

Migration des polluants dans le sol

Résultats de recherche

Marie-Charlotte Leroy



Journée technique
11 octobre 2016



INFRA Services

- ▶ Bureau d'étude maître d'œuvre Voirie Réseaux Distribution (VRD)
- ▶ Spécialisé dans la gestion intégrée des eaux pluviales depuis plus de 30 ans
- ▶ R&D depuis 5 ans sur les thématiques de pollution, gestion à la parcelle et perméabilité



Gestion intégrée des eaux pluviales

- ▶ Limiter les ruissellements à la source
- ▶ Gérer l'eau au plus proche du lieu de précipitation
- ▶ Favoriser l'infiltration et la plurifonctionnalité des ouvrages
- ▶ Mise en œuvre de techniques alternatives (noues, massifs drainants, espaces verts creux, toitures végétalisées etc.)

Simplification du projet



Suppression de grilles, de canalisations, de regards

Simplification du projet



Suppression de grilles, de canalisations, de regards

Diminution du débit → Recolonisation « naturelle/opinée » du milieu



Réintroduction volontaire de la biodiversité en ville



Valorisation paysagère et environnementale



Quelle pollution des eaux pluviales ?



**Devenir des polluants dans le sol
des ouvrages infiltrants**



**Pourquoi et comment les végétaux
améliorent le système ?**

Les moyens : projet de R&D de 3 ans

Partenariat

- ▶ Experts scientifiques :
 - ▶ Université de Rouen
 - ▶ INSA de Rouen
 - ▶ Esitpa – Ecole d'ingénieurs en agriculture
- ▶ Comité de pilotage
 - ▶ AREAS
 - ▶ IRSTEA



Expérimentation

- ▶ 2 sites d'étude
 - ▶ Noue de voirie instrumentée
 - ▶ Mésocosmes
- ▶ Analyses eau/sol/plantes
- ▶ Suivi pendant 3 ans



