

Présentation du guide

Infiltrer les eaux pluviales,
c'est aussi maîtriser les flux polluants

Damien TEDOLDI



Présentation du guide



Infiltrer
LES EAUX PLUVIALES
c'est aussi maîtriser les flux polluants.

État des connaissances et recommandations techniques
pour la diffusion de solutions fondées sur la nature.



Infiltrer **LES EAUX PLUVIALES** c'est aussi maîtriser les flux polluants.

État des connaissances et recommandations techniques
pour la diffusion de solutions fondées sur la nature.



Les auteurs.

Damien Tedoldi, Leesu - École des Ponts ParisTech, rédacteur du document
Marie-Christine Gromaire, Leesu - École des Ponts ParisTech, co-auteur
Ghassan Chebbo, Leesu - École des Ponts ParisTech, co-auteur

Contributeurs.

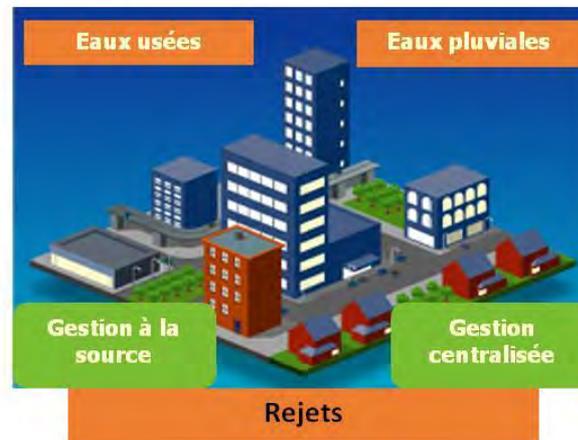
Bilel Afrit, Syndicat interdépartemental pour l'assainissement de l'agglomération parisienne (SIAAP)
Nadine Aires, Agence de l'eau Seine-Normandie (AESN)
Wendy Arnould, Pôle DREAM Eau & milieux
Philippe Bompard, Conseil départemental du Val-de-Marne (CD94)
Brigitte Durand, Ville de Paris
Christophe Lehoucq, Conseil départemental des Hauts-de-Seine (CD92)
François Milhau, Direction régionale et interdépartementale de l'environnement et de l'énergie (DRIEE)
Julien Paupardin, Conseil départemental de Seine-Saint-Denis (CD93)
Daniel Pierlot, SEPIA Conseils
Jérémie Sage, Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement (CEREMA)
Éric Thomas, Conseil départemental de Seine-et-Marne (CD77)

Présentation du guide



Pour une gestion durable des eaux urbaines

Comprendre
pour agir



Diagnostiquer

Innover

Optimiser

Structuration de la recherche

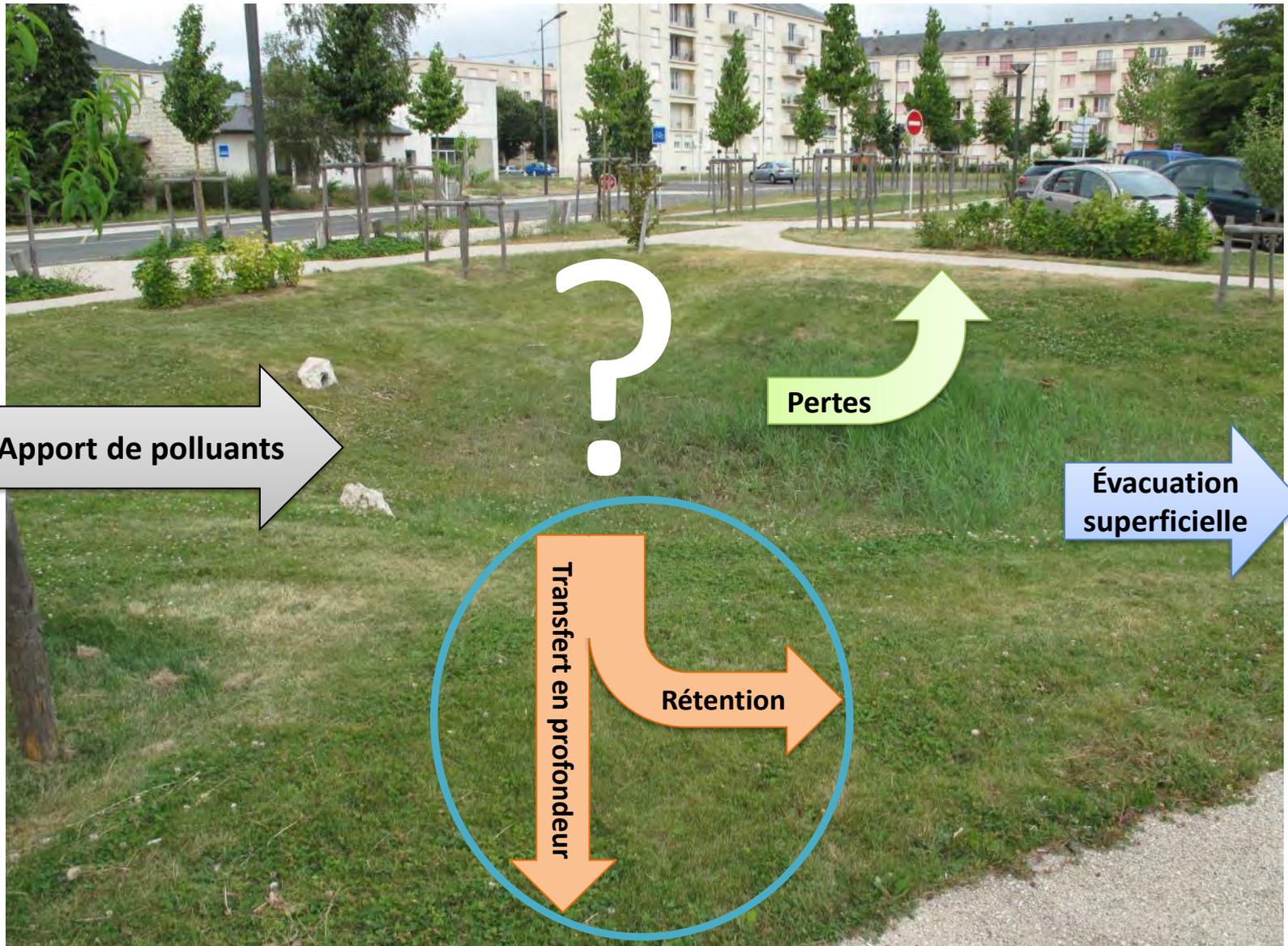


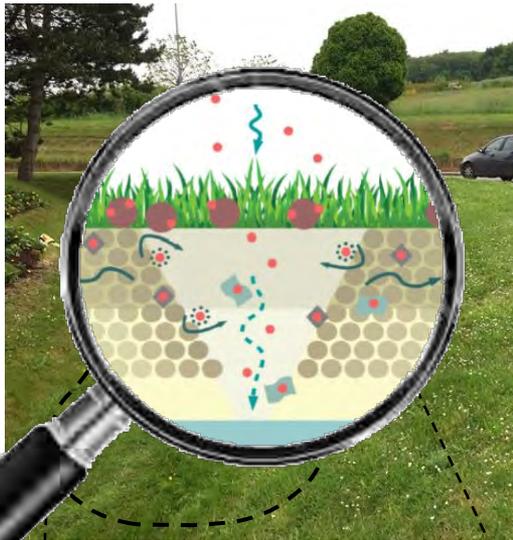
URBIS

SNO OBSERVIL

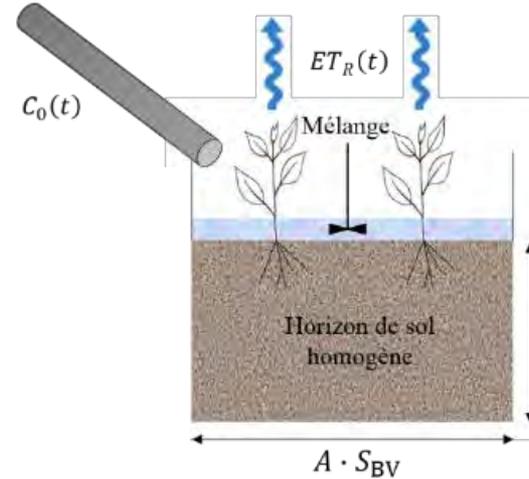
Partenariat avec les opérationnels



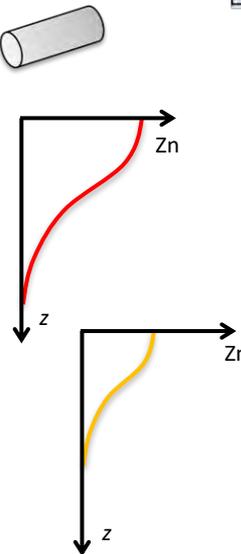
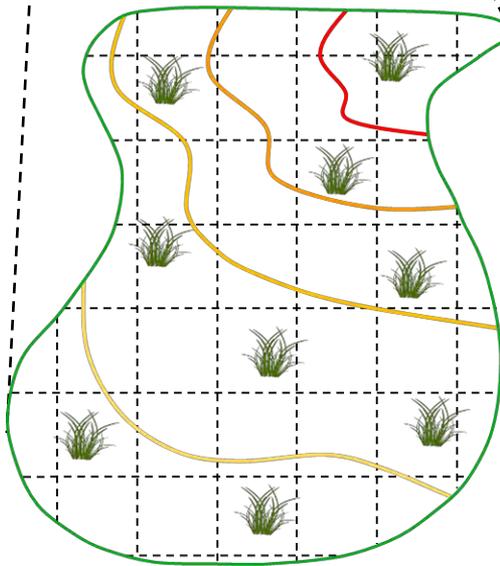




S_{BV}



Flux en profondeur





water MDPI

Contents lists available at ScienceDirect

Science of the Total Environment

Contents lists available at ScienceDirect

Science of the Total Environment

Contents lists available at ScienceDirect

Science of the Total Environment

Contents lists available at ScienceDirect

Science of the Total Environment

Blue-Green Systems IWA PUBLISHING

© 2019 The Authors
1

Blue Green Systems Vol 1 No 1
doi: 10.2166/bgs.2019.196

Evaluation of contaminant retention in the soil of sustainable drainage systems: methodological reflections on the determination of sorption isotherms

Damien Tedoldi^{a,*}, Kelsey Flanagan^a, Julien Le Roux^a, Ghassan Chebbo^{a,b}, Philippe Branchu^c, Mohamed Saad^a and Marie-Christine Gromaire^a

- **Rédaction d'un guide : quels enseignements opérationnels des résultats de recherche ?**
 - La compréhension des processus au service d'une sensibilisation et d'une amélioration des pratiques

Une construction collective

- **Regard croisé entre scientifiques et opérationnels**
- **Identification des questions à traiter \Rightarrow proposition d'un « argumentaire » sur la gestion à la source**



Première partie : État des connaissances

- De quels polluants parle-t-on ?
- Une maîtrise des flux d'eau et de polluants est-elle possible sur des sols peu perméables ?
- Le sol est-il capable de filtrer les contaminants ?
- Est-ce à dire que l'infiltration contamine le sol ?
- Peut-on malgré tout observer des impacts sur la nappe ?

Seconde partie : Recommandations techniques

- Comment caractériser les capacités de rétention du sol ?
- Quelles caractéristiques minimales faudrait-il garantir ?
- Peut-on optimiser la géométrie et l'agencement des dispositifs ?
- Comment remédier aux dysfonctionnements sur le long terme ?
- Comment assurer un suivi des ouvrages ?

2

Une maîtrise des flux d'eau et de polluants est-elle possible sur des sols peu perméables ?

Dans les systèmes de gestion à la source des eaux pluviales, l'infiltration et l'évapotranspiration permettent d'éviter que toute la pluie qui ruisselle ne rejoigne le réseau, et contribuent ainsi à réduire les flux de contaminants rejetés vers les milieux aquatiques superficiels (rivières, lacs, mer). En cas de sols peu perméables, peut-on toujours compter sur les processus hydrologiques pour limiter les rejets de contaminants ? Dans cette fiche, nous allons mieux comprendre le fonctionnement de ces systèmes, pour aboutir à des clés de dimensionnement simples permettant d'atteindre différents niveaux d'abattement de la charge polluante.

L'essentiel

Même si le sol est peu perméable, il est possible de mettre en œuvre une stratégie de gestion des eaux pluviales qui concilie l'objectif de maîtrise des débits de pointe et celui de réduction des rejets superficiels. Il suffit pour cela :

- d'adapter la surface d'infiltration en fonction de l'étendue du bassin versant de collecte et de la perméabilité du sol, selon des abaques fournis ci-dessous,
- de surélever l'évacuation superficielle des dispositifs de rétention de quelques centimètres, ce qui permet d'intercepter de manière systématique les premiers millimètres de pluie.

1. Qu'est-ce qu'un sol « peu perméable » et en quoi est-il limitant ?

La vitesse d'infiltration de l'eau est d'autant plus grande que la perméabilité du sol, notée K_s , est élevée ; on considère généralement comme « peu perméables » les sols possédant un K_s inférieur à 10^{-6} m/s. Commençons par clarifier quelques ordres de grandeur. Une vitesse d'infiltration de

10^{-6} m/s est équivalente à 3,6 mm/h, ou encore 8,6 cm/j : on pourra donc retenir qu'un sol de perméabilité 10^{-6} m/s est capable d'infiltrer environ 100 mm d'eau en 24 h. Néanmoins, un dispositif d'infiltration ne gère pas seulement la pluie directe, mais également le ruissellement provenant d'autres surfaces imperméables, de sorte qu'il reçoit une hauteur d'eau supérieure à la lame d'eau précipitée (Figure 2.1).



Question posée

Position du problème

Réponse synthétique

Réponse détaillée

<https://www.leesu.fr/opur/guides>



OPUR, un Observatoire des Polluants URbains



Suivre @OPURIdF

MEMBRES SCIENTIFIQUES D'OPUR



Accueil > Outils opérationnels

Guides

Le programme OPUR a coordonné la réalisation de plusieurs ouvrages et guides à destinée opérationnelle :



Infiltrer les eaux pluviales, c'est aussi maîtriser les flux polluants. État des connaissances et recommandations techniques pour la diffusion de solutions fondées sur la nature - 2020

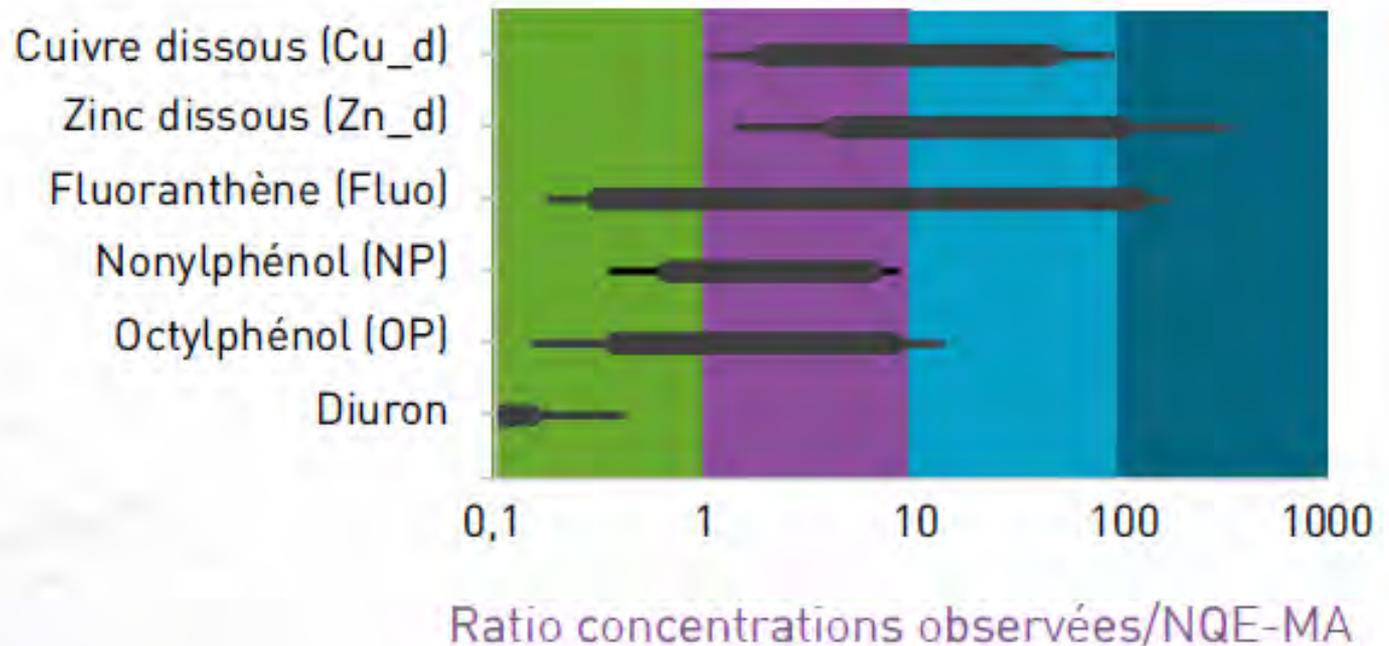
Cet ouvrage sur l'infiltration des eaux de ruissellement et la maîtrise des flux d'eau et de polluants associés constitue la concrétisation d'une action de recherche menée au **Leesu** dans le cadre de l'observatoire OPUR. Il vise à rendre les connaissances scientifiques accessibles au plus grand nombre, et à mettre ces connaissances au service d'une amélioration des pratiques opérationnelles, à travers différentes recommandations techniques. Fruit d'un travail collectif entre chercheurs et acteurs opérationnels, ce guide est organisé en dix questions, qui reprennent les principales interrogations soulevées au

cours du projet. Il apporte des réponses synthétiques et pragmatiques qui permettront certainement de lever la plupart des réticences concernant l'infiltration des eaux pluviales.

