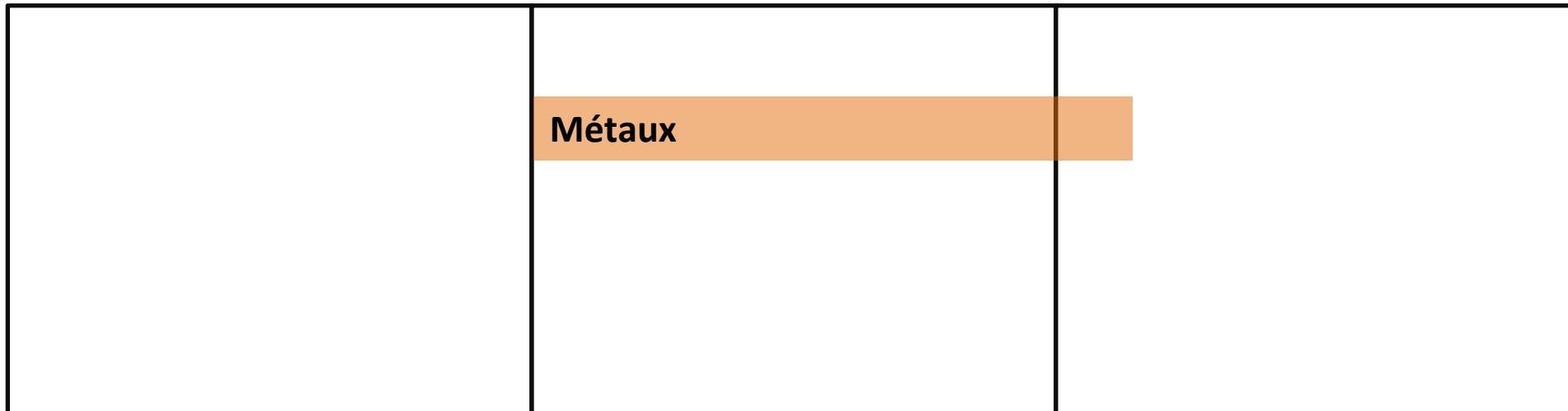
ng/L

µg/L

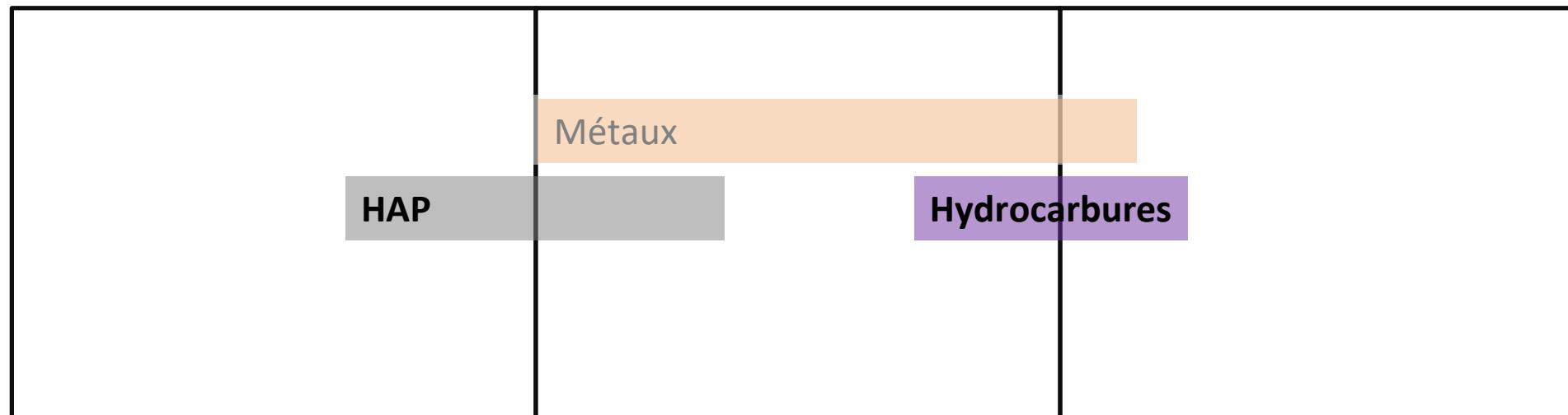
mg/L

g/L

De quelle pollution parle-t-on ?



De quelle pollution parle-t-on ?



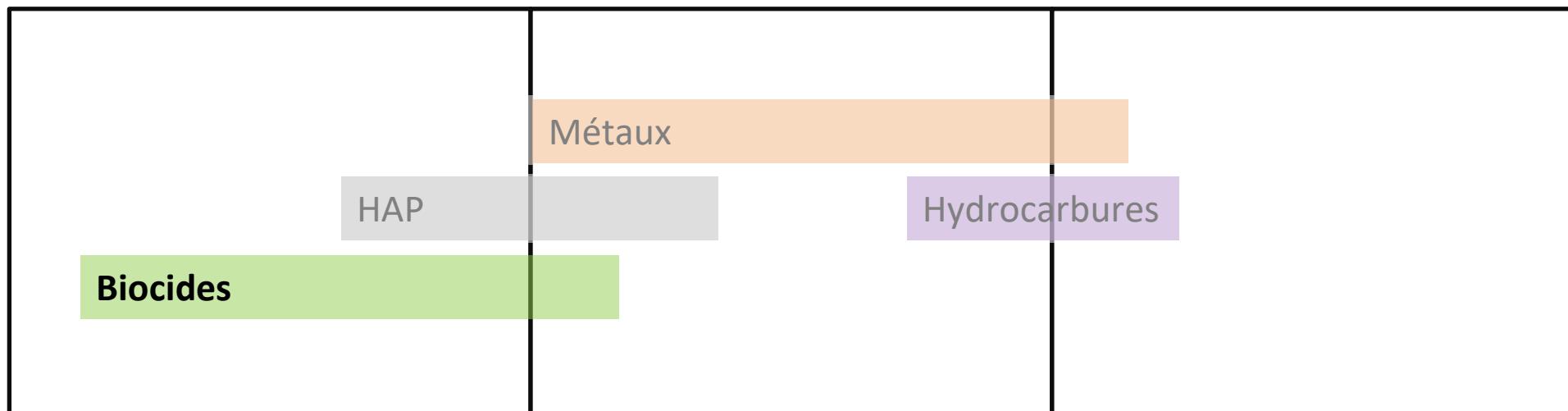
ng/L

µg/L

mg/L

g/L

De quelle pollution parle-t-on ?



ng/L

µg/L

mg/L

g/L

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.

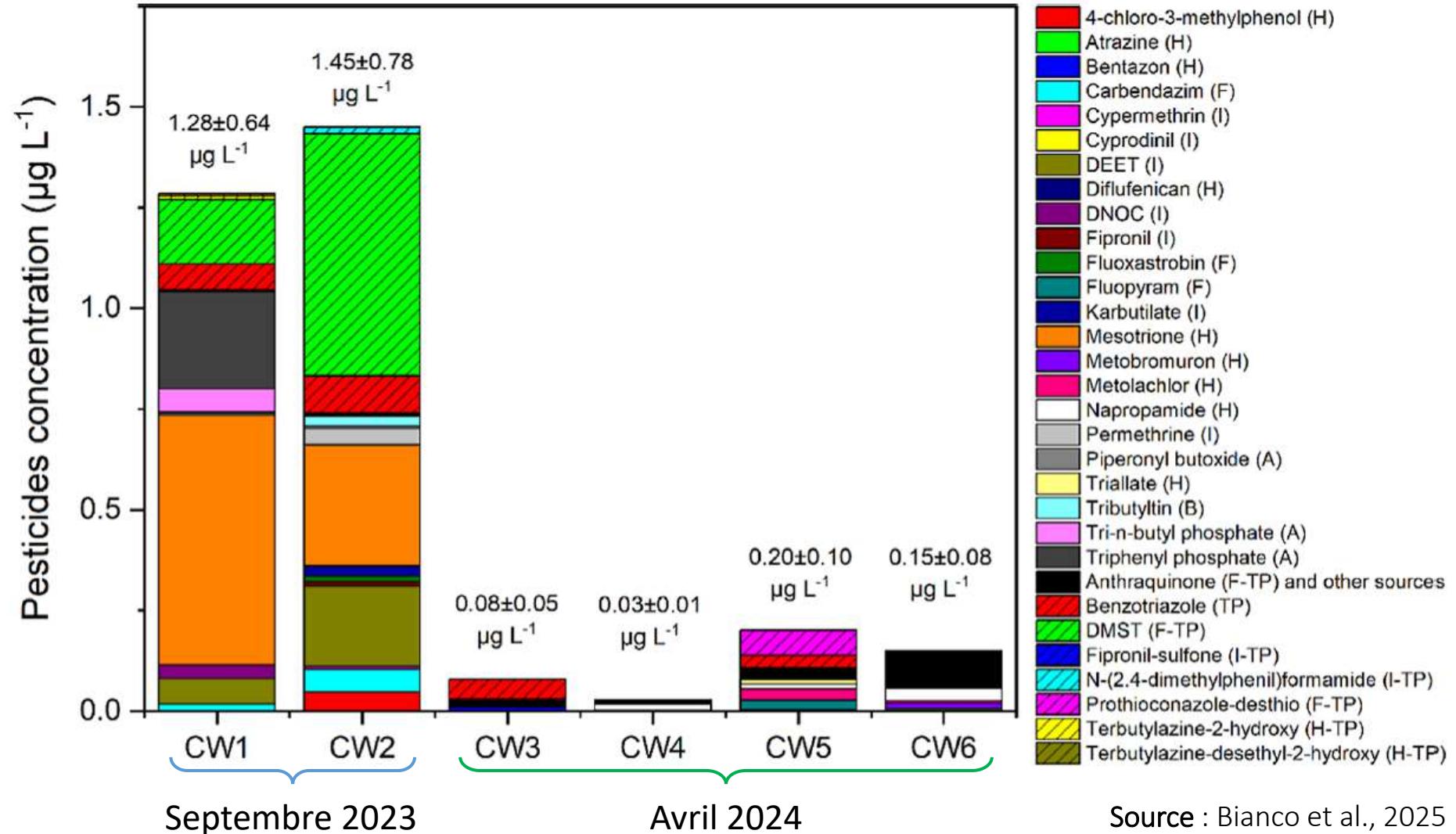
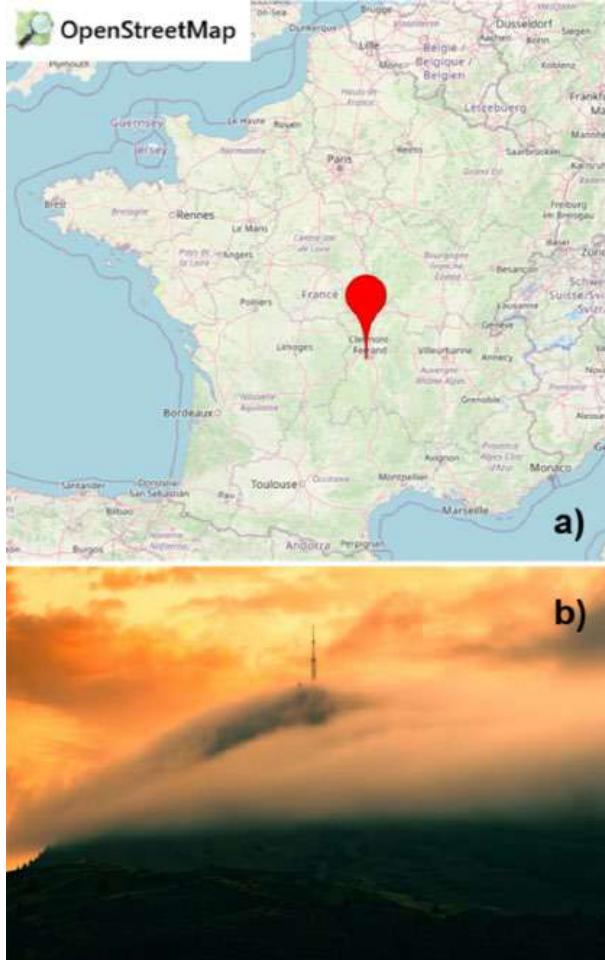
Par Stéphane Foucart

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

De quelle pollution parle-t-on ?

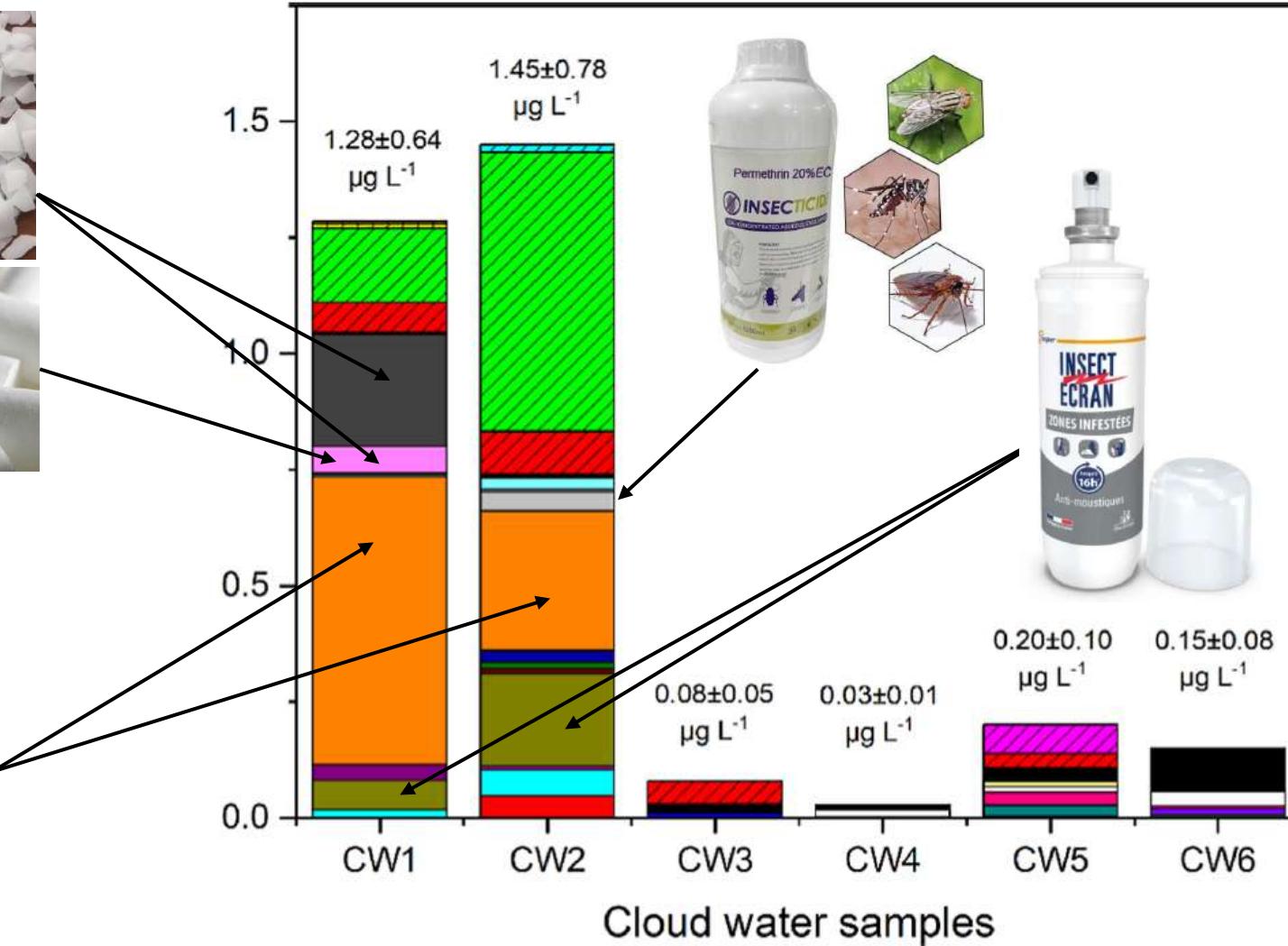


De quelle pollution parle-t-on ?



Source : Bianco et al., 2025

De quelle pollution parle-t-on ?



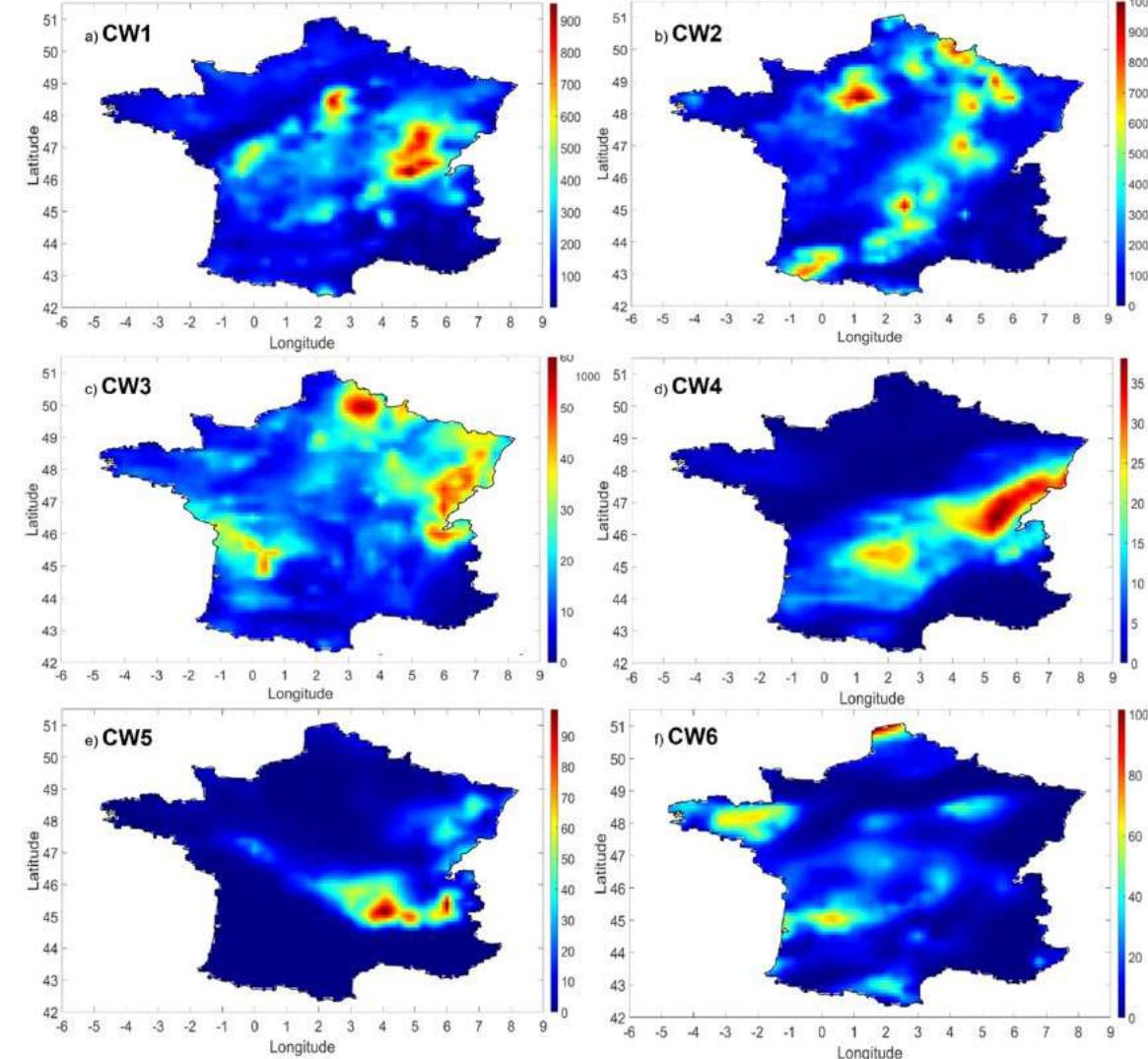
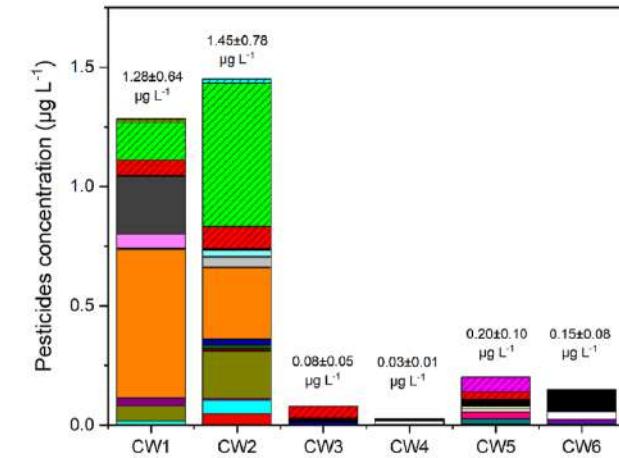
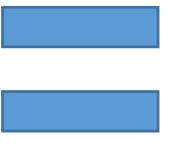
- 4-chloro-3-methylphenol (H)
- Atrazine (H)
- Bentazon (H)
- Carbendazim (F)
- Cypermethrin (I)
- Cyprodinil (I)
- DEET (I)
- Diflufenican (H)
- DNOC (I)
- Fipronil (I)
- Fluoxastrobin (F)
- Fluopyram (F)
- Karbutilate (I)
- Mesotrione (H)
- Metobromuron (H)
- Metolachlor (H)
- Napropamide (H)
- Permethrine (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-destho (F-TP)
- Terbutylazine-2-hydroxy (H-TP)
- Terbutylazine-desethyl-2-hydroxy (H-TP)

De quelle pollution parle-t-on ?

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



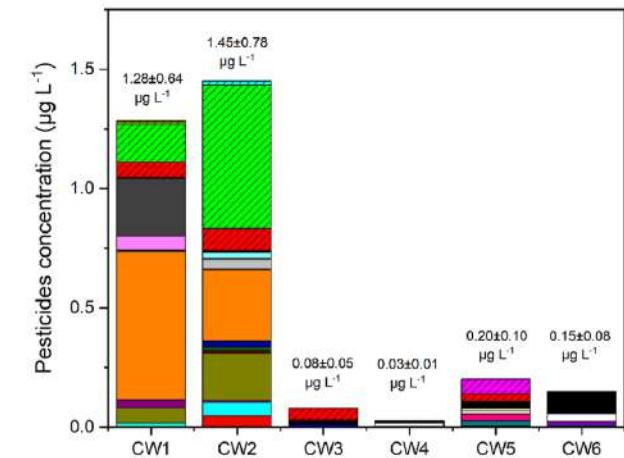
Couverture
nuageuse
au-dessus
de la France



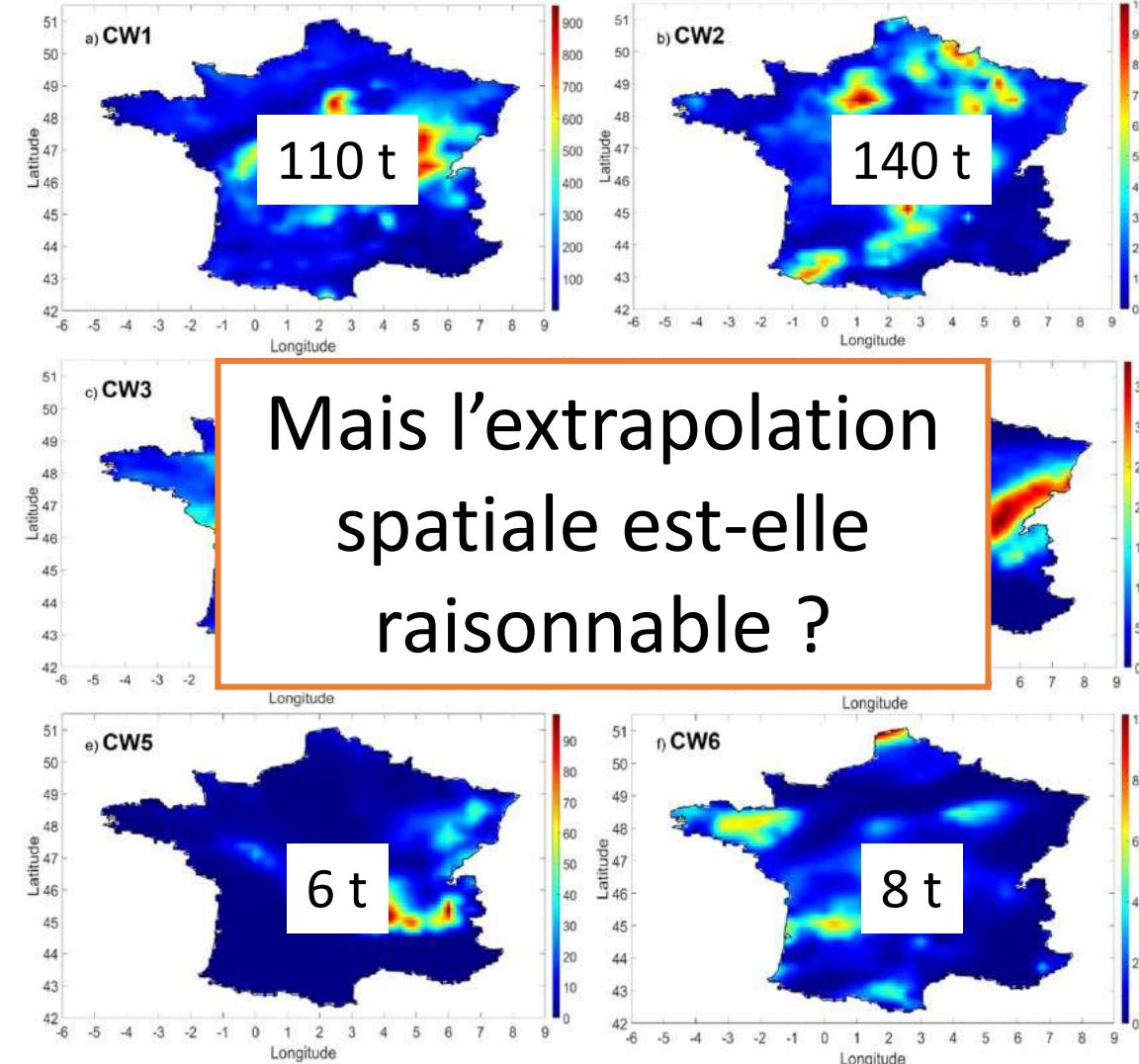
De quelle pollution parle-t-on ?