Financements



avec le soutien de



Site 1 : Noue de voirie expérimentale

ZAC de Barentin, 2269 VL/j/sens et 27PL/j/sens en moyenne

Conception : INFRA Services

Réalisation de la ZAC : 2006



Site 1 : Noue de voirie expérimentale



Eau de ruissellement brute

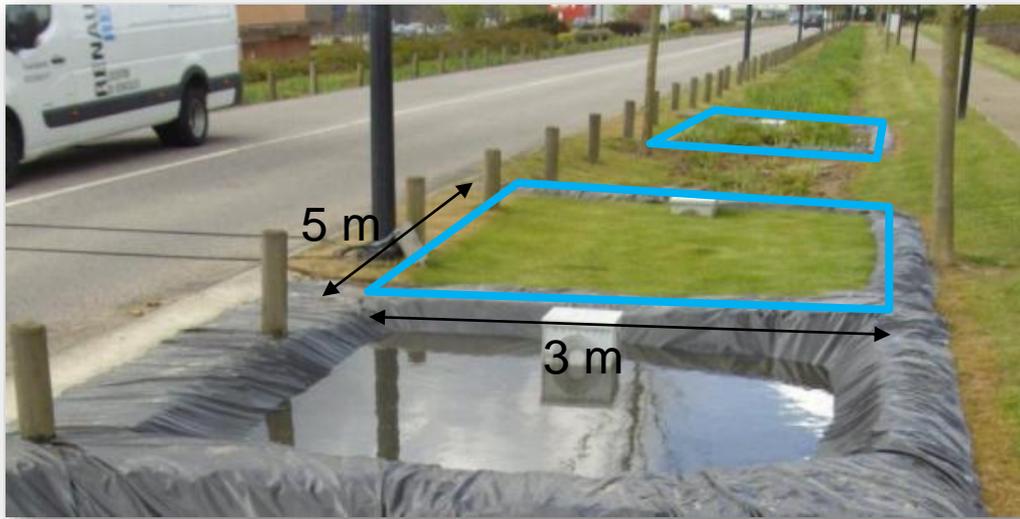


234 prélèvements

*Regard de
prélèvement*

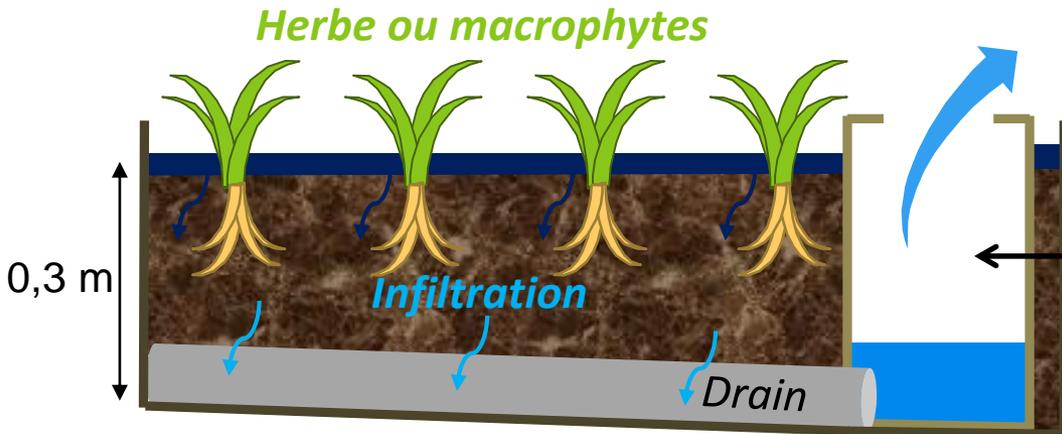


Site 1 : Noue de voirie expérimentale



Eau de ruissellement infiltrée dans la noue plantée

Eau de ruissellement infiltrée dans la noue enherbée

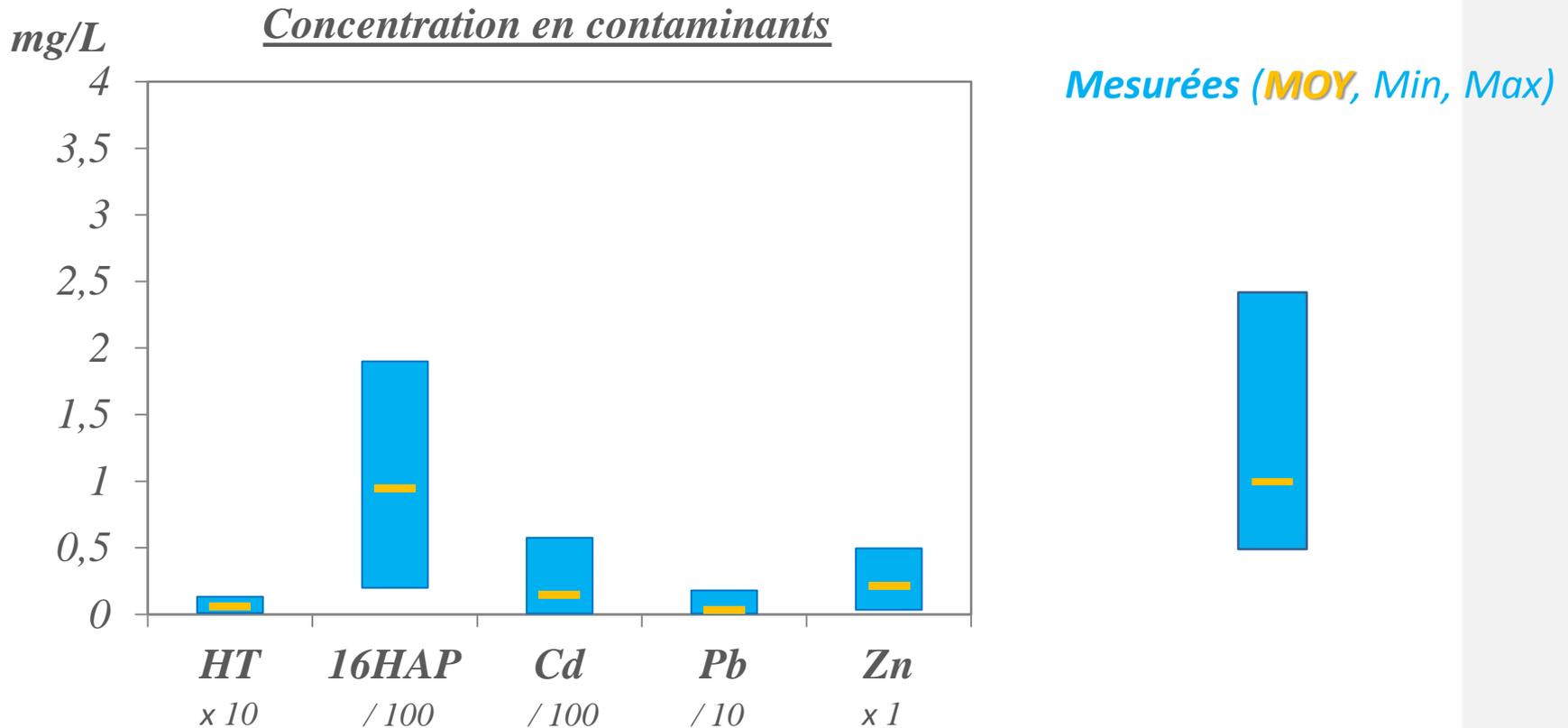


234 prélèvements

Regard de prélèvement

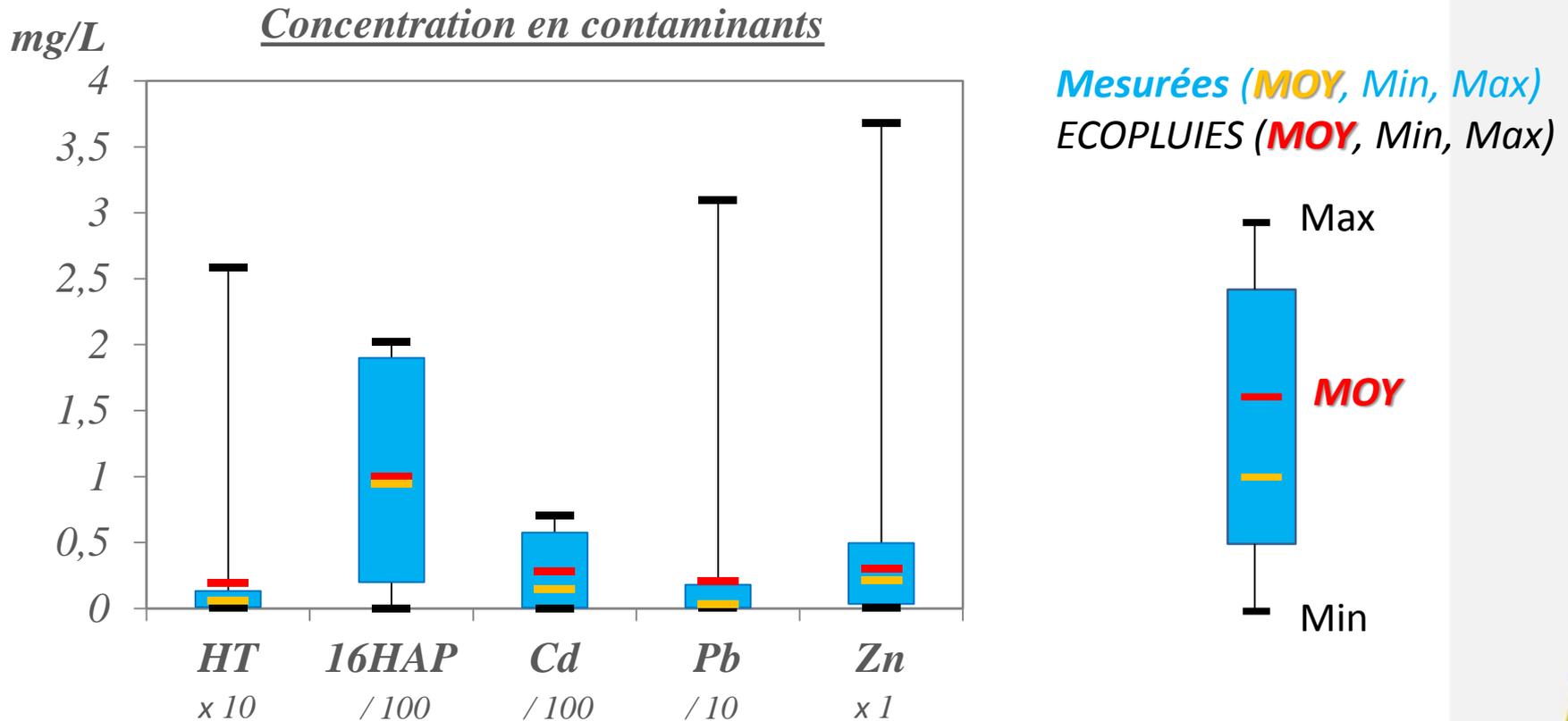