- **Une contamination diffuse, des sources multiples**
 - Occupation du sol
 - Activités anthropiques
 - Pratiques



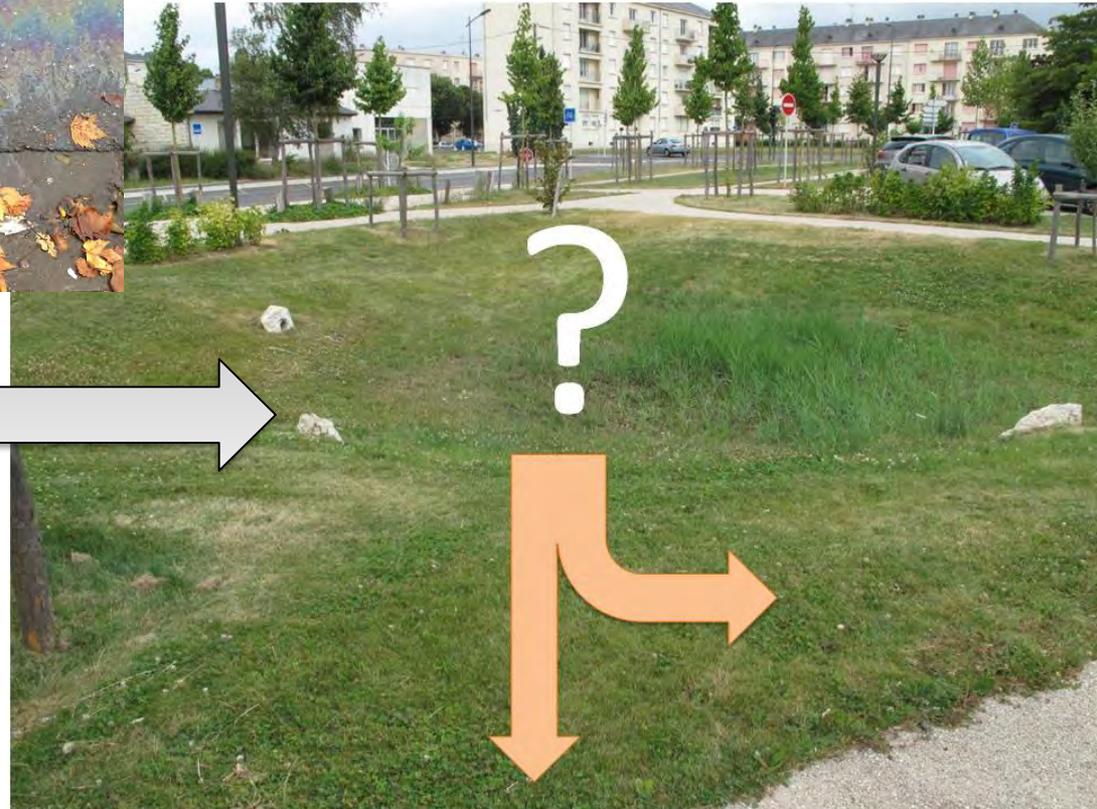
- **Des concentrations souvent modérées... mais tout de même susceptibles d'impacter les milieux aquatiques**



Synthèse des projets *Roulépur*, *Micromégas*, *Matriochkas*, 2019

- **Une diversité croissante de polluants d'amont en aval**
 - Contaminations croisées dans les réseaux

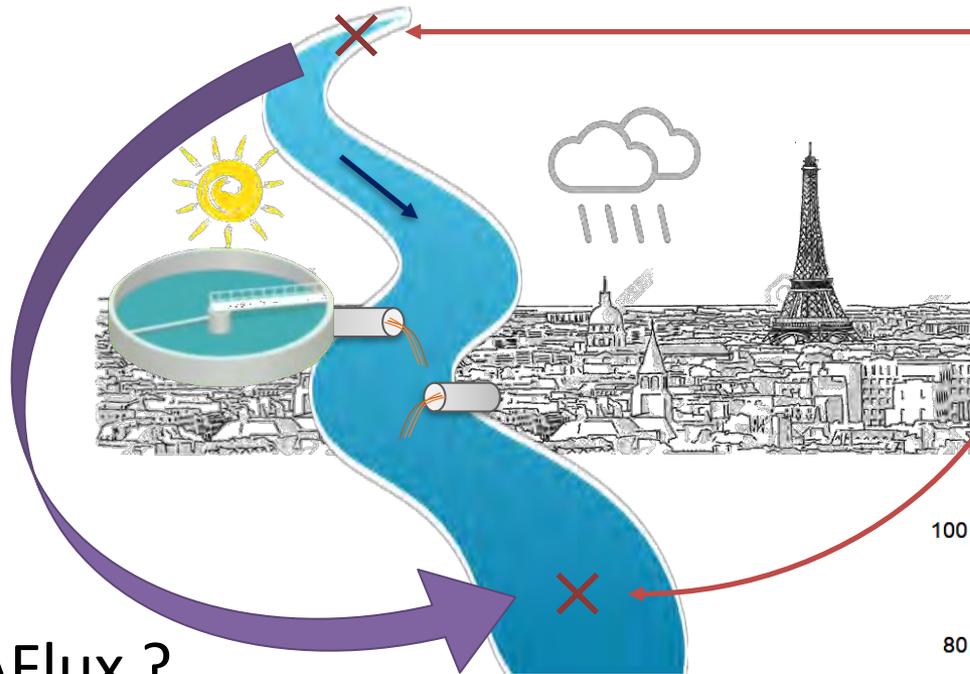
- **Avant de nous intéresser aux impacts de l'infiltration sur le sol et les nappes...**



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



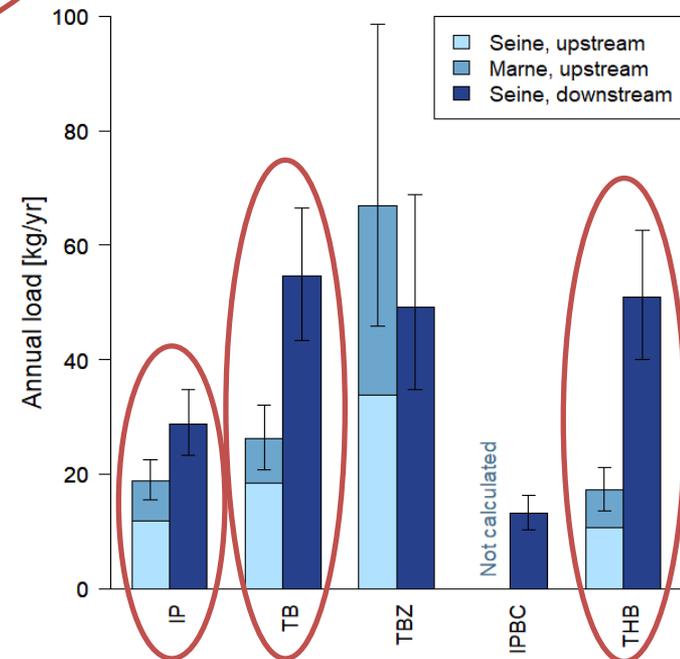
Un aparté sur les biocides en rivière...



Échantillonnage & analyse

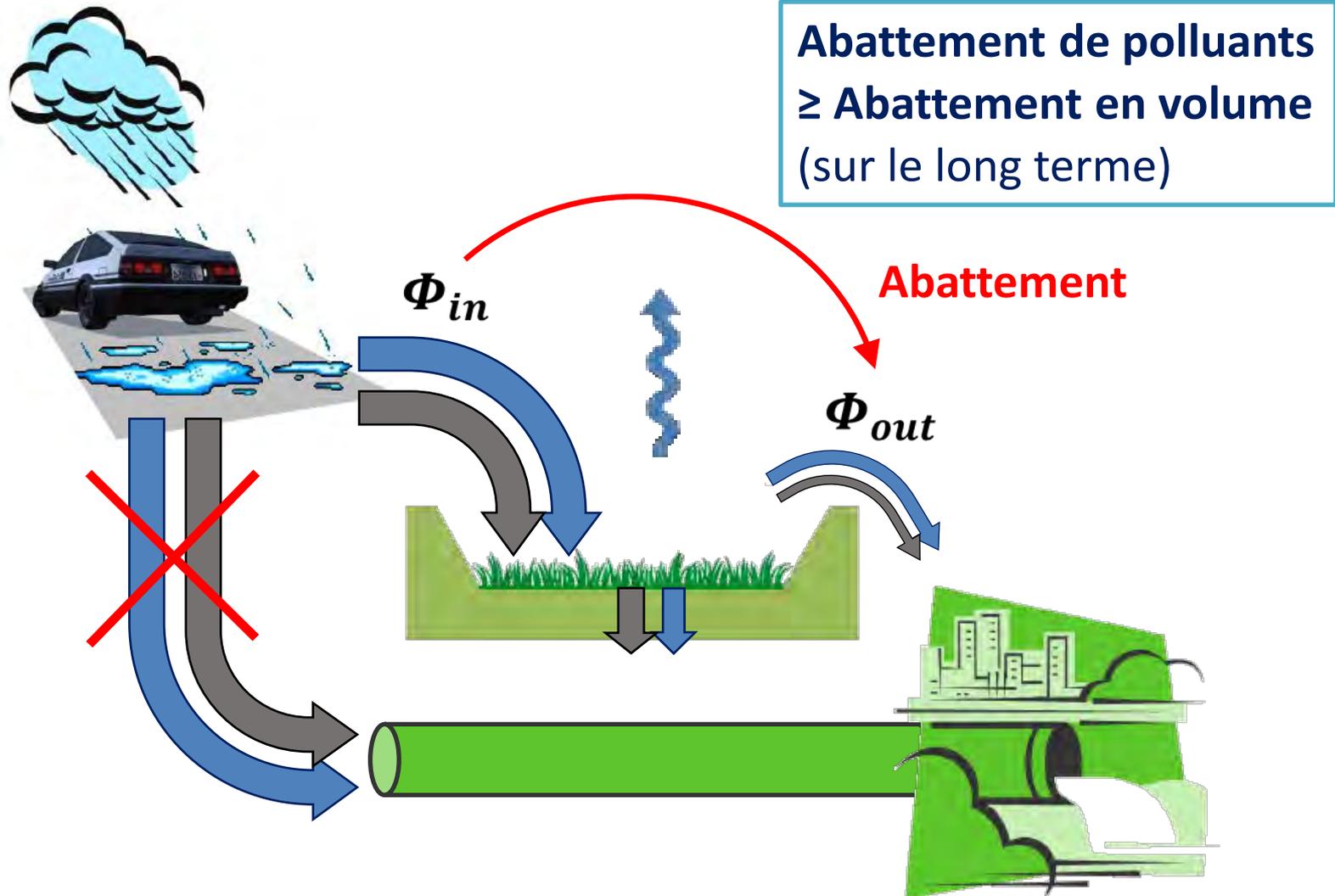
ΔFlux ?

Un impact de l'agglomération parisienne mis en évidence pour plusieurs molécules



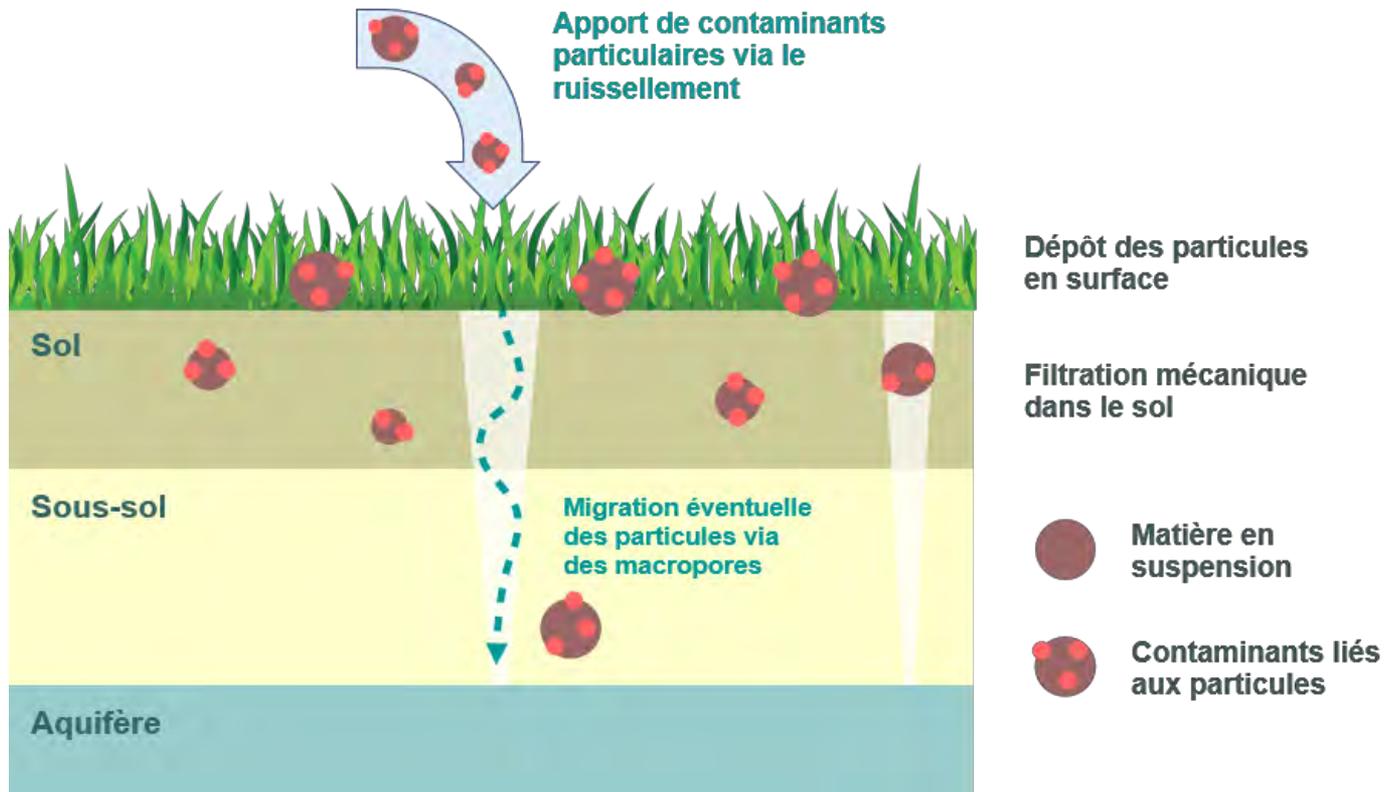
Paijens *et al.*, article en préparation