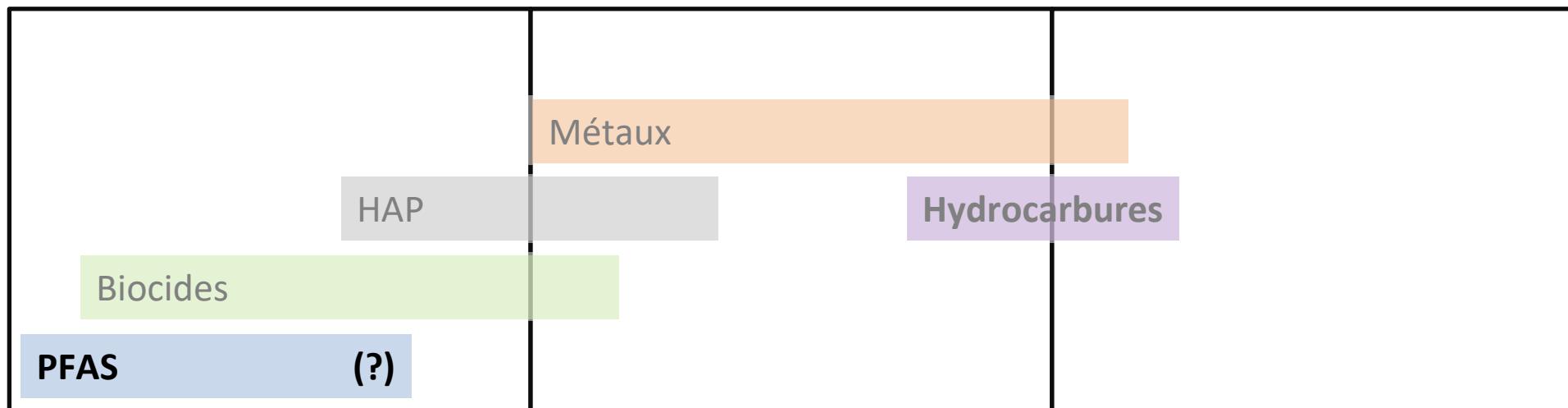
Couverture
nuageuse
au-dessus
de la France



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



De quelle pollution parle-t-on ?



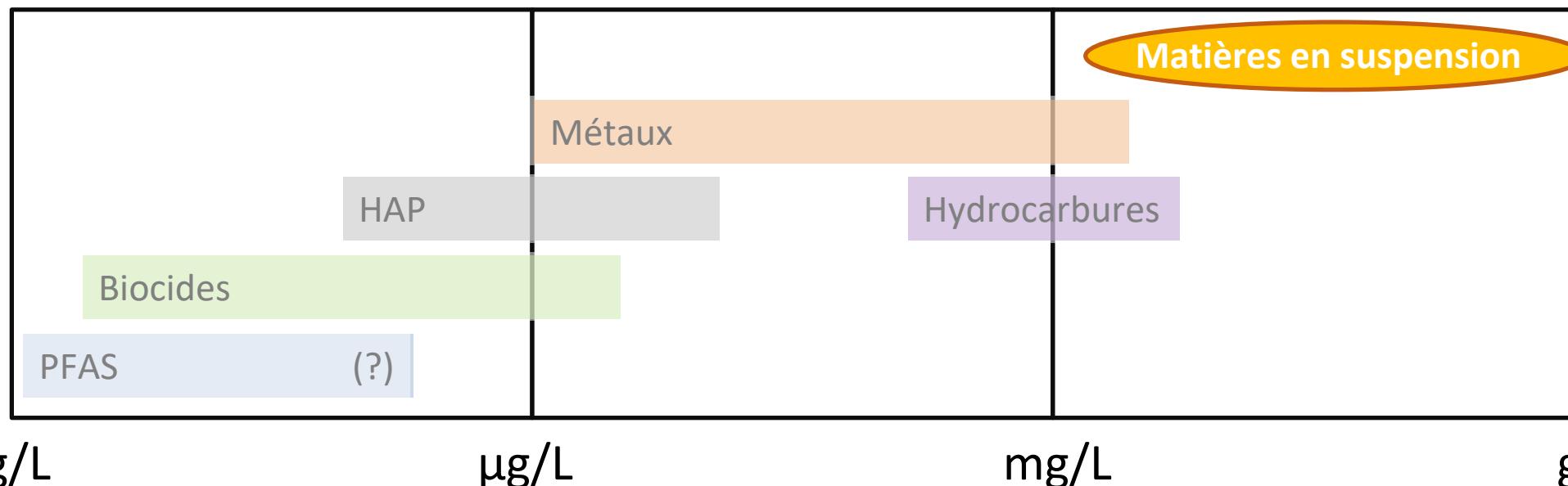
ng/L

μg/L

mg/L

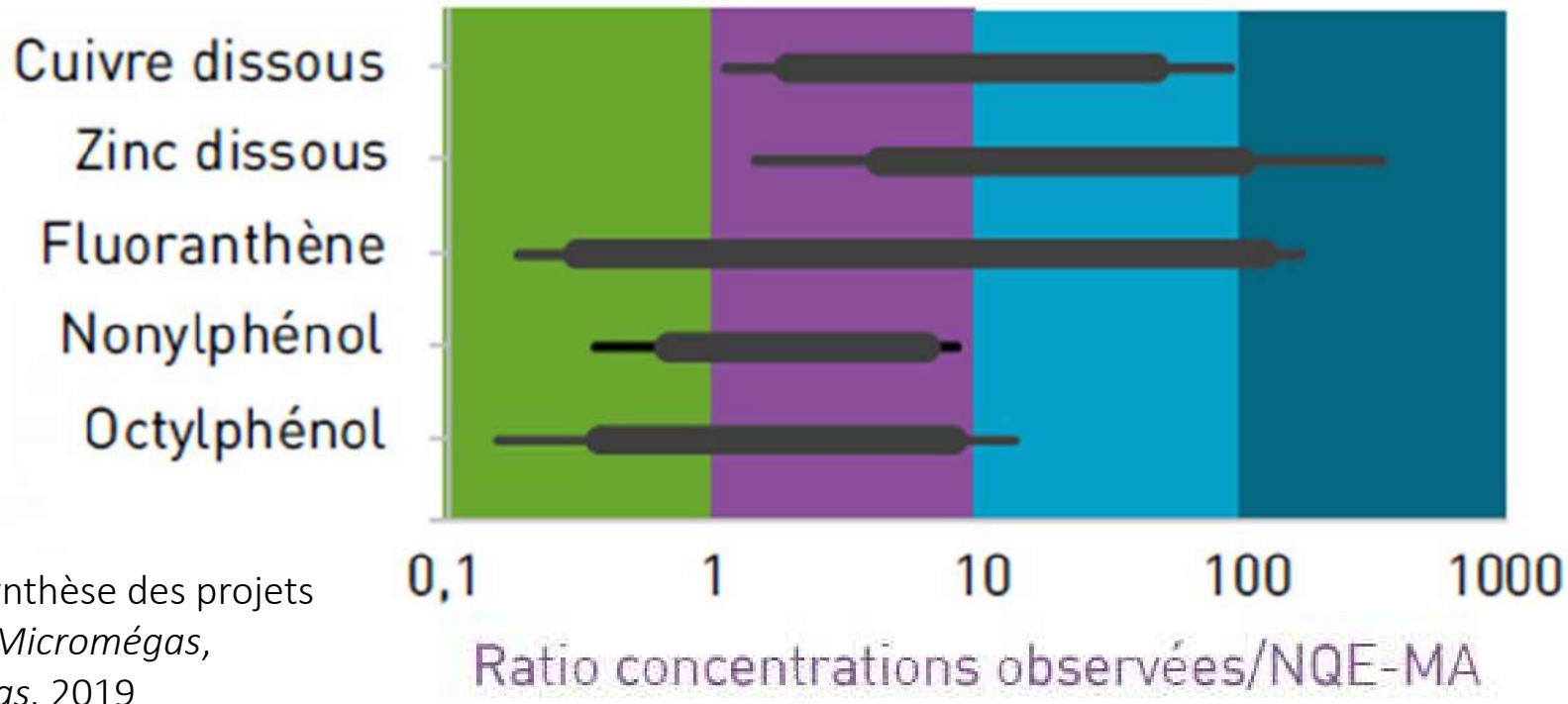
g/L

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



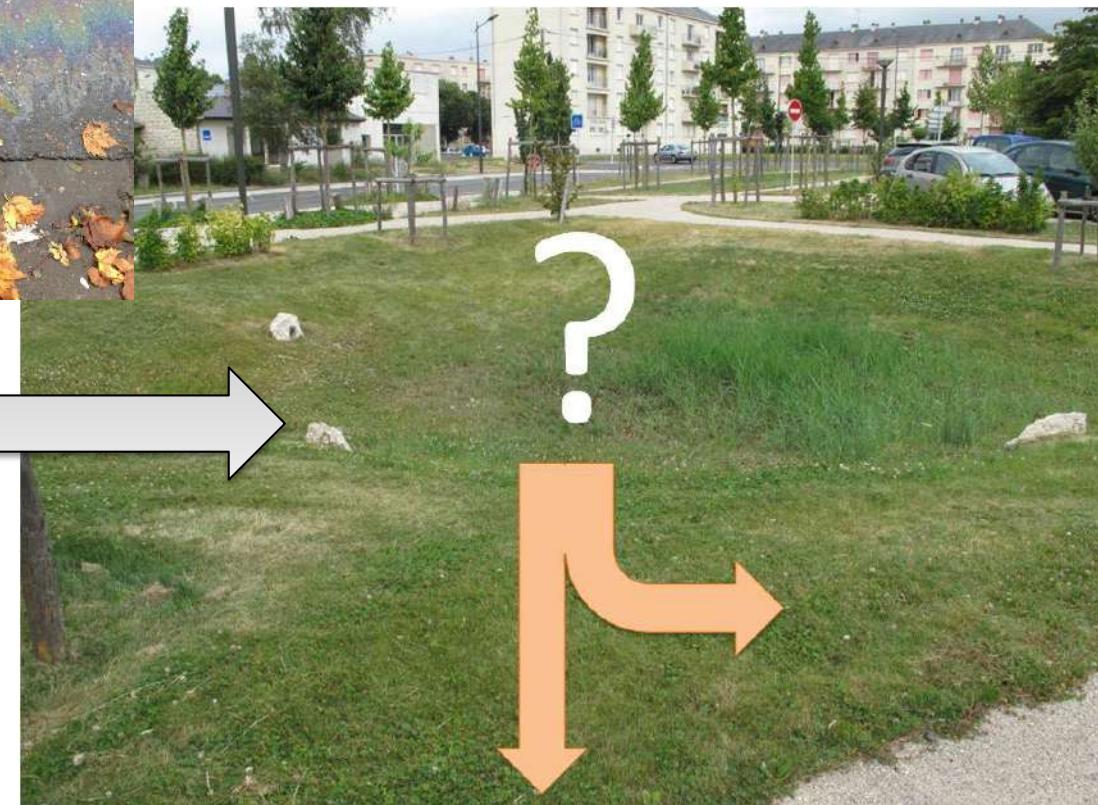
Bien poser le problème

- 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 ?



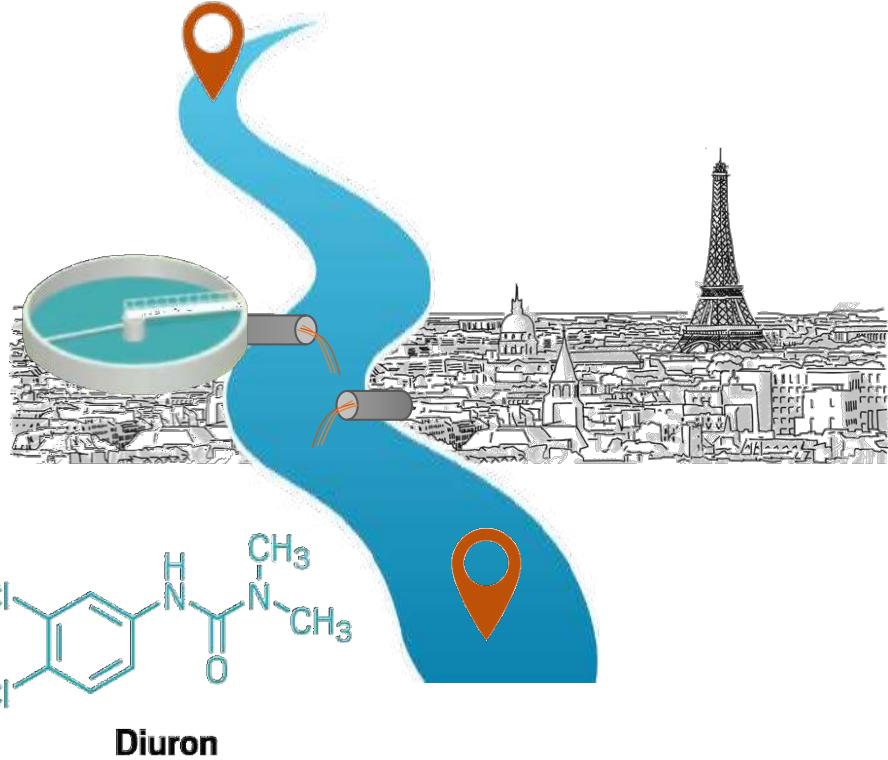
Bien poser le problème

- **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...

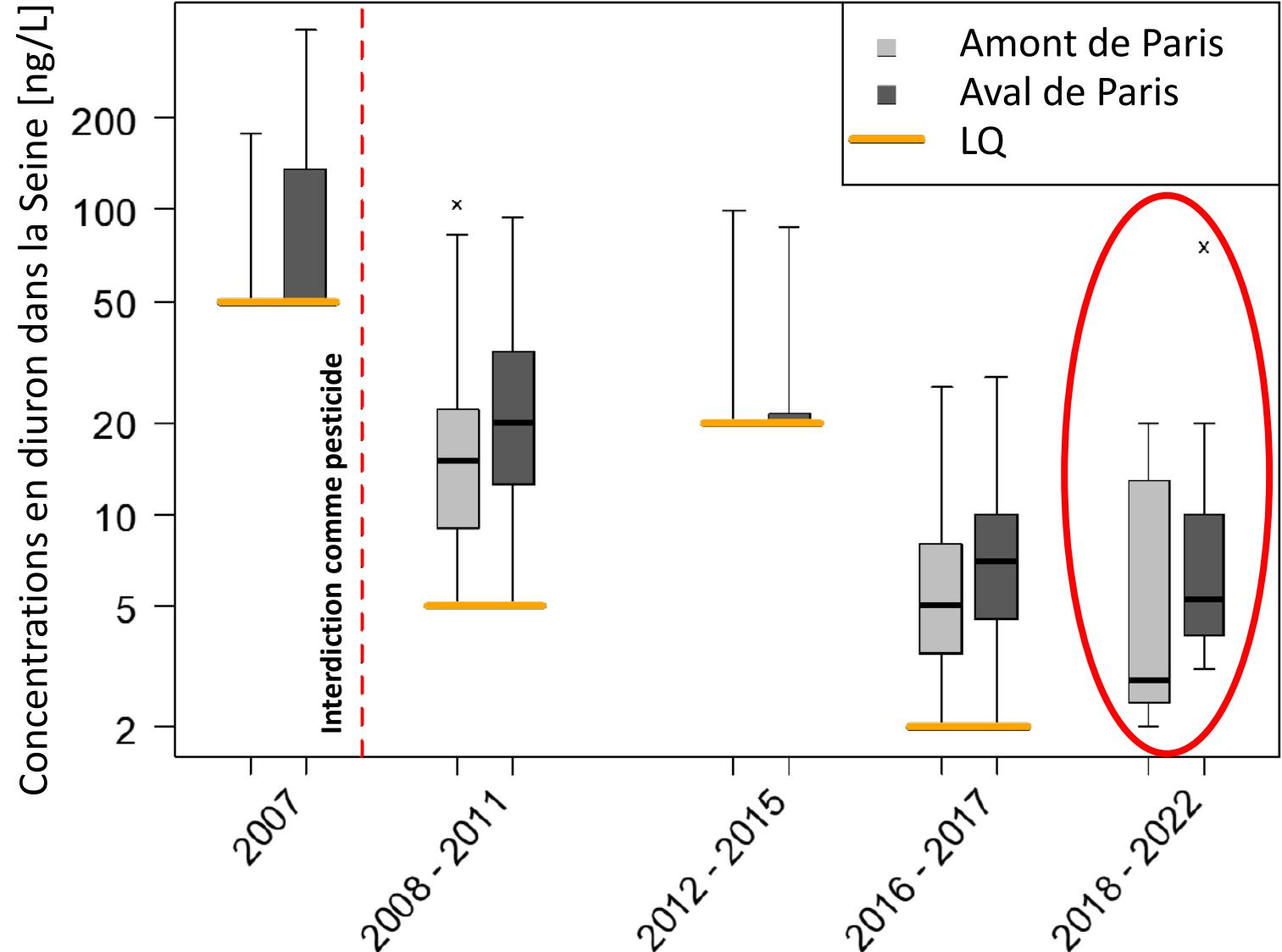


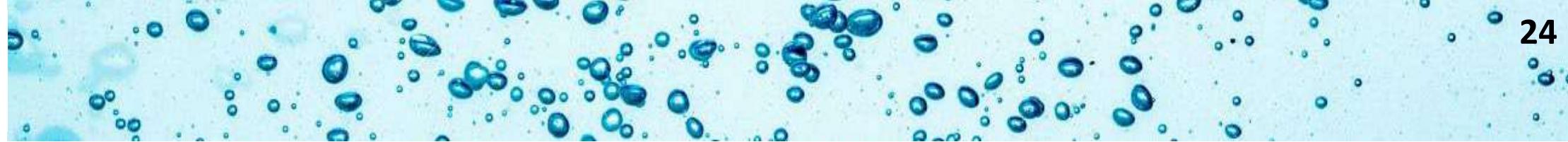
Bien poser le problème





Contribution du milieu urbain à cette contamination rémanente ?





≡
MENU

Octobre 2018

ouest
france



2024

sto

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.

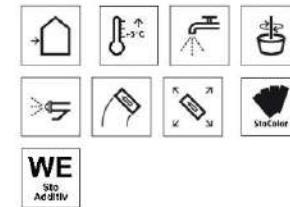


Le stock d'herbicides interdits a été détruit. | GENDARMERIE NATIONALE

Fiche technique StoSilco® MP

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

CE
UK
CA



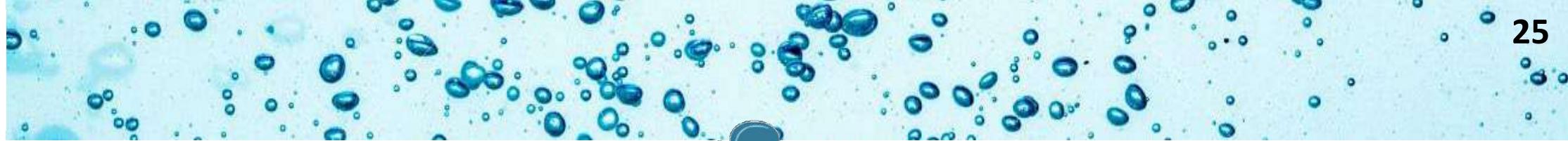
Marquage

Groupe de produits

Enduit de façade

Composition

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 antimoussant, agent dispersant, épaisseur, 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...

Source : Pajjens *et al.*, 2022

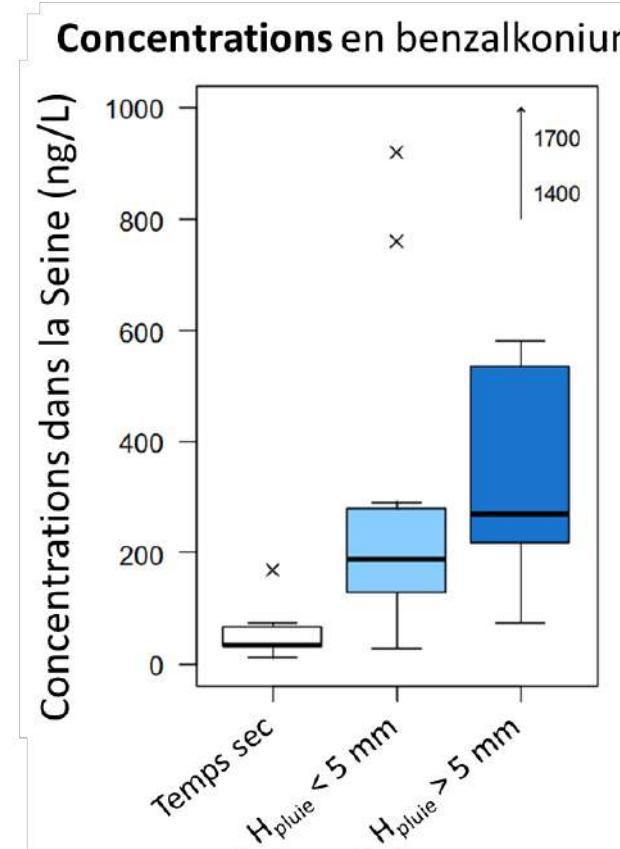
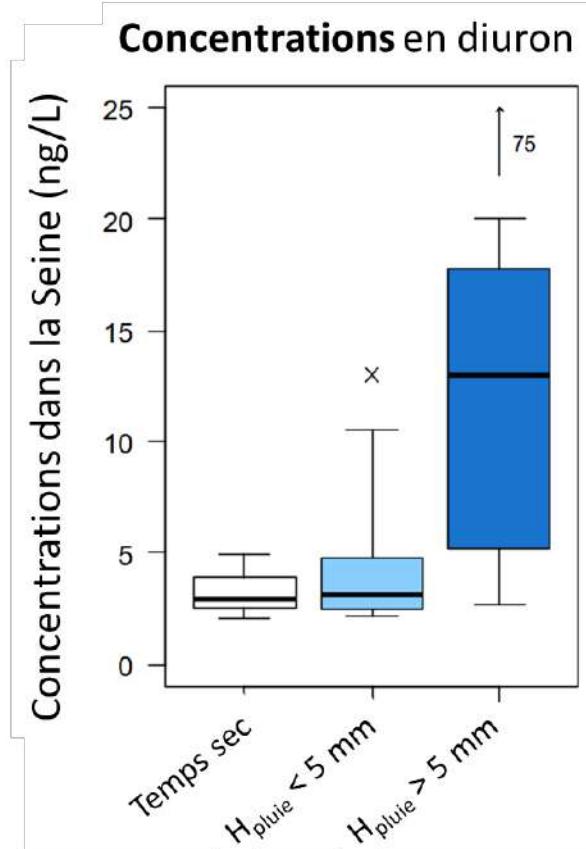