Pollution des eaux de ruissellement



Concentrations en contaminants variables

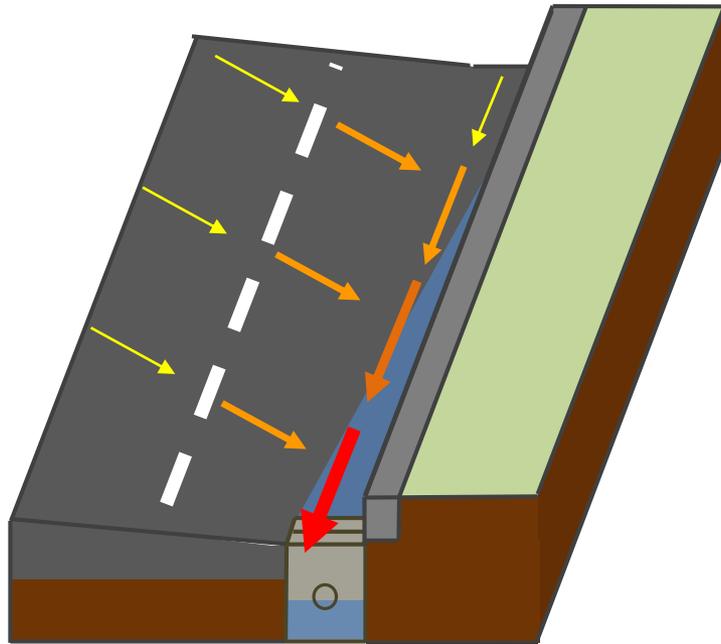
Pollution des eaux de ruissellement



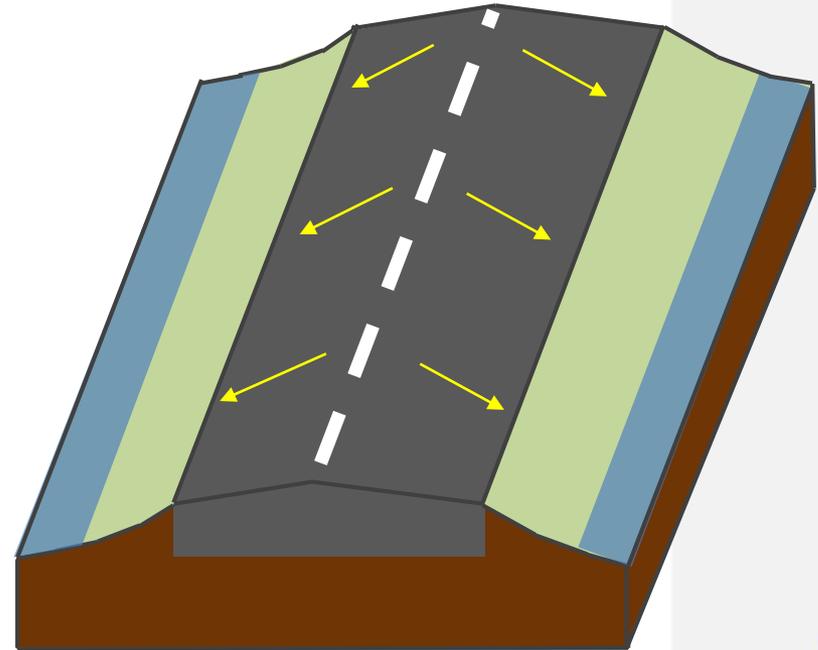
Concentrations faibles pour le type de zone

Intérêt de la gestion à la source

Gestion traditionnelle



Gestion à la source

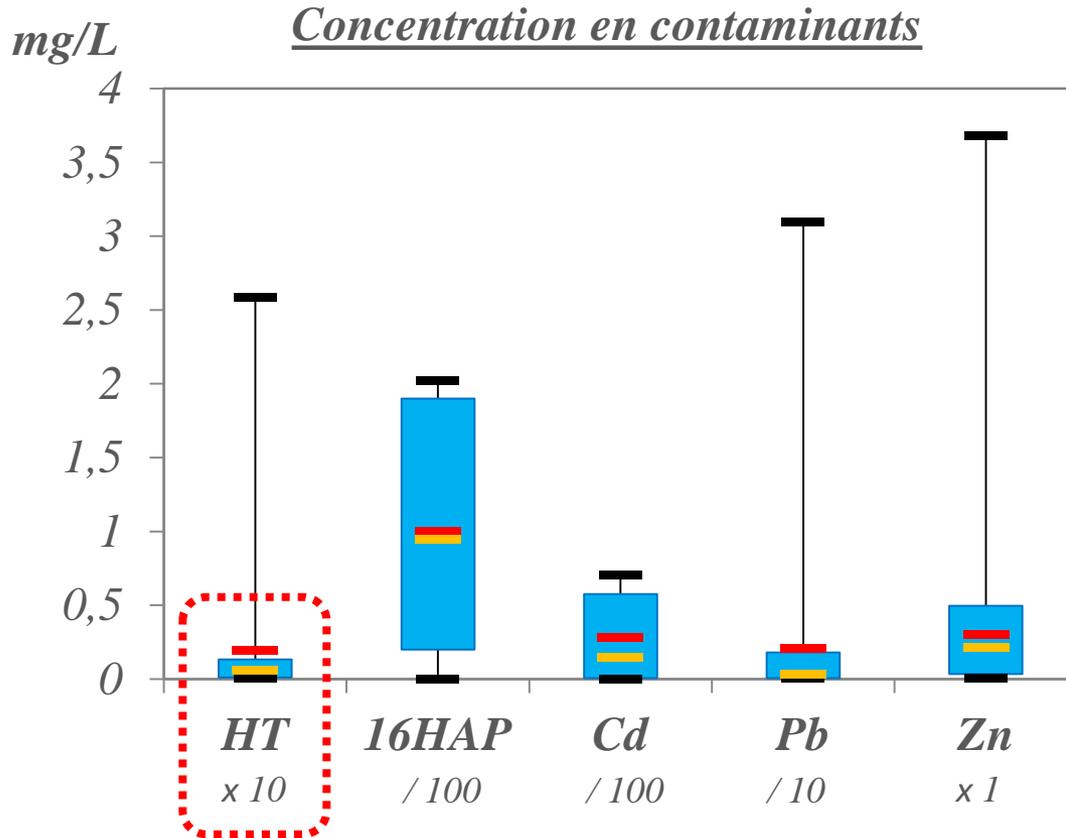


↘ vitesse
↘ débit

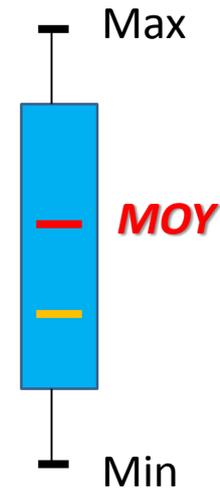
- ↘ temps de contact eau/contaminants
- ↘ entrainement des particules et des contaminants
- ↘ abrasion des surfaces urbaines

↘ flux de polluants

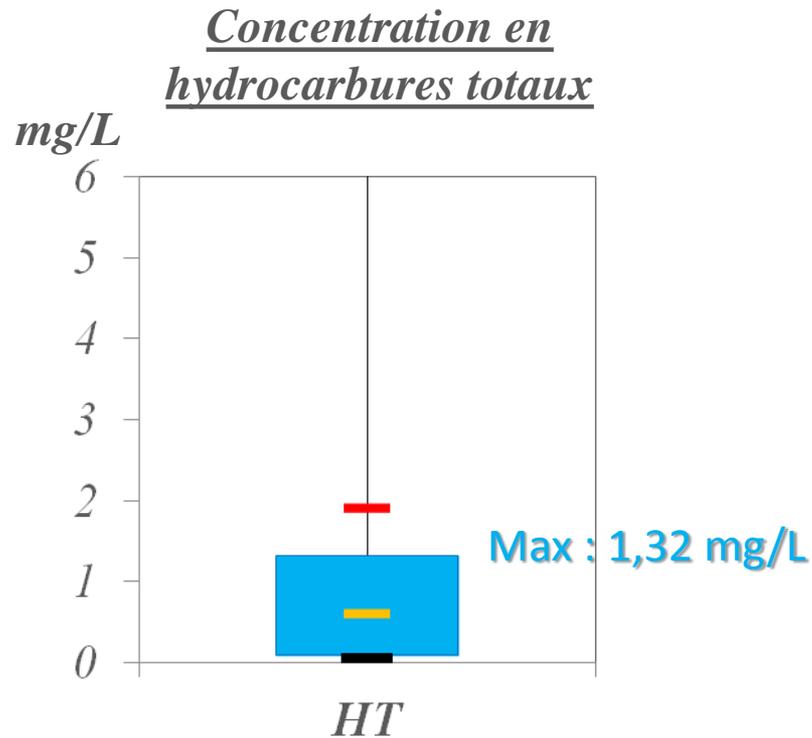
Remise en question des séparateurs à hydrocarbures