- La gestion à la source préserve les eaux superficielles



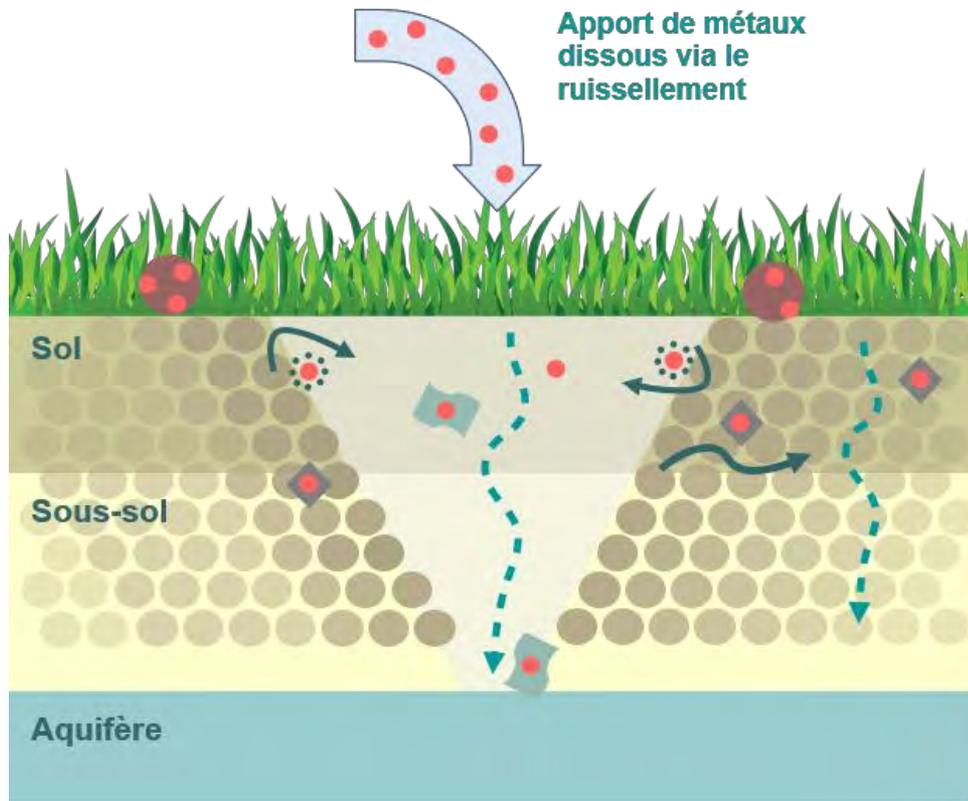
Le sol filtre-t-il les contaminants ?

- Pour la plupart, oui !
- Substances particulaires :



Le sol filtre-t-il les contaminants ?

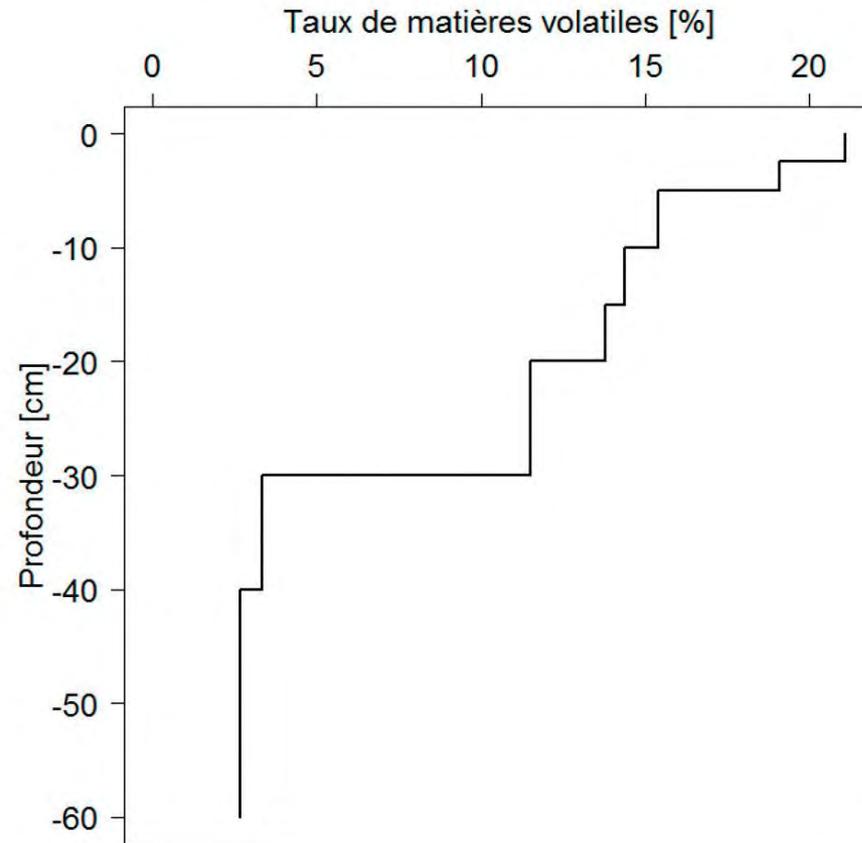
- Pour la plupart, oui !
- Métaux dissous :



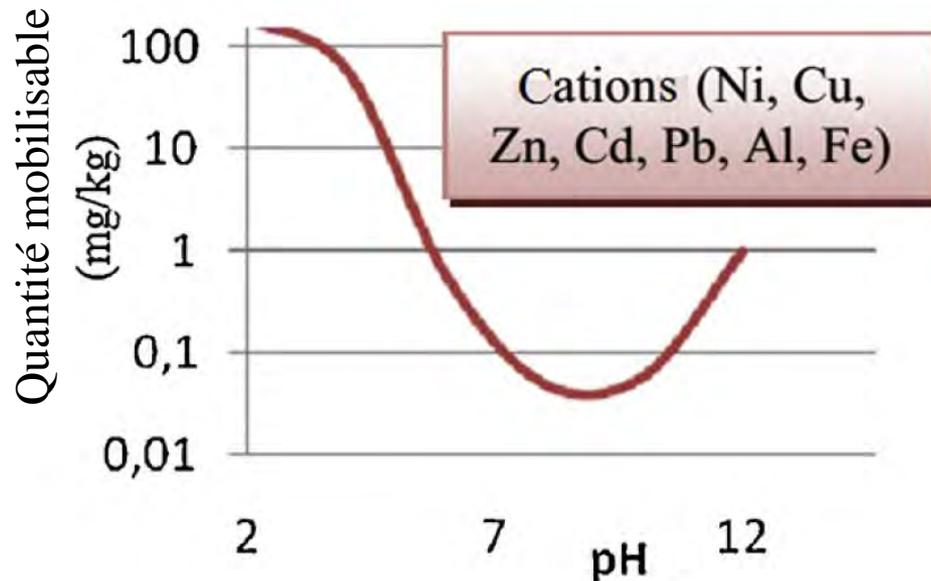
- Métal sous forme dissoute
- Adsorption sur les dépôts de surface
- Adsorption par liaisons chimiques ou précipitation
- Diffusion lente mais plus pérenne dans la matrice solide
- Adsorption par interactions électrostatiques (réversibles)
- Métal complexé à la matière organique dissoute ou à des colloïdes
- Infiltration de l'eau

- **À noter : la rétention est d'autant meilleure que le sol est organique**
 - Implications sur la mise en place des ouvrages

À conserver !



- **À noter : la mobilité des métaux augmente dans un sol/substrat acide**
 - Éviter les amendements de type tourbe ou écorce de pin



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



Le sol filtre-t-il les contaminants ?

- Pour la plupart, oui !
- Contaminants organiques : il faut distinguer...
 - ...les molécules *hydrophobes* ⇒ Bien retenues par le sol



Ex. HAP

- ...les molécules *hydrophiles* ⇒ Susceptibles de migrer

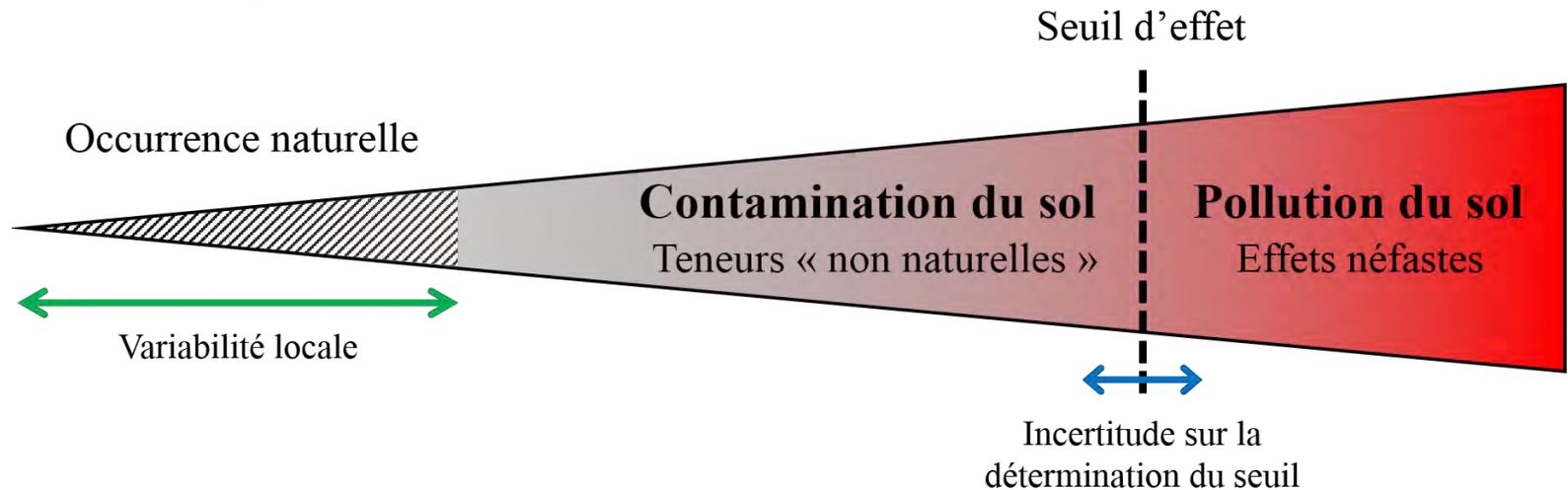


Mais des démarches de réduction à la source sont possibles !

Ex. pesticides, biocides, BPA

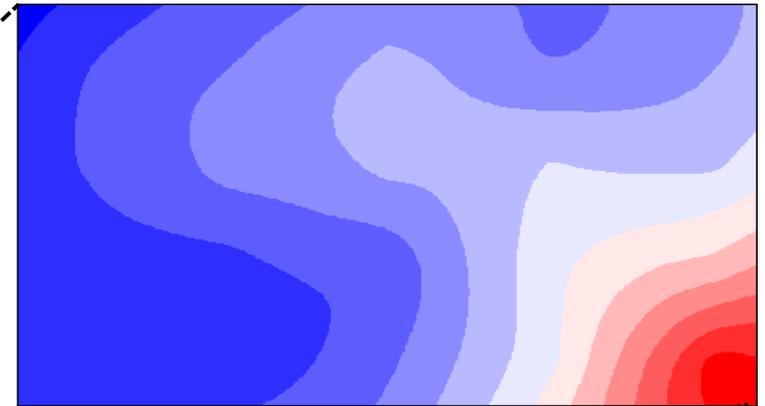
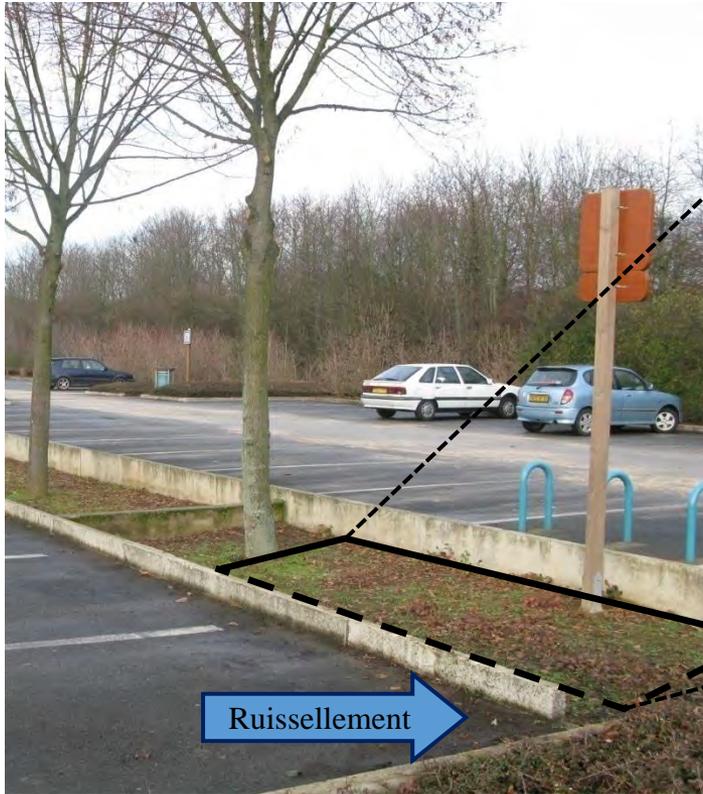
Est-ce à dire que l'on contamine le sol ?

- L'accumulation des substances transportées par le ruissellement est la contrepartie inévitable de leur rétention...
- ...mais un « contaminant » n'est pas nécessairement un « polluant » !

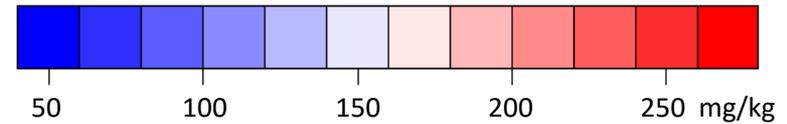


- ...et la zone contaminée possède une structure spatiale caractéristique, qui facilite les interventions.

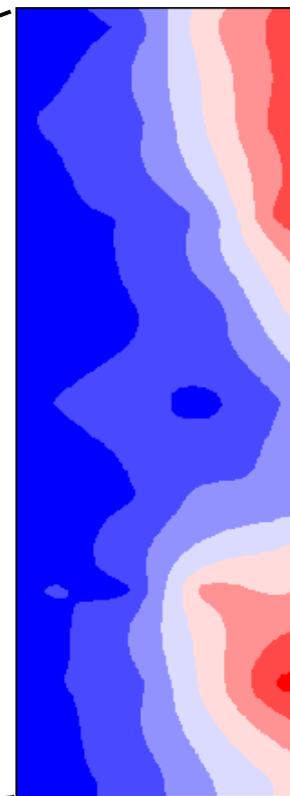
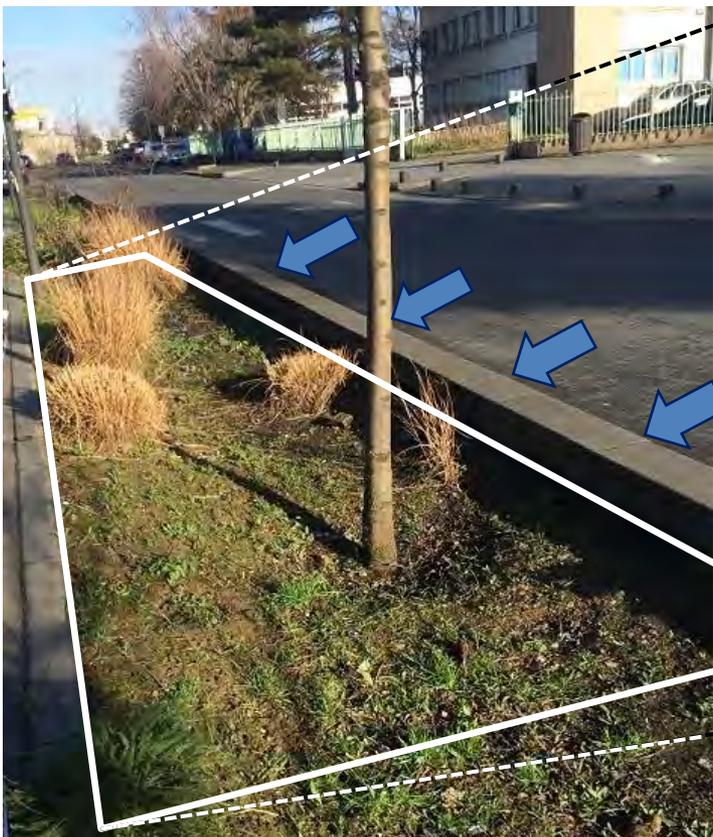
Est-ce à dire que l'on contamine le sol ?