Figure :
D. Tedoldi
et E. Brelot

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 !**

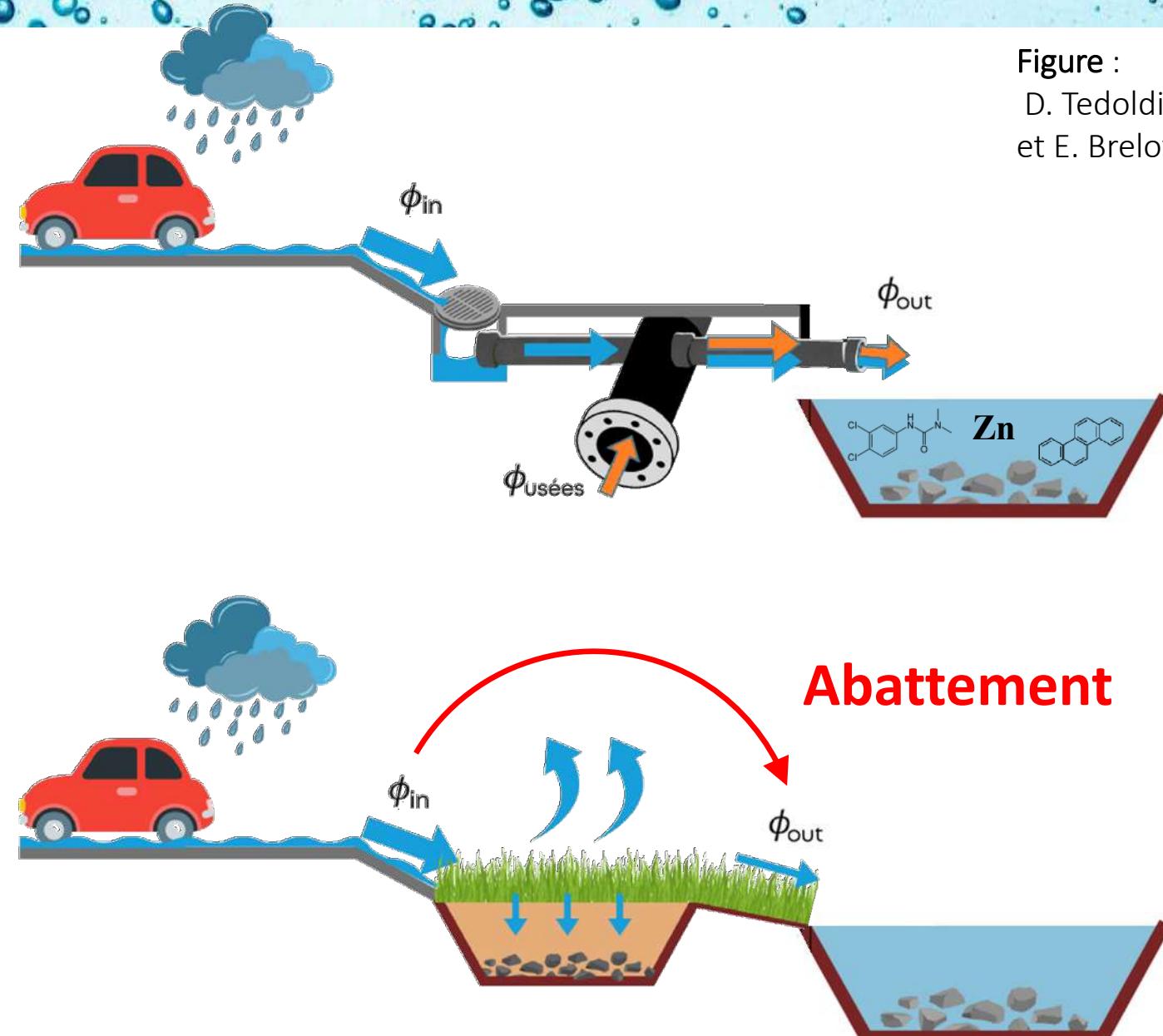
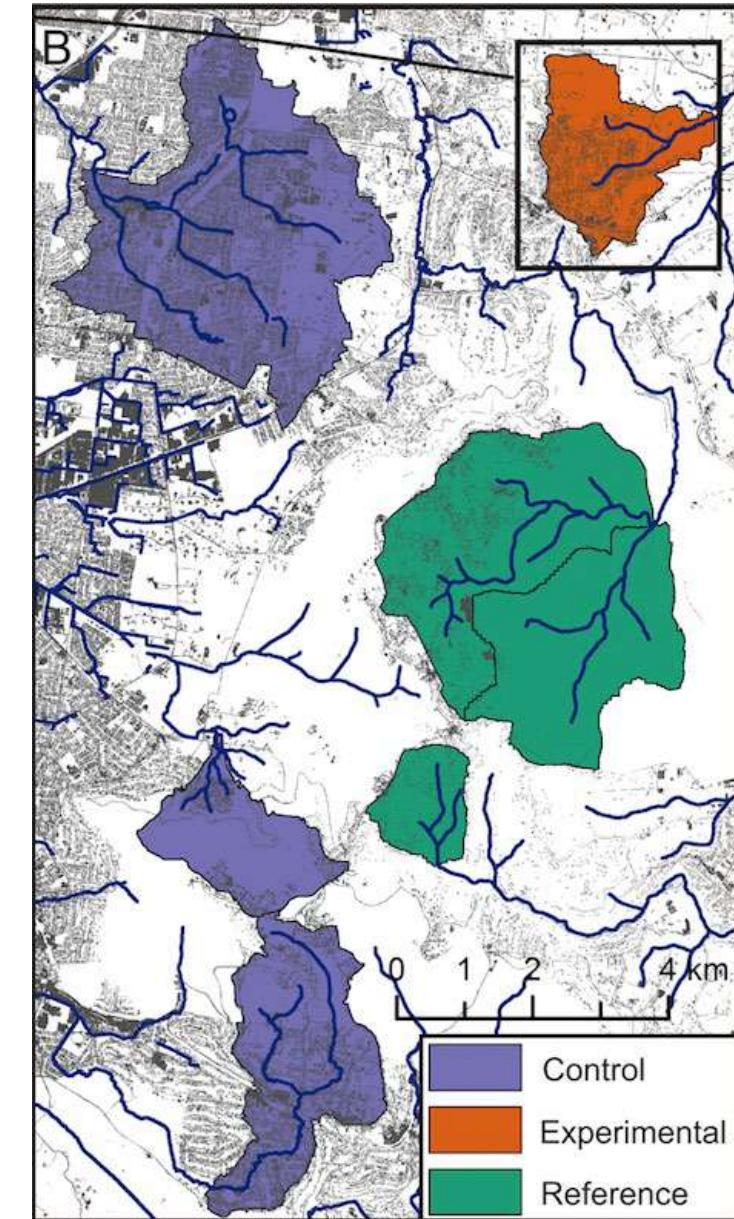
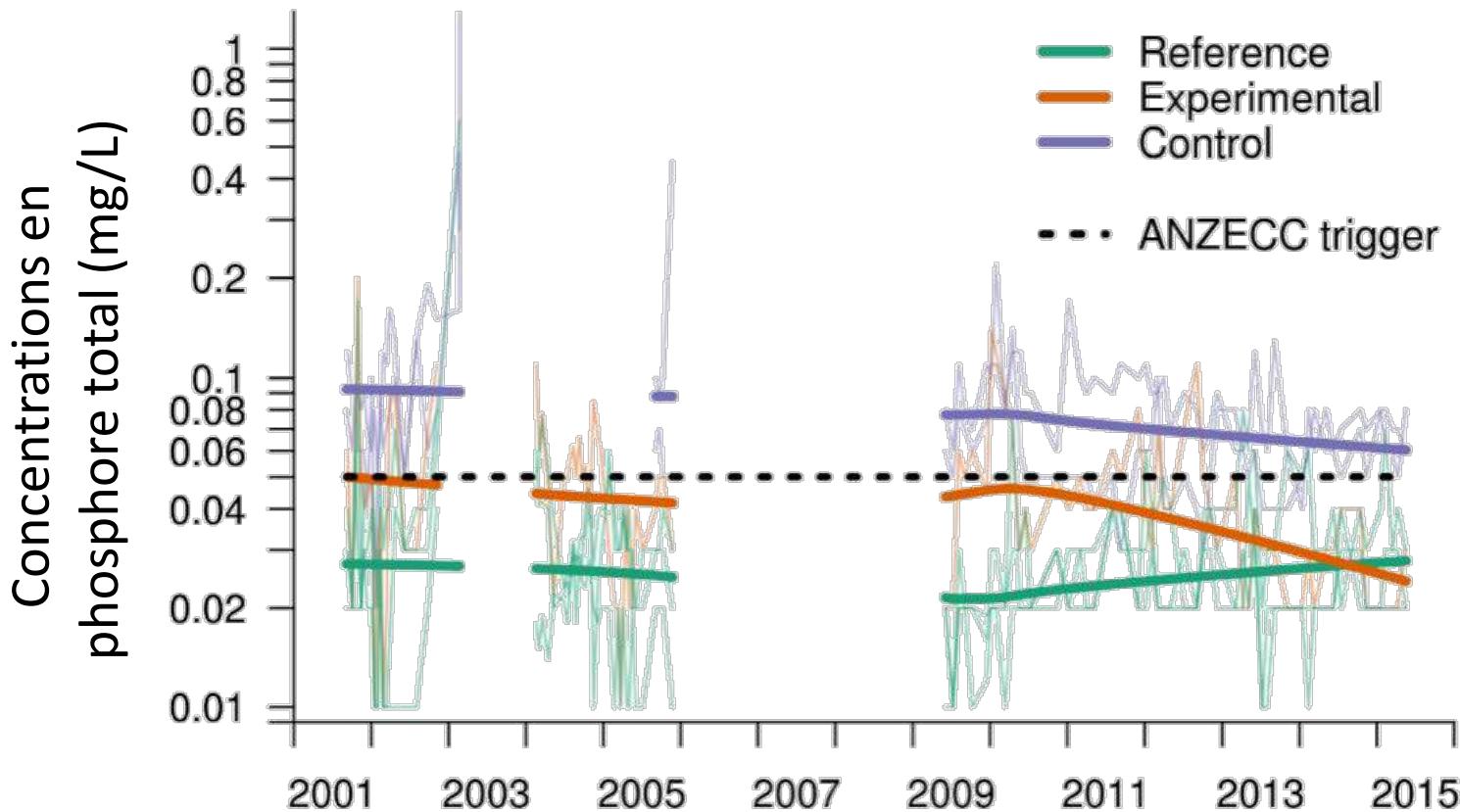


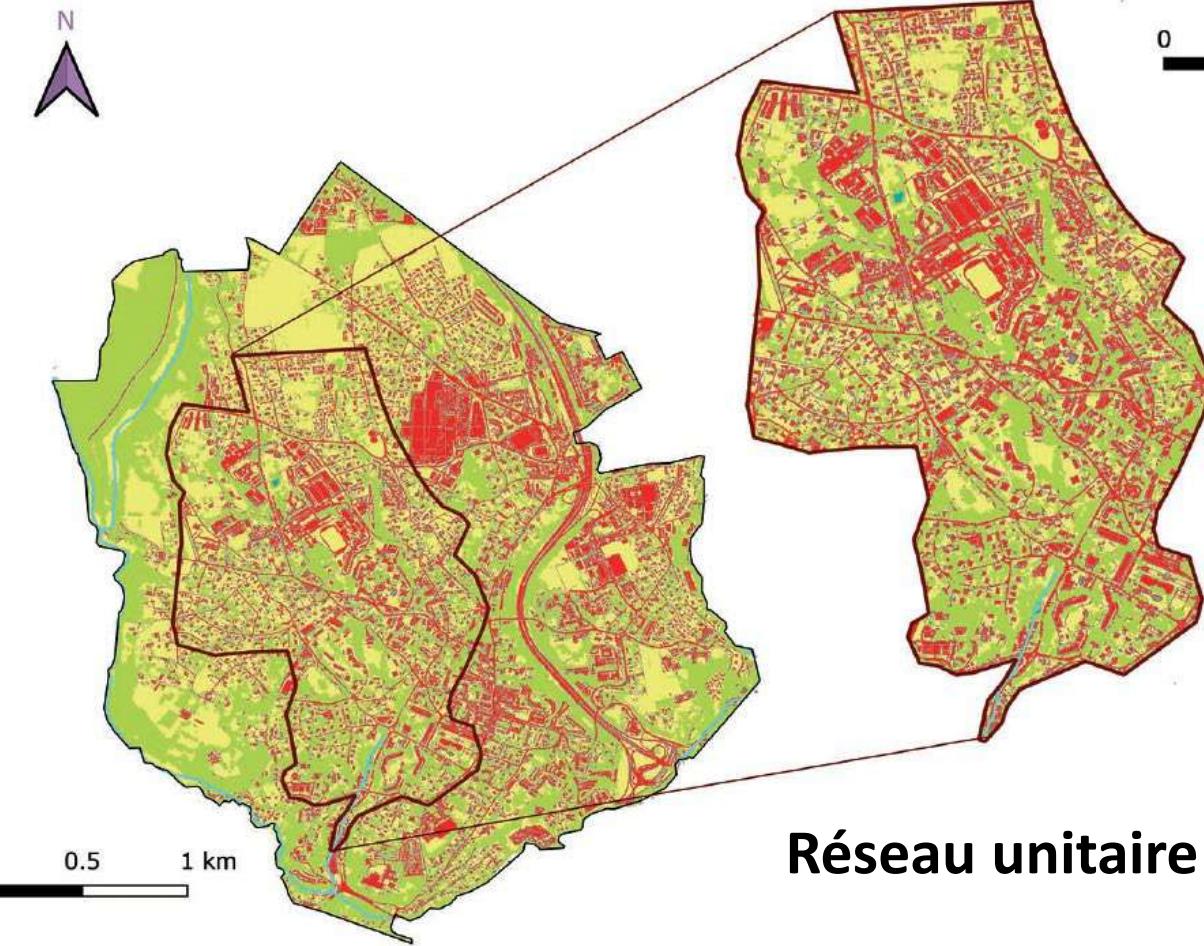
Figure :
D. Tedoldi
et E. Brelot

Illustration : *Little Stringybark Creek Project*

Restaurer un ruisseau... sans toucher au ruisseau ?



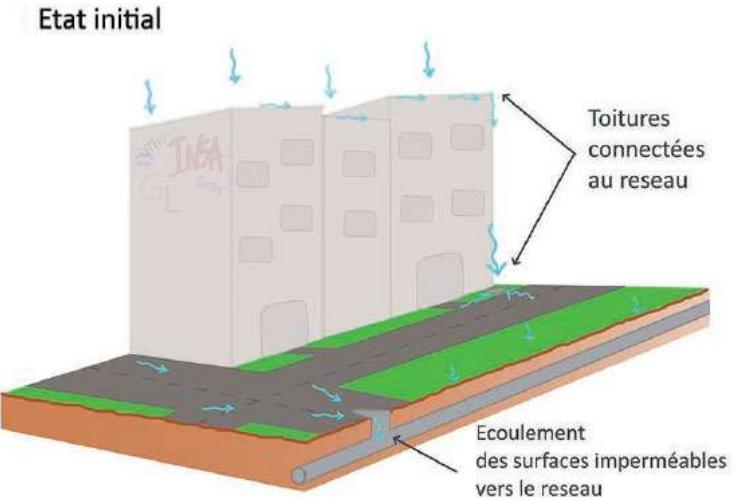
On va dans le sens d'une adaptation



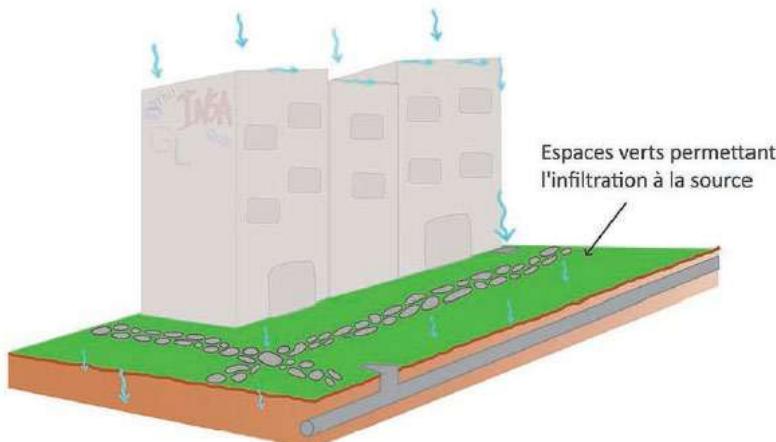
Bassin versant d'Ecully
Réseau hydrographique

Occupation des sols

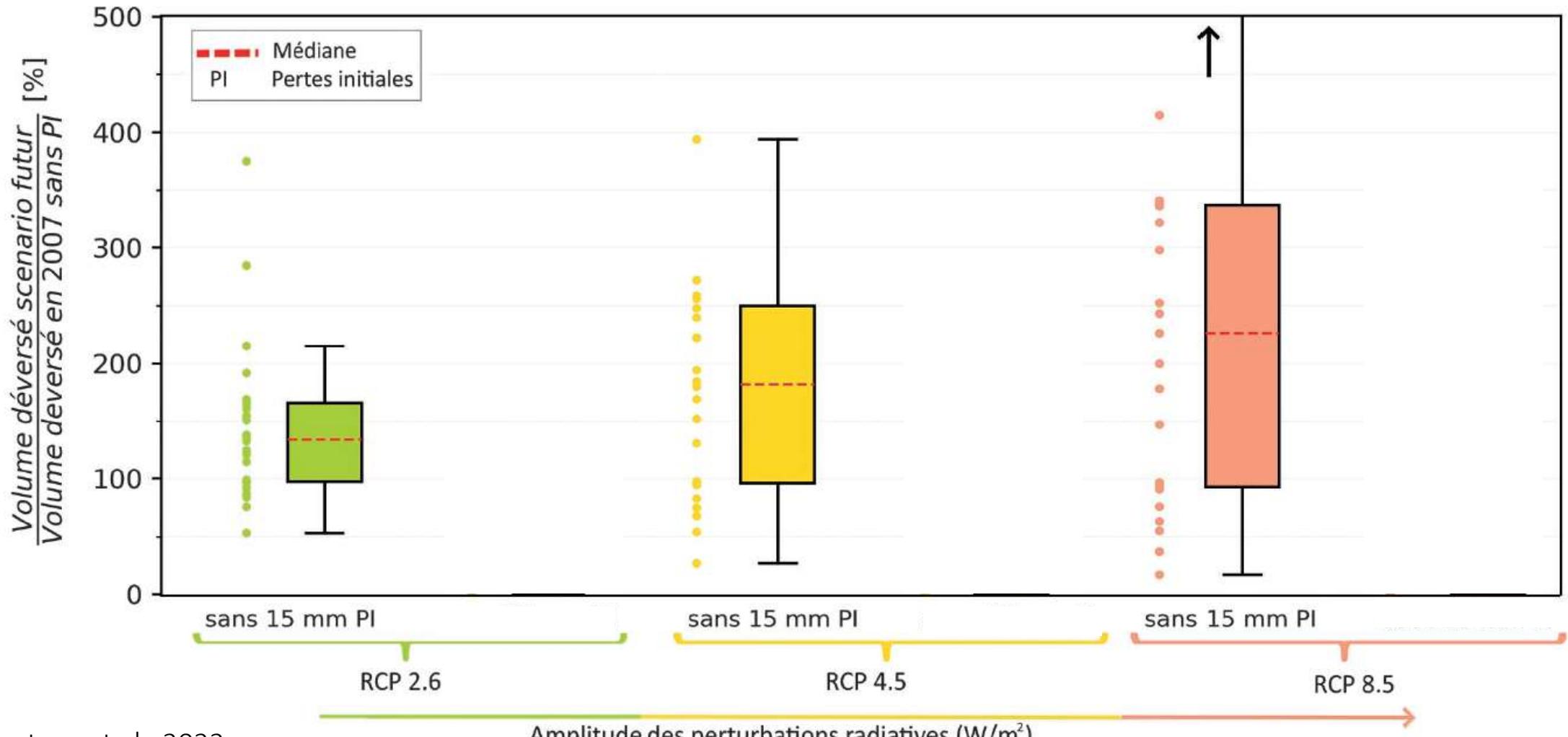
- Végétation non arborée (Arbuste, gazon, pré...)
- Végétation arborée (Arbres et bois)
- Surfaces artificielles
- Eaux de surface



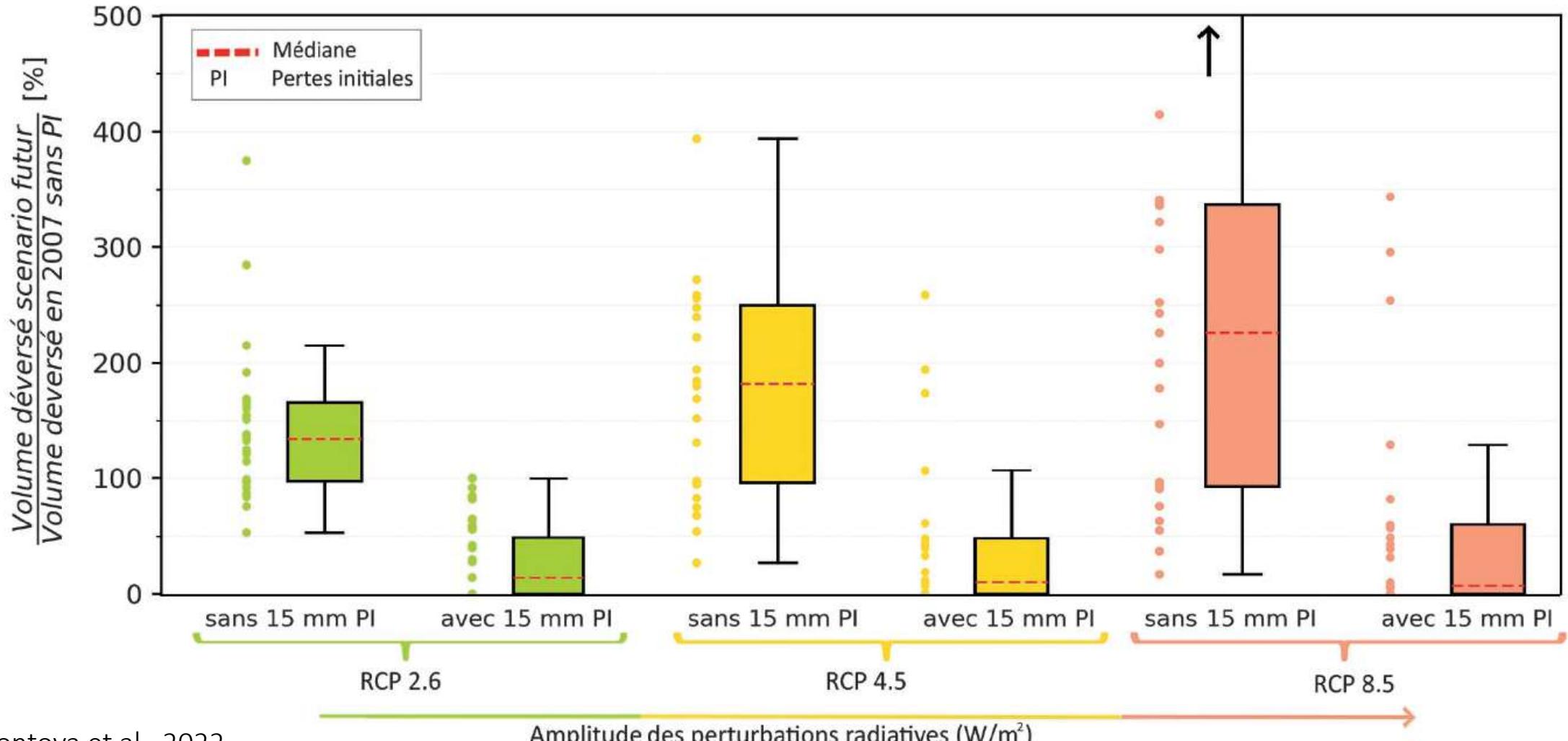
Désimperméabilisation



On va dans le sens d'une adaptation



On va dans le sens d'une adaptation





GIEP & contaminants

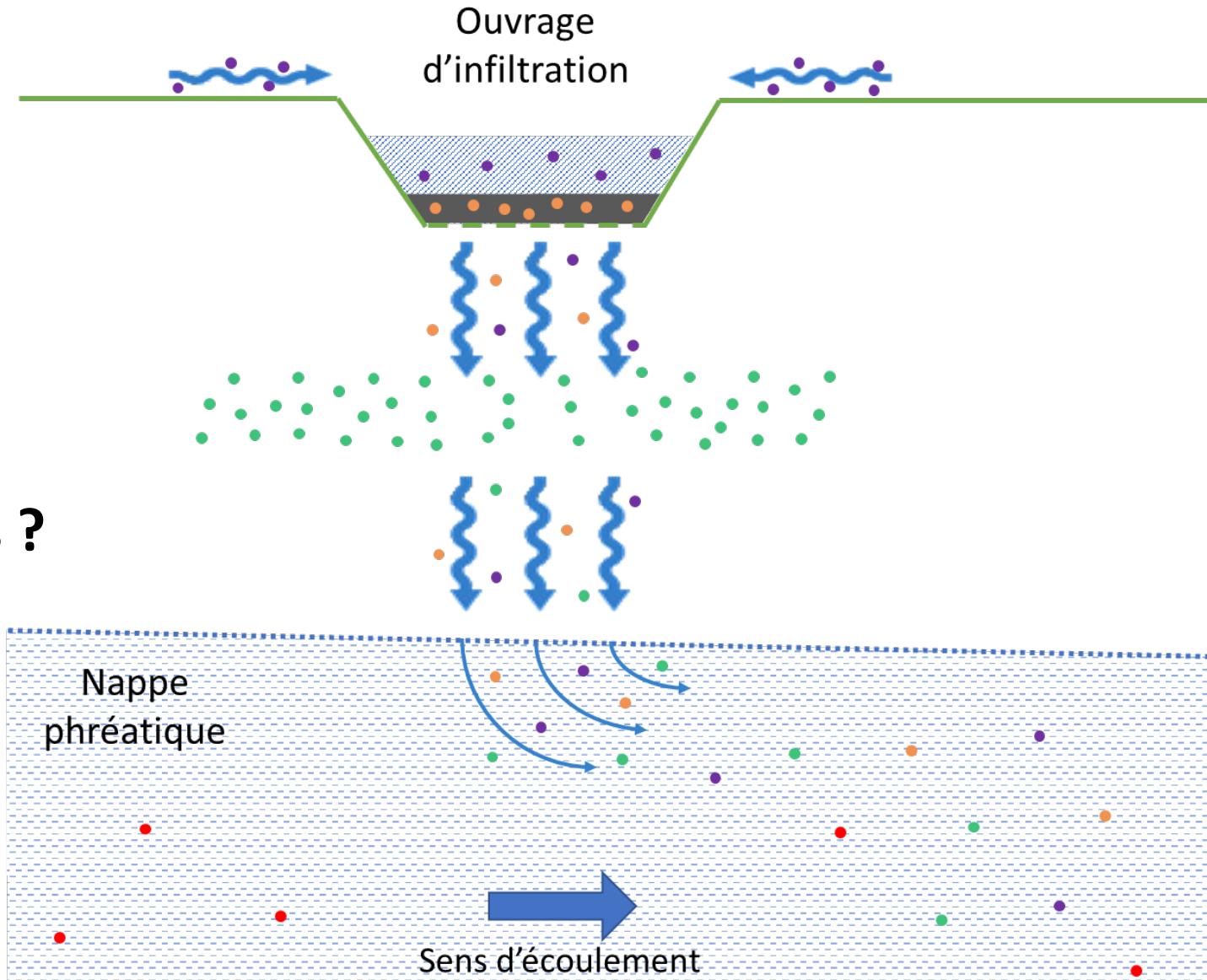
Du point de vue de la nappe,
trois sources de contamination
associées à l'infiltration :