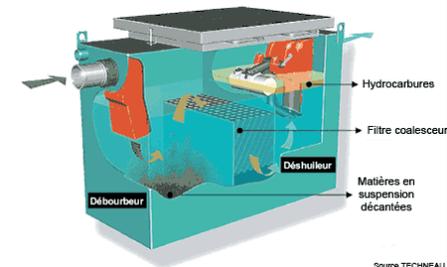
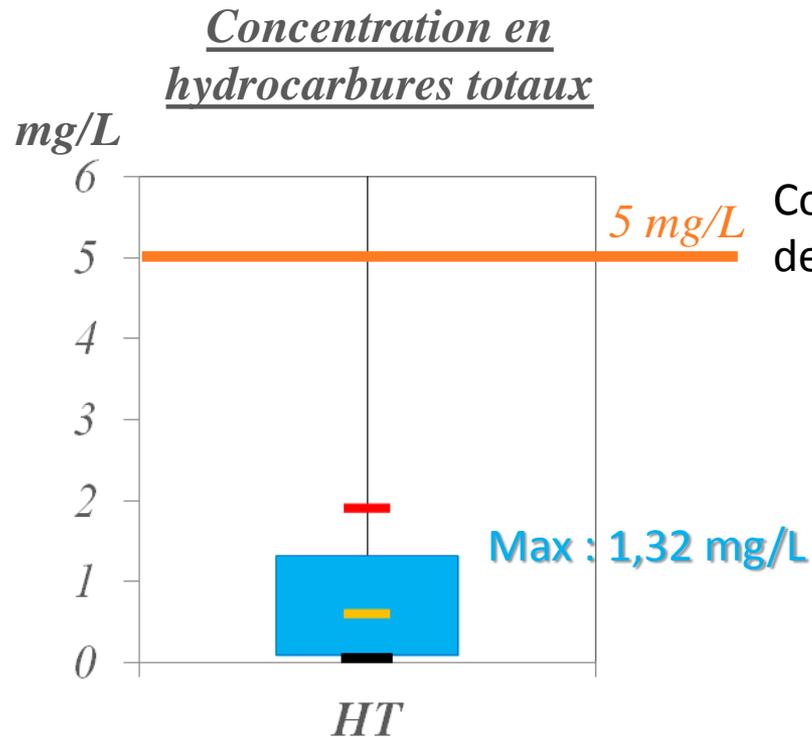
Mesurées (**MOY**, Min, Max)
ECOPLUIES¹ (**MOY**, Min, Max)



Remise en question des séparateurs à hydrocarbures



Remise en question des séparateurs à hydrocarbures



Séparateurs à hydrocarbures inappropriés



Coût réduit



Quelle pollution des eaux pluviales ?



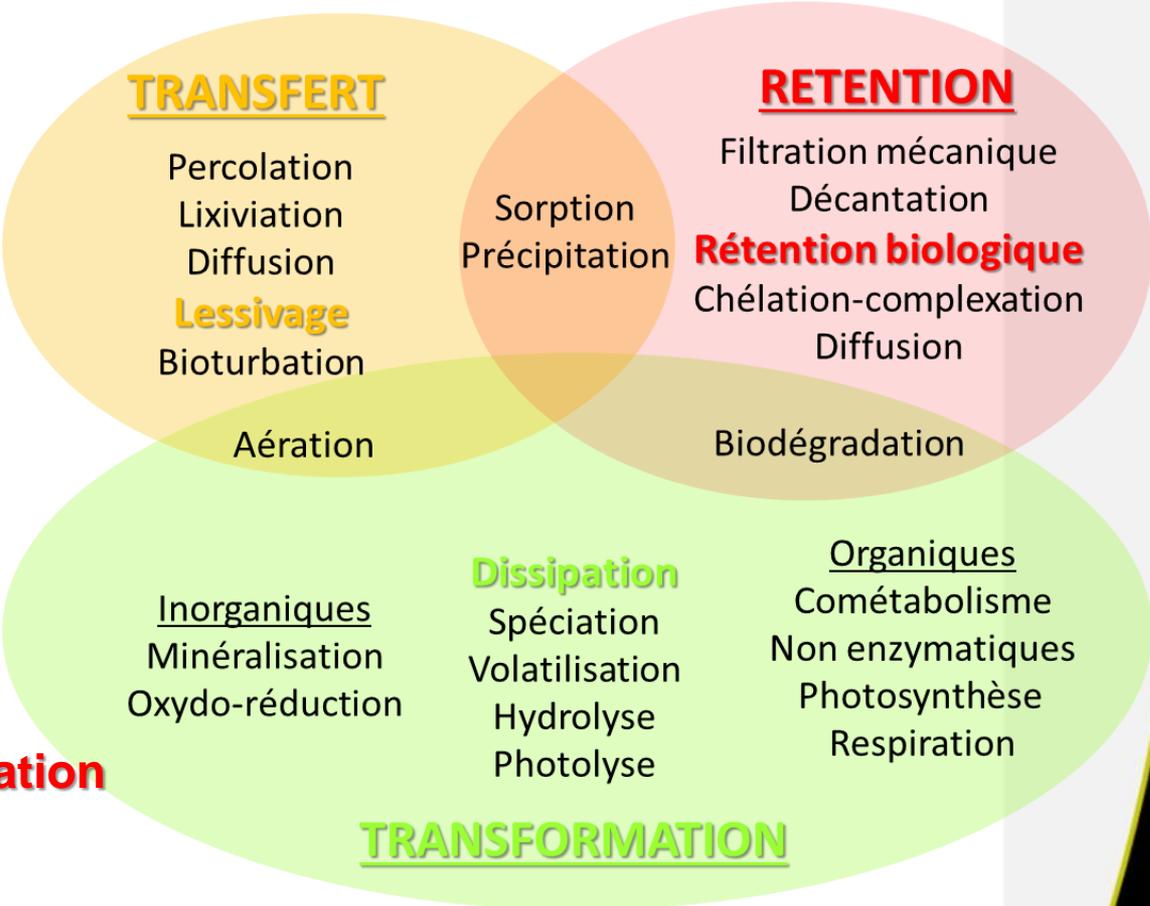
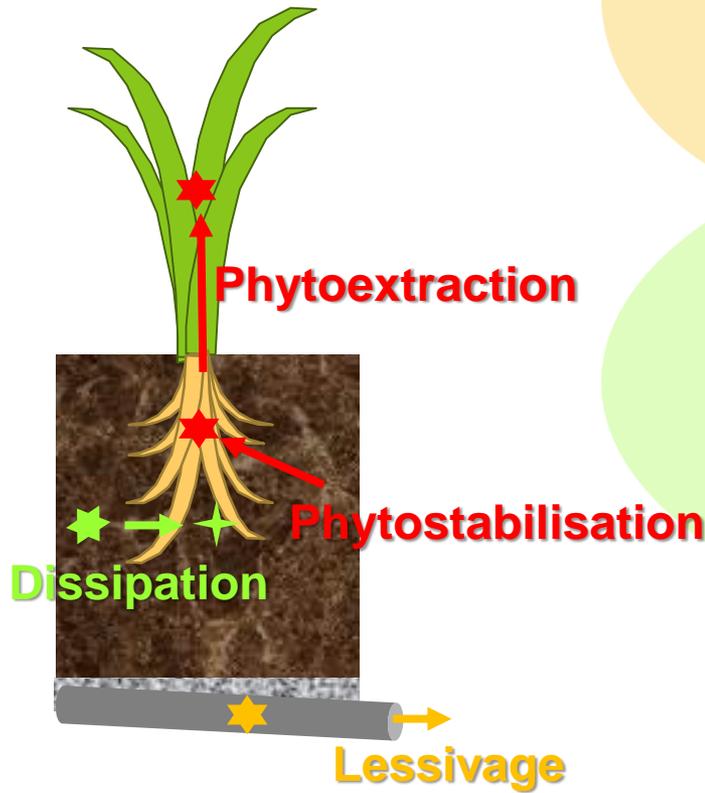
**Devenir des polluants dans le sol
des ouvrages infiltrants**