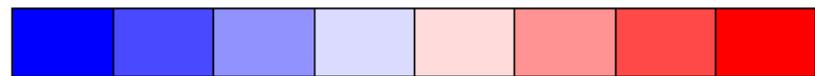
Zinc [mg/kg]



Est-ce à dire que l'on contamine le sol ?



Zinc [mg/kg]



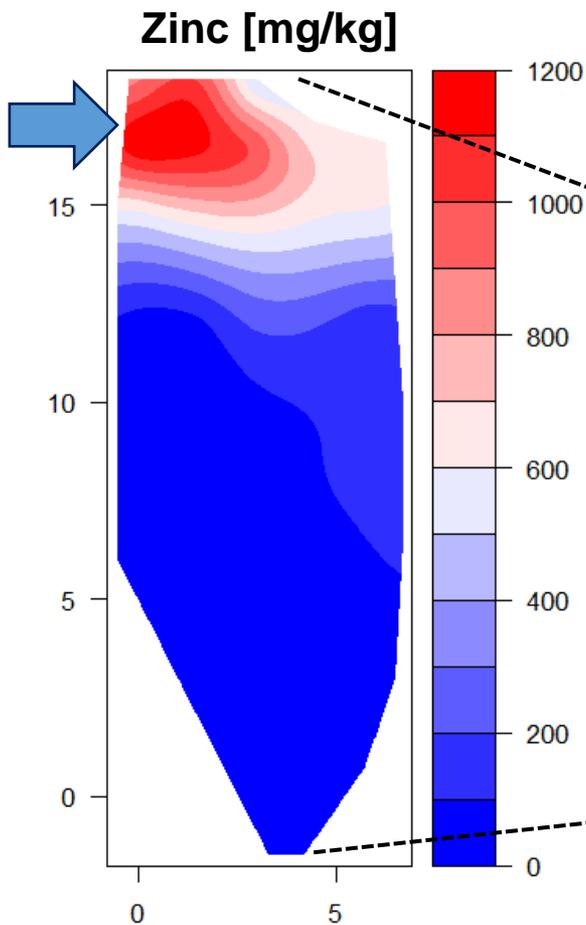
200

400

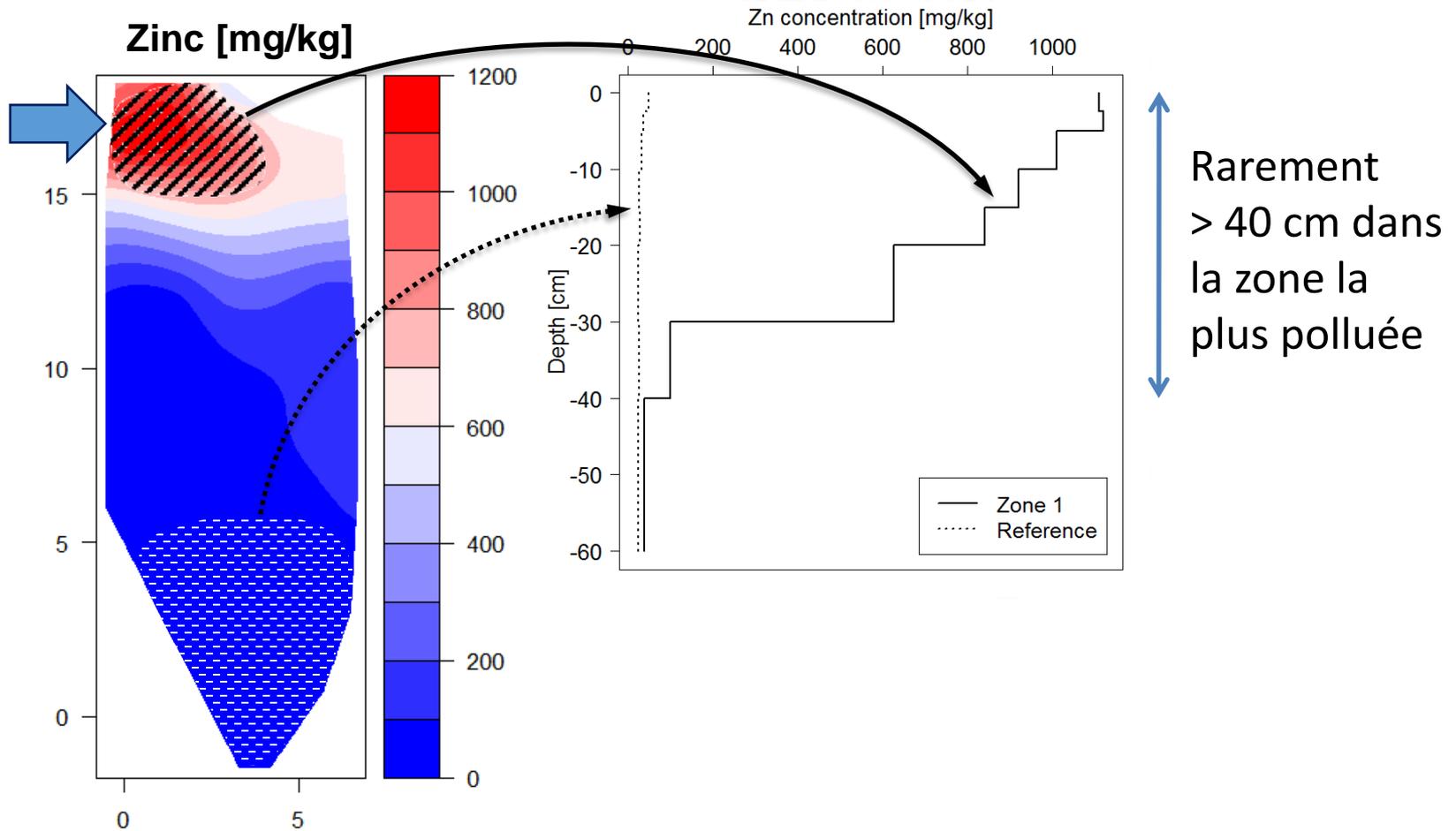
600

800 mg/kg

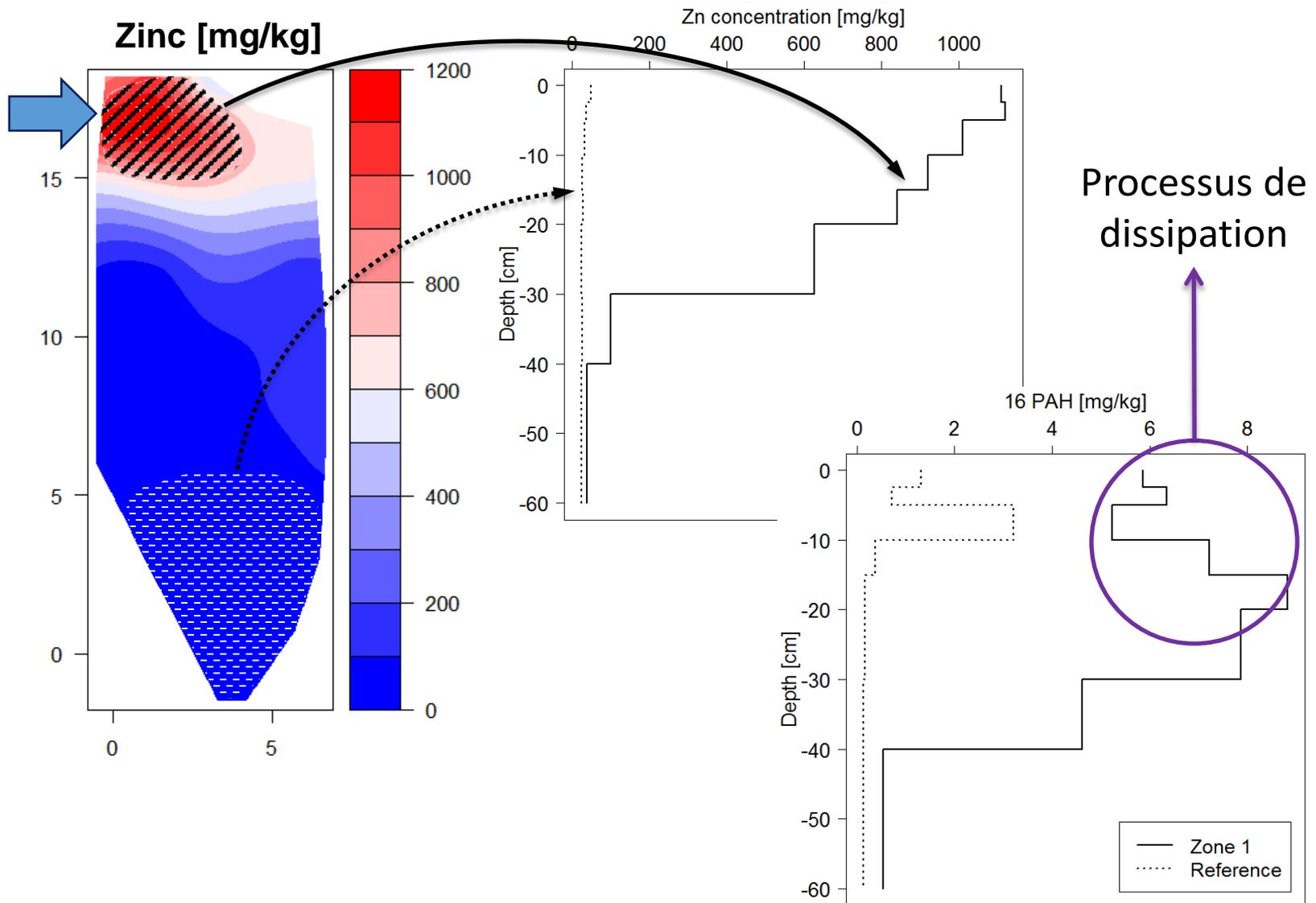
Est-ce à dire que l'on contamine le sol ?



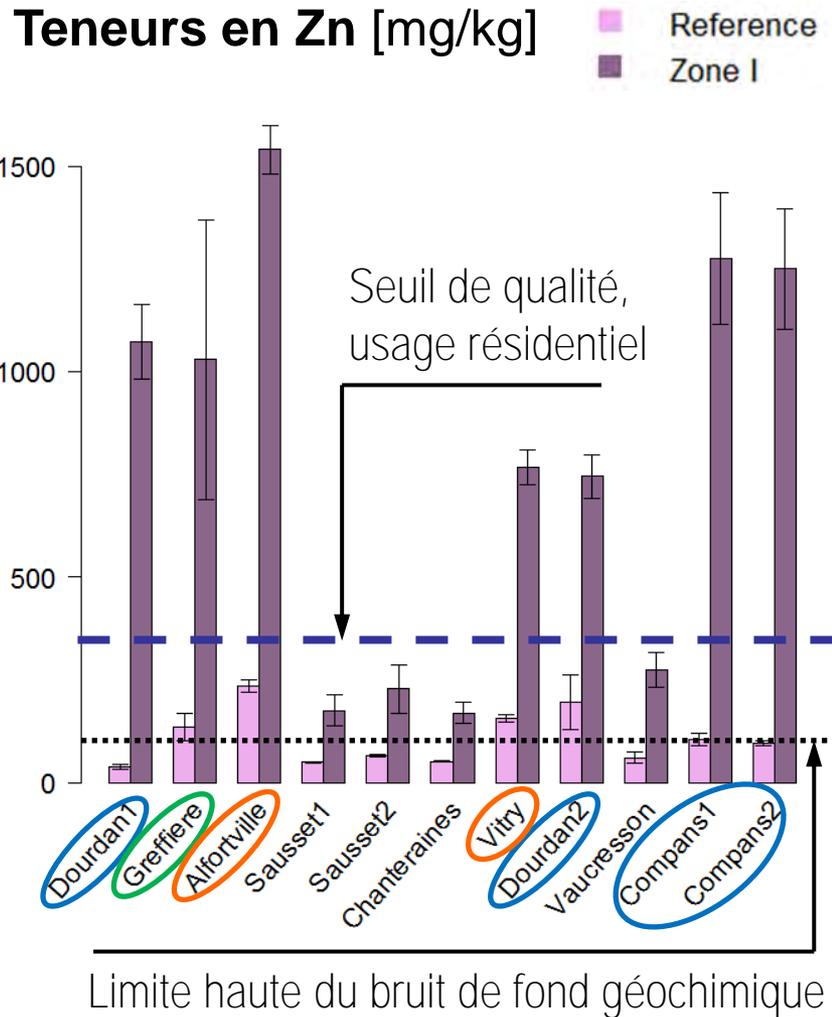
Est-ce à dire que l'on contamine le sol ?



Est-ce à dire que l'on contamine le sol ?



Est-ce à dire que l'on contamine le sol ?

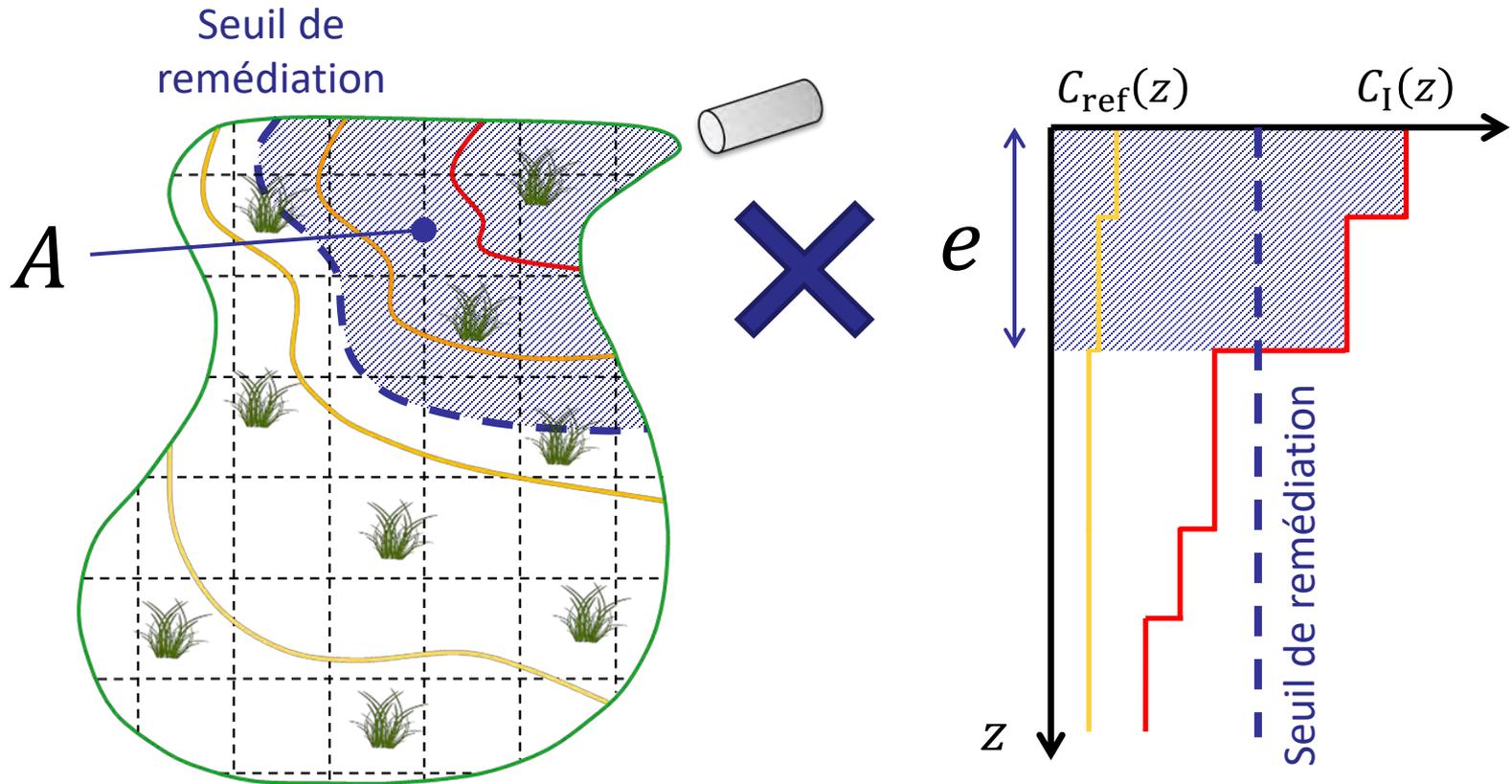


- **Une contamination métallique élevée est liée...**
 - ...au trafic (Zn, Cu)
 - ...à des toitures ou des éléments d'étanchéité en métal (Zn, Pb)
 - ...à des activités industrielles sur le BV

- **Sur certains sites, les « seuils d'intervention » internationaux sont dépassés (localement)**

- **Est-ce un problème ?**

Quelle maintenance serait nécessaire ?

