



Devenir des micropolluants issus du trafic routier dans un filtre planté de roseaux dédié à la gestion des eaux de ruissellement - Importance des communautés microbiennes

Julia ROUX¹, Martin SEIDL¹, Pascale NEVEU², Nouredine BOUSSERRHINE¹

¹ Laboratoire Eau Environnement Systèmes Urbains (LEESU) - Univ Paris Est Créteil, Ecole des Ponts

² Direction de la Propreté de l'Eau (DPE) - Ville de Paris

Journées Doctorales en Hydrologie Urbaines 2020

JDHU, 26 et 27 mai 2021

INTRODUCTION

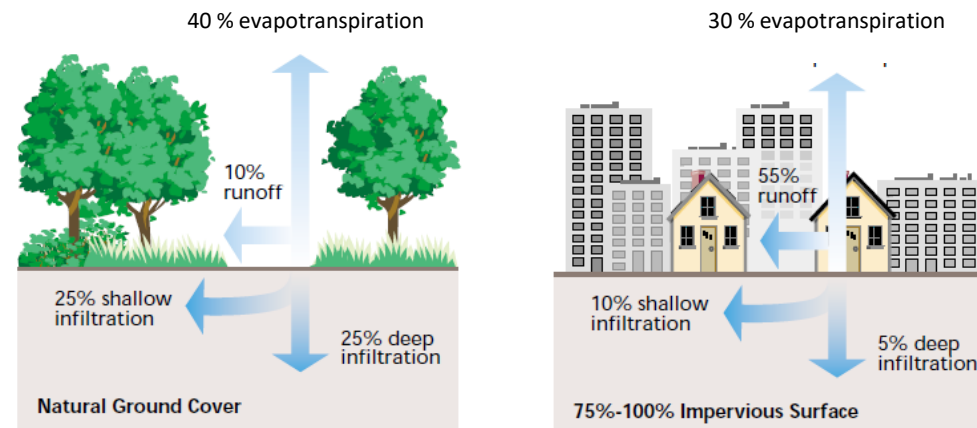
Contexte global :

Développement urbain

Impacts sur les eaux pluviales (EP) :

- Quantité** (*Miller et al., 2014*)
- Qualité** (*Gasperi et al., 2010, Markiewicz et al., 2017*)

Dégradation des milieux naturels récepteurs
(*Peters 2009, Walsh et al., 2012*)



Relation entre la couverture imperméable et le ruissellement de surface

FISRWG, 1998

Contexte global :

Fin XX^{ème} s : développement de techniques alternatives de gestion des eaux pluviales (EP) : **ouvrages de gestion des eaux pluviales** : à la source, semi-centralisés, centralisés
(Chocat et al., 2008)



Bassin d'infiltration (Tedoldi 2017)



Noue d'infiltration (Roux 2019)



Filtre planté de roseaux (Roux 2020)

Arrivée de l'eau

Stockage de l'eau

Infiltration :
-Diminution du ruissellement
-Rétention des contaminants

Sortie de l'eau :
Infiltration hors de l'ouvrage ou drainage

Contexte global :

Fin XX^{ème} s : développement de techniques alternatives de gestion des eaux pluviales (EP) : **ouvrages de gestion des eaux pluviales** : à la source, semi-centralisés, centralisés (Chocat et al., 2008)



Doctorat



Filtre planté de roseaux (Roux 2020)

Arrivée de l'eau

Stockage de l'eau

Infiltration :

- Diminution du ruissellement
- Rétention des contaminants

Sortie de l'eau :
Infiltration hors de l'ouvrage ou drainage

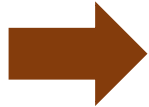
→ quel va être leur comportement et leur devenir dans le temps une fois retenus ?

Contexte et enjeux du Projet européen LIFE ADSORB :



LIFE17 ENV/FR/000398

Life Adsorb



Installation d'un **filtre planté de roseaux (FPR)** à écoulement vertical entre le DO et la Seine



Bois de Boulogne
Le FPR

Localisation du filtre planté de roseaux

Objectifs :

- Améliorer la qualité de ces eaux
- Améliorer les connaissances :
Efficacité d'épuration
Processus mis en jeu lors de la rétention

Finalité :

Modélisation du fonctionnement du FPR
➔ développement d'un outil d'aide au dimensionnement de FPR

La thèse dans le programme Life Adsorb

Objectifs principaux :

Identifier et caractériser les mécanismes biogéochimiques de séquestration, relargage et biodégradation des principaux micropolluants (organiques et inorganiques) du filtre planté
Lien polluants – diversité et dynamique des communautés microbiennes

Questions liées :

Où et comment sont **séquestrés** les micropolluants véhiculés par les eaux de ruissellement et retenus par le filtre ?

Quel est le **risque de relargage** de ces micropolluants dans le temps (métaux) ?

Quelle est la **stabilité** de ces micropolluants dans le temps (organique) ?

Quels sont les **microorganismes présents et participant** à la séquestration, transformation et inactivation des micropolluants dans le filtre ?

METHODOLOGIE

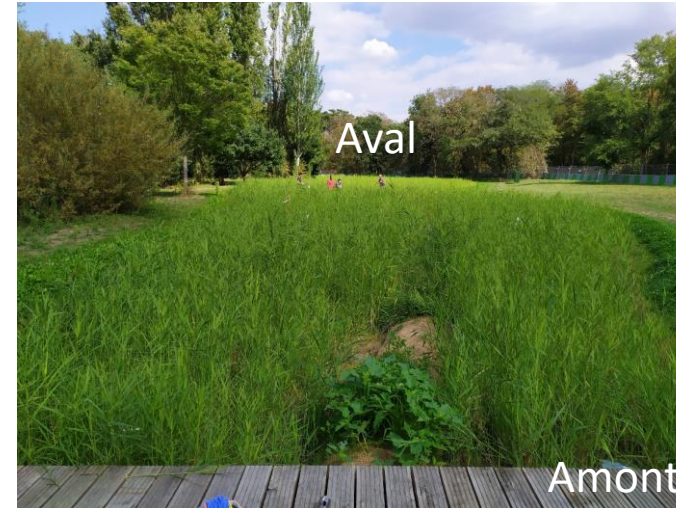
Site d'étude : Le filtre planté de roseaux (FPR) du Bois de Boulogne :



Construction du filtre
(2018-2019)



Fin de la construction du filtre
(Septembre 2019)