**Pourquoi et comment les végétaux
améliorent le système ?**

Une devenir fonction de nombreux processus

- Processus nombreux et complexes
- Approche de bilan



Un devenir différent de chaque polluant

Eléments traces ET

Cadmium
Cd

Plomb
Pb

Zinc
Zn

Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques HAP

Phénanthrène
Phen

Pyrène
Pyr

Benzo[a]pyrène
BaP

Un devenir différent de chaque polluant

Eléments traces ET

Cadmium

Cd



Plomb

Pb



Zinc

Zn



Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques HAP

Phénanthrène

Phen



Pyrène

Pyr



Benzo[a]pyrène

BaP



Toxicité

- Cancérogènes, mutagènes et reprotoxiques
- Dangereux et toxiques pour l'homme
- Dangereux pour l'environnement

Un devenir différent de chaque polluant

Eléments traces ET

Cadmium

Cd



Plomb

Pb



Zinc

Zn



Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques HAP

Phénanthrène

Phen



Pyrène

Pyr



Benzo[a]pyrène

BaP



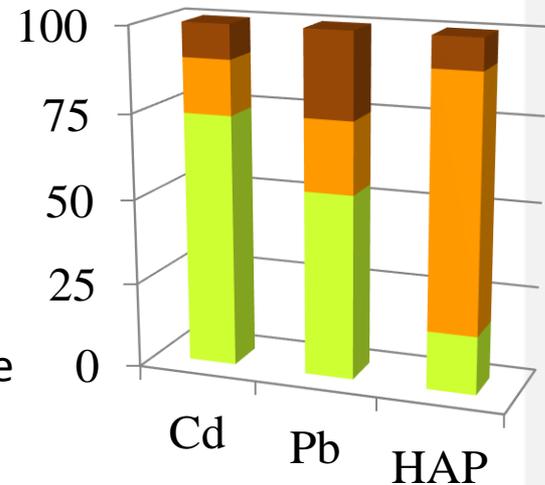
Toxicité

- Cancérigènes, mutagènes et reprotoxiques
- Dangereux et toxiques pour l'homme
- Dangereux pour l'environnement

Des sources communes

- Transport routier
- Secteur résidentiel/tertiaire
- Secteur industriel

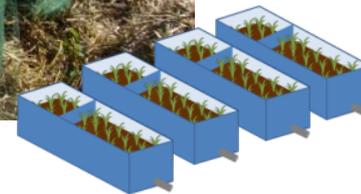
Répartition des émissions atmosphériques en Haute-Normandie



Air Normand

Site 2 : Etude en mésocosmes contaminés

**Pollution trop faible dans la noue expérimentale :
concentrations inférieures aux capacités analytiques**



Site 2 : Etude en mésocosmes contaminés

Sol



Eau



84 prélèvements

500 prélèvements

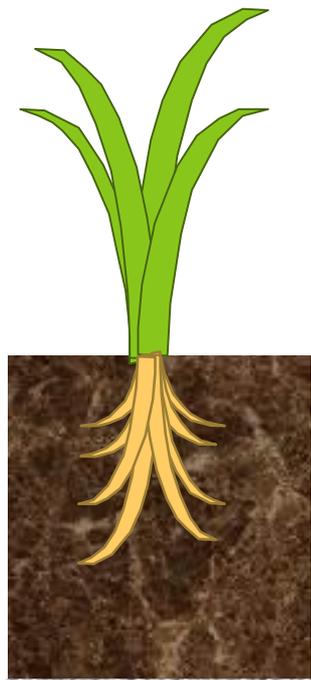


Rétention des polluants majeure

Part lessivée (P_I) en deux ans dans les mésocosmes contaminés ($\%Q_{TO}$)