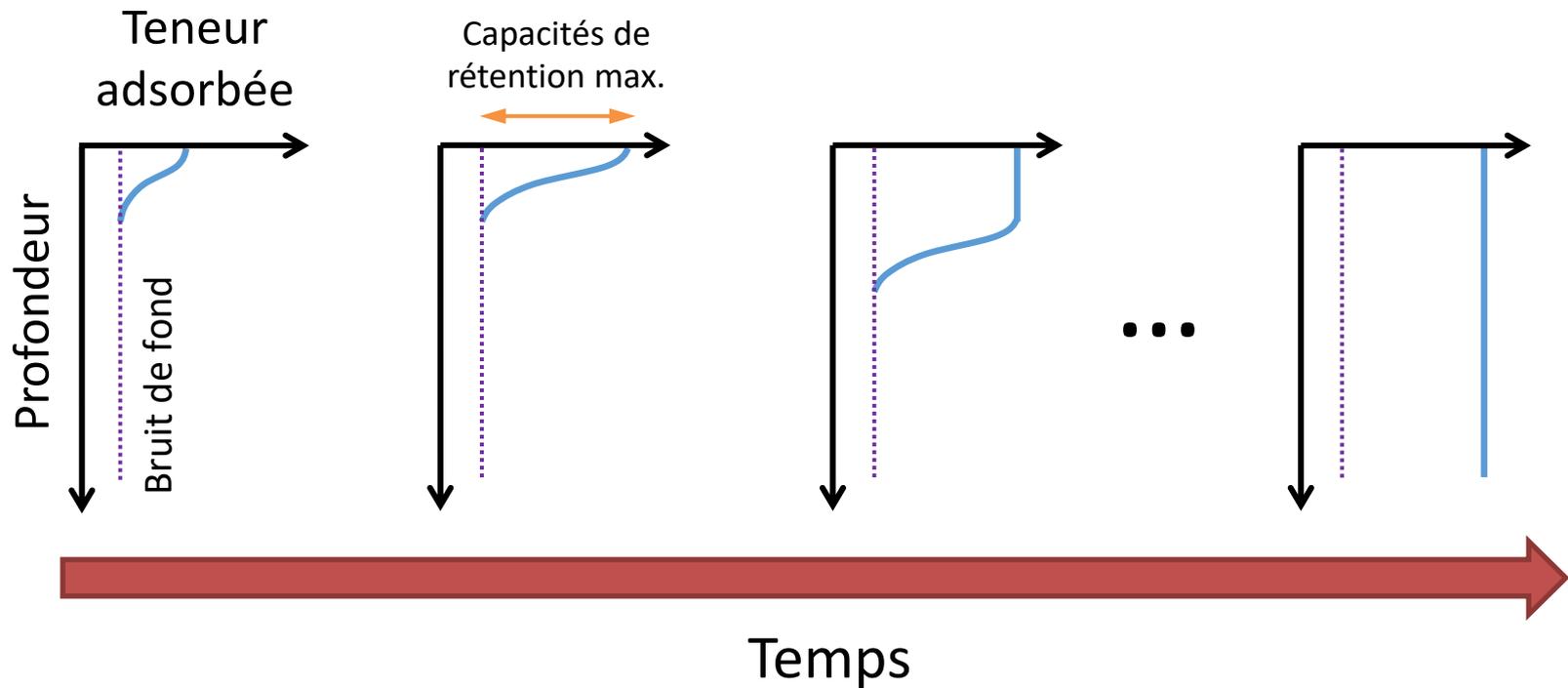


==

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

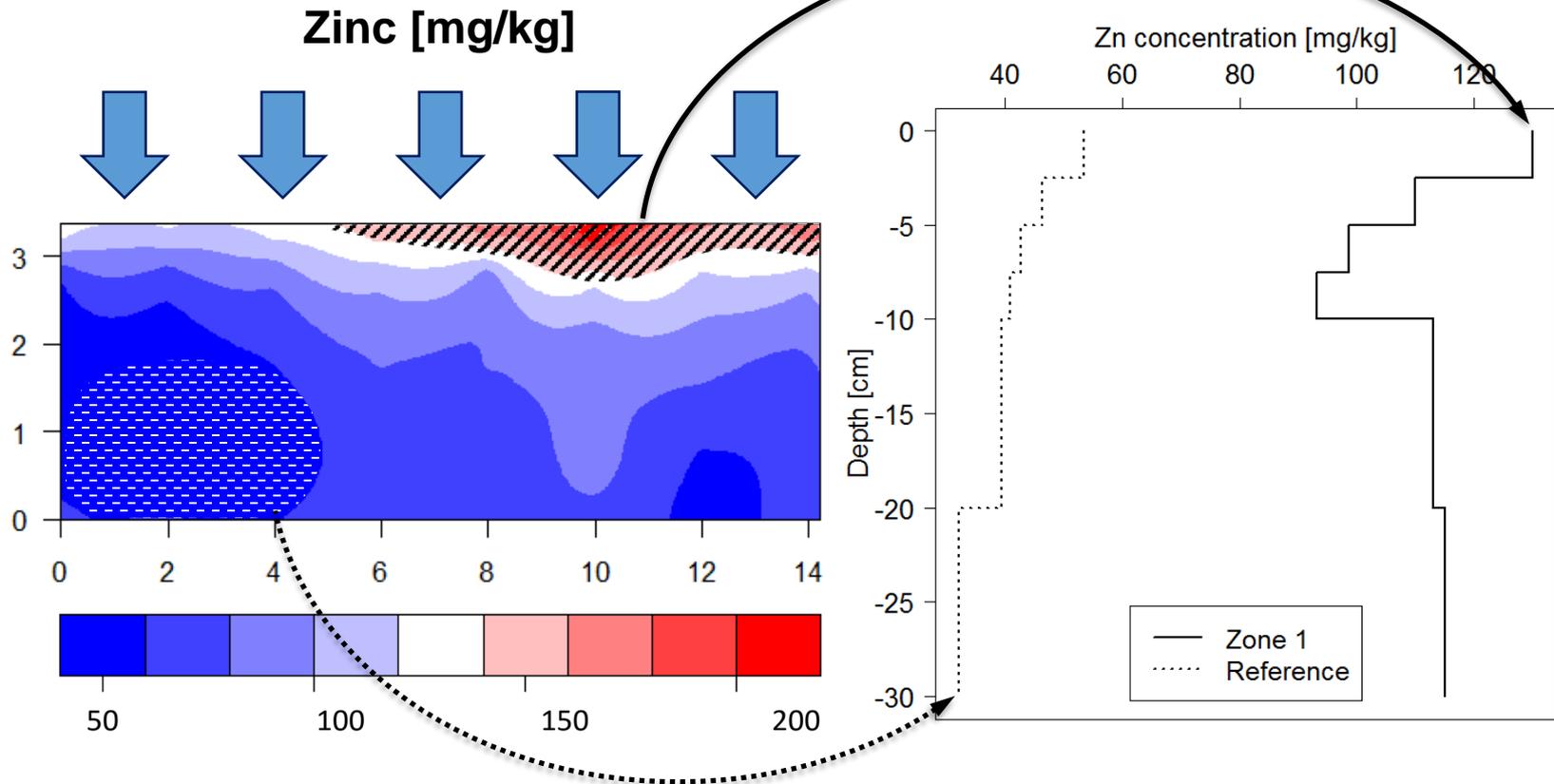
Quelle maintenance serait nécessaire ?

- Épuisement des capacités de rétention du sol
- Modélisation (simplifiée) de la migration des contaminants dans le sol :



Quelle maintenance serait nécessaire ?

- Épuisement des capacités de rétention du sol
- Contamination faible \nRightarrow Absence de problème



- **Site routier, conception initiale :**

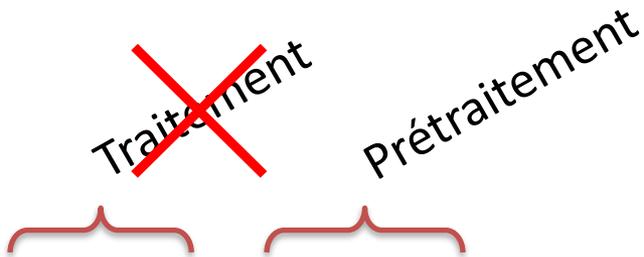
Traitement
Prétraitement



Fossé **Bande enherbée**

Quelles erreurs à éviter en phase de conception ?

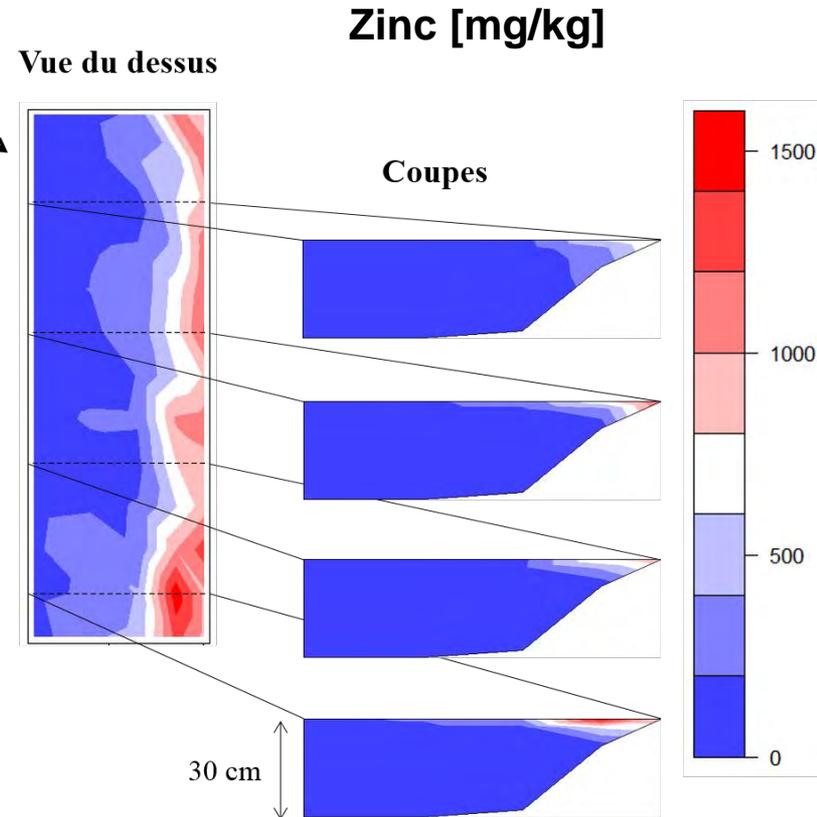
- Site routier, conception initiale :



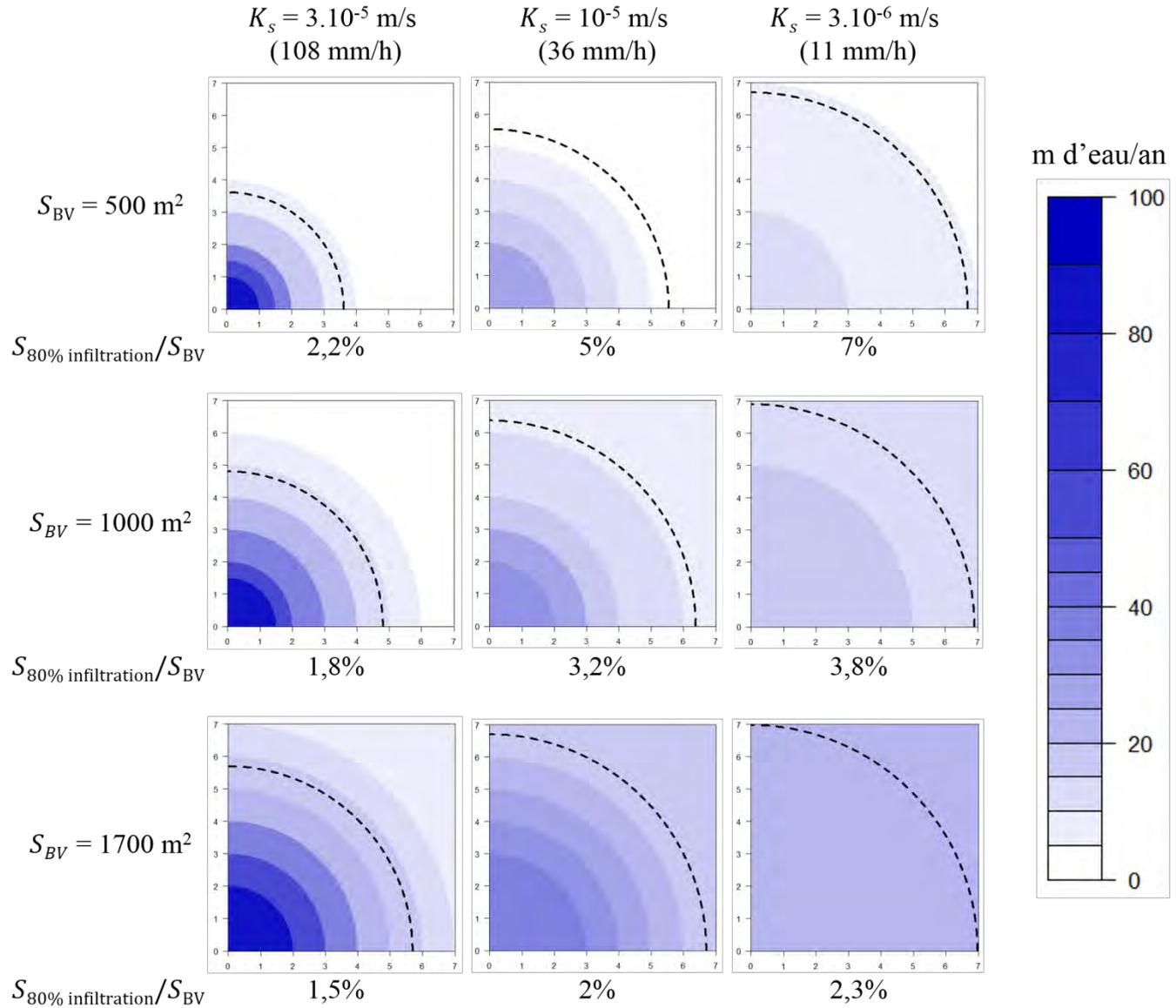
L'ouvrage de traitement ne joue pas son rôle de manière optimale !