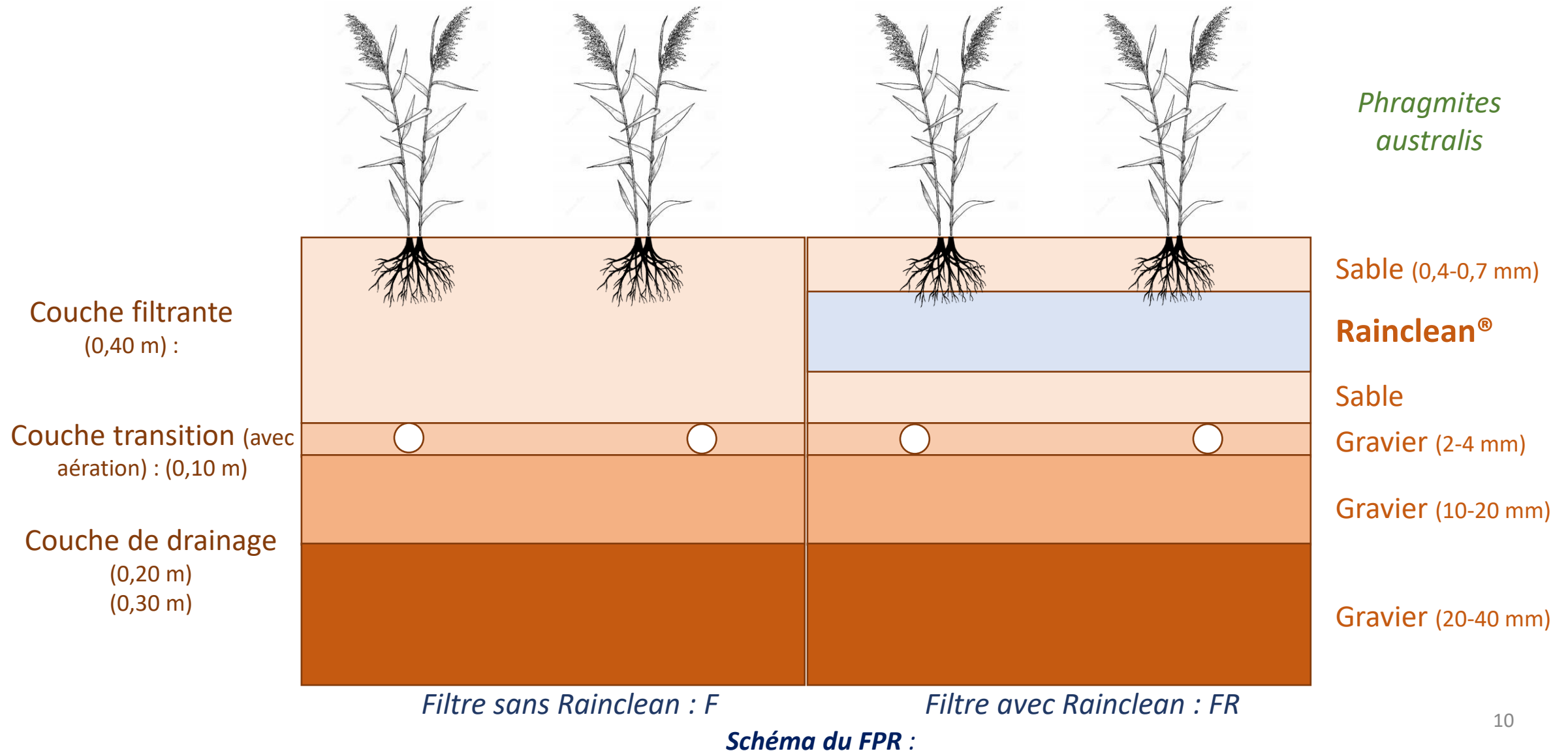


Un an après
(Septembre 2020)

Photos du FPR. De gauche à droite : Chantier du futur filtre planté (source : paris.fr), Filtre planté en septembre 2019 (ROUX, 2019), Filtre planté en septembre 2020 (ROUX, 2020)

➔ Vidéo sur la construction du chantier : <https://www.youtube.com/watch?v=BQbbeAu-0Nk>

Site d'étude : Le filtre planté de roseaux (FPR) du Bois de Boulogne :



METHODOLOGIE :
CARACTERISATION DU FONCTIONNEMENT DU FPR
IN SITU et AU LABORATOIRE :

I - CARACTERISATION IN SITU : T0, T1, T2, (T3)

1) Suivi de l'évolution spatio-temporelle des propriétés du filtre

Propriétés physico-chimiques du FPR :

- pH
- Carbonates
- C organique total
- MO totale
- N total
- C/N
- CEC
- Granulométrie
- Capacité au champ



Propriétés microbiologiques et biogéochimiques

Caractérisation des communautés microbiennes :

- **Abondance microbienne** : biomasse (*SIR, dénombrement*)
- **Fonctions** : activités enzymatiques (*uréase, déshydrogénase, hétérosidases, phosphatases, activité totale*), diversité fonctionnelle (*BIOLOG, MicroResp*)
- **Diversité génétique microbienne** : séquençage d'ADN (NGS)



I - CARACTERISATION IN SITU : T0, T1, T2, (T3)

2) Etude de la contamination du filtre dans le temps et l'espace

Où sont séquestrés les contaminants et en quelle quantité ? Dosage dans les **substrats**, l'eau et les végétaux
Polluants fréquemment rencontrés en contexte routier (Markiewicz et al., 2017)

Micropolluants métalliques

Dosage des teneurs totales (*minéralisation eau régale*) :
Cadmium (Cd), **chrome** (Cr), **cuivre** (Cu), **nickel** (Ni),
plomb (Pb) et **zinc** (Zn)



INRAE

Micropolluants organiques

Dosage des teneurs totales de plusieurs familles de micropolluants organiques (*UPLC-MS/MS et GC-MS*) :

- Phénol : **alkylphénols** (4-NP, 4-OP, NP1EO, NP2EO, NP1EC, OP1EO, OP2EO), **bisphénol-A**
- **Phtalates** : DMP, DiBP, DBP, DEHP, DNP
- **Hydrocarbures aromatiques polycycliques** : les 16 prioritaires (US-EPA)
- **Hydrocarbures totaux**



leesu
laboratoire eau environnement systemes urbains

II - CARACTERISATION AU LABORATOIRE

1) Etude de la biodégradabilité de micropolluants organiques ciblés : stabilité

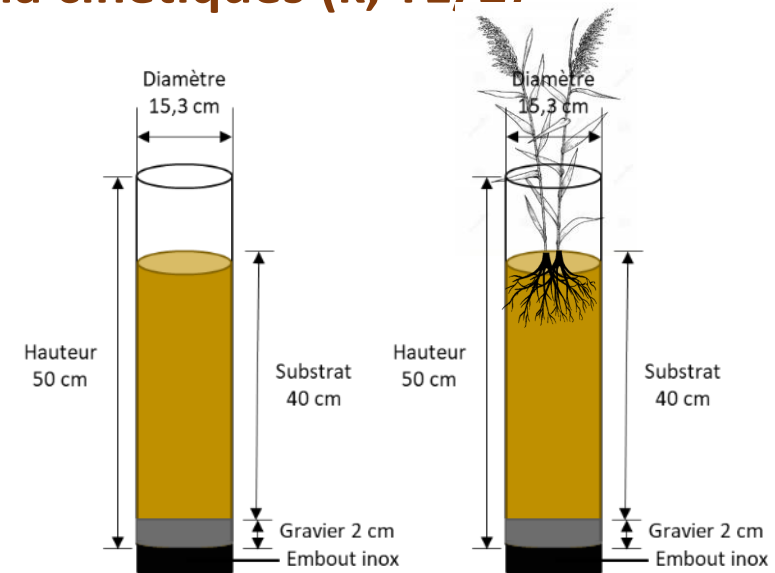
Tests de biodégradation en conditions contrôlées : En batch et en colonnes

→ Rôle des communautés microbiennes et de la rhizosphère

Compréhension des processus

→ Cinétique de biodégradation : paramètres de la cinétique (k , $T_{1/2}$)

Alimentation du modèle développé



Plantée ou
non

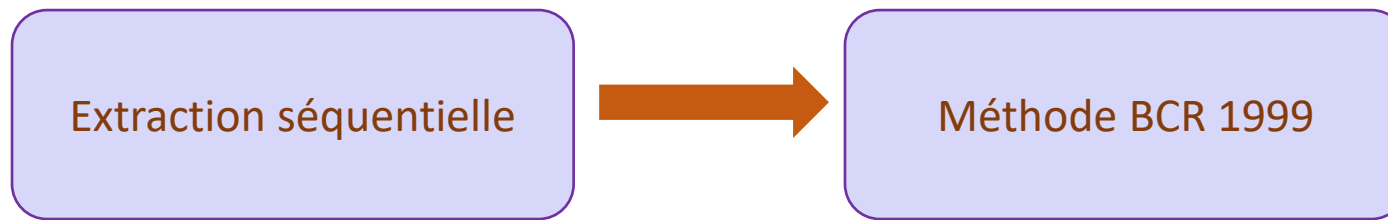
Sable ou
sable +
Rainclean

Schémas des dispositifs expérimentaux (en haut : batch ; en bas : colonnes)