- Contaminants présents dans les eaux de ruissellement

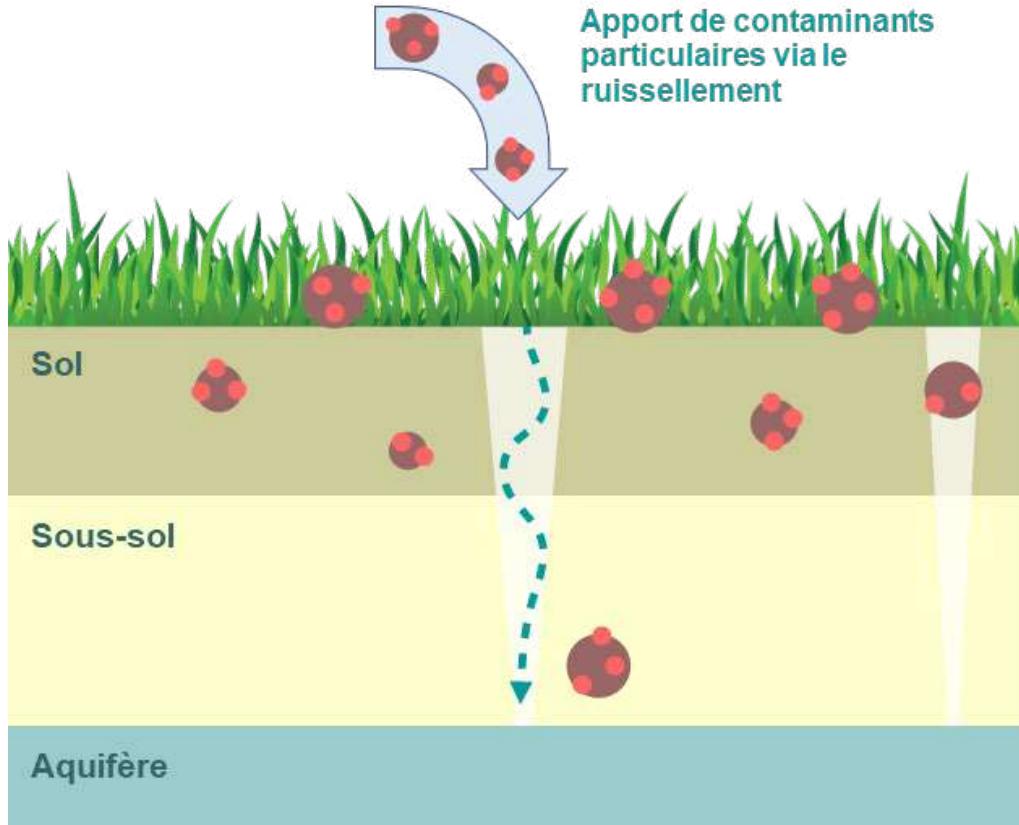
⇒ **Rétention par le sol et impacts ?**

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

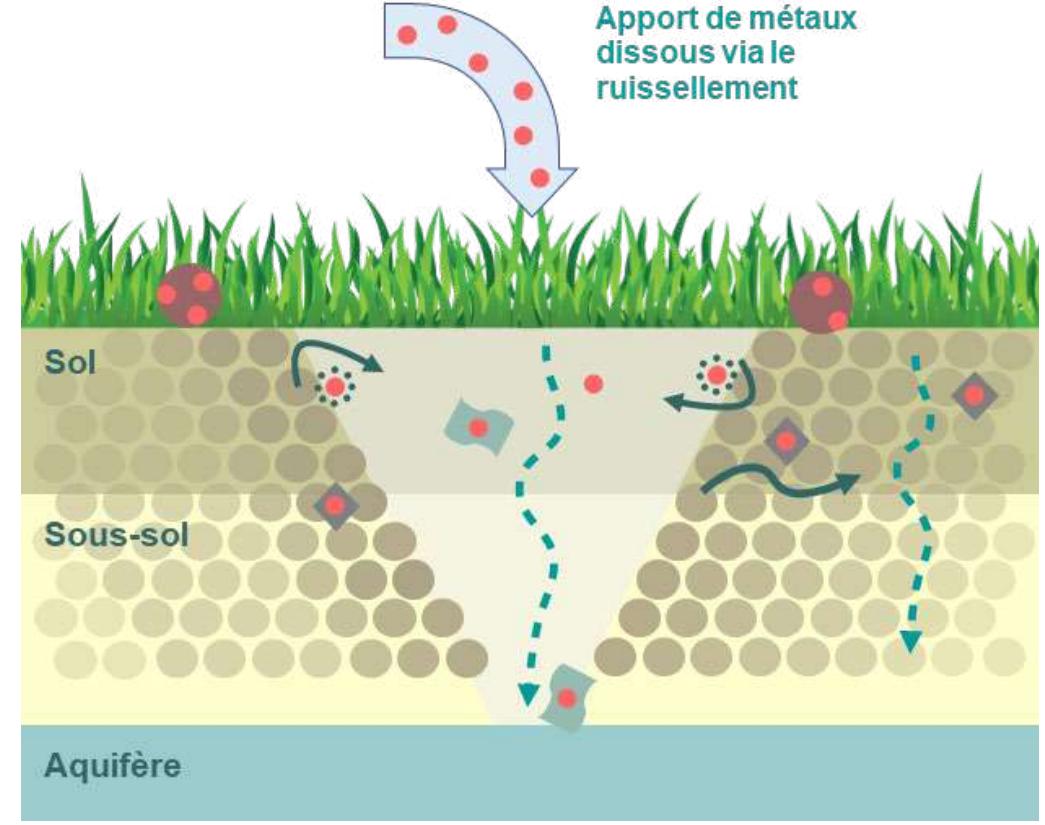
⇒ **Stocks et mobilité ?**



Rétention des métaux dans le sol



Apport de contaminants particulaires via le ruissellement



Apport de métaux dissous via le ruissellement

● 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

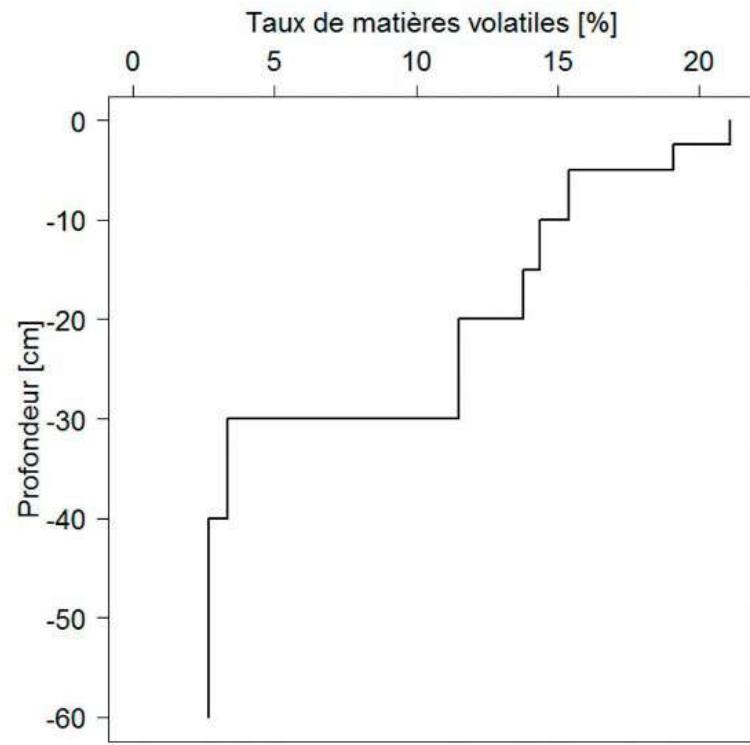
● Adsorption par interactions électrostatiques (réversibles)

● Métal complexé à la matière organique dissoute ou à des colloïdes

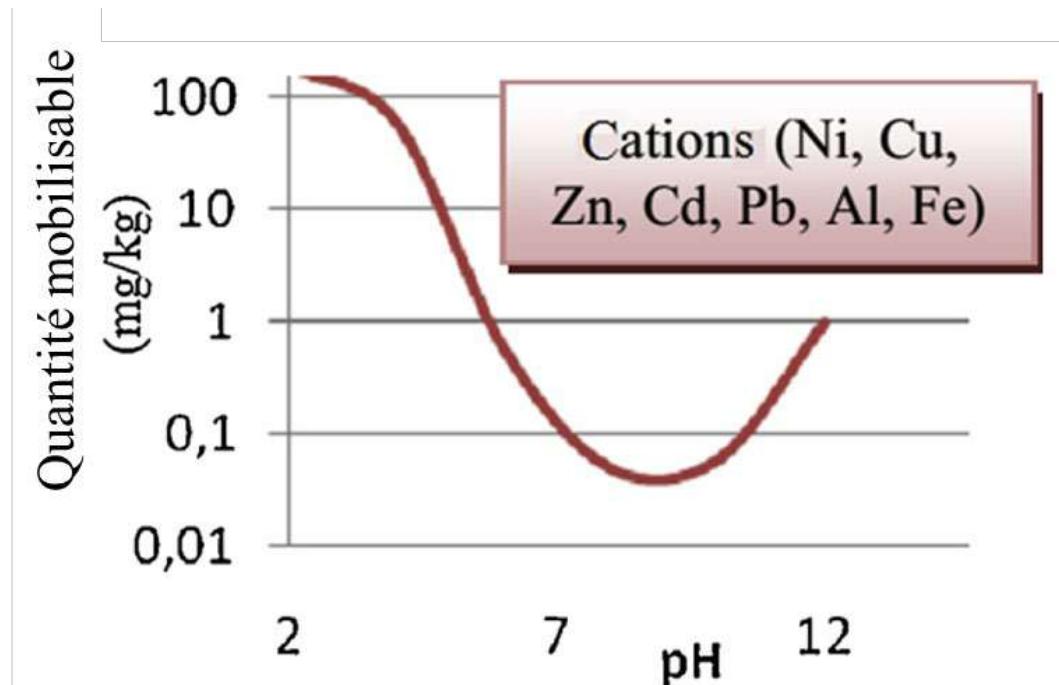
Rétention des métaux : à noter

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

À conserver !



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

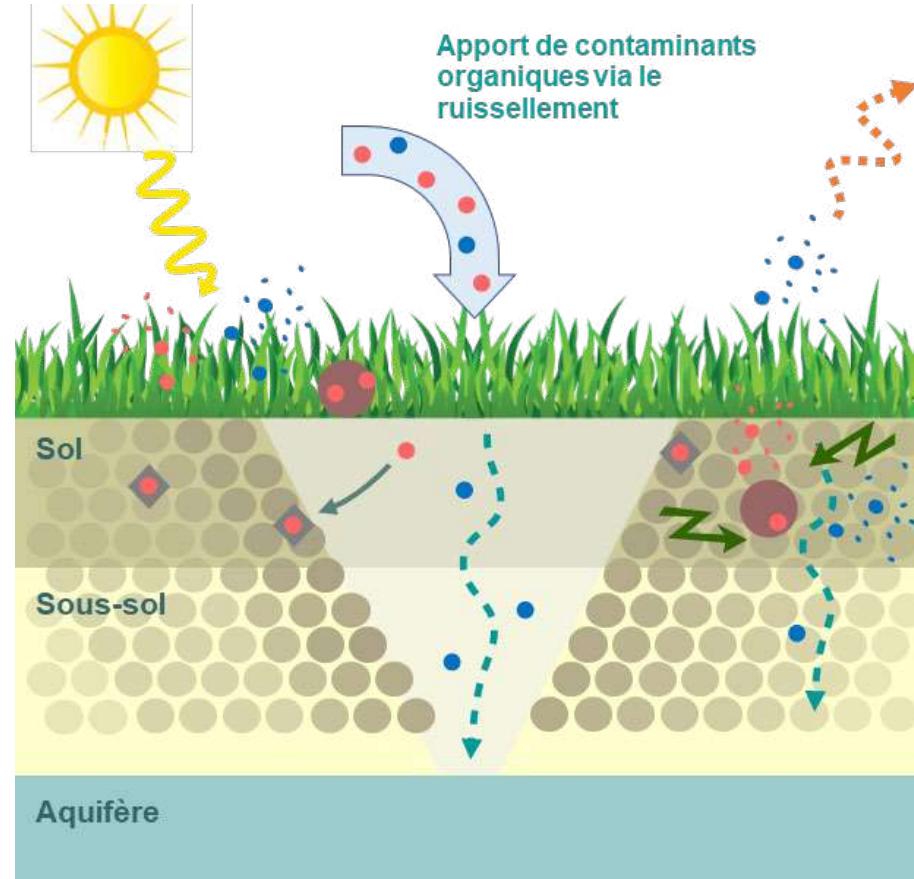


Rétention des contaminants organiques dans le sol

••• Contaminant organique hydrophobe

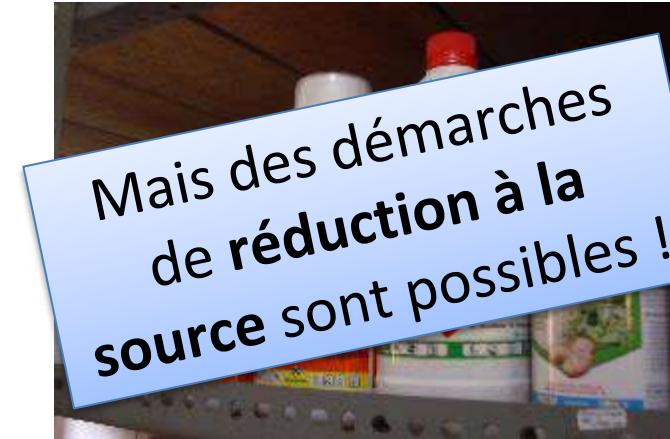


Bien retenu
par le sol



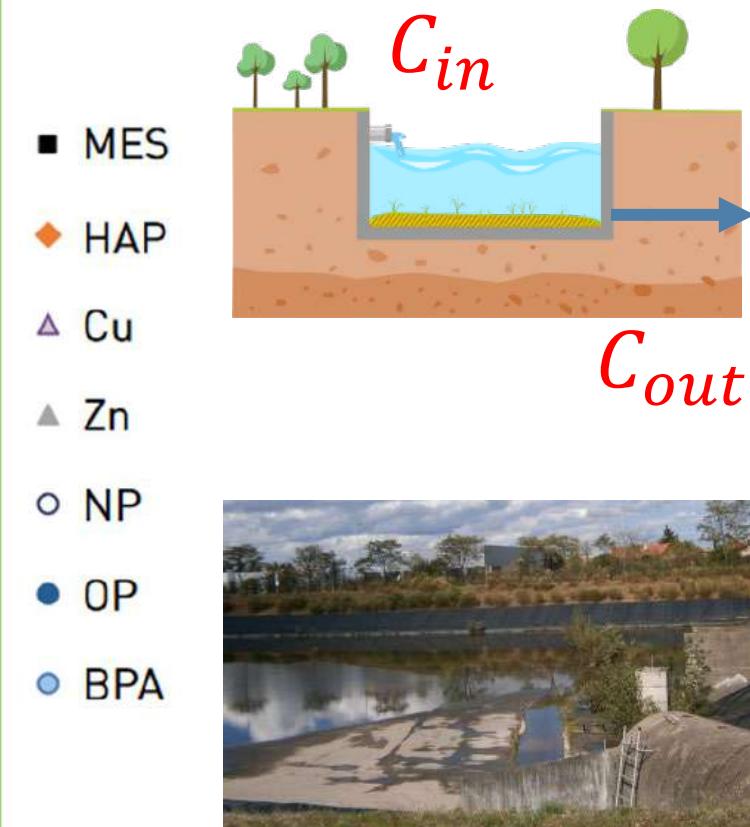
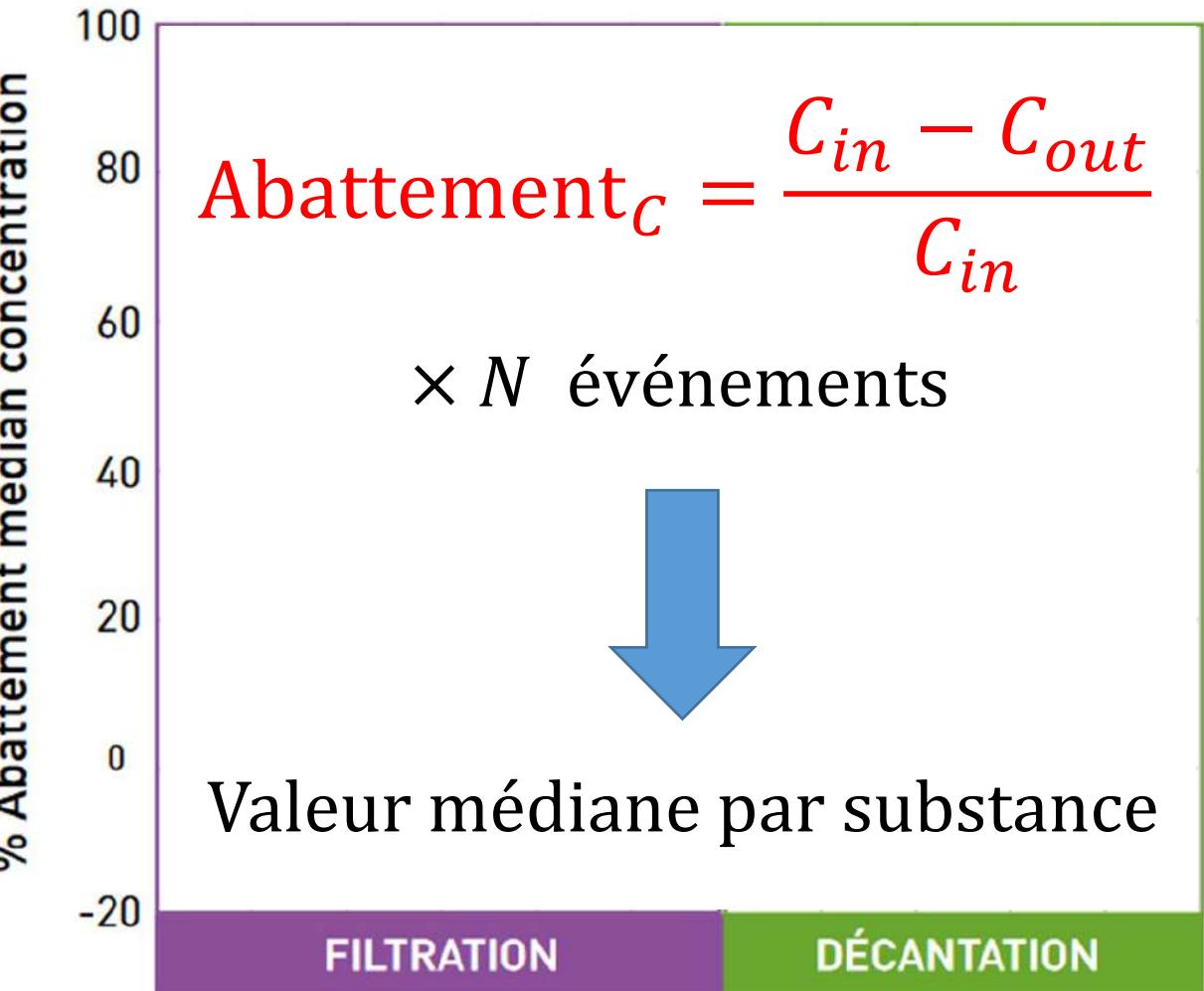
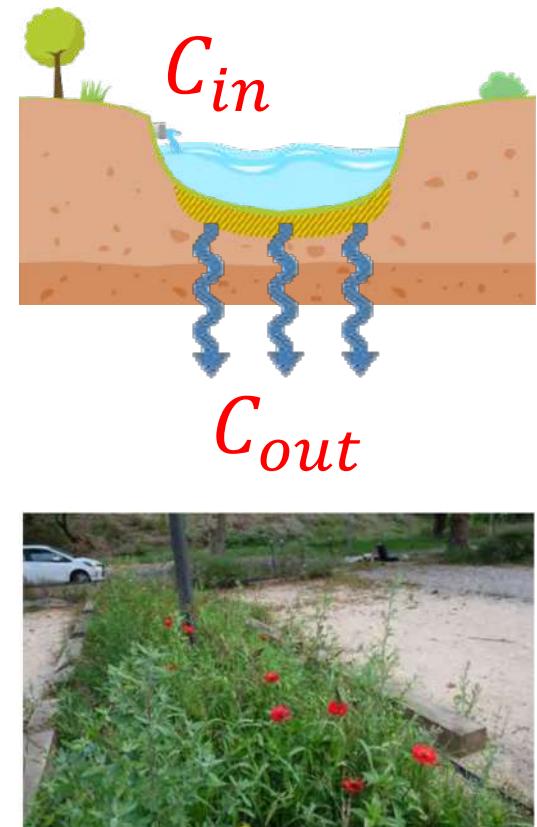
- Contaminant particulaire piégé dans le sol
- ◆ Contaminant adsorbé sur la matière organique du sol
- Dissipation d'un contaminant organique
- Volatilisation
- Biodégradation
- Photolyse