Fossé Bande enherbée



La « première surface perméable » ?



« Mieux comprendre pour mieux agir »

- **Infiltrer les eaux pluviales contribue à protéger les ressources en eau superficielles** ; cela fonctionne même pour des sols réputés « peu perméables » !
- **Le sol intercepte la majeure partie des flux polluants** du ruissellement urbain, et évite les impacts sur les ressources en eau souterraines
- Possibilité de vérifier, voire **d'améliorer ses capacités de rétention** si nécessaire
- La contamination du sol des systèmes d'infiltration est localisée spatialement, et souvent à relativiser...
- Les contaminants les plus faciles à gérer sont ceux que l'on n'émet pas !

Merci pour votre attention !



Infiltrer
LES EAUX PLUVIALES
c'est aussi maîtriser les flux polluants.

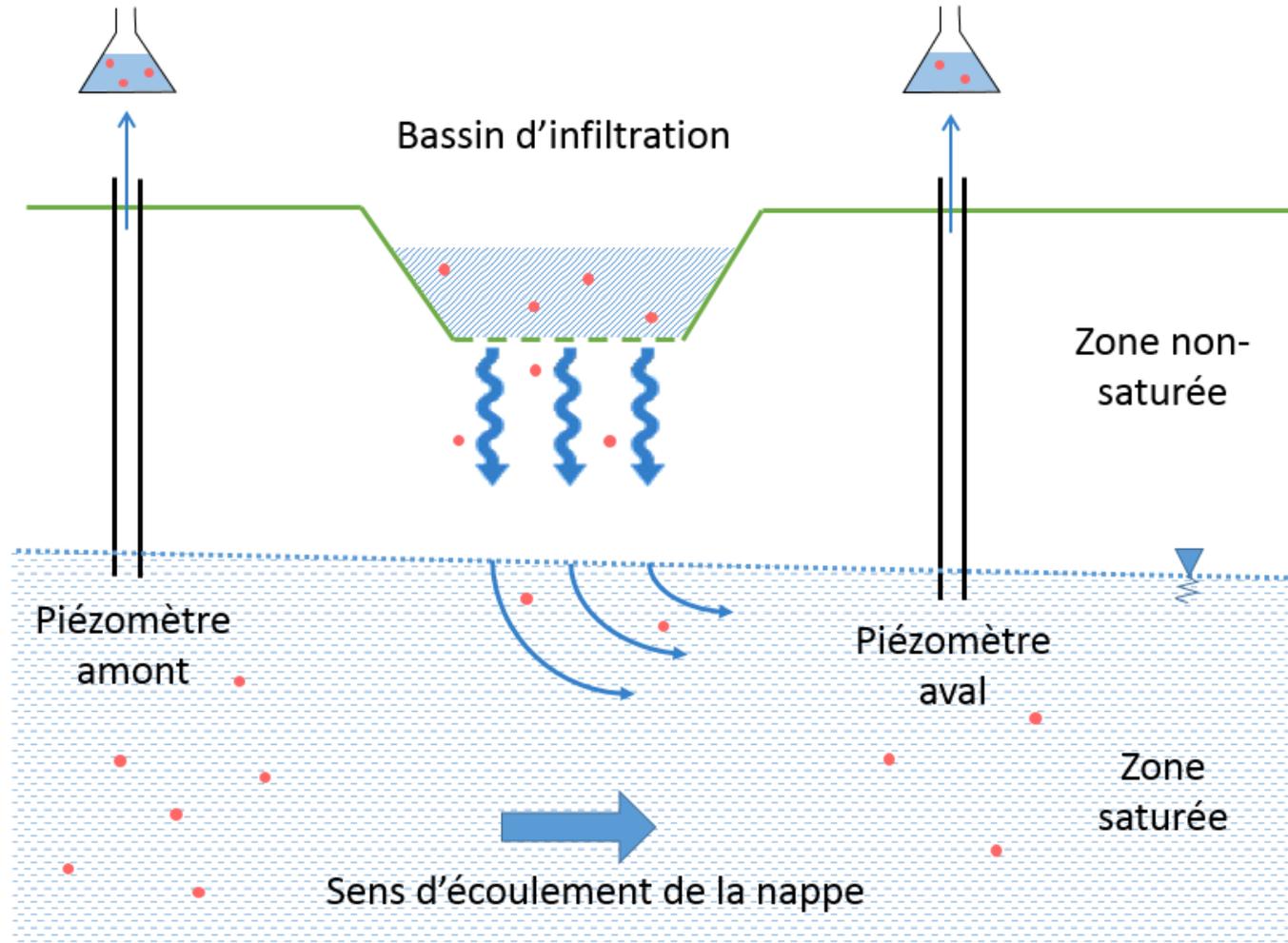
État des connaissances et recommandations techniques
pour la diffusion de solutions fondées sur la nature.

Pour télécharger le guide :
<https://www.leesu.fr/opur/guides>

**Pour joindre les coordinateurs
d'OPUR :**
[ghassan.chebbo@enpc.fr](mailto:g Hassan.Chebbo@enpc.fr)
marie-christine.gromaire@enpc.fr

Pour me joindre :
damien.tedoldi@insa-lyon.fr

- Principe général :

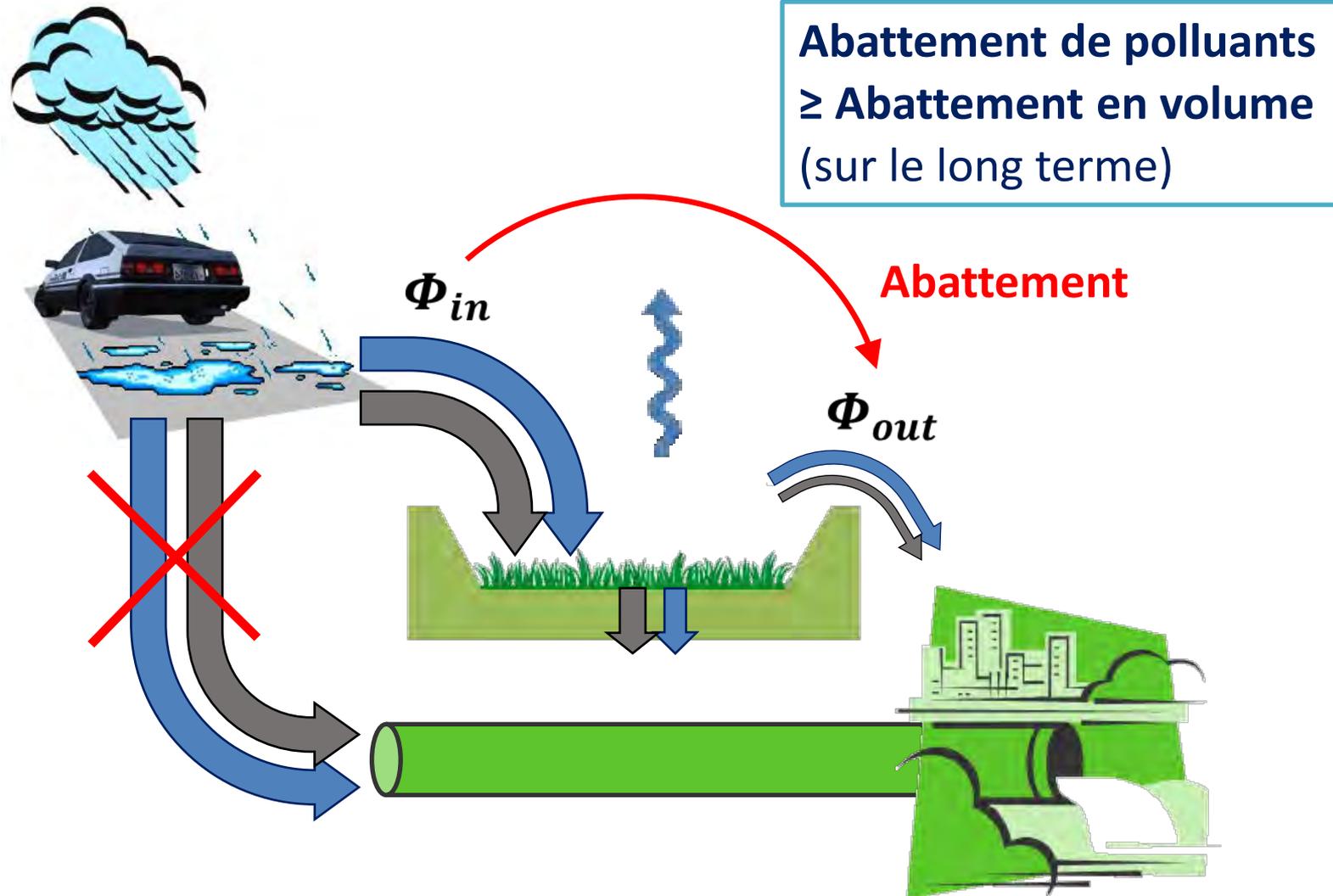


Observe-t-on des impacts sur la nappe ?

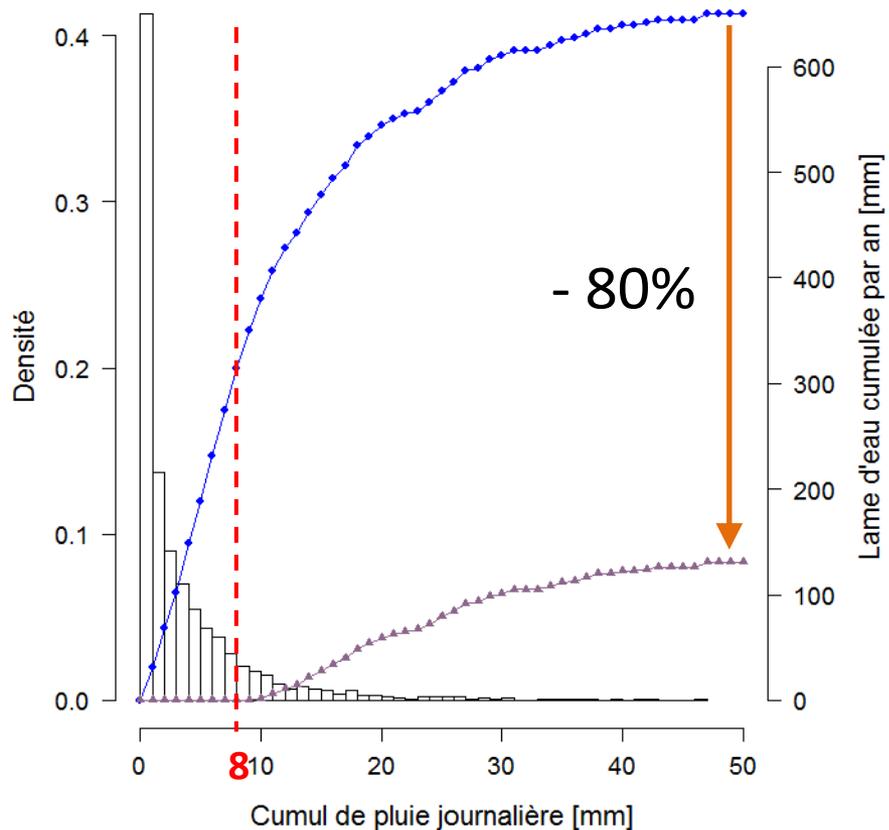
P. g	Nutriments					Métaux				Migration	
	Oxygène dissous	Conductivité	Nitrates	NH ₄ ou N Kjeldahl	Phosphore	Cadmium	Plomb	Cuivre	Zinc	Pesticides	HAP
Appleyard, 1993	↗ ou →	↘	↘ ou →	< LQ ou →	< LQ ou ↘	< LQ	< LQ	< LQ ou ↘	↘	(↗)	
Barraud <i>et al.</i> , 1999		↘	↘	(↗) ^a		< LQ	→ ou (↗) ^a		(↗)		
Datry <i>et al.</i> , 2004	↗	↘	→	< LQ	→	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ		
Fischer <i>et al.</i> , 2003	↘		→	↗						→ ou ↗	
Harper, 1988			↘		↘	↘ ou →	↘ ou →	↘ ou →	↘ ou →		
Kwiatkowski <i>et al.</i> , 2007		↘ ou ↗ ^b	↘	< LQ	< LQ			↘		< LQ	
Marmonier <i>et al.</i> , 2013	→ ou ↘	↘	↘	→	↗					→ ou (↗)	→
Nightingale, 1987		↘ ou →	→		→	< LQ	< LQ	→	→	< LQ	
O'Reilly <i>et al.</i> , 2012	↗ ou ↘		↘ ou ↗	→							
Whittemore, 2012	↗ ou →	↘	↘	↘ ou →		↘ ou →	↘ ou →	↘ ou →	↘ ou →	→	

Légende : → Impact non significatif sur la nappe ; ↘ Diminution des concentrations dans la nappe (effet de dilution) ; ↗ Augmentation des concentrations ; (↗) Légère augmentation ; < LQ Concentrations inférieures à la limite de quantification.

- La gestion à la source préserve les eaux superficielles



■ « Principe des 8 millimètres » (en Île-de-France)

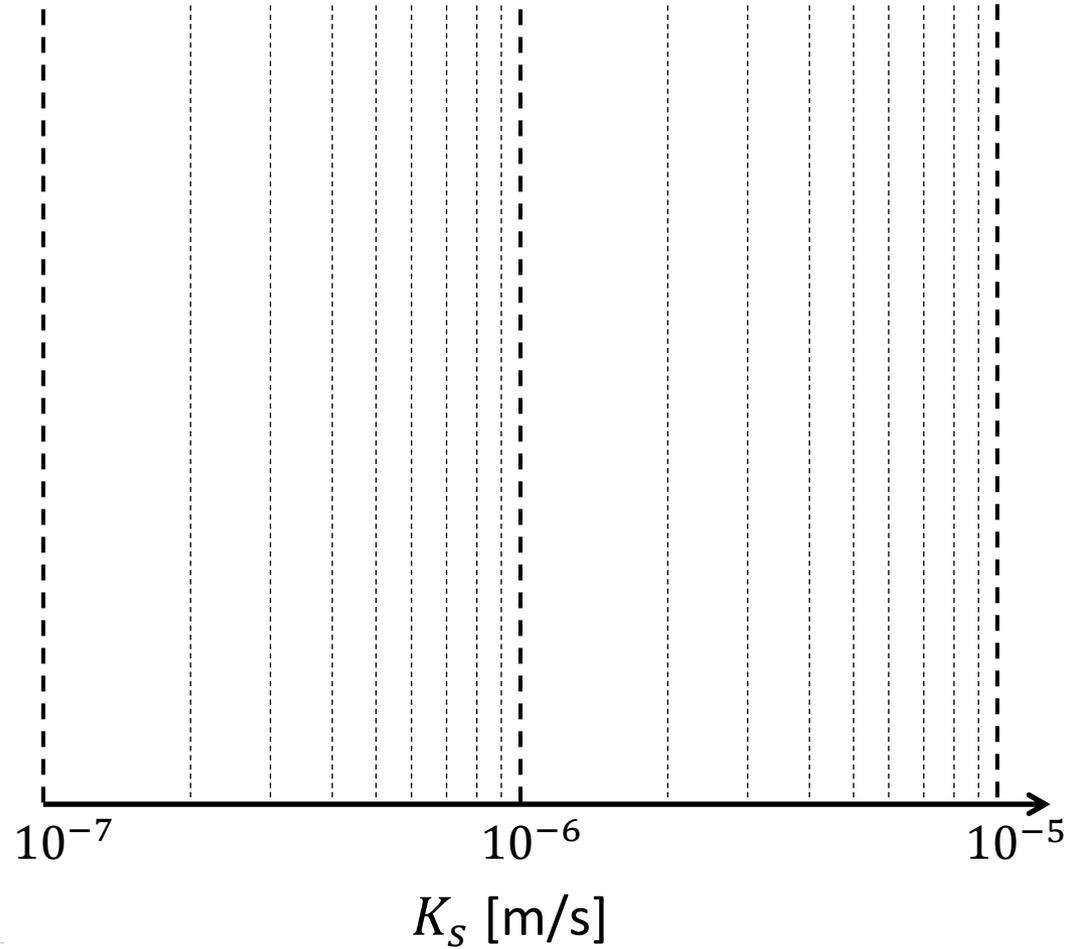
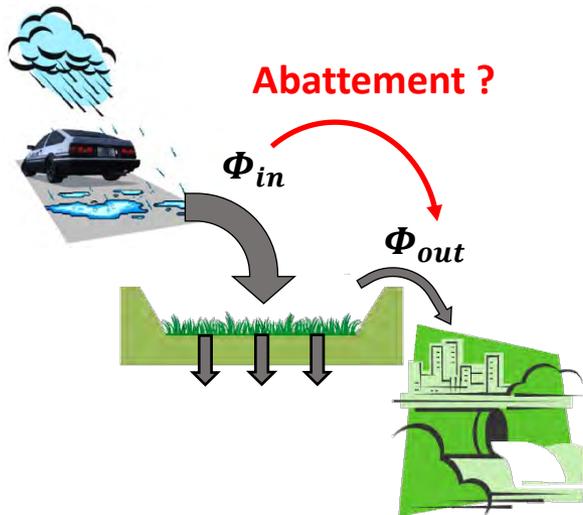
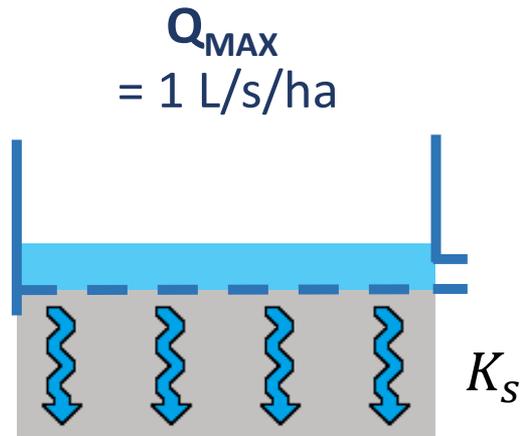