II - CARACTERISATION AU LABORATOIRE

2) Etude de la mobilité potentielle des métaux : risque de relargage

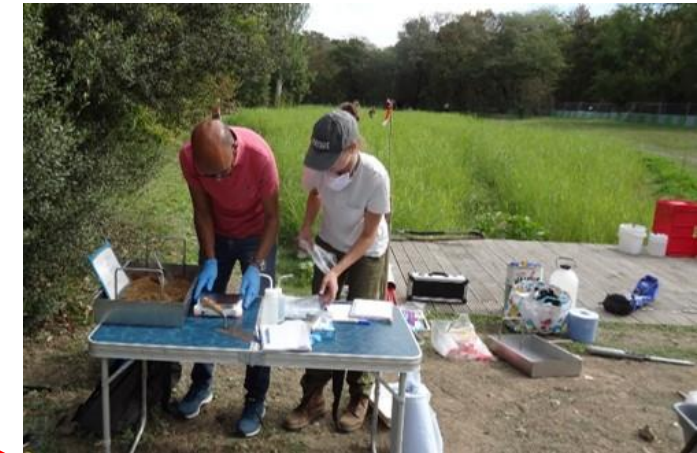
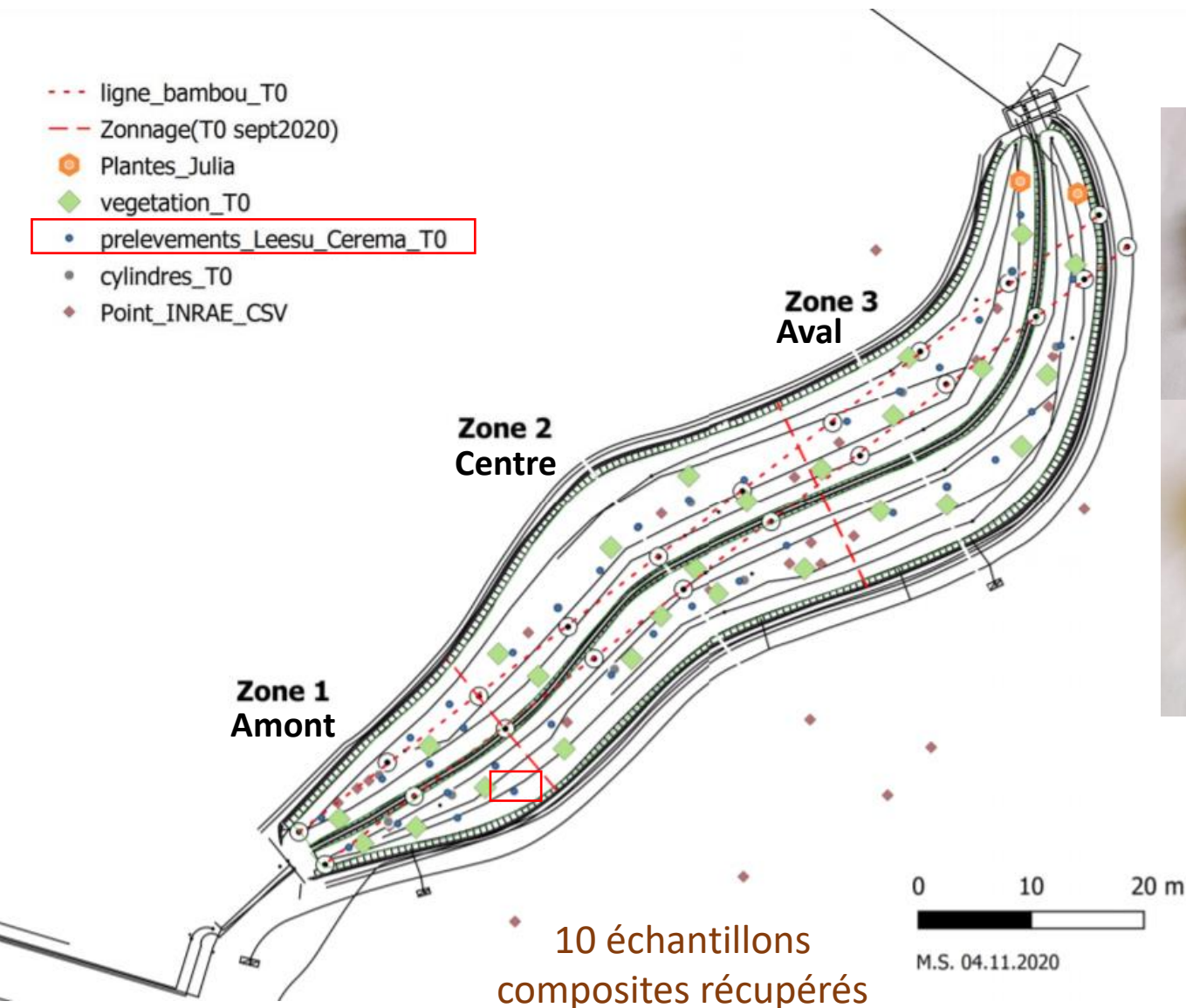
Evaluer la mobilité des métaux dans le filtre sous l'effet des conditions biogéochimiques :



➔ *Distinguer les fractions de métaux de solubilité différentes*

*= Prédire la répartition des métaux dans le FPR et leur mobilité
➔ variabilité dans le temps et l'espace ?*

Campagne de prélèvement : Etat initial (T0, Septembre 2020)



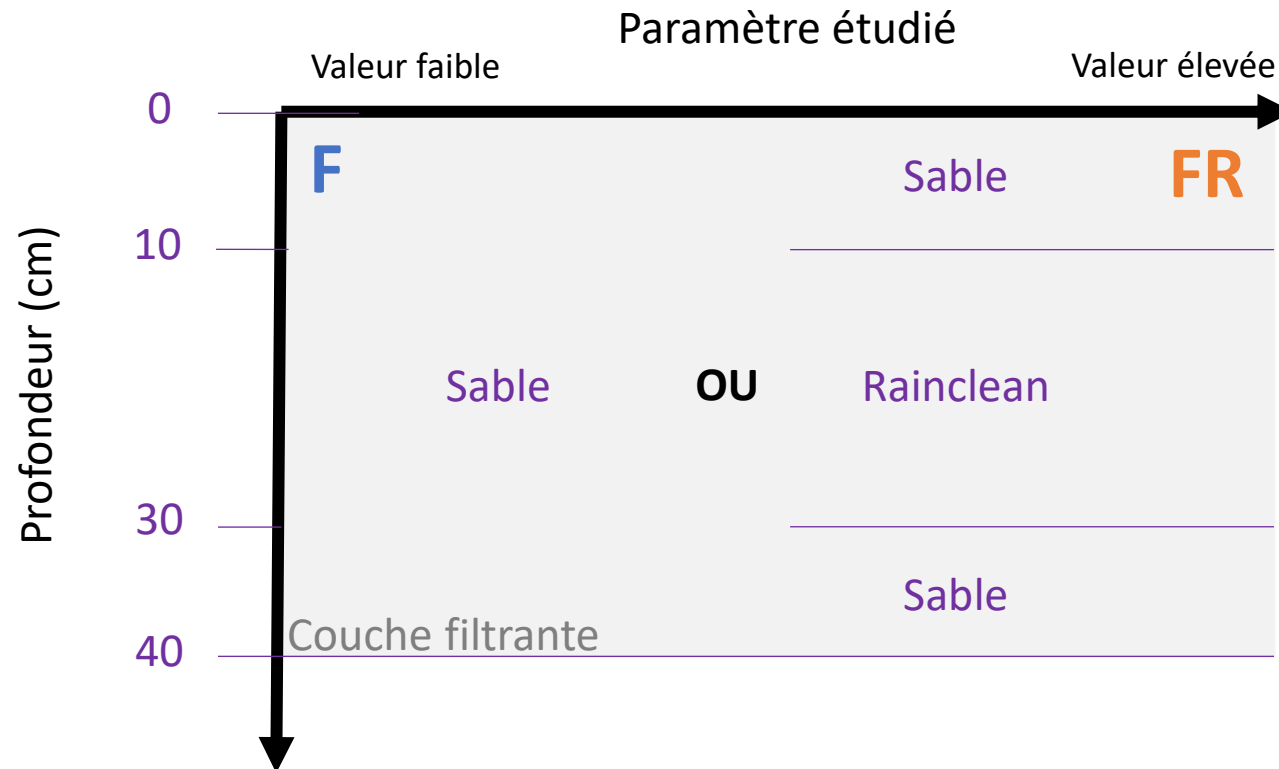
Campagne d'échantillonnage T0 : à gauche : localisation des points de prélèvement ; à droite : quelques photos prises lors de la campagne T0