••• Contaminant organique hydrophile



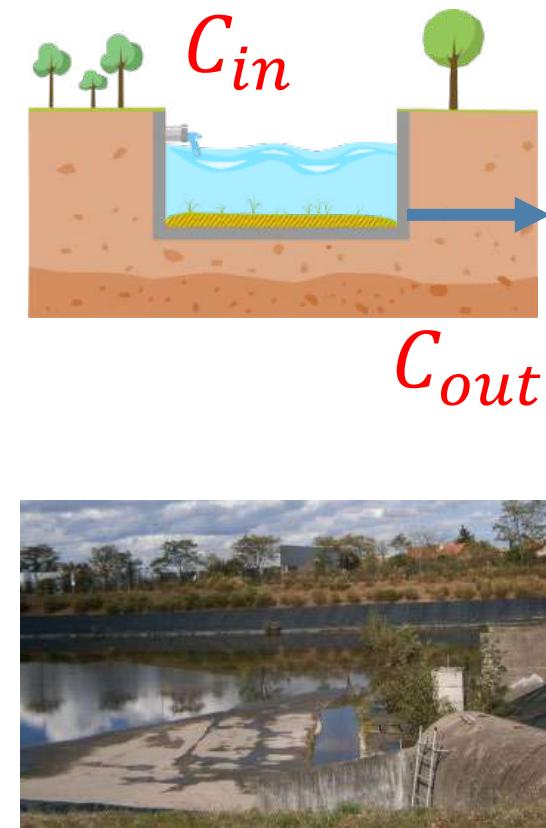
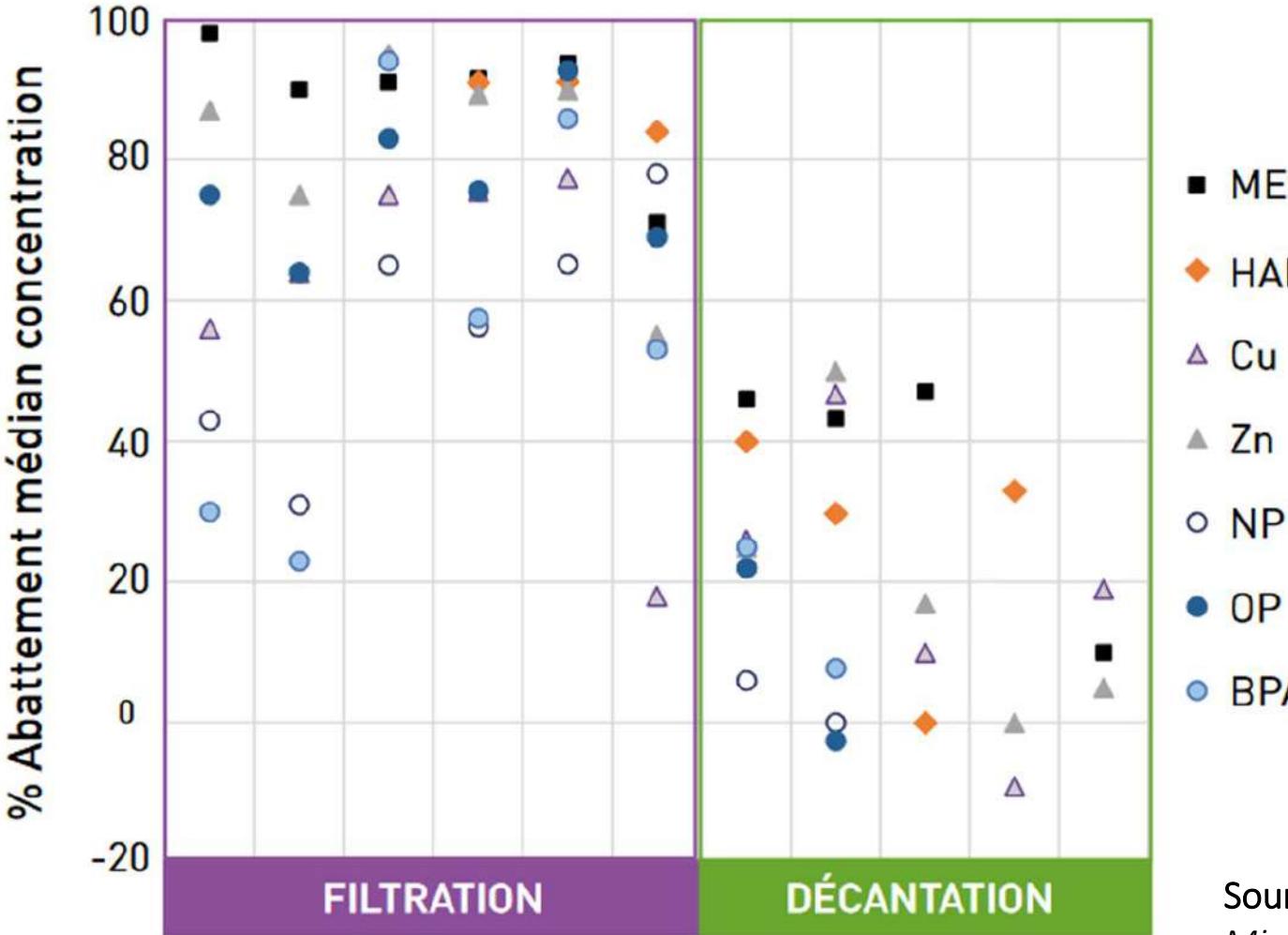
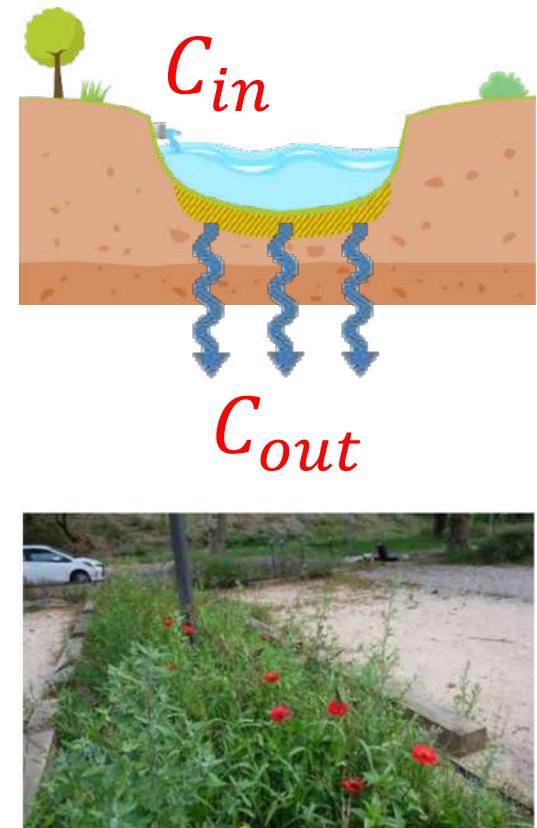
Susceptible
de migrer

Mécanismes de rétention : (in)filtration vs. décantation

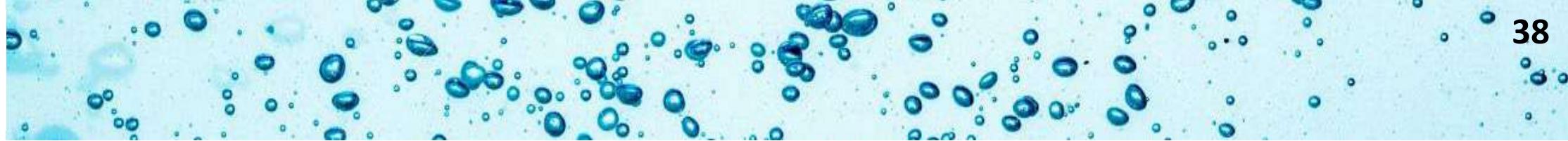


Source : synthèse des projets Roulépur,
Micromégas, Matriochkas, 2019

Mécanismes de rétention : (in)filtration vs. décantation



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



La problématique des sédiments pluviaux

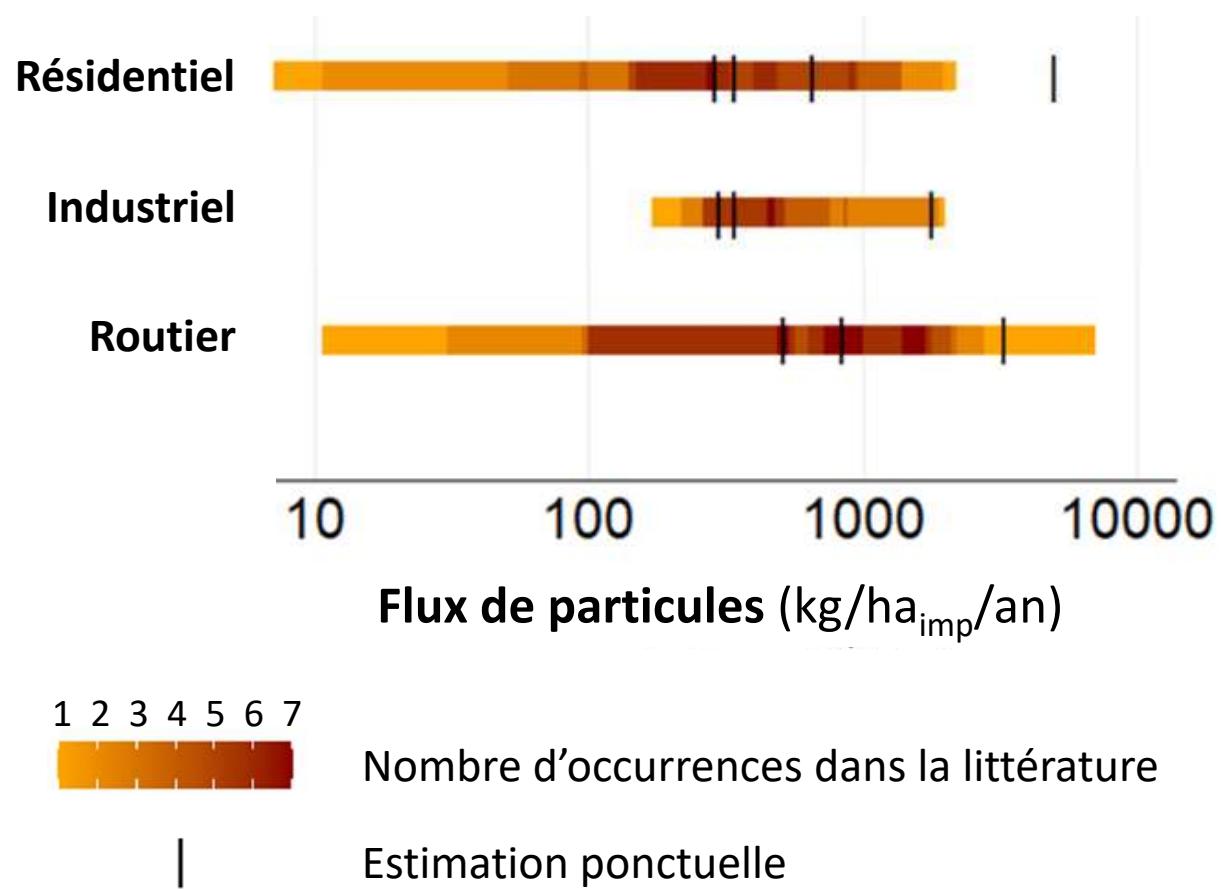
Rétention des matières en suspension ⇒ Accumulation de sédiments

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

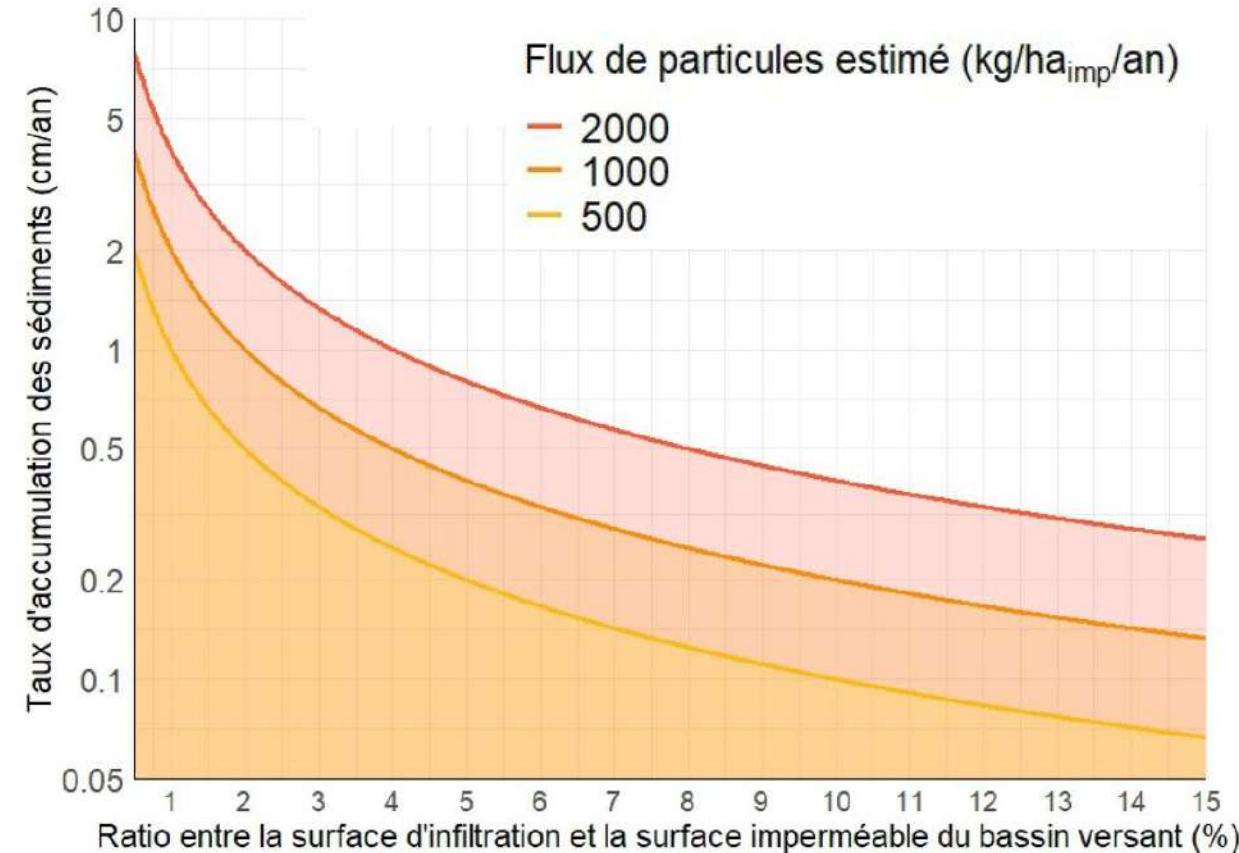


Les sédiments pluviaux : flux et vitesse d'accumulation

Flux à l'exutoire des BV urbains

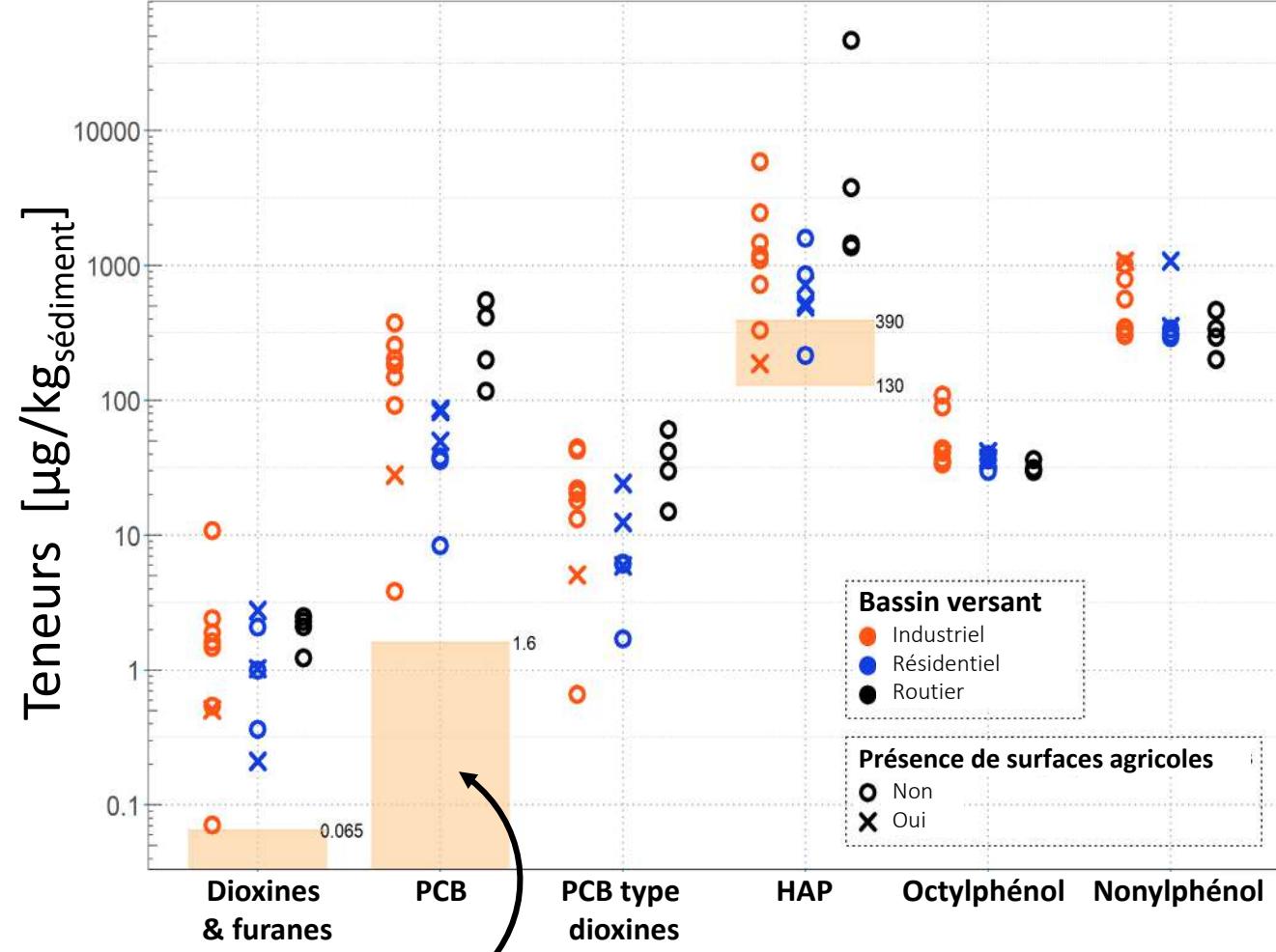
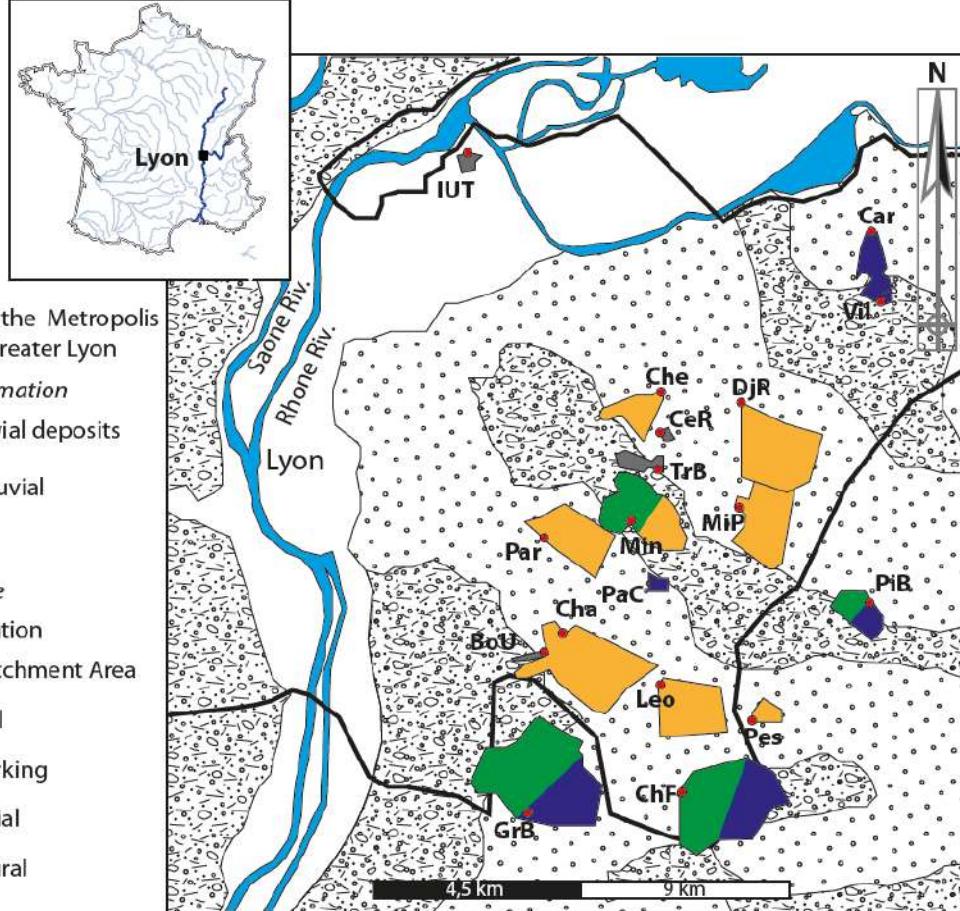


Taux d'accumulation moyen



Source : Chabert et al., 2025

Les sédiments pluviaux : niveau de contamination



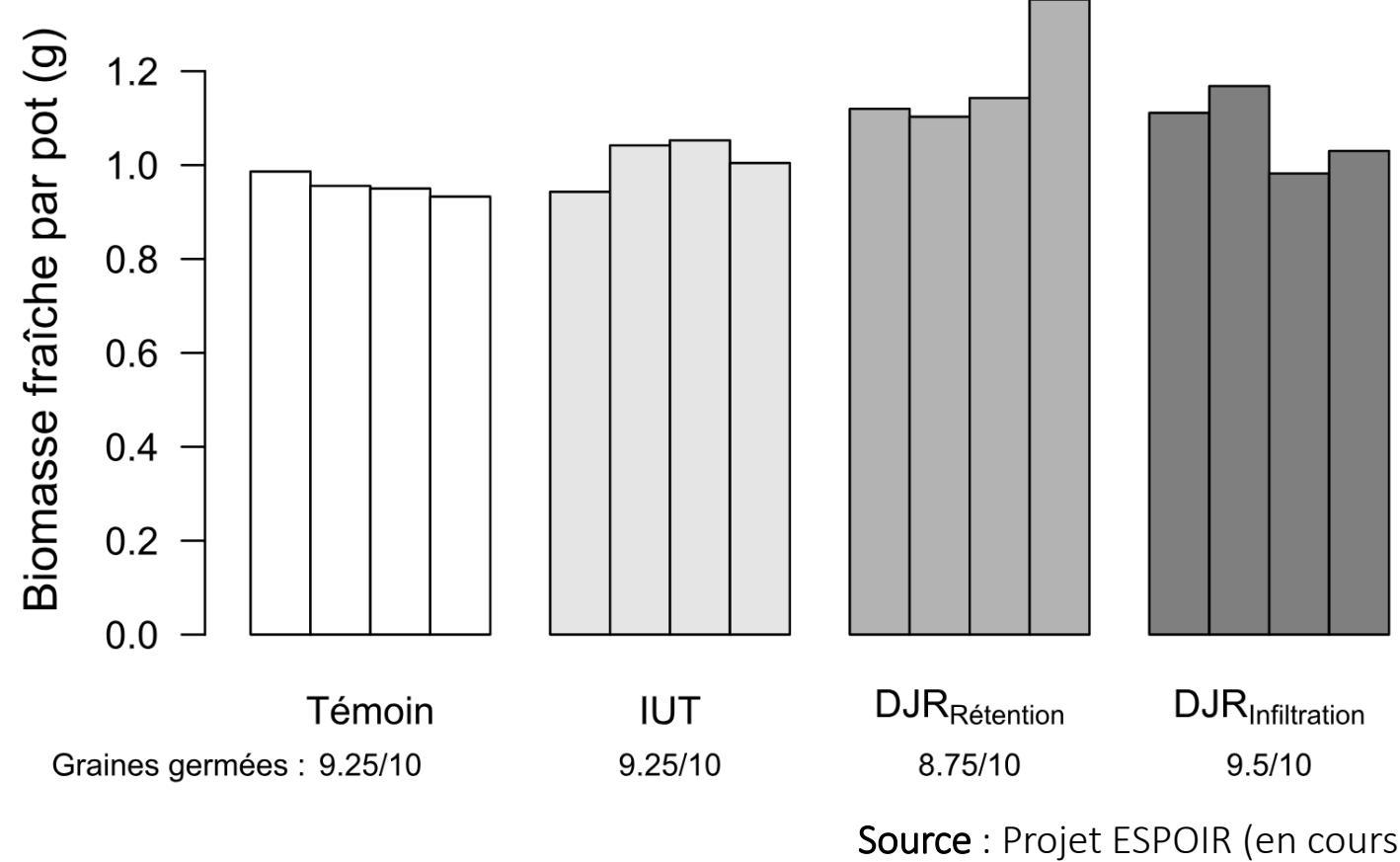
Les sédiments sont contaminés... mais sont-ils toxiques ?