On intercepte 8 mm à
chaque pluie :

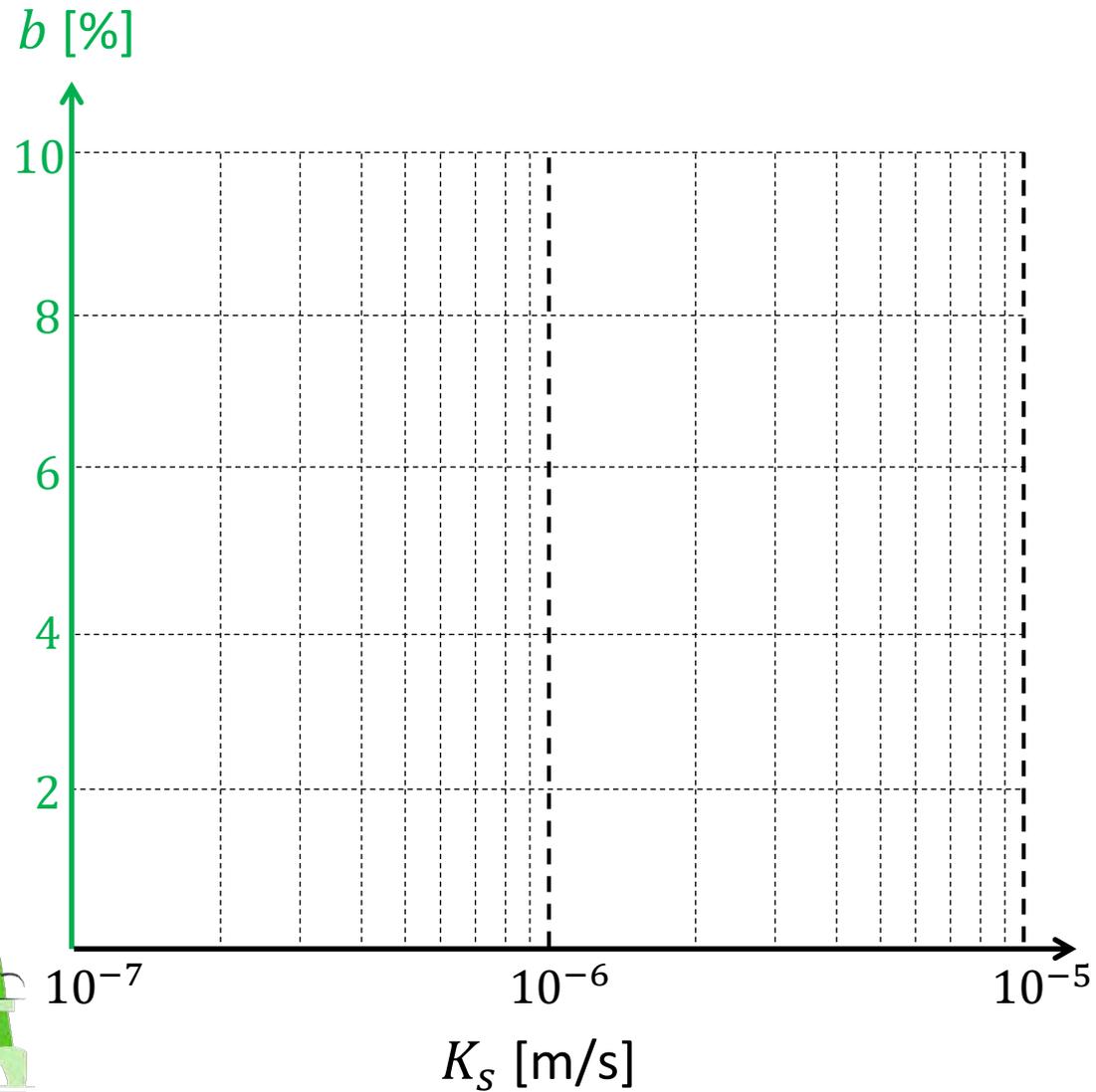
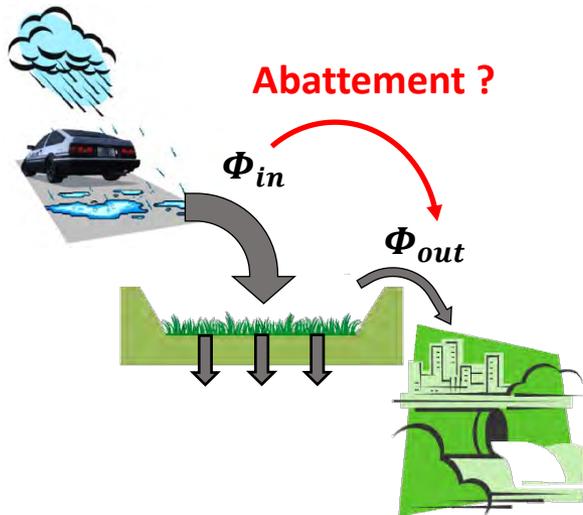
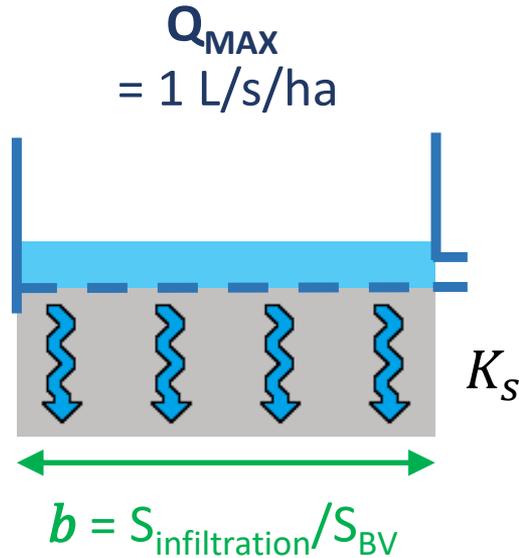
- aucun ruissellement si $P \leq 8$ mm,
- $P - 8$ mm sinon

- On capte 80% du volume annuel... donc $\geq 80\%$ du flux polluant ! Mais quel dimensionnement des ouvrages ?

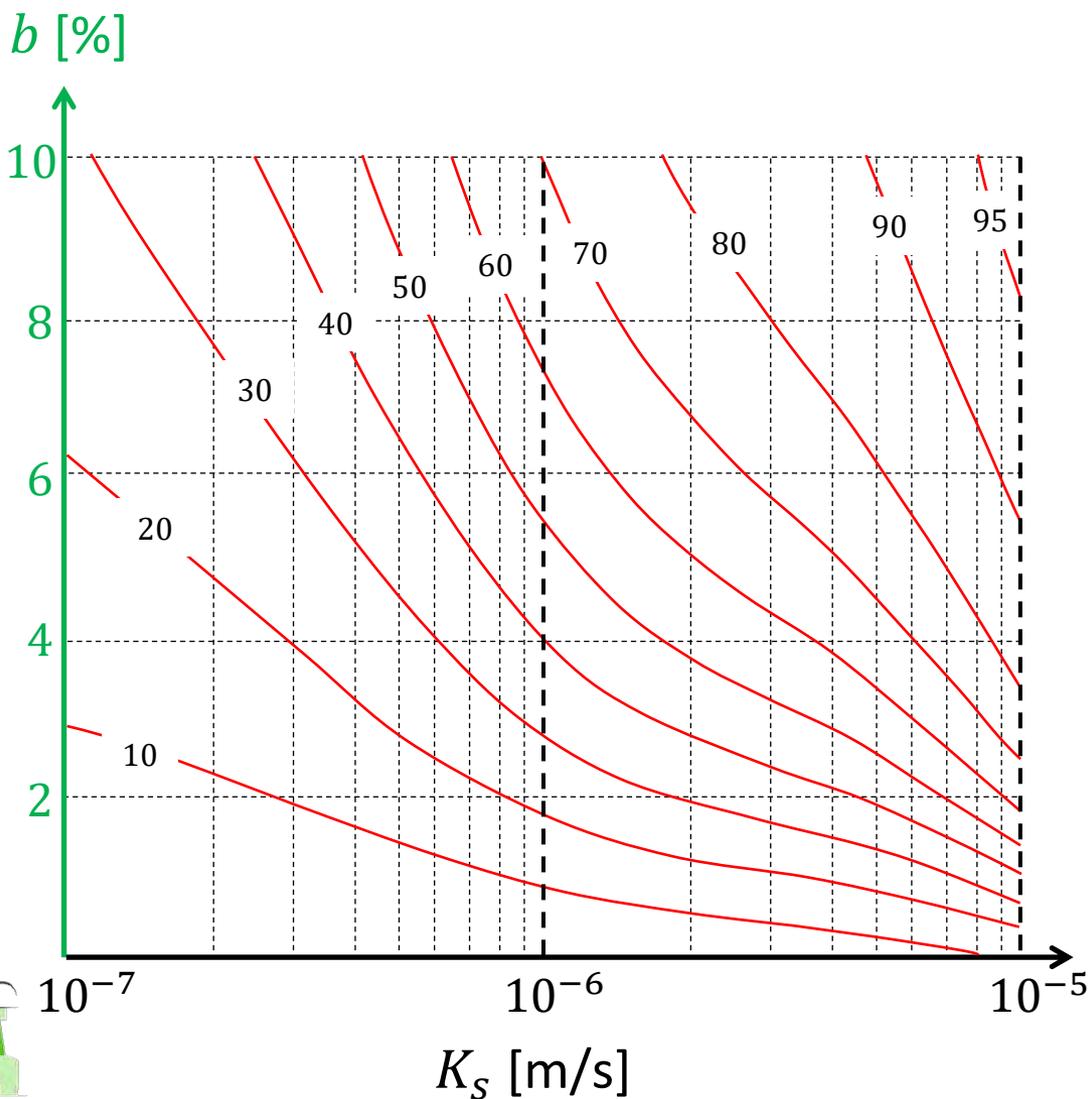
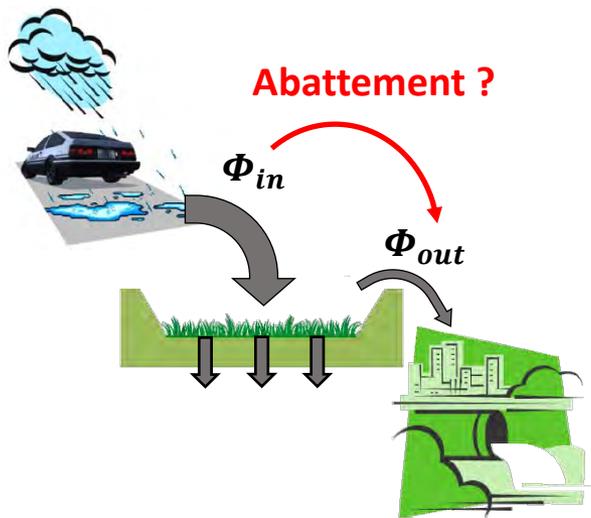
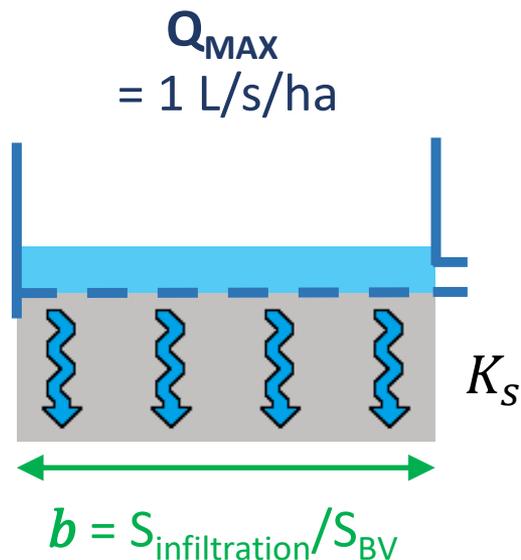
Quel dimensionnement pour un abattement donné ?