RESULTATS PRELIMINAIRES

Campagne T0

Colonisation du filtre par les communautés microbiennes

Résultats préliminaires : campagne T0



= Profil vertical du paramètre

Echantillons

- F Amont
- F centre
- F Aval

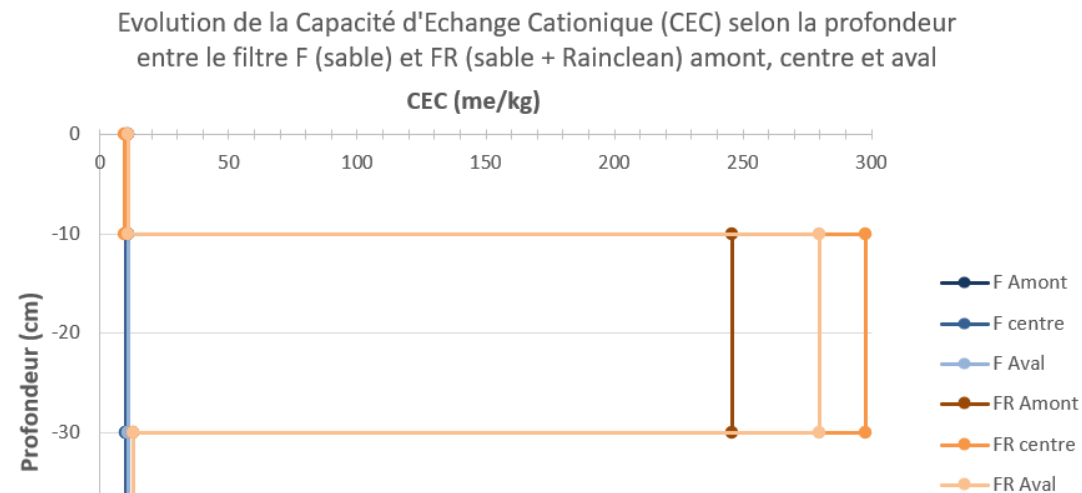
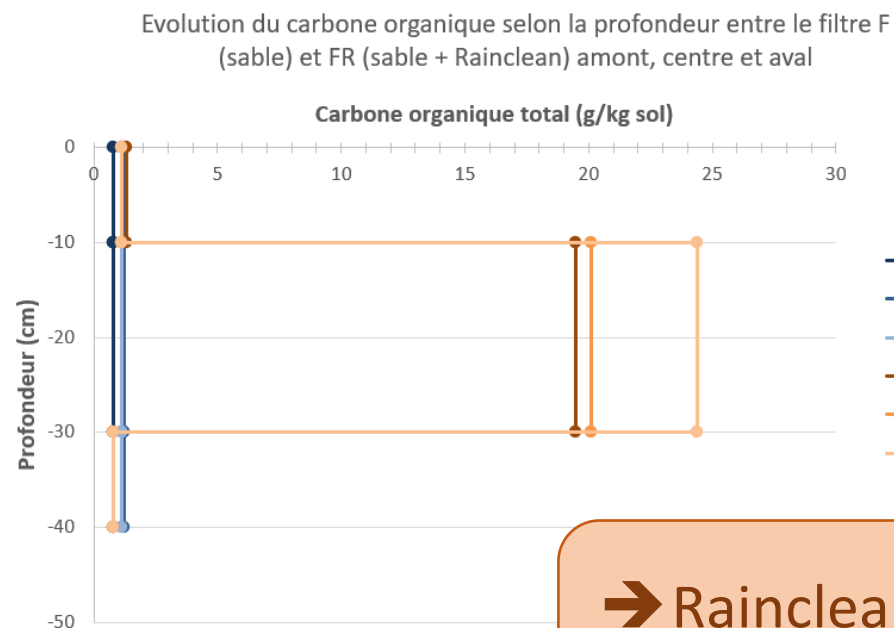
Filtre avec sable : **F**
*Une seule profondeur étudiée
(0-40 cm)*

- FR Amont
- FR centre
- FR Aval

Filtre avec sable et Rainclean : **FR**
*Trois profondeurs étudiées
(0-10 ; 10-30 ; 30-40 cm)*

Résultats préliminaires : campagne T0

Propriétés physico-chimiques du FPR : carbone organique total et capacité d'échange cationique (CEC)



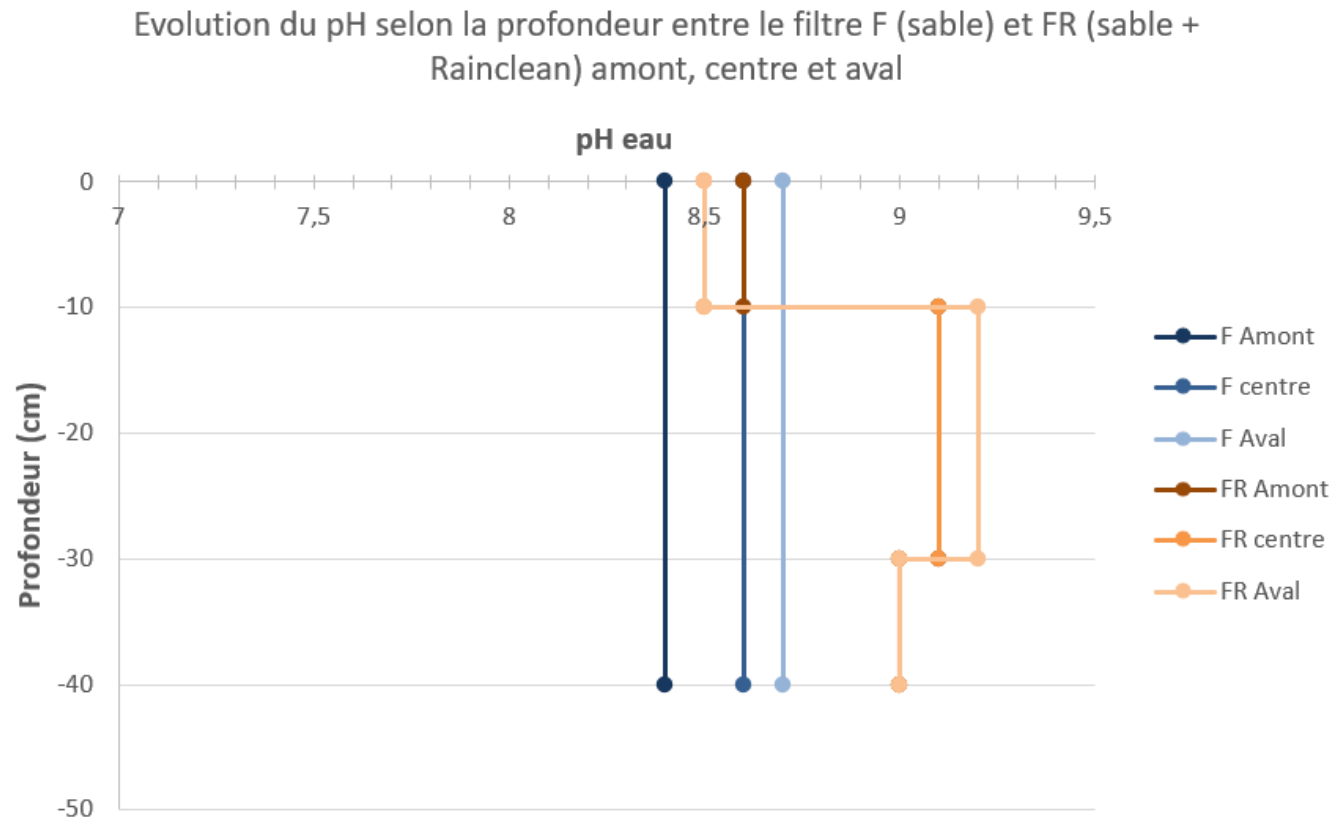
→ Rainclean : adsorbant, filtre chimique
→ Sable : inerte, filtre physique