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

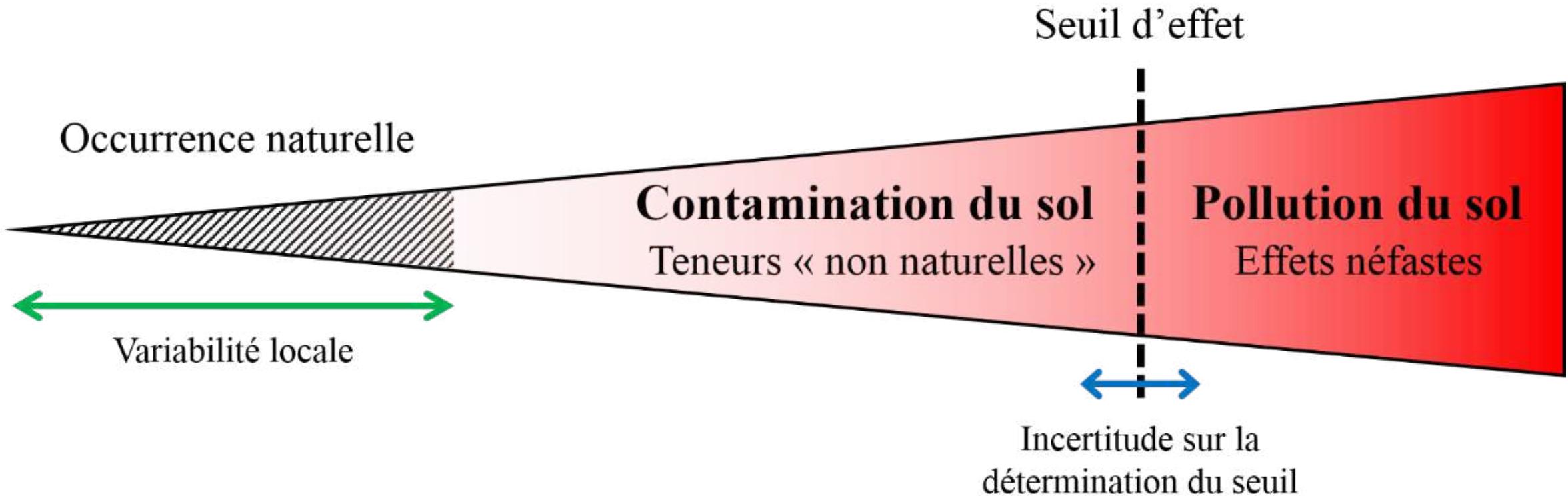


Témoin
(Substrat)

Sédiment
+ Substrat

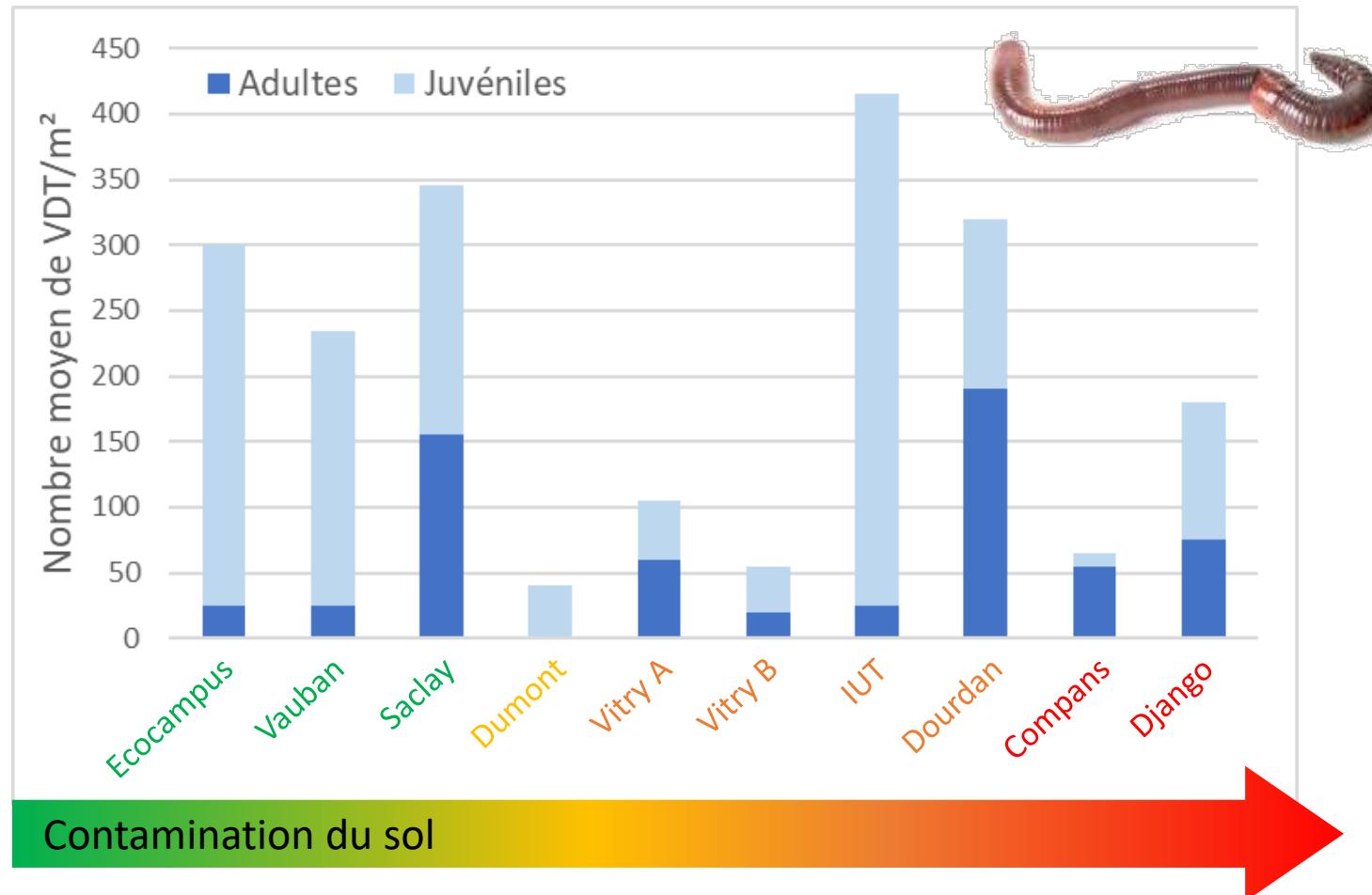


Un contaminant n'est pas nécessairement un polluant



Un contaminant n'est pas nécessairement un polluant

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



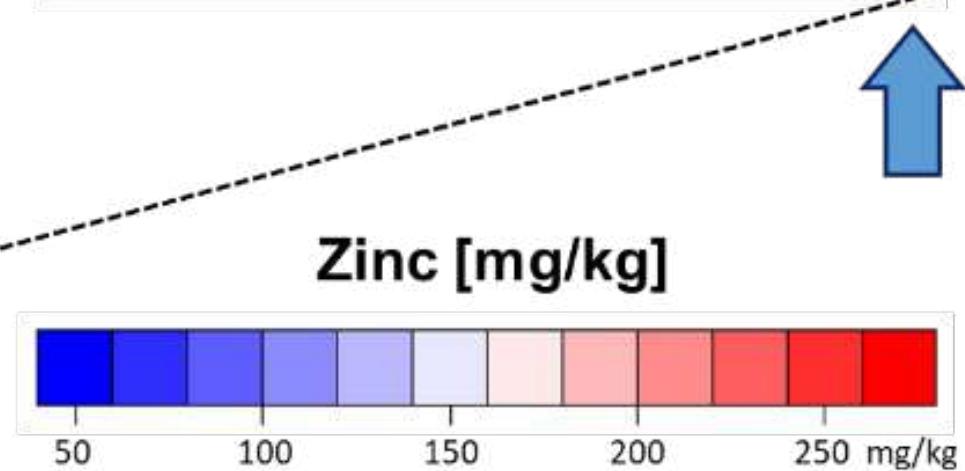
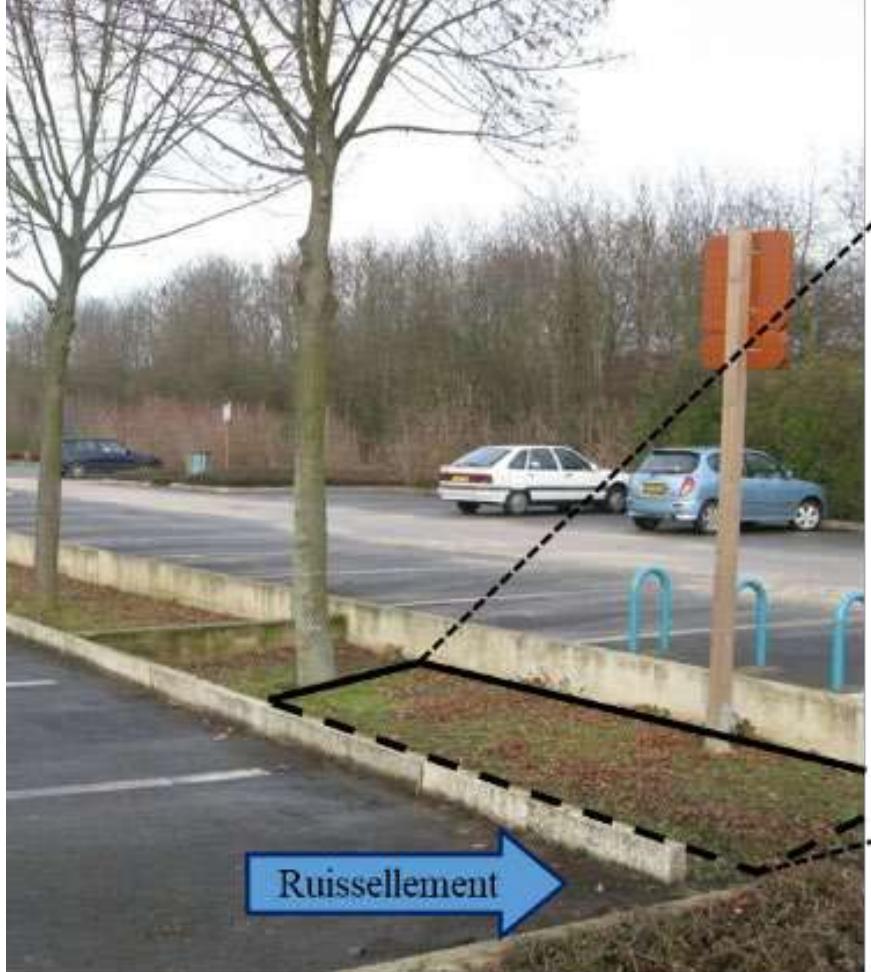
Exposition *ex situ* d'*Eisenia andrei* en mésocosmes



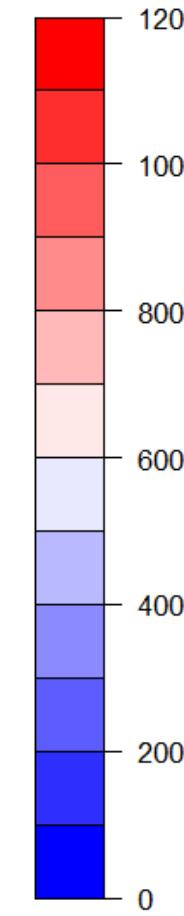
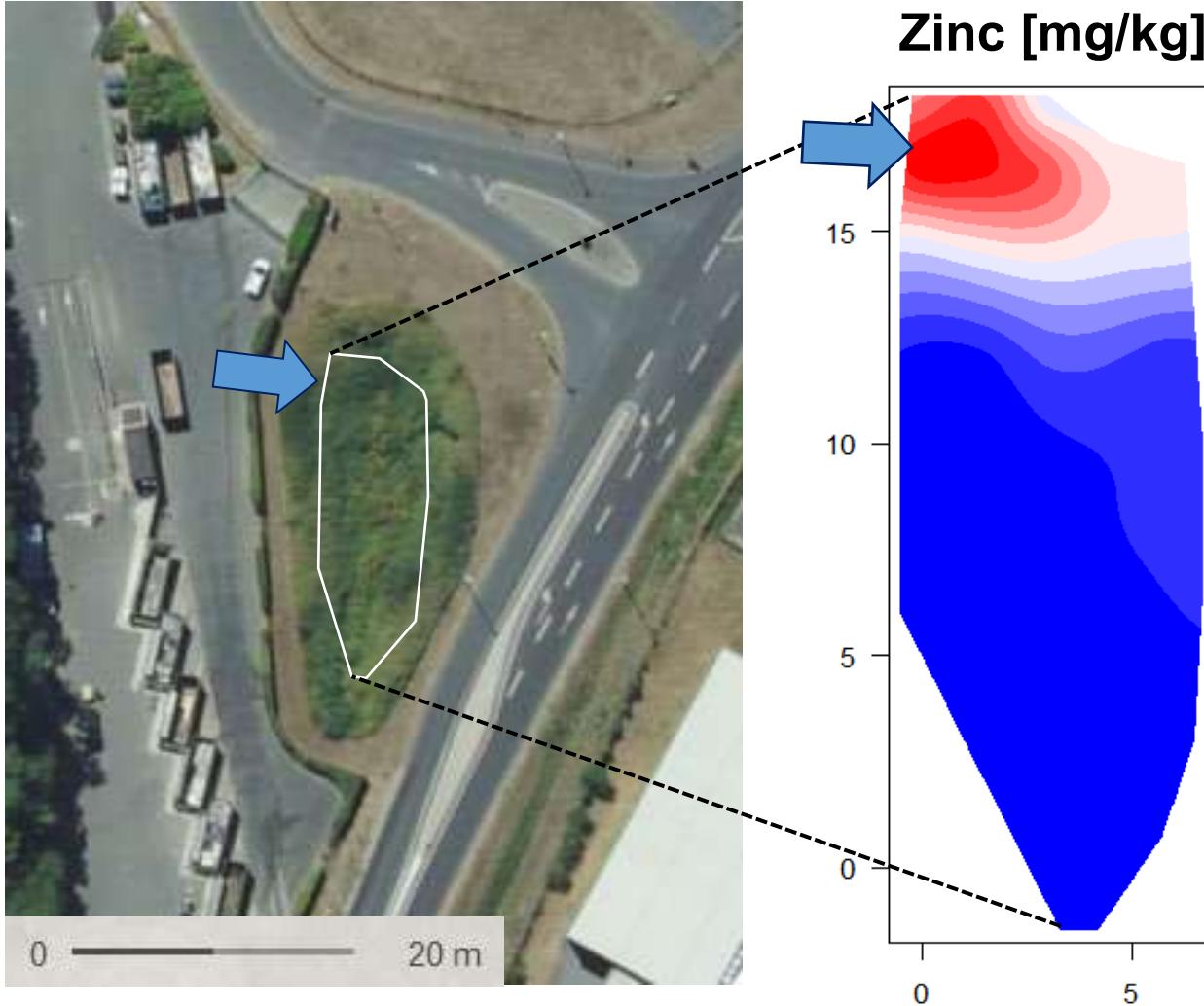
Après 28 jours :

- 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

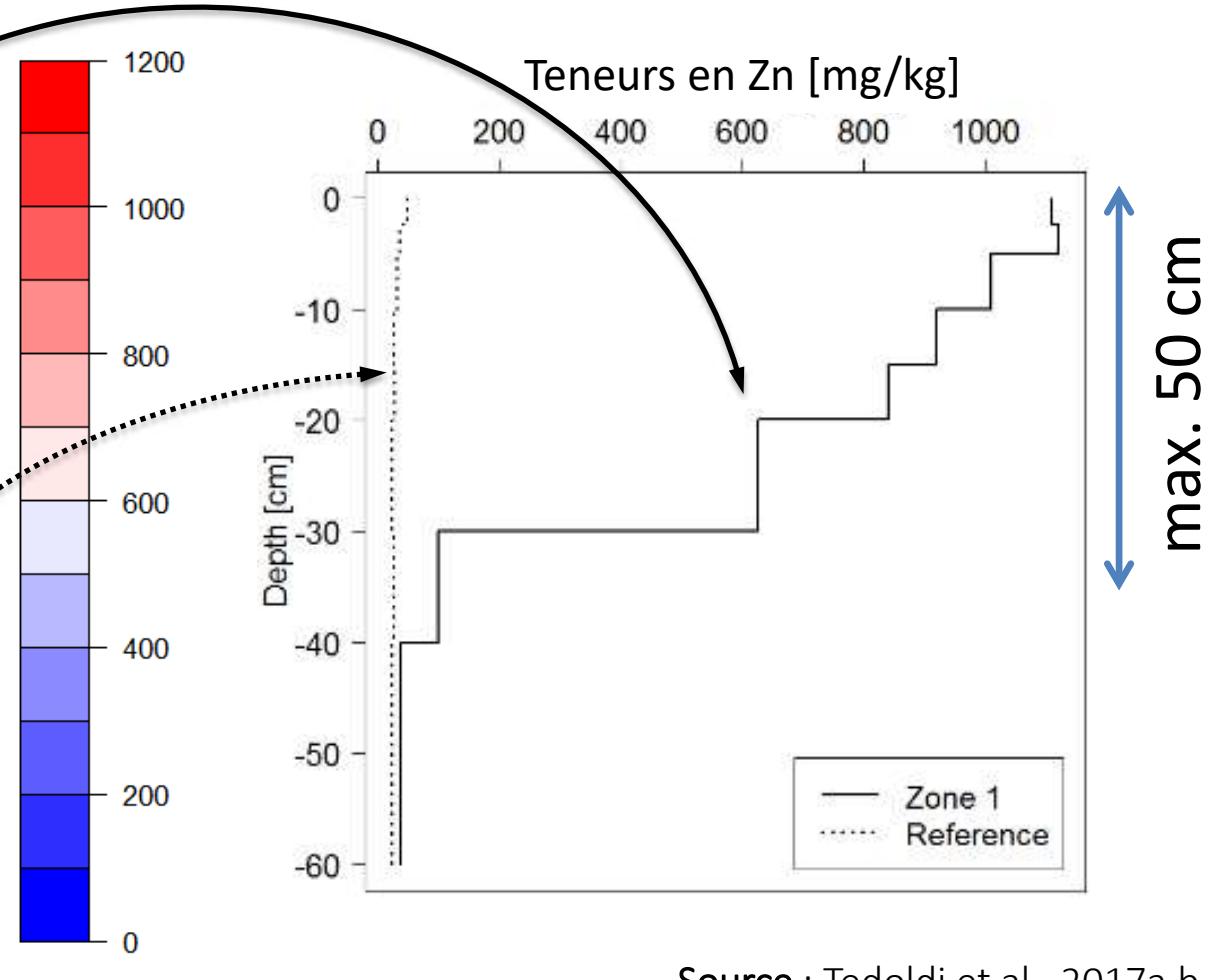
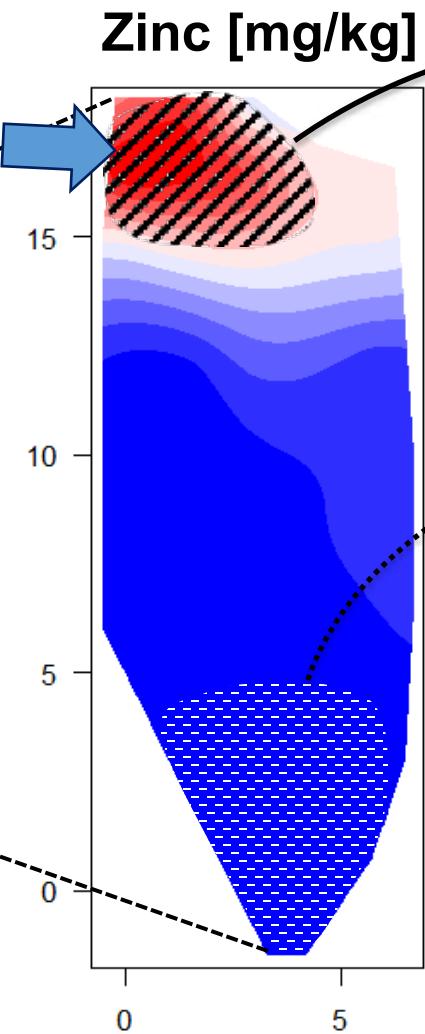


Étendue spatiale de la zone contaminée



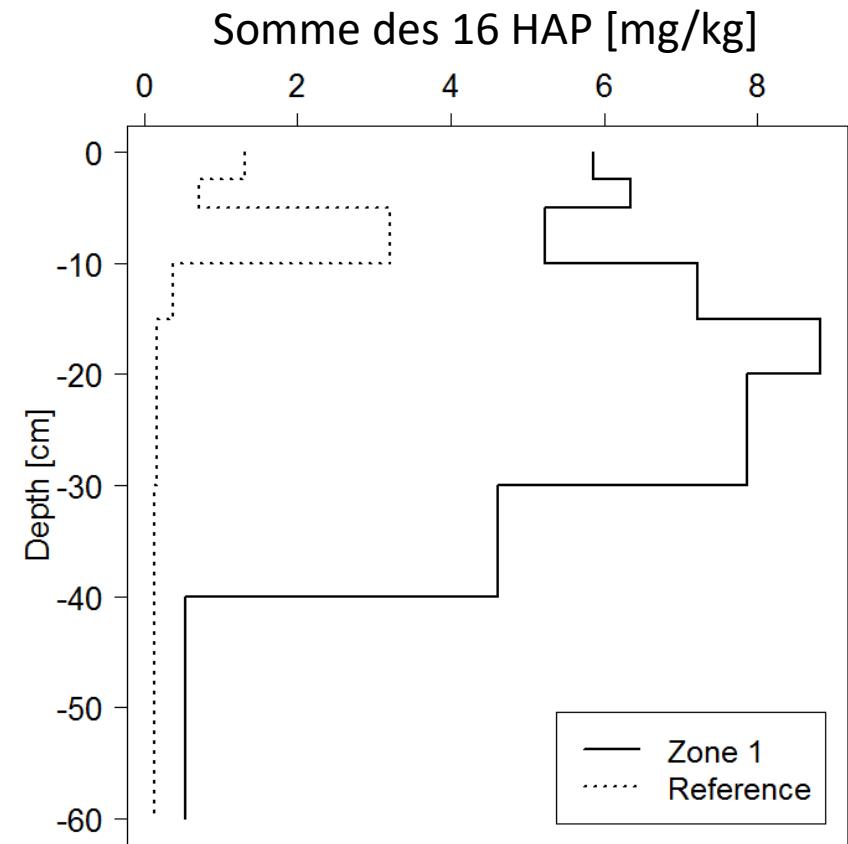
Source : Tedoldi et al., 2017a,b

Étendue spatiale de la zone contaminée



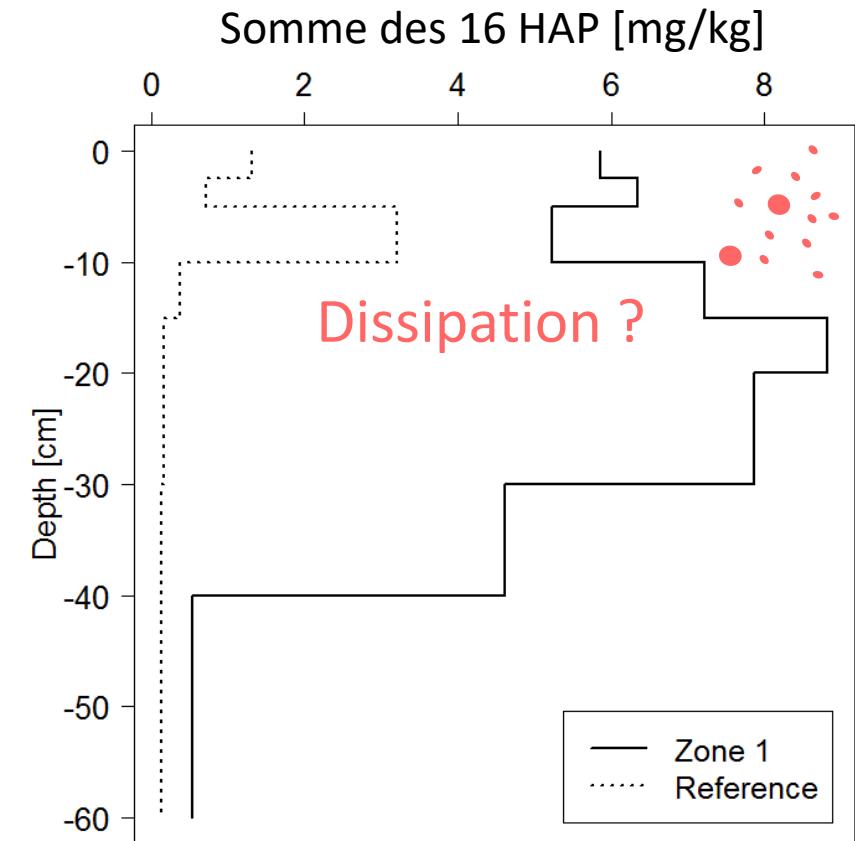
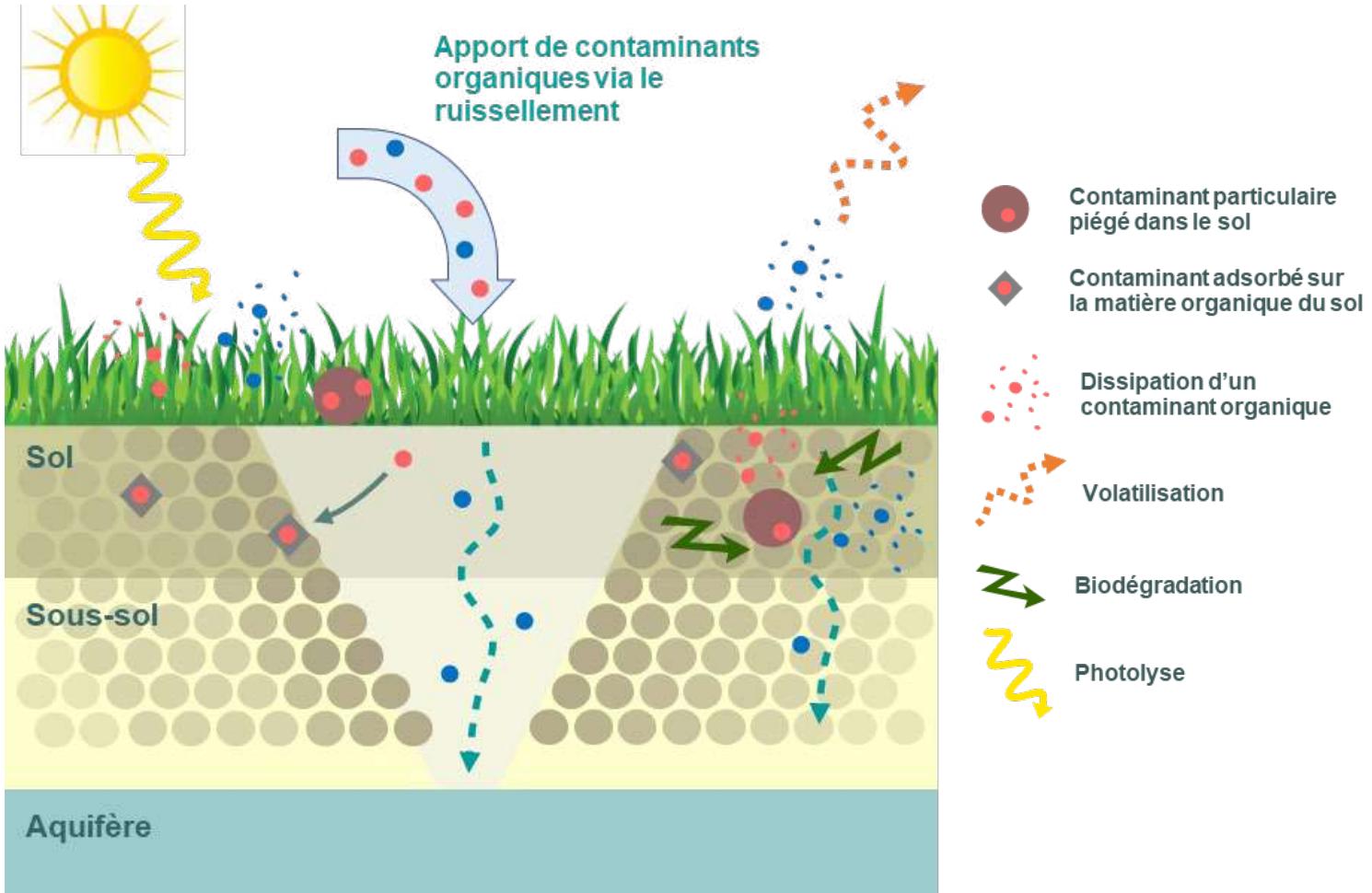
Source : Tedoldi et al., 2017a,b