<i>Cd</i>	<i>Pb</i>	<i>Zn</i>
0,2%	0,3%	0,3%

<i>Phen</i>	<i>Pyr</i>	<i>BaP</i>
< 0,1%	< 0,1%	0,2%



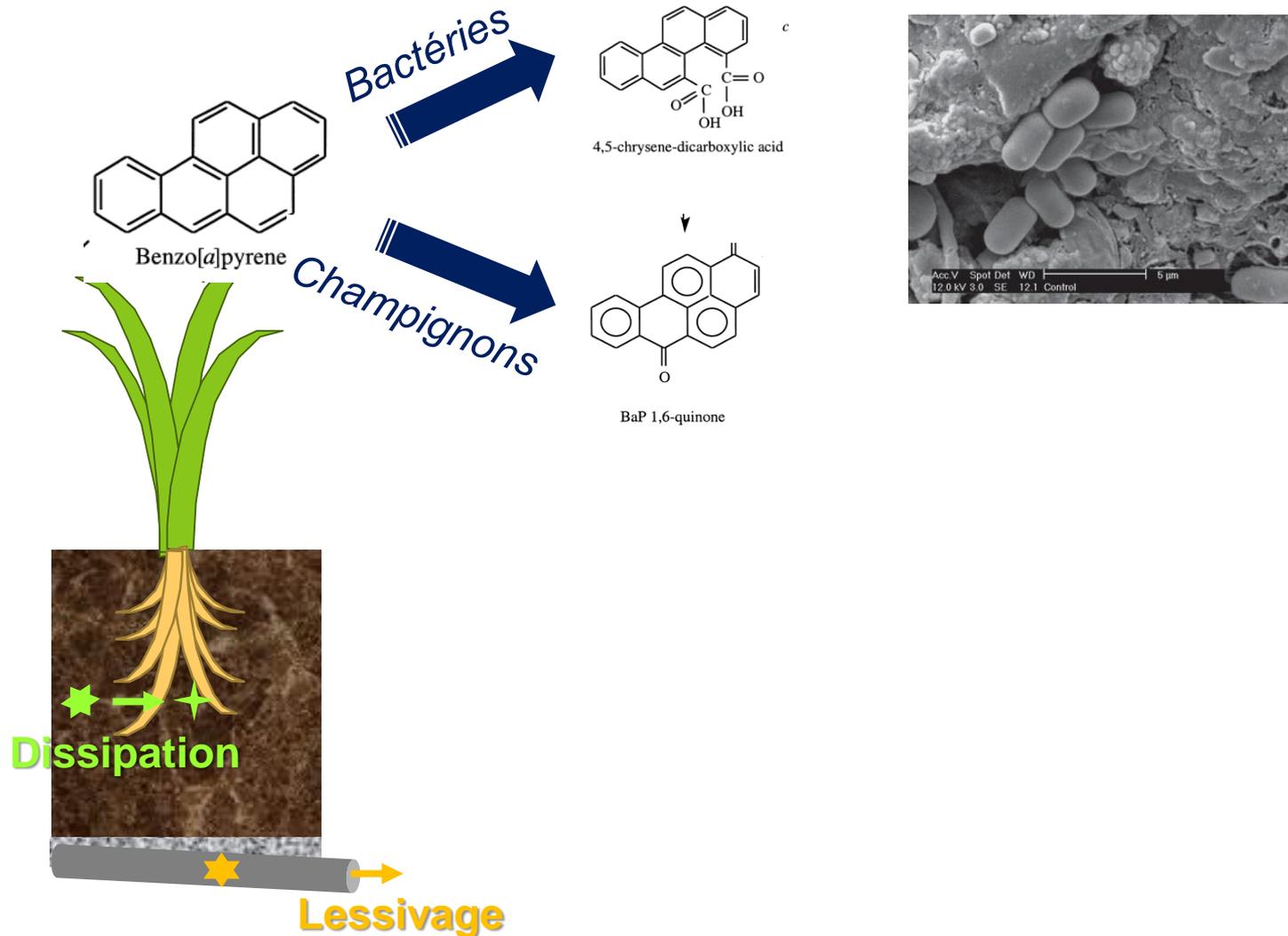
Lessivage

Quantités lessivées
très faibles

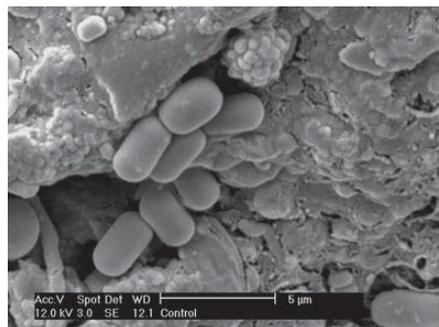
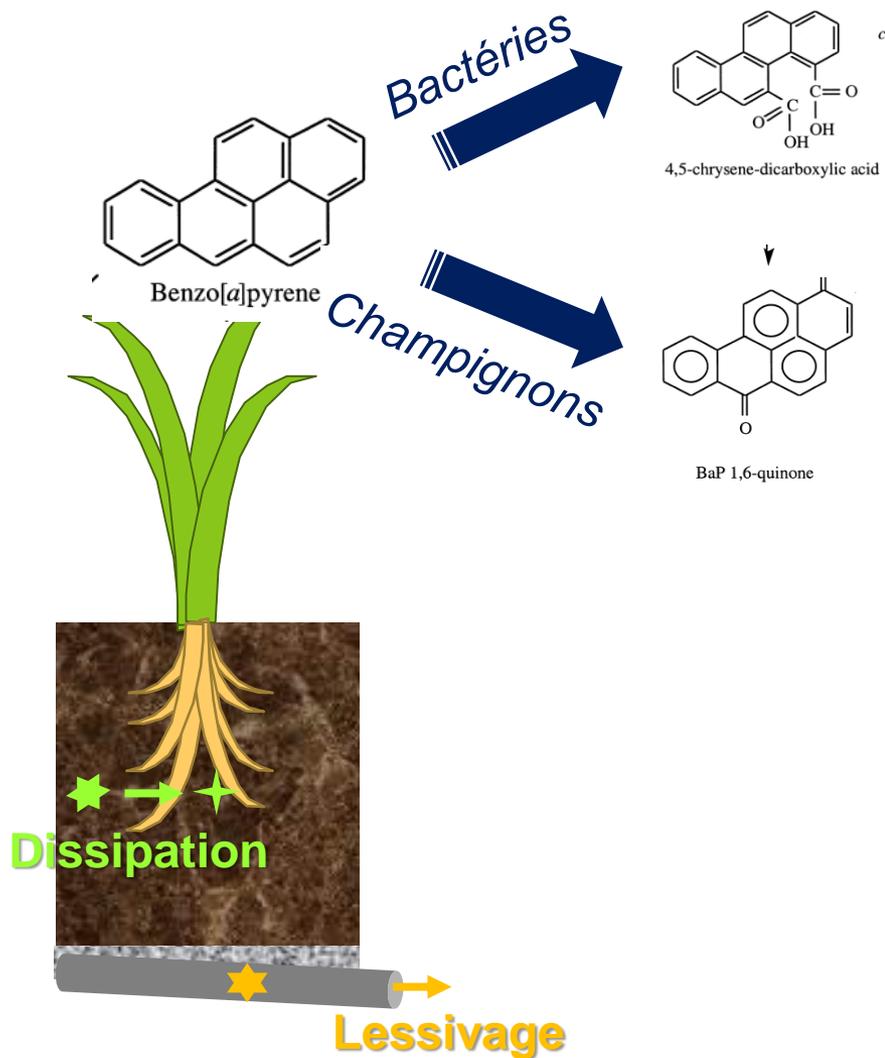


**30 cm de terre
végétale :
RETENTION**

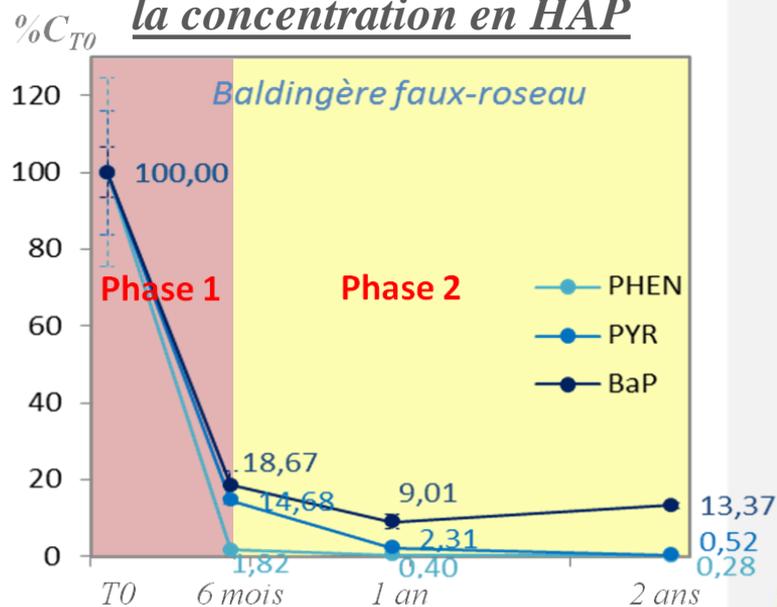
Dégradation des polluants organiques par les micro-organismes du sol



Dégradation des polluants organiques par les micro-organismes du sol



Evolution temporelle de la concentration en HAP





Quelle pollution des eaux pluviales ?



**Devenir des polluants dans le sol
des ouvrages infiltrants**



**Pourquoi et comment les végétaux
améliorent le système ?**

Choix des espèces végétales étudiées

Jonc épars
Juncus effusus



Baldingère faux-roseau
Phalaris arundinacea



Iris des marais
Iris pseudacorus



Herbacées
Festuca sp. + L. perenne



Prélèvement des végétaux

140 prélèvements



Végétaux



Parties aériennes



Parties souterraines

Sol



500 prélèvements



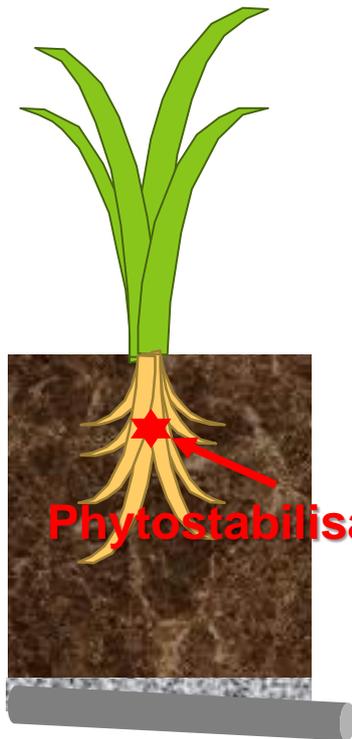
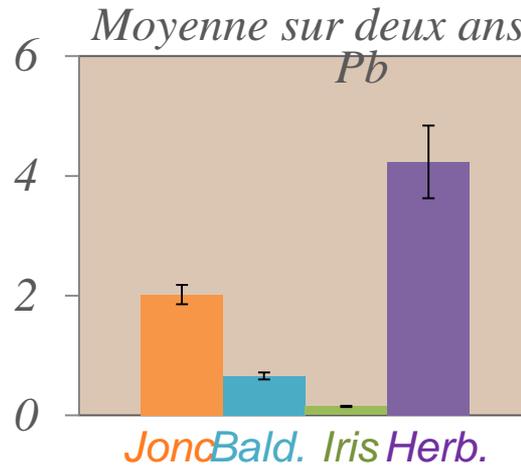
Eau



84 prélèvements

Stabilisation des métaux par les plantes

Facteur de phytostabilisation



Phytostabilisation

Quantités stabilisées dans les mésocosmes contaminés (mg/m²)