Essentiel du C. organique (azote et taux de matières organiques aussi) : dans le Rainclean (20-25 g/kg)

CEC élevée dans le Rainclean (246-298 me/kg) et très faible dans le sable (10-13 me/kg)

Résultats préliminaires : campagne T0

Propriétés physico-chimiques du FPR : pH



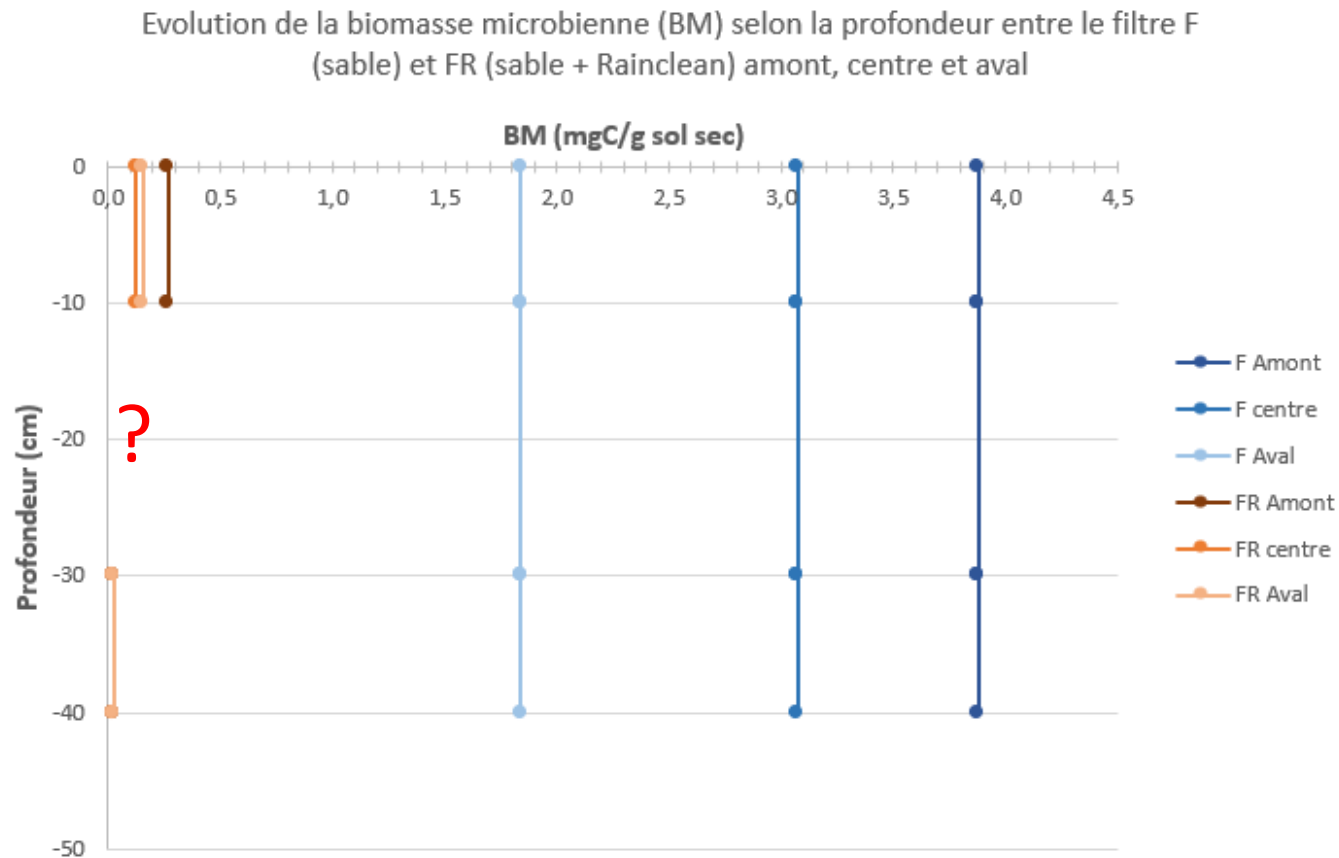
pH alcalin (entre 8,4 et 9,2)

Rainclean plus alcalin que le sable → impacte la couche sous-jacente

Un pH assez élevé
→ Rétention / précipitation des métaux favorisée
→ Quel impact sur les communautés microbiennes ?
(Bertran, & Caumette, 2010)

Résultats préliminaires : campagne T0

Propriétés microbiologiques du FPR : Biomasse microbienne (BM)

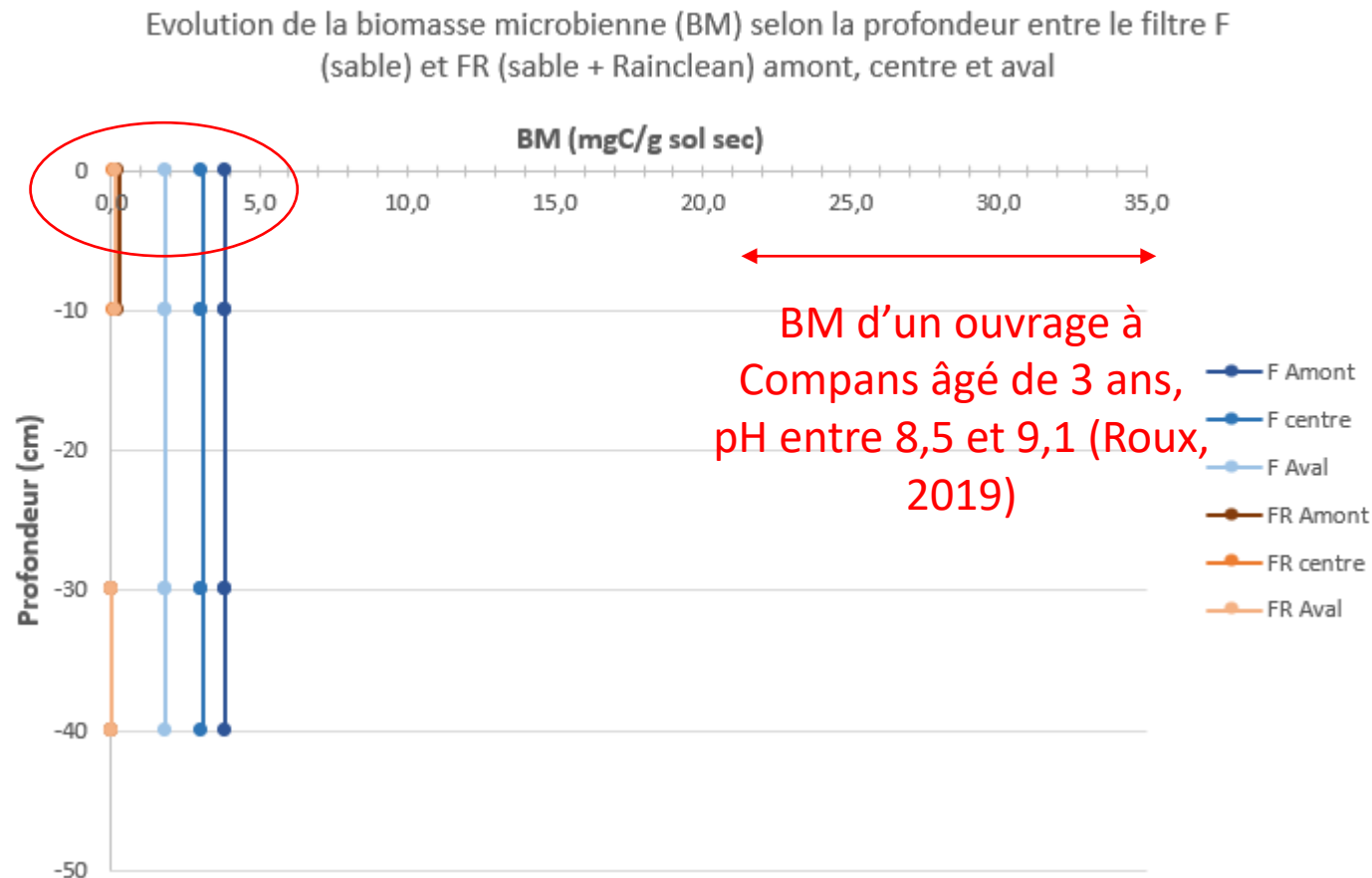


Données manquantes pour le Rainclean (méthode non applicable) : autre méthode en cours de développement

BM filtre F > BM filtre FR
Filtre F : Amont > Centre > Aval

Résultats préliminaires : campagne T0

Propriétés microbiologiques du FPR : Biomasse microbienne (BM)



En comparant avec d'autres données :

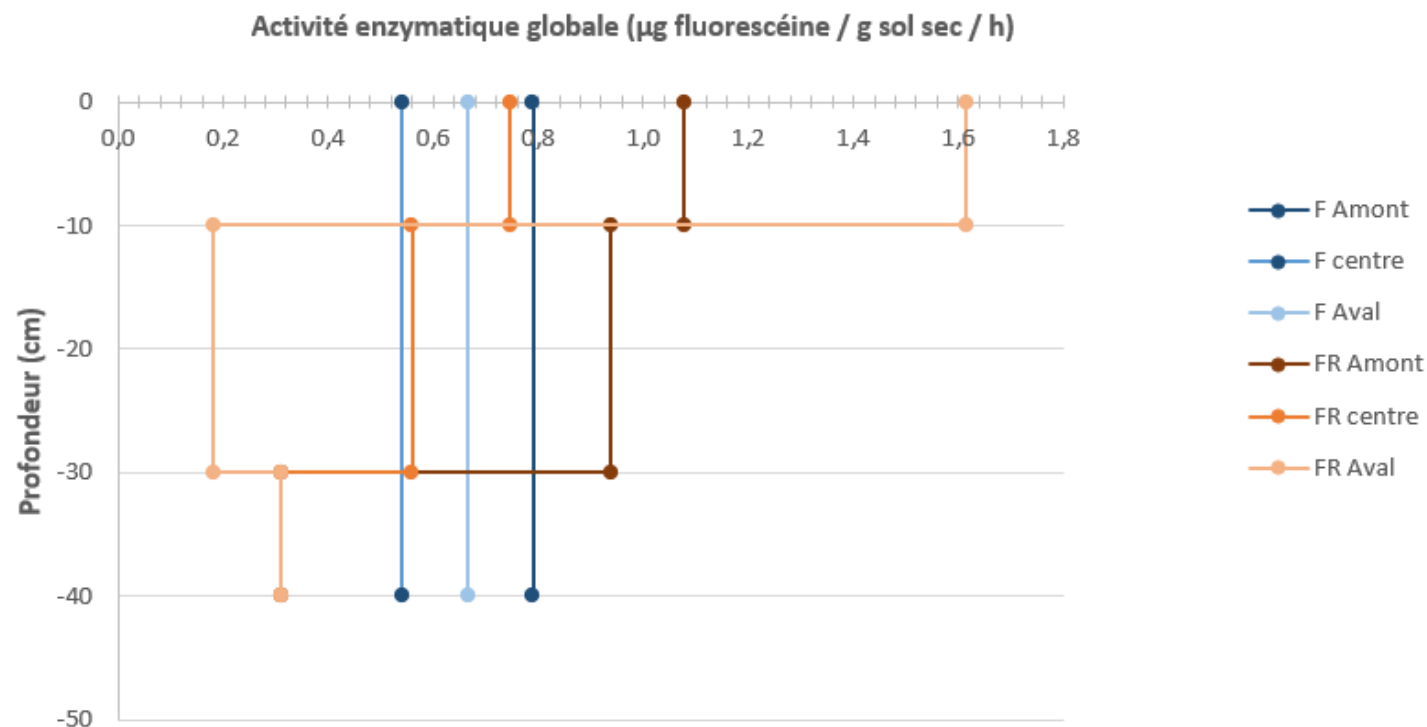
Les variations sont « lissées », et la BM est faible dans l'ouvrage = Effet de l'échelle

Une BM faible à l'état initial dans le sable
➔ MO faible, pH alcalin, jeune ouvrage

Résultats préliminaires : campagne T0

Propriétés microbiologiques du FPR : Activité enzymatique totale (AET)

Evolution de l'activité enzymatique totale selon la profondeur entre le filtre F (sable) et FR (sable + Rainclean) amont, centre et aval

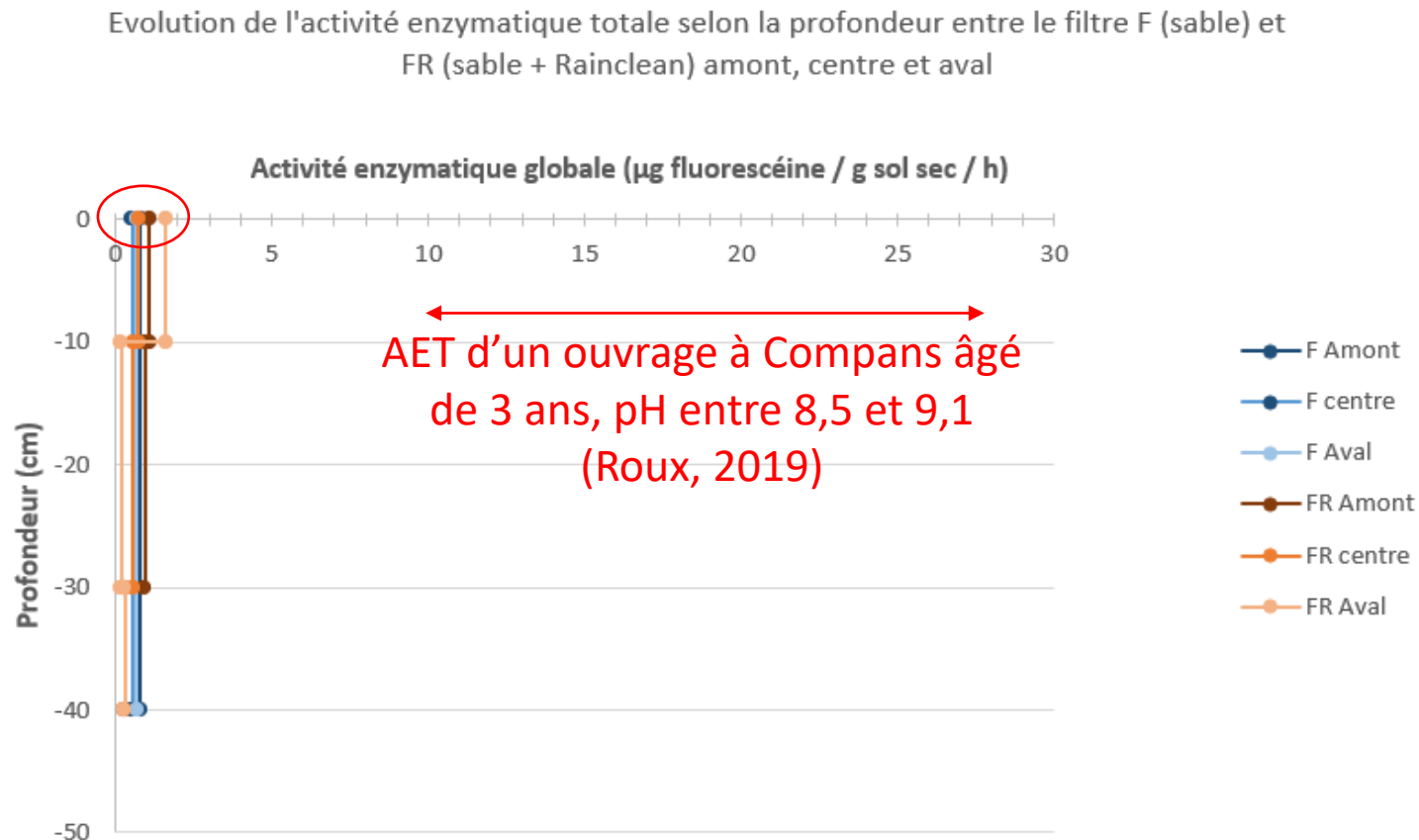


Une activité enzymatique totale plus élevée dans le sable sus-jacent

L'activité semble hétérogène...

Résultats préliminaires : campagne T0

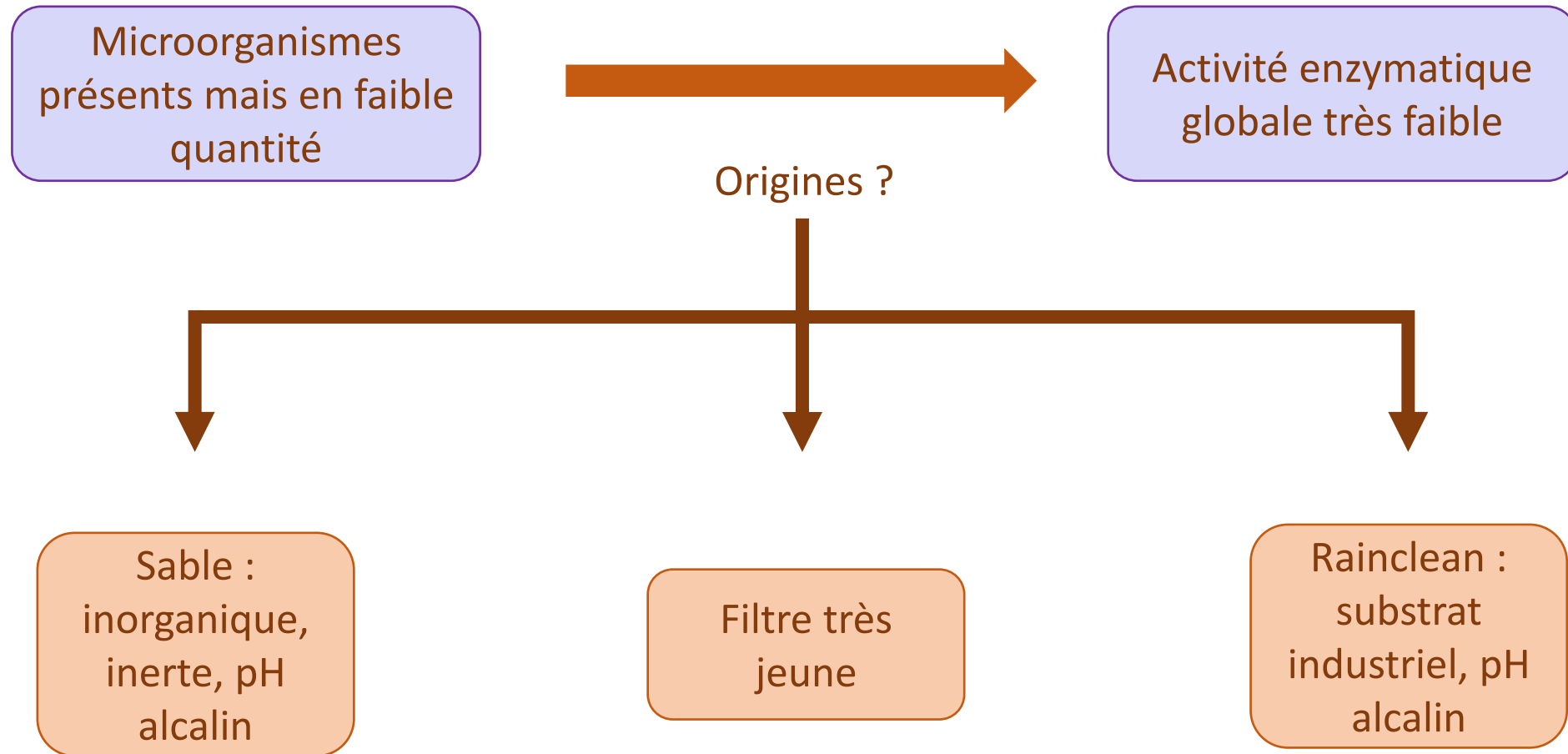
Propriétés microbiologiques du FPR : Activité enzymatique totale (AET)



... mais en comparant avec d'autres données :

Les variations sont « lissées », et l'activité est très faible dans le FPR

- ➔ Liée à la faible BM du sable
- ➔ Indication d'une BM faible et peu active dans le Rainclean également.

Premières conclusions :

Perspectives :

Sable



Apport de MO + polluants par les eaux de ruissellement et développement des roseaux
→ développement de biofilm à la surface + communautés rhizosphériques

Rainclean



Communautés microbiennes : sélection et adaptation avec le temps au Rainclean (et eaux de ruissellement)

➔ Colonisation progressive du filtre par les communautés microbiennes
➔ T1, T2

**Merci de votre attention !
Des questions ?**

Contexte et enjeux du Projet européen LIFE ADSORB :

Pourquoi ce projet ?

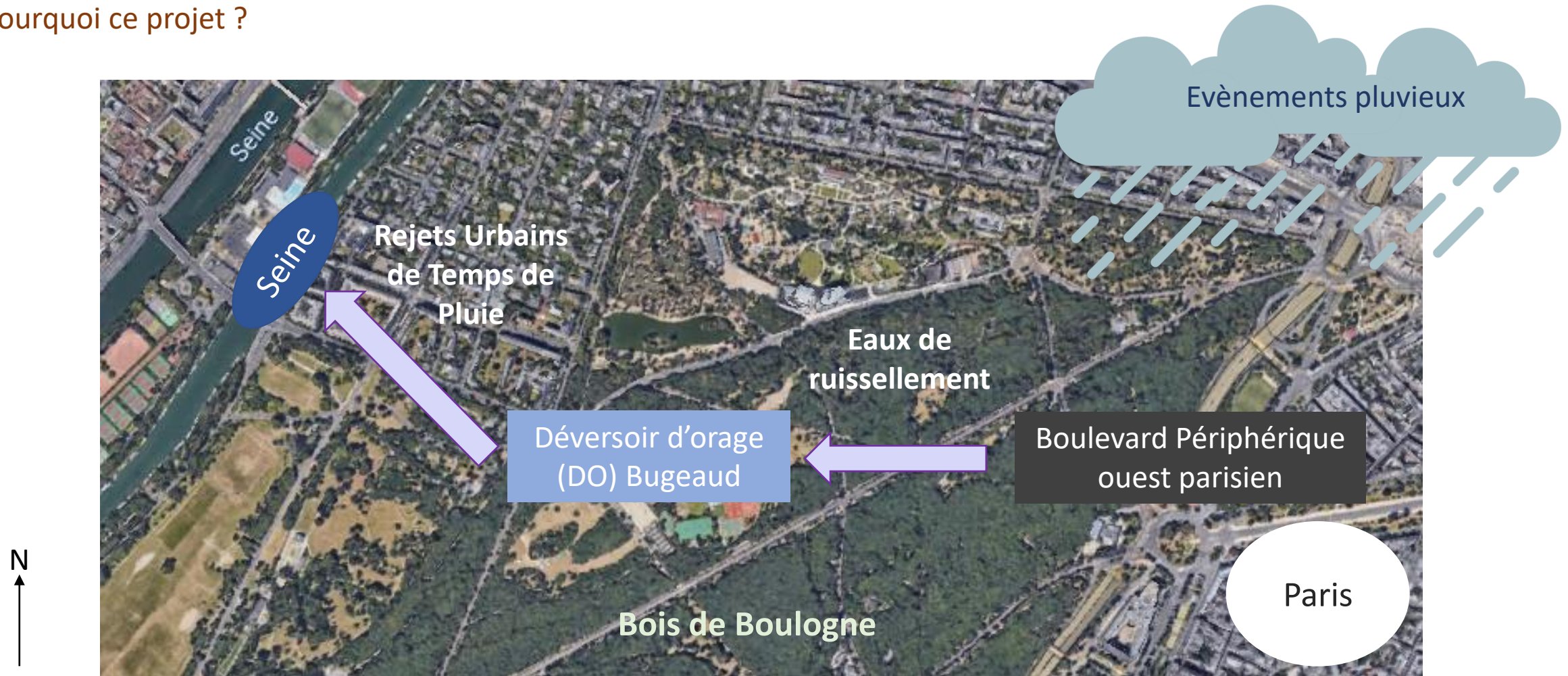


Schéma du devenir des eaux de ruissellement du boulevard périphérique parisien avant le projet Life Adsorb

Annexe : Avancée des analyses

Premiers résultats : campagne T0



Propriétés physico-chimiques

Caractérisation des
communautés
microbiennes

Abondance

Fonctions

Diversité génétique

Dosage des
micropolluants

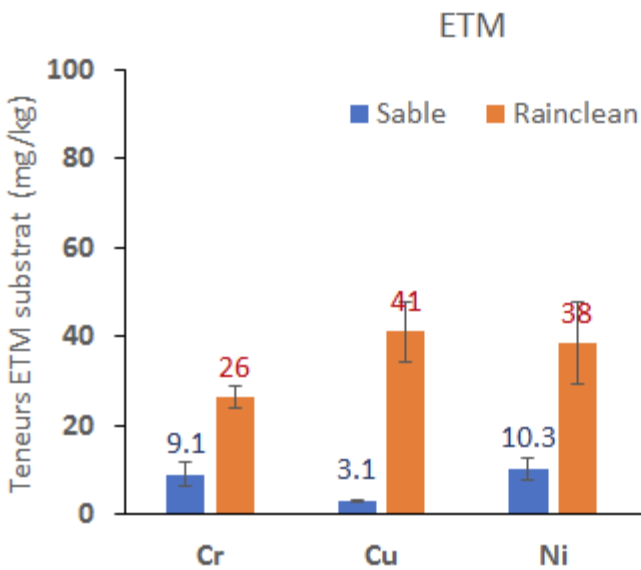
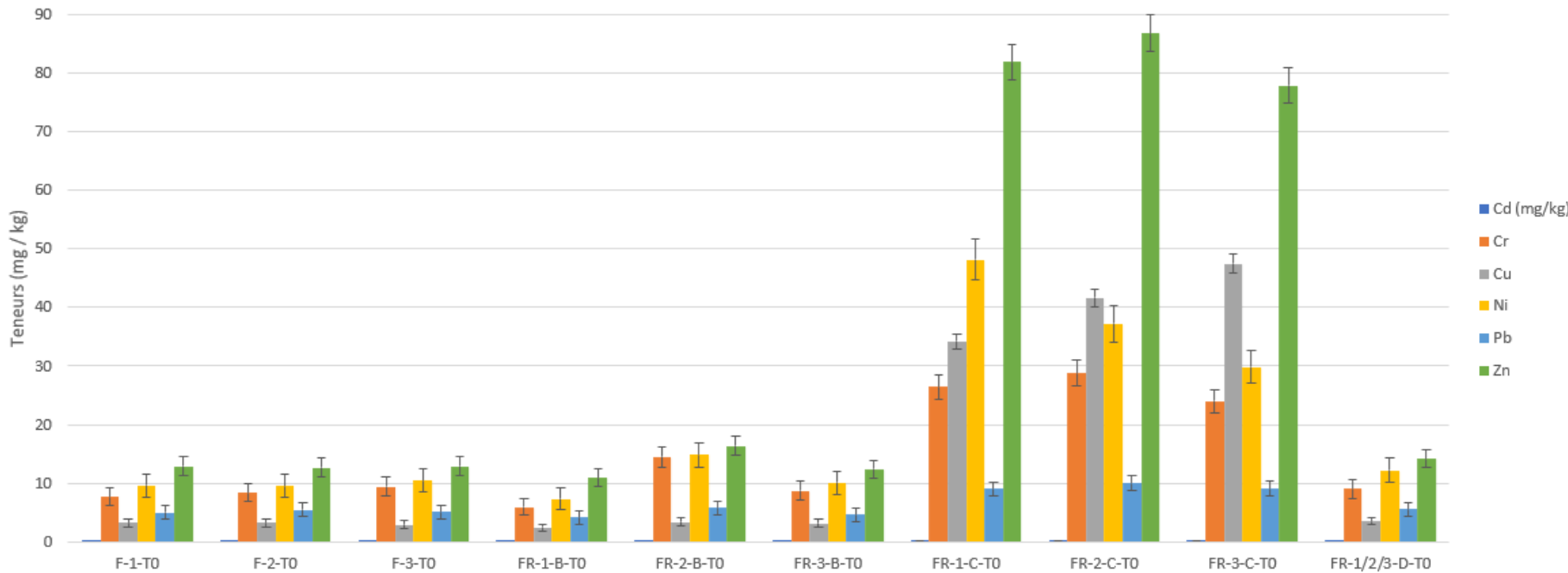
Métalliques

Organiques

Annexe : Avancée des analyses

Premiers résultats : campagne

Teneurs en métaux traces (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn) dans le filtre planté de roseaux



Seuils (mg/kg) *	d'anomalie	d'intervention
Pb	50	
Cu	30	100
Zn	100	500
* issu de Tedoldi (2017)		

Références bibliographiques

- Bertran, & Caumette. (2010). *Ecologie microbienne: microbiologie des milieux naturels an: thropises*. Presses universitaires de pau et des pays de l'adour.
- Chocat, Bernard. 2008. Etat de l'art sur la gestion urbaine des eaux pluviales et leur valorisation . Office International de l'Eau, 36.
- FISRWG (U.S.). 1998. *Stream Corridor Restoration: Principles, Processes, and Practices*. By the Federal Interagency Stream Restoration Working Group. ISBN-0934213-59-3.
- Gasperi, J, S Garnaud, V Rocher, et R Moilleron. « Polluants prioritaires dans les rejets urbains de temps de pluie : cas de la ville de Paris ». Paris, France, 2010. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01115309>.
- Markiewicz, A., Björklund, K., Eriksson, E., Kalmykova, Y., Strömvall, A. M., & Siopi, A. (2017). Emissions of organic pollutants from traffic and roads: Priority pollutants selection and substance flow analysis. *Science of the Total Environment*, 580, 1162-1174.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.12.074>
- Miller, J, H Kim, T Kjeldsen, J Packman, S Grebby, et R Dearden. 2014. « Assessing the impact of urbanization on storm runoff in a peri-urban catchment using historical change in impervious cover ». *Journal of Hydrology* 515 (juillet): 59-70.
- Peters, Norman E. « Effects of Urbanization on Stream Water Quality in the City of Atlanta, Georgia, USA ». *Hydrological Processes* 23, n° 20 (30 septembre 2009): 2860-78. <https://doi.org/10.1002/hyp.7373>.
- Roux, J. 2019. *Caractérisation des communautés microbiennes autochtones des sols d'un ouvrage de gestion à la source des eaux pluviales, et évaluation de leur potentiel de