Étendue spatiale de la zone contaminée

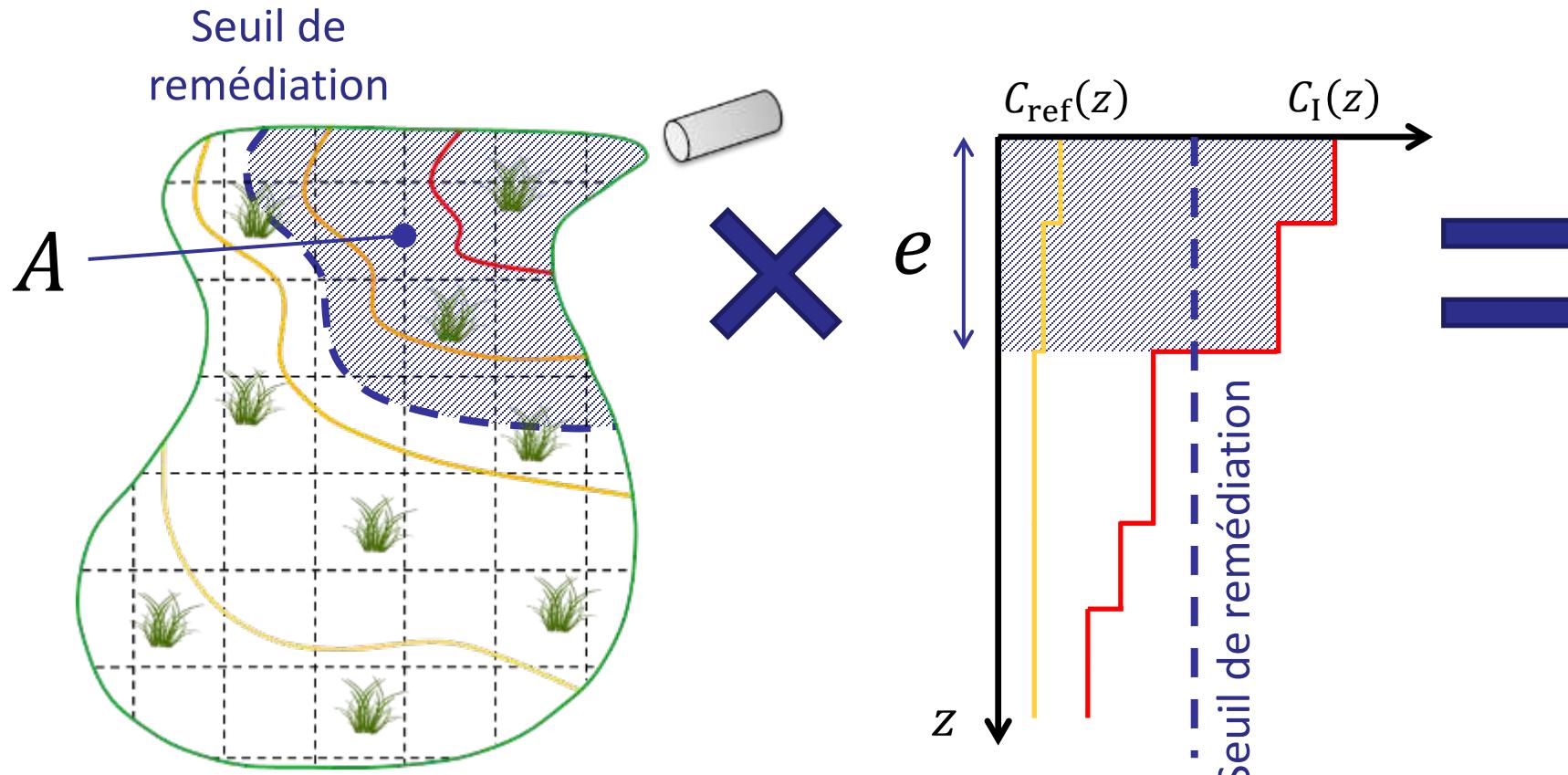


Source : Tedoldi et al., 2017a,b

Étendue spatiale de la zone contaminée



Quelle maintenance serait nécessaire ?



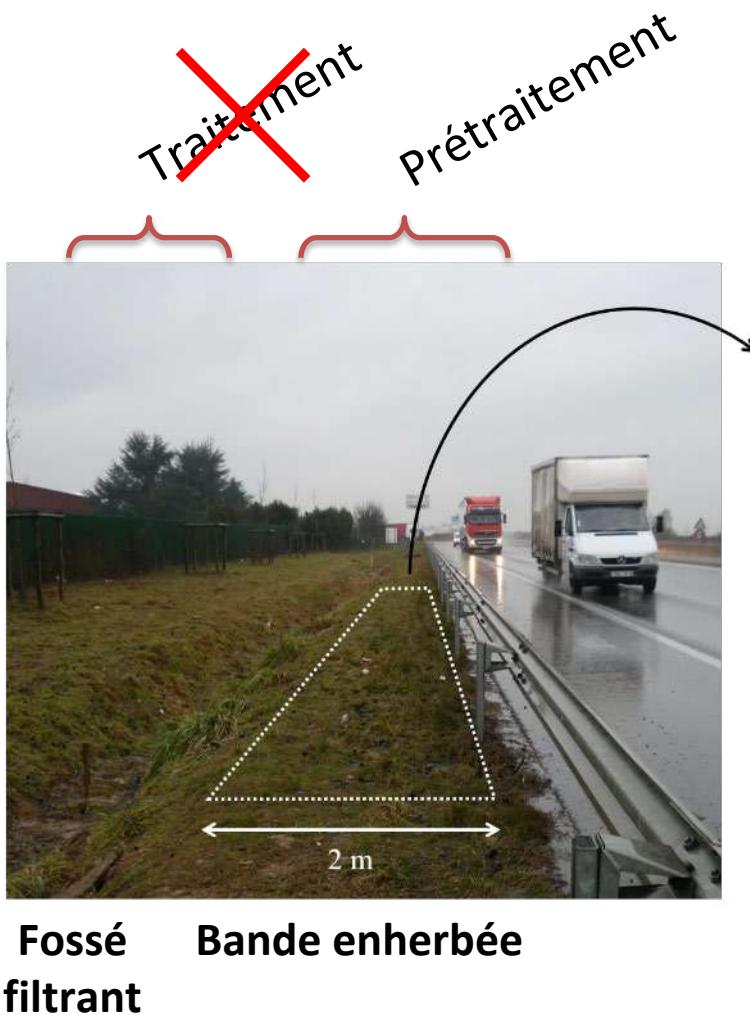
En moyenne
~ 15 m³ de terre polluée
par hectare de surface
imperméable
 après une dizaine
 d'années de
 fonctionnement

Quels points de vigilance en phase de conception ?

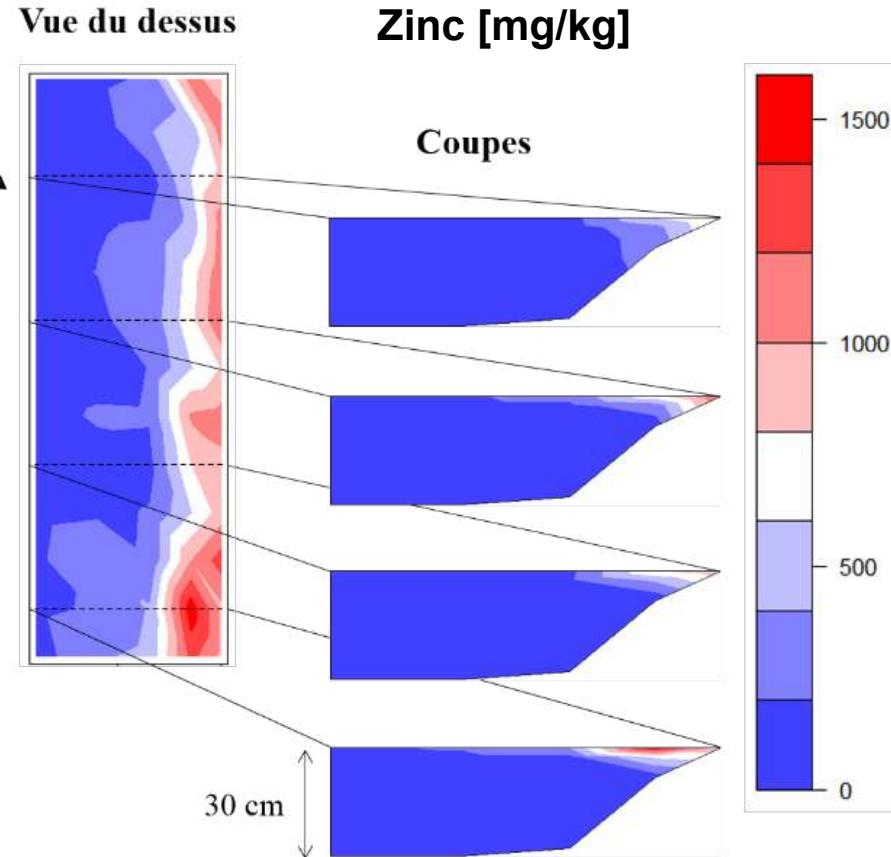


Fossé filtrant Bande enherbée

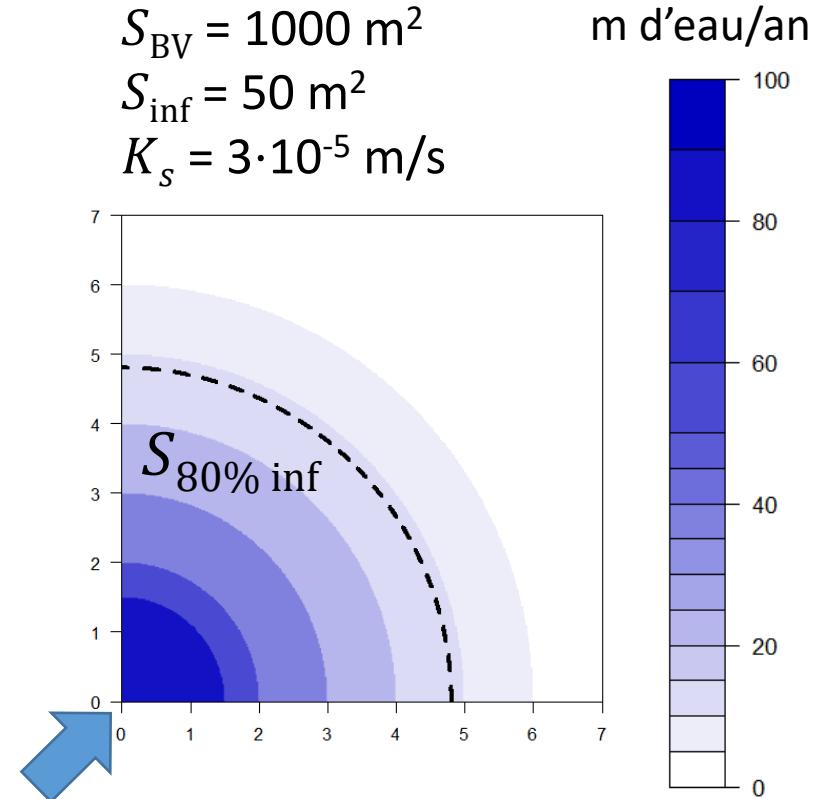
Quels points de vigilance en phase de conception ?



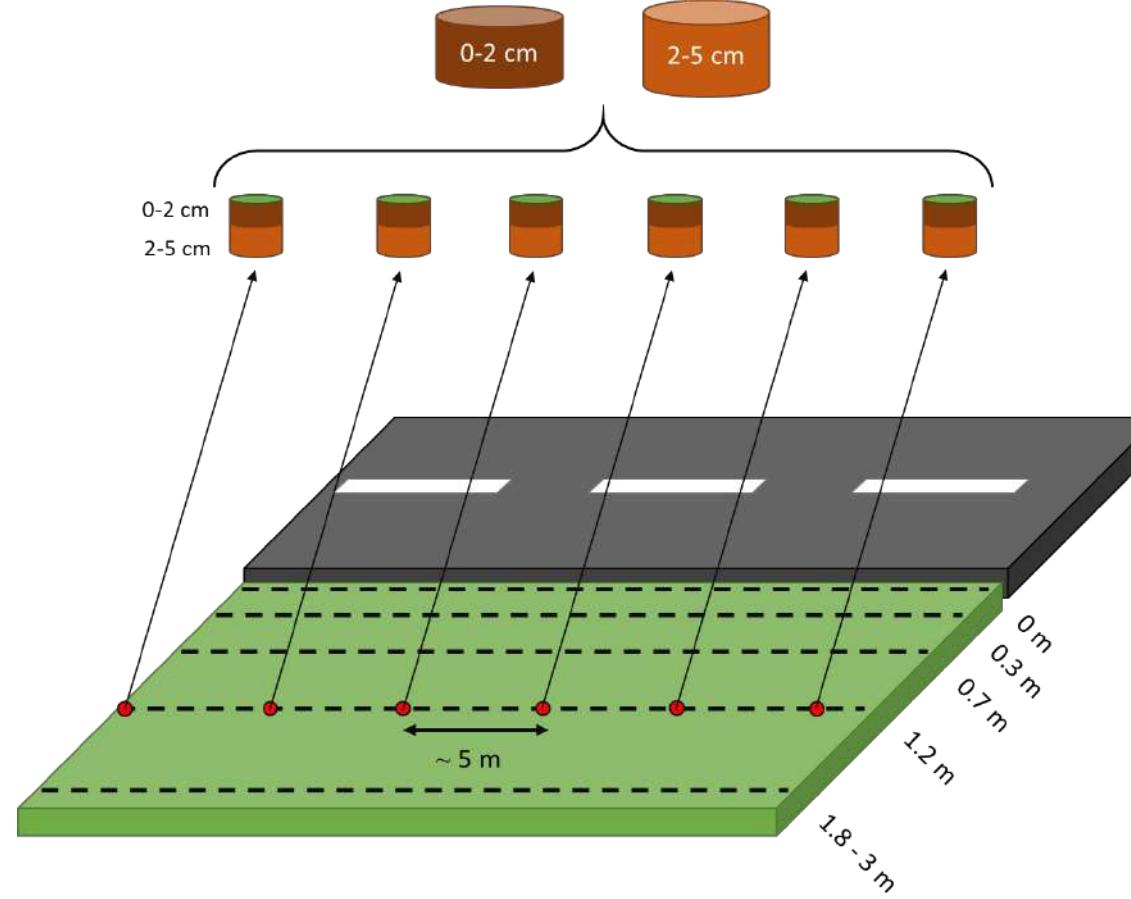
L'ouvrage de traitement ne joue pas son rôle de manière optimale



L'interception a lieu surtout sur la première surface perméable



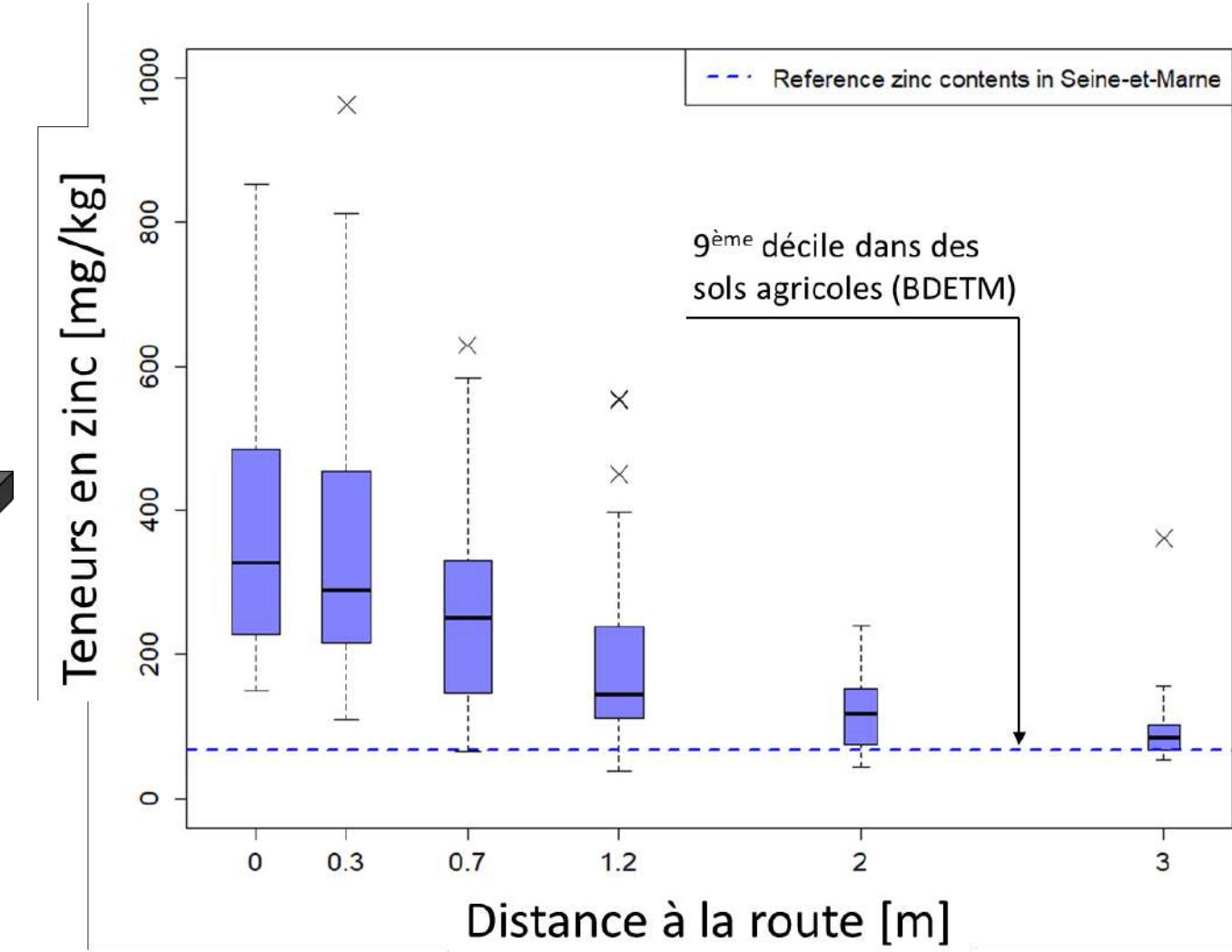
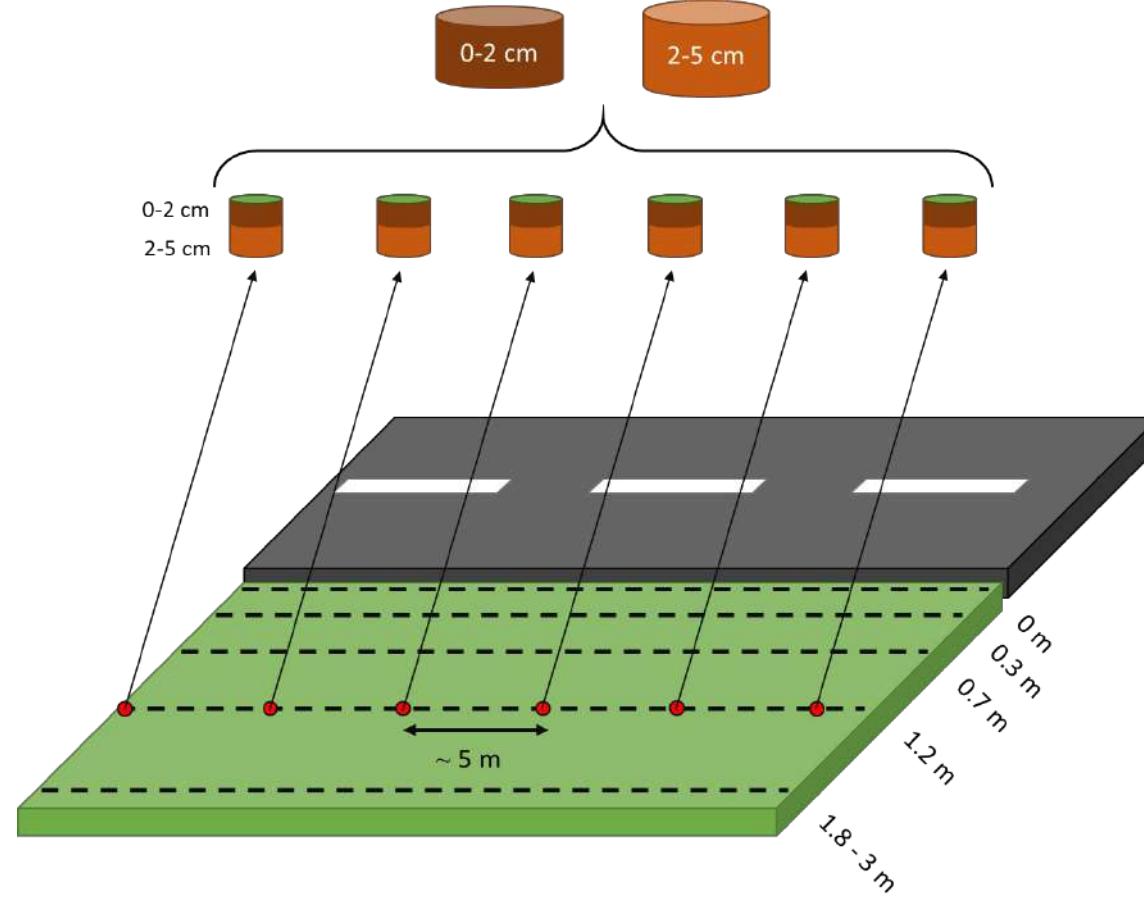
Quels points de vigilance en phase de conception ?