Somme sur deux ans

Pb	158,0	±4,9
	335,4	±18,6
	19,7	±0,5
	620,6	±2,0

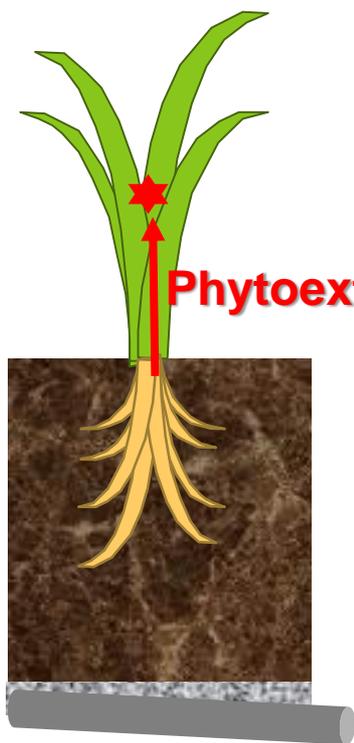
Potentiel



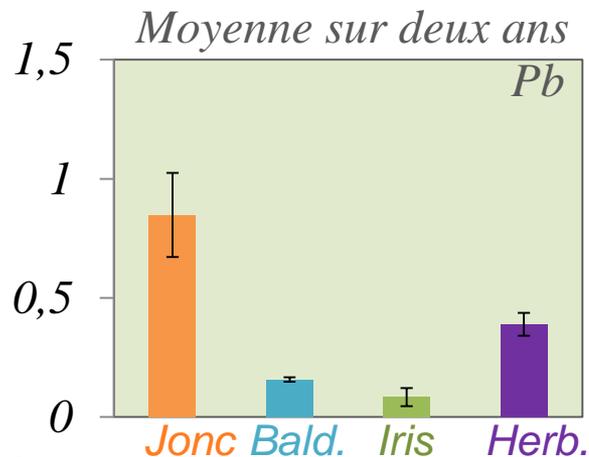
Réal

Selon le développement des végétaux

Extraction des métaux par les plantes



Facteur de phytoextraction



Quantités extraites (mg/m²)

Somme sur deux ans

	55,1	±5,1
Pb	94,2	±2,9
	7,9	±0,1
	134,3	±0,3

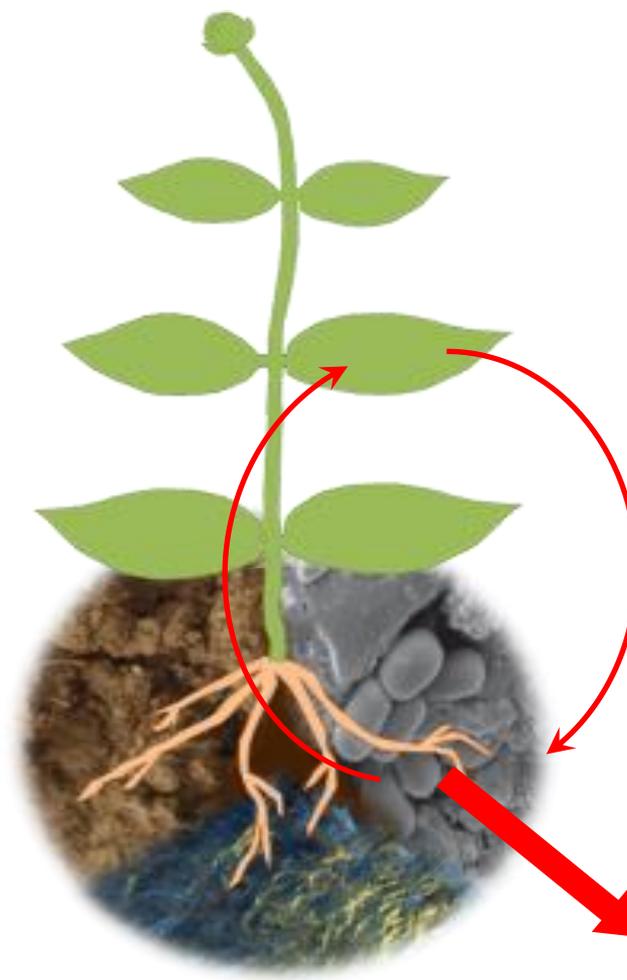
Potentiel



Réal

Selon le développement
des végétaux

Le triptyque plante-sol-micro-organismes



**Biodégradation et
stabilisation augmentée**

Conclusion

La noue un ouvrage pertinent pour l'infiltration des eaux pluviales



Gérer les eaux à la source

- ▶ Eaux de ruissellement peu contaminées
- ▶ Prohiber les traitements phytosanitaires

La noue retient les polluants dans le sol



Choisir un sol propice à la rétention

- ▶ Moins de 1% retrouvés dans les eaux infiltrées
- ▶ Substrat de 30 cm d'épaisseur
- ▶ Intérêt de retenir les matières en suspension

Les végétaux et les microorganismes jouent un rôle de dépollution dans la noue



Favoriser des systèmes vivants

- ▶ Besoin en eau
- ▶ Plus la plante est développée meilleure est la remédiation

Végétalisation et entretien des noues

- ▶ **Biomasse importante = meilleure remédiation**
 - ▶ Planter avec une densité adéquate
 - ▶ Epaisseur de substrat suffisant
 - ▶ Conditions idéales pour la croissance du végétal
- ▶ **Conception et entretien de la noue jouant sur ses capacités de rétention/remédiation**
 - ▶ STOCKAGE + INFLTRATION et non transit
 - ▶ ZERO Traitements phytosanitaires

Mais aussi

Biodiversité
Stockage du carbone
Ilôt de fraîcheur urbain



Impact sur le climat, l'énergie...

Les suites : les vers de terre

Environ 70% de la biomasse animale terrestre dans les zones tempérées

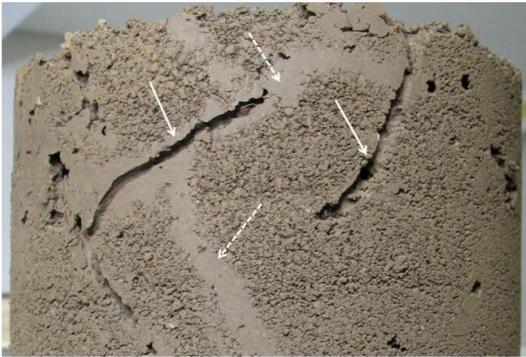
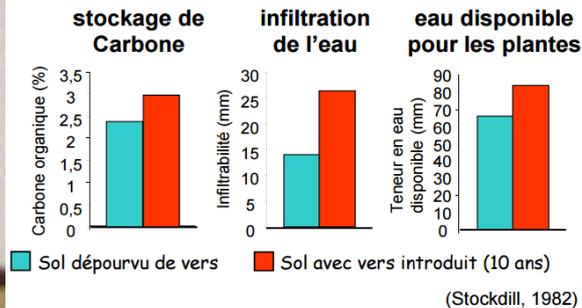


Fig. 1. Photo of a section (height = 10 and width = 16 cm) of the burrow system made by *A. meridionalis* along the soil core wall. Arrows and broken arrows indicate open burrows and refilled burrows, respectively.



Impact des lombriciens sur certaines fonctions du sol



- **Bio-indicateurs** de l'état et l'usage des sols
- **Rôle dans la structure du sol**

Mais aussi : réduction de l'érosion, stimulation de l'activité microbienne, augmentation de la production végétale ainsi que la réduction des risques de pollution.