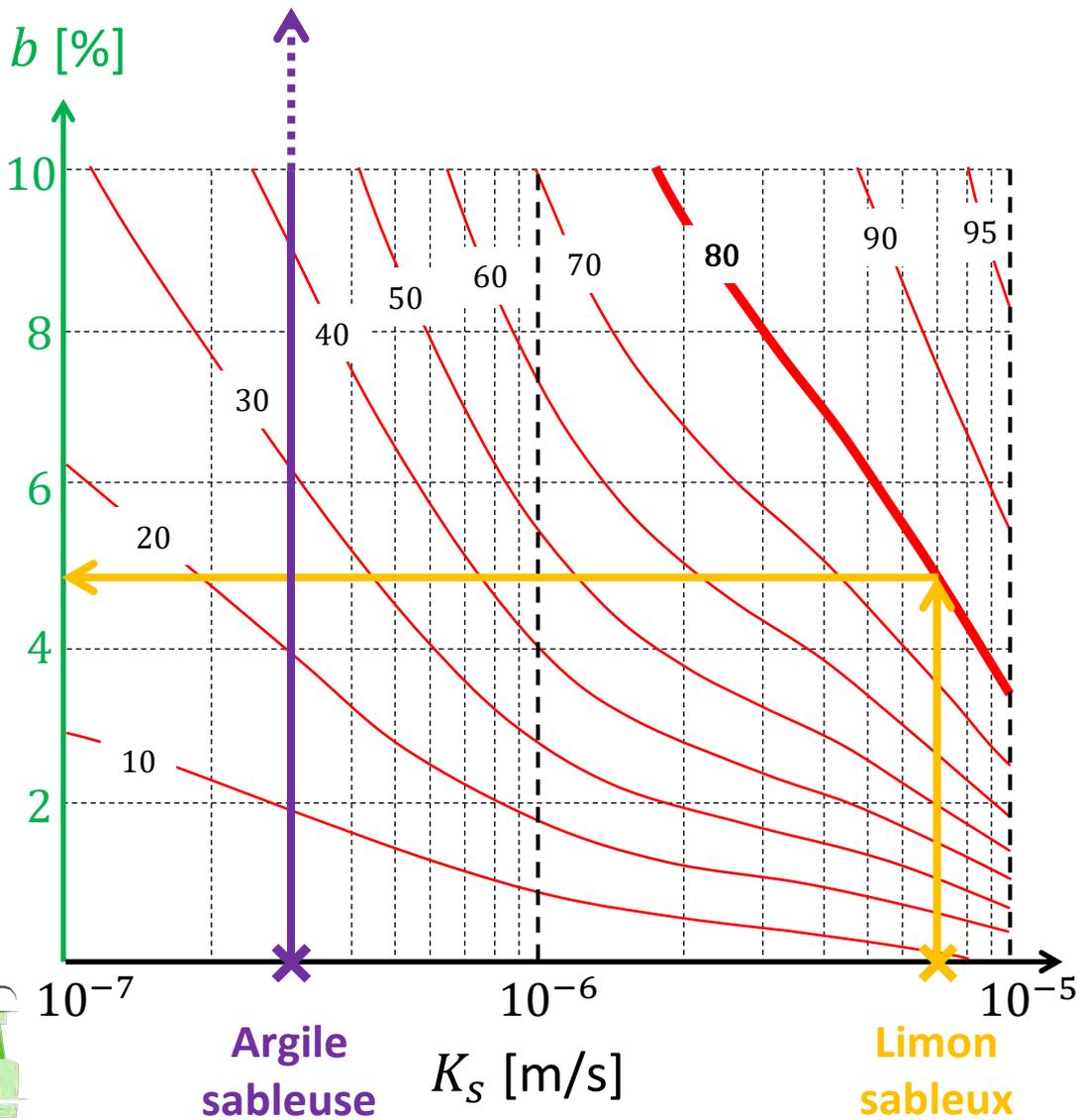
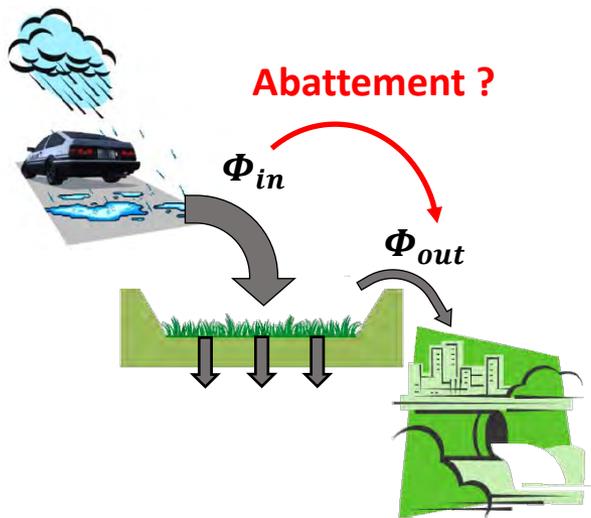
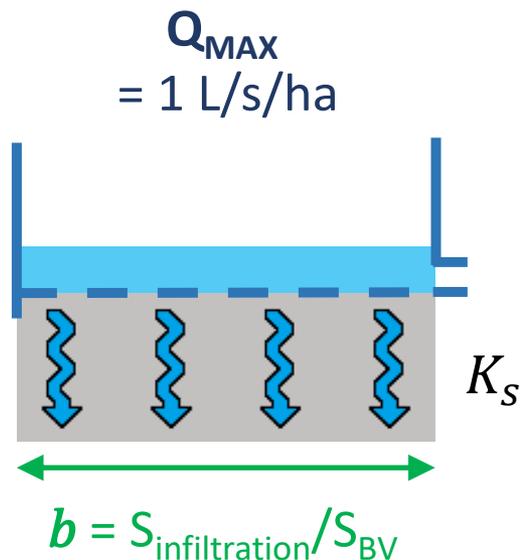
Quel dimensionnement pour un abattement donné ?



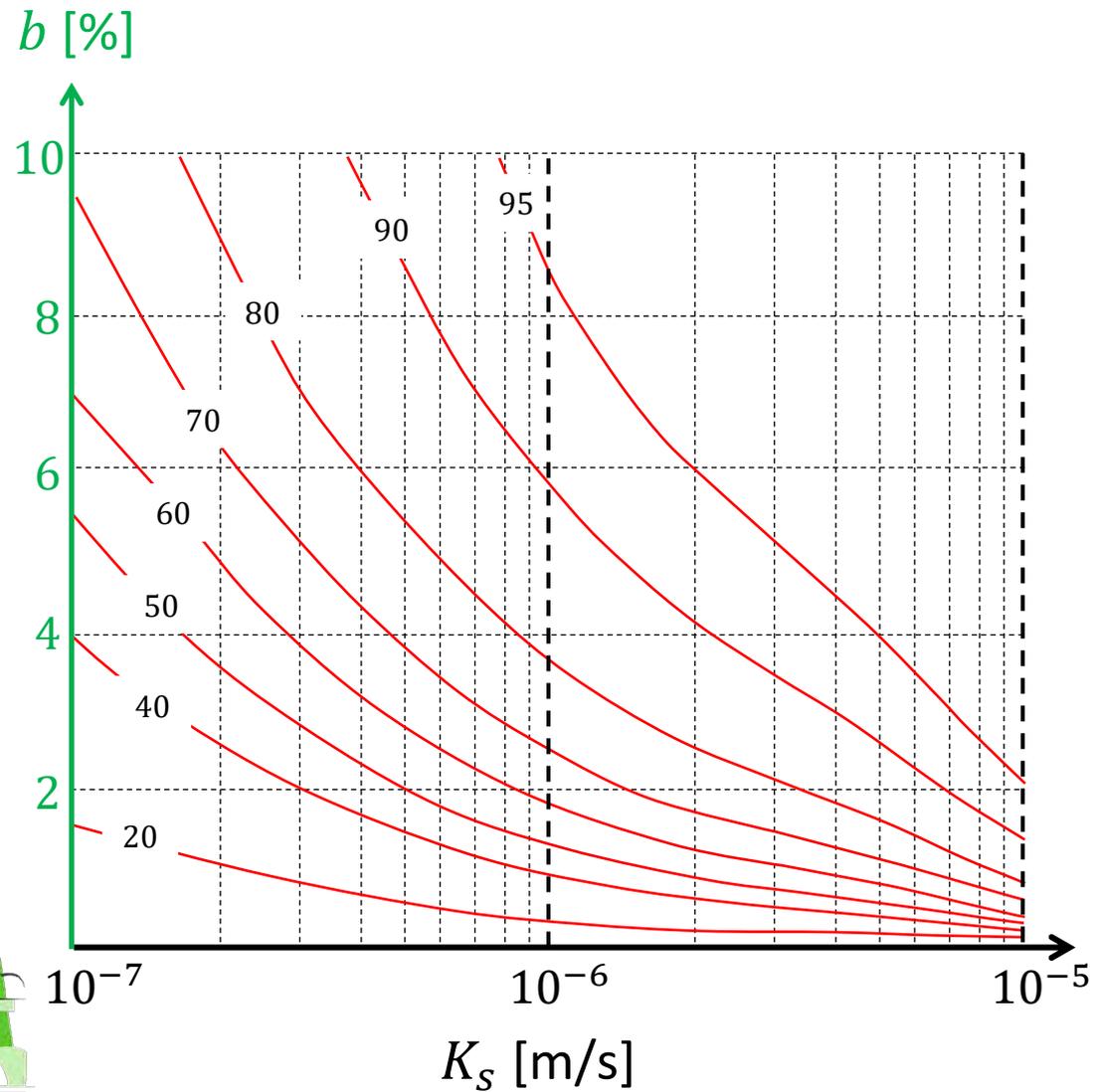
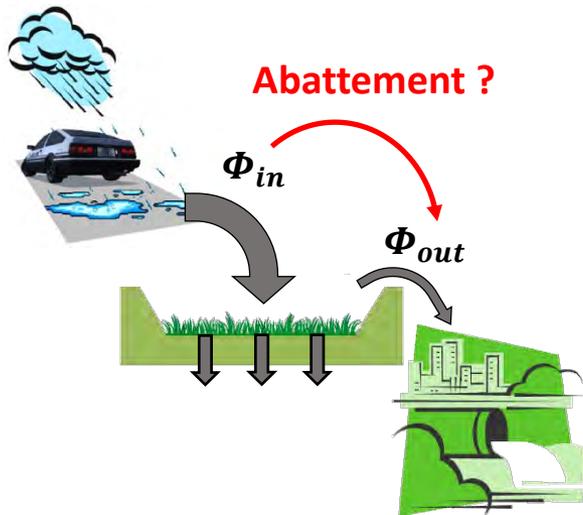
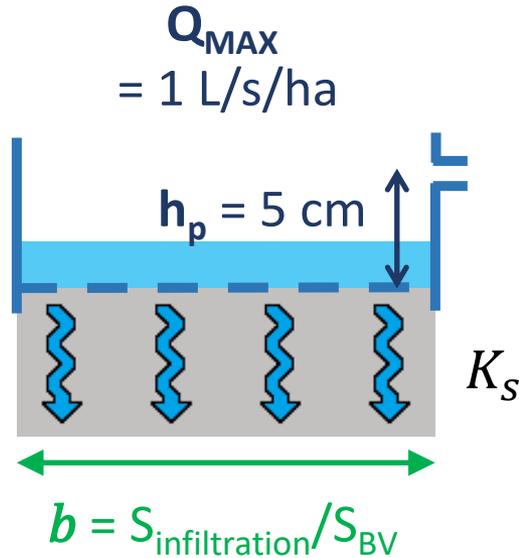
Quel dimensionnement pour un abattement donné ?



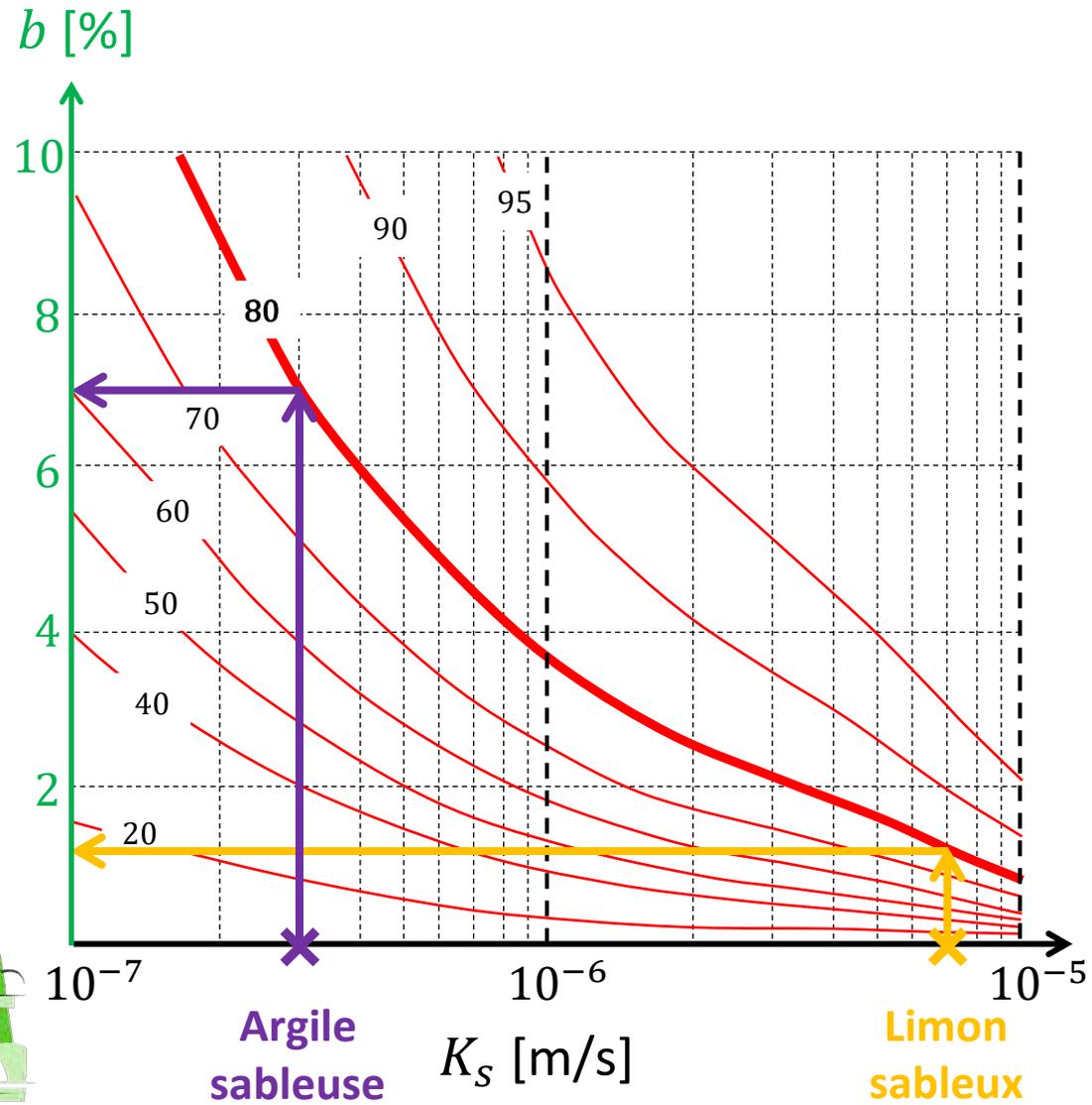
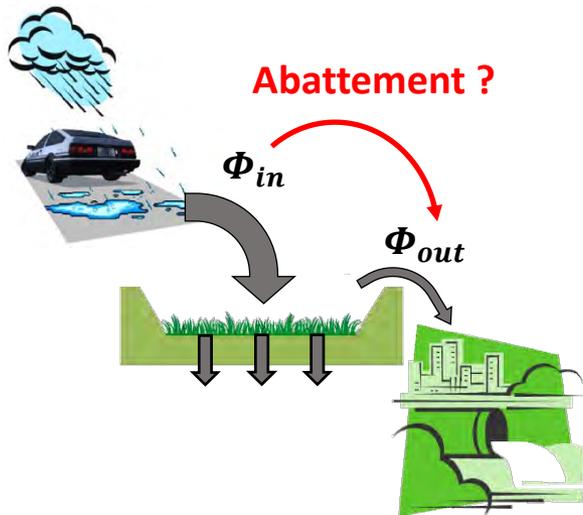
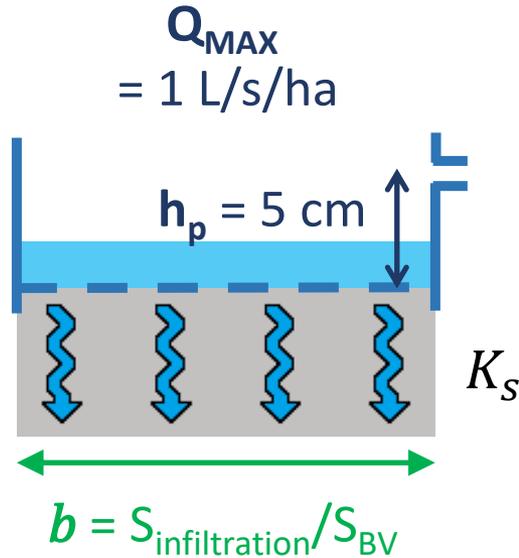
Quel dimensionnement pour un abattement donné ?



Quel dimensionnement pour un abattement donné ?



Quel dimensionnement pour un abattement donné ?



Même si le sol est peu perméable ?

- **Ne pas opposer rétention et infiltration !**
- Même pour des perméabilités de l'ordre de 10^{-7} m/s, l'infiltration peut jouer un rôle significatif dans la réduction des rejets superficiels :
 - Adapter la surface d'infiltration à l'efficacité visée
 - Surélever légèrement l'évacuation superficielle
- Approche plus « efficace » que l'idée d'un abattement systématique des X premiers millimètres de pluie
- Pour plus d'informations (et d'autres abaques) : **thèse de Jérémie SAGE (2016), Université Paris-Est**
- **En cours de finalisation : développement d'un outil web d'aide au dimensionnement des ouvrages**