Source : Tedoldi et al., 2021

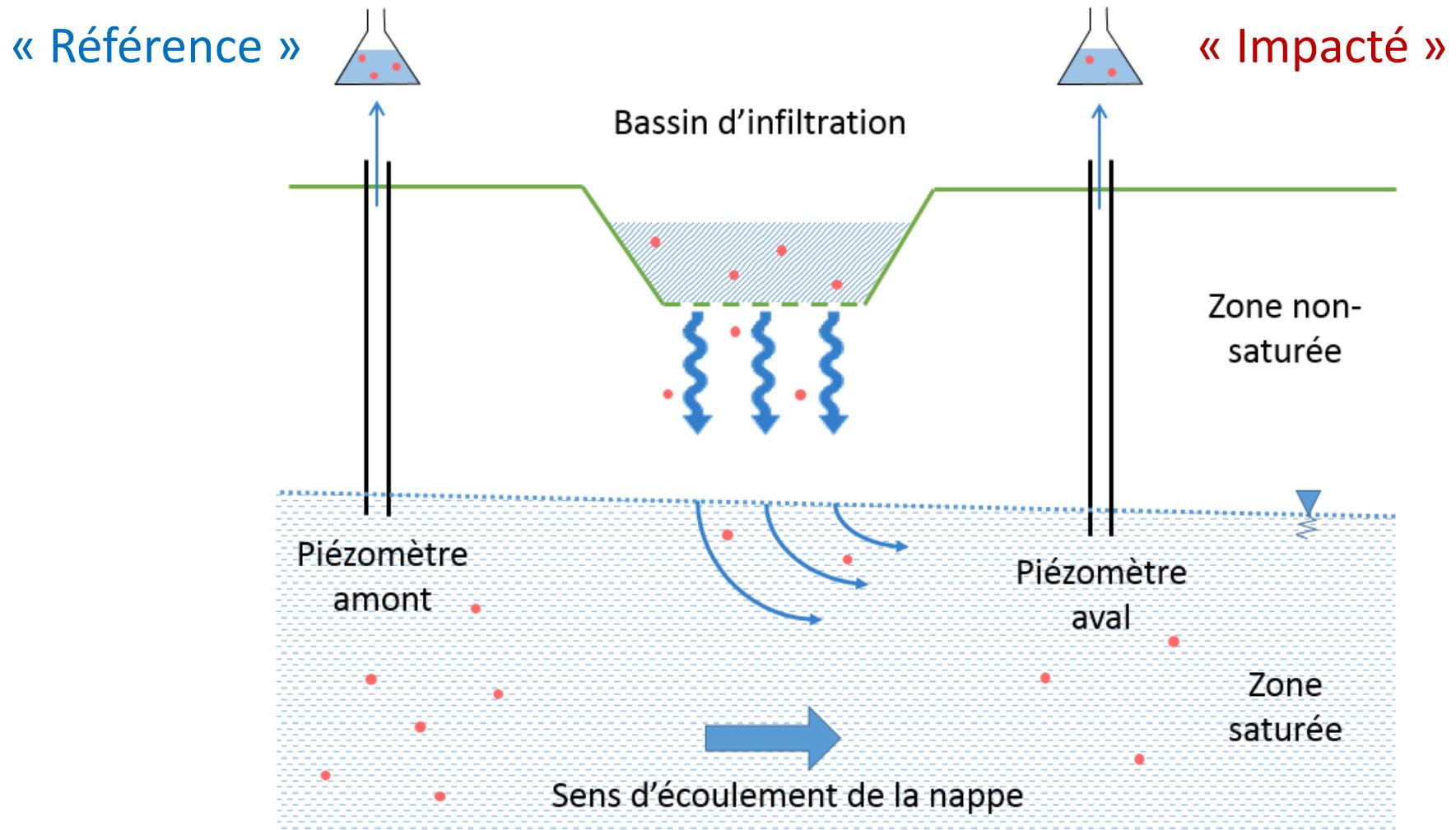


Quels points de vigilance en phase de conception ?

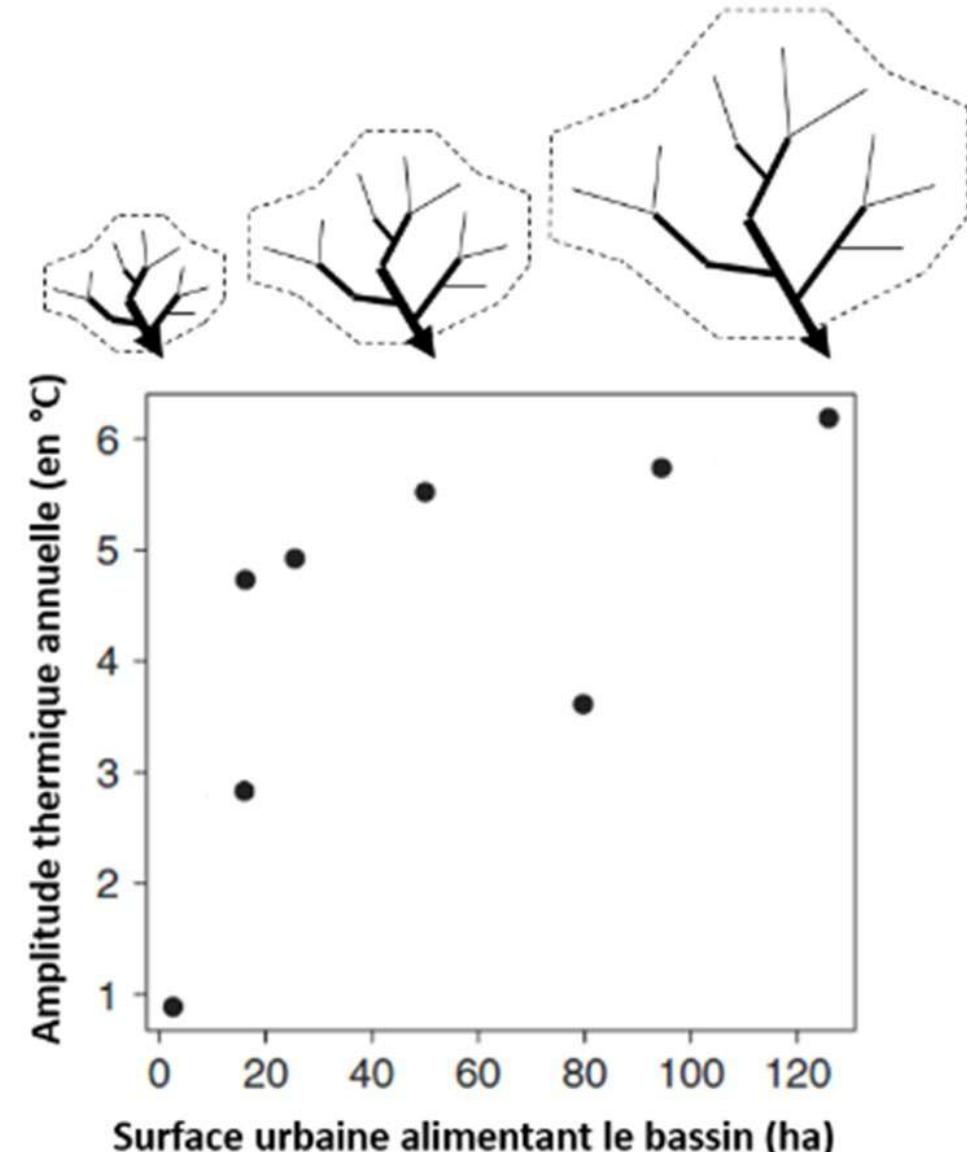
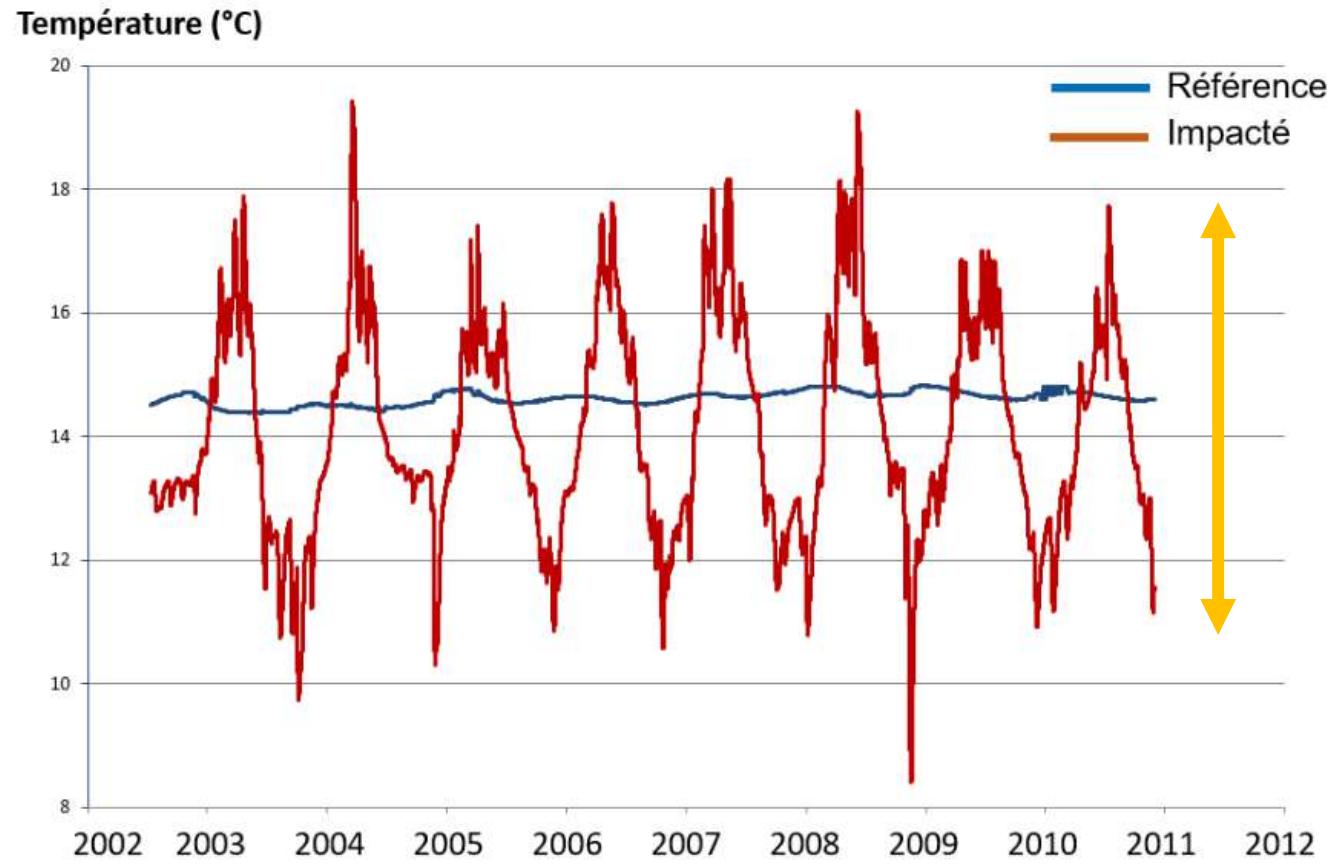




Quels impacts sur la nappe ?



Quels impacts sur la nappe ?



Quels impacts sur la nappe ?

 Sens d'écoulement de la nappe

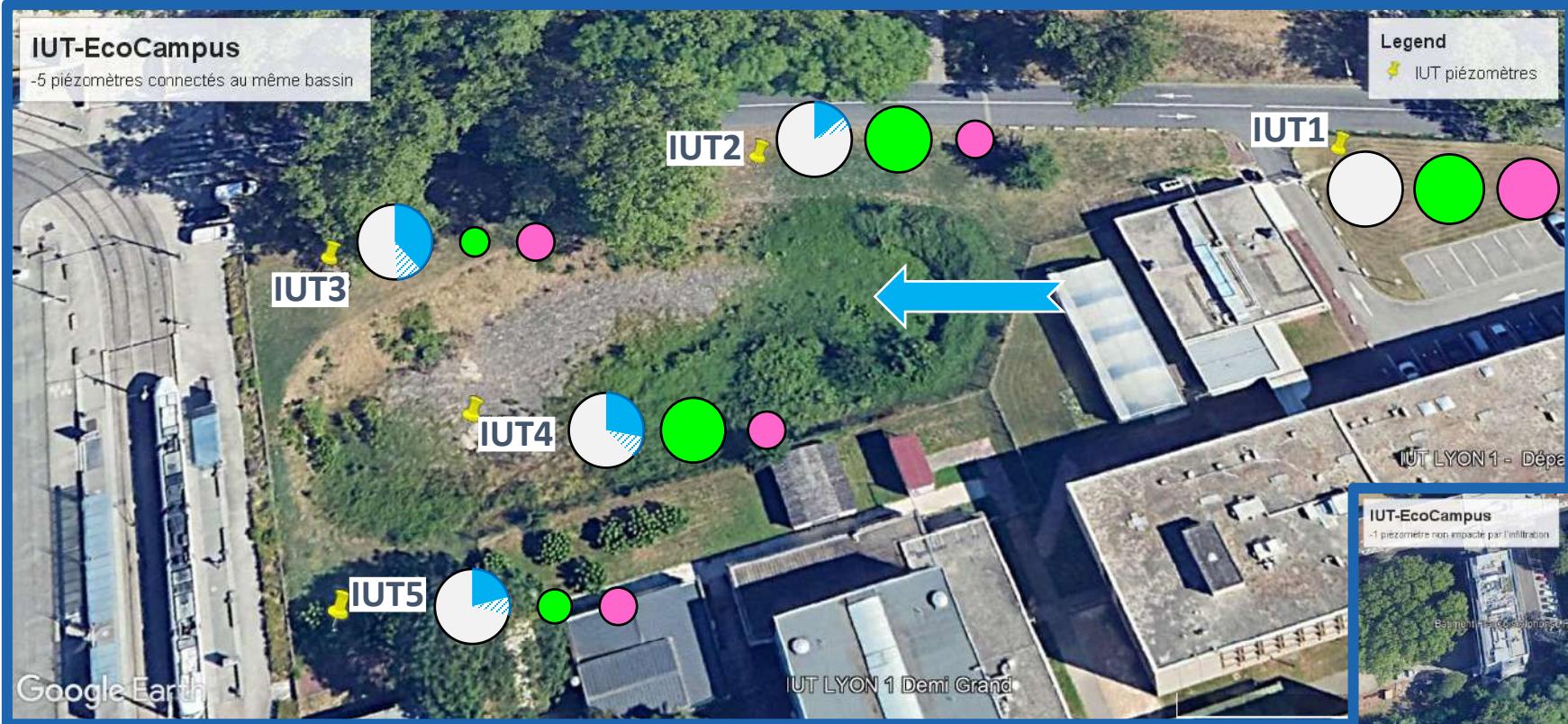


Source : Projet DISCONNECT (en cours)

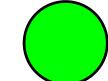
Quels impacts sur la nappe ?



Sens d'écoulement de la nappe



Proportion d'eaux pluviales
estimée d'après la conductivité



Naphtalène (ng/L) - HAP
 $< 20 - 140 \text{ ng/L}$



DEET (ng/L) - Insecticide
 $< 7 - 19 \text{ ng/L}$

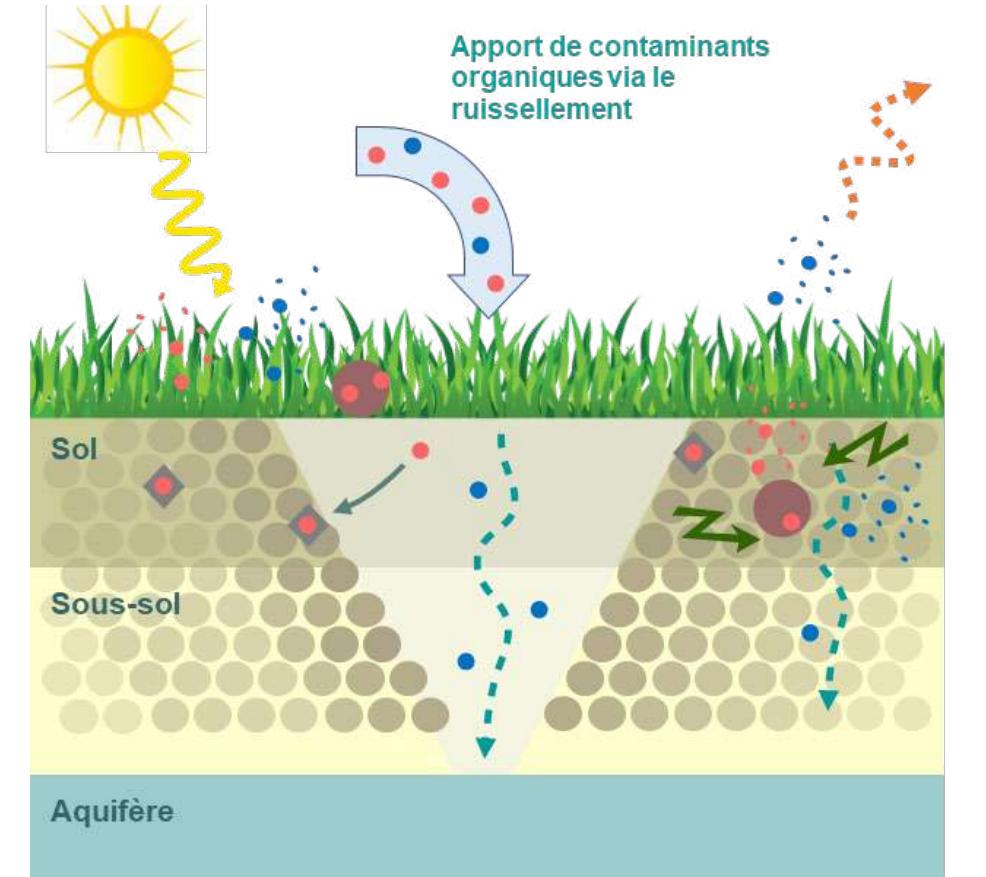
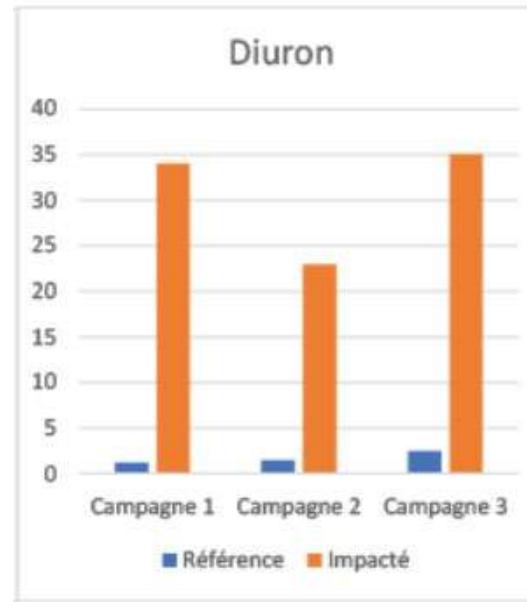
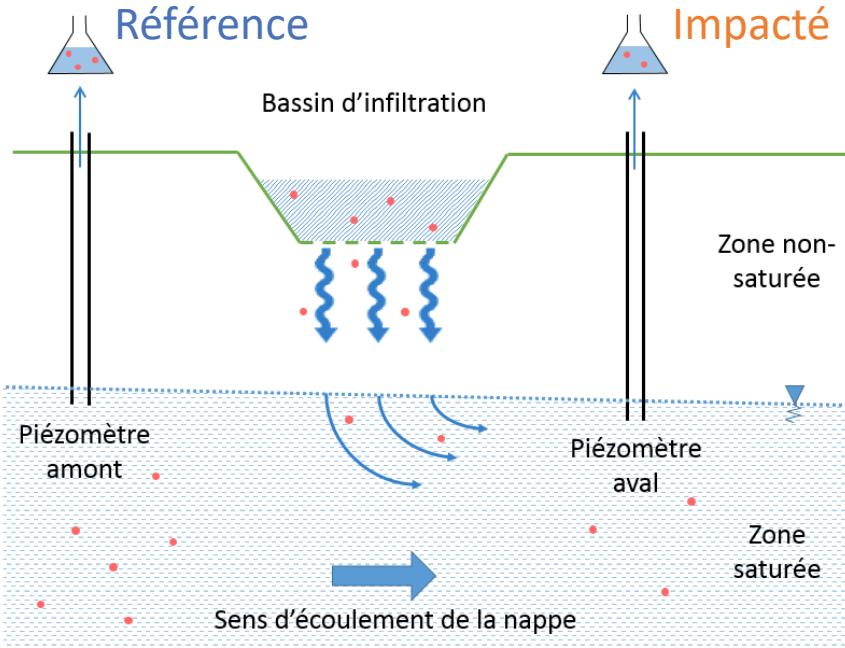
Échantillonnage réalisé après un fort épisode pluvieux

Source : Projet DISCONNECT (en cours)



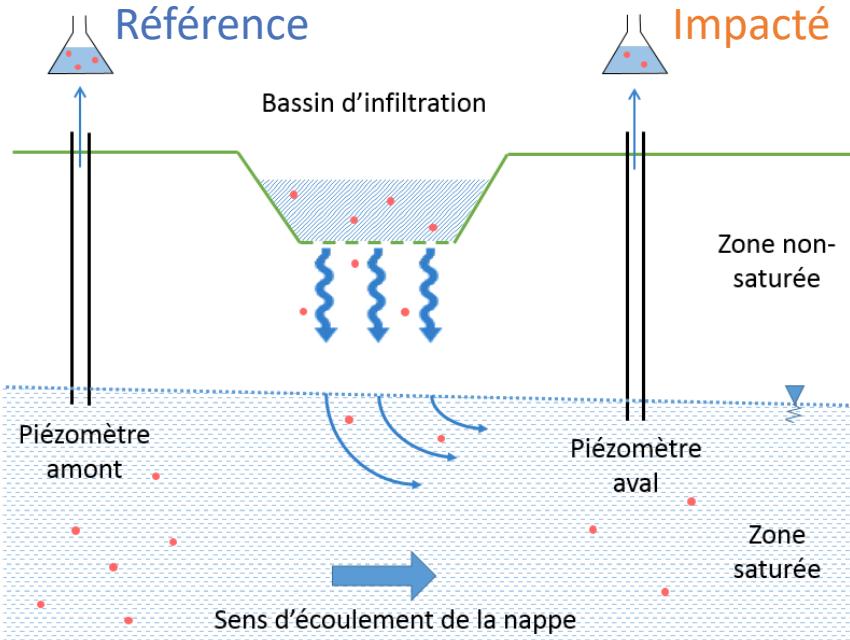
Quels impacts sur la nappe ?

Quantité accumulée sur un échantillonneur passif (ng)

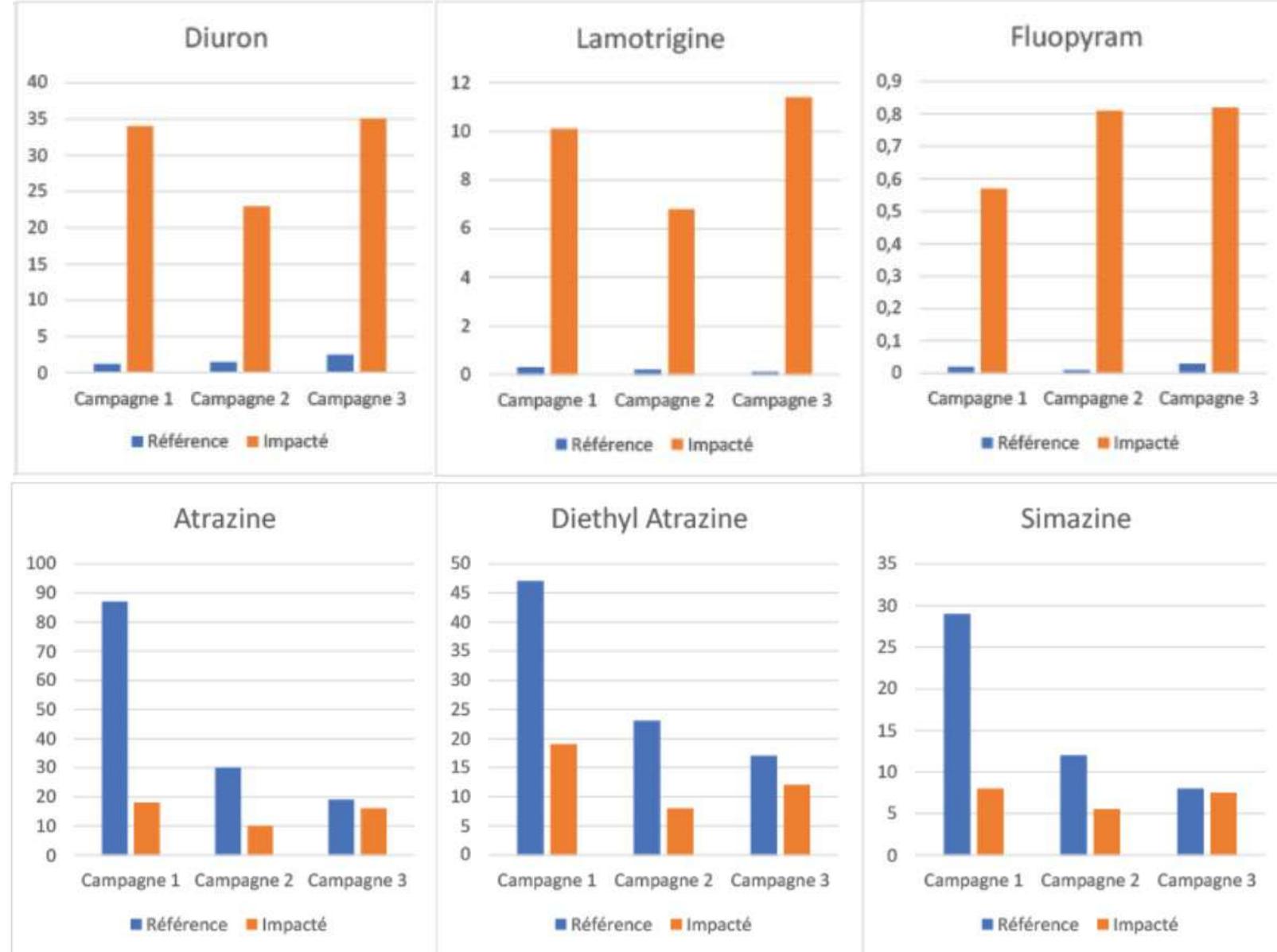


Quels impacts sur la nappe ?

Quantité accumulée sur un échantillonneur passif (ng)



Source : Pinasseau et al., 2020



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, Milène 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