Prélèvement des vers



Extraction à la moutarde et bloc de sol puis classification, comptage et pesée des vers de terre

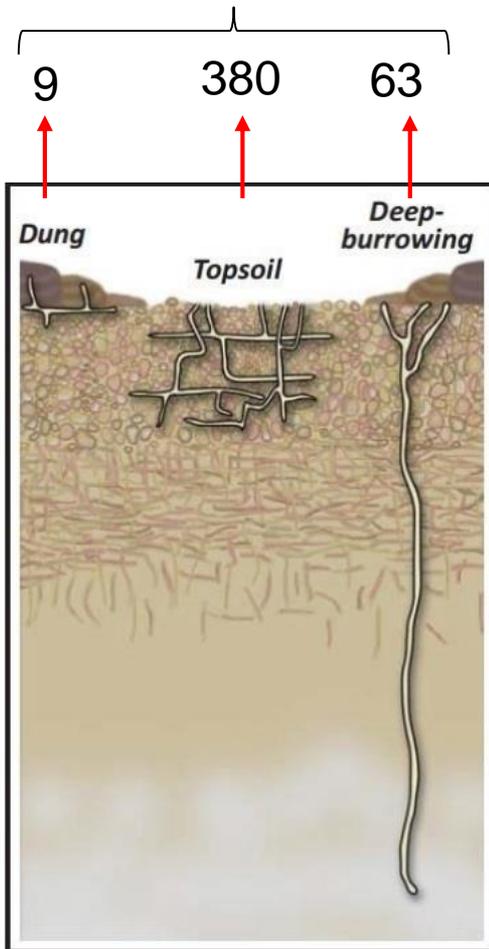
ANALYSES DE SOL au laboratoire

Texture, pH, azote et carbone organique, capacité d'échange cationique, teneur en calcaire.

Les vers de Bois-Guillaume

Nombre d'individus par m²

452 ind/m² soit 468 g/m²



Schon, Nicole 2015

Moutarde
Formol

entre 20 et 50
entre 50 et 100
ind / m²



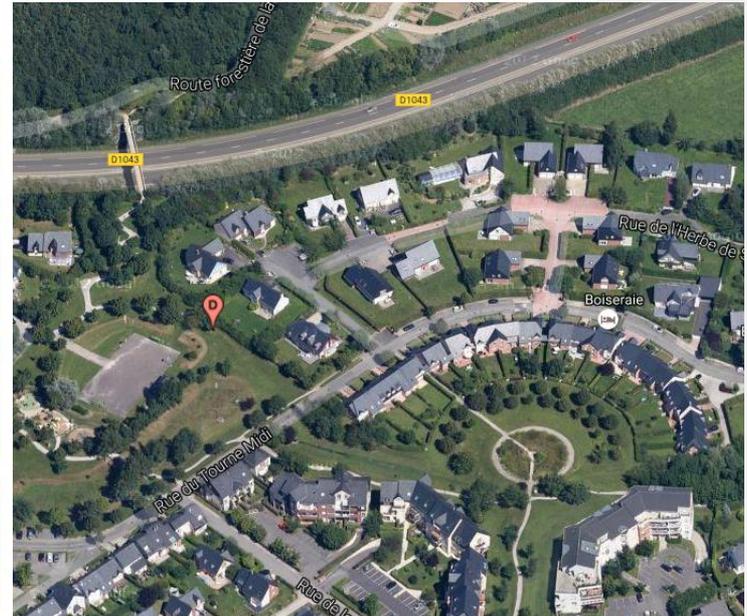
entre 20 et 75
entre 50 et 150
ind / m²



entre 60 et 150
entre 150 et 300
ind / m²

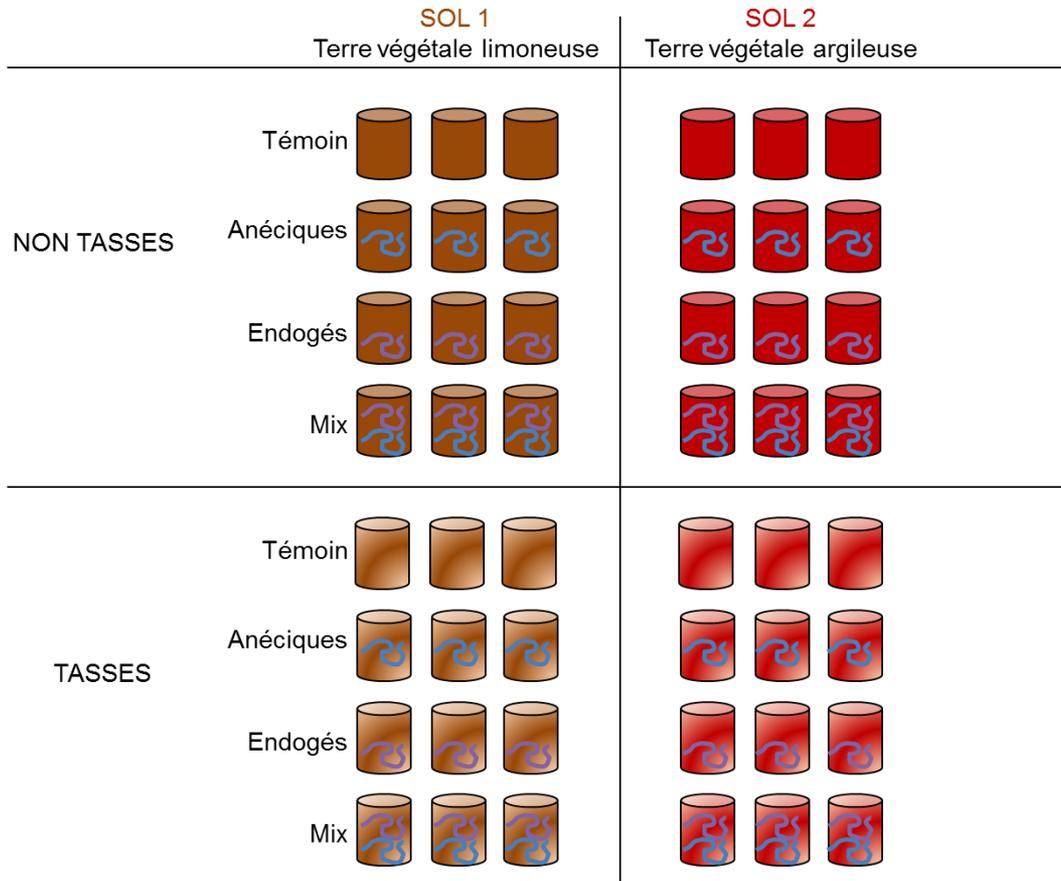


entre 10 et 25
entre 20 et 50
ind / m²

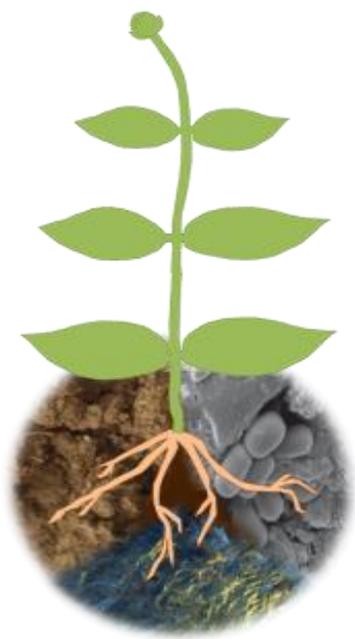


- ✓ Le chantier est un traumatisme pour la vie du sol
- ✓ Pas ou peu de vers dans les noues jusqu'à un an
- ✓ Tous les types de vers se retrouvent dans la noue mais la biomasse lombricienne est très variable d'une noue à une autre

Etudes en mésocosmes



Merci de votre attention



mcleroy@infraservices.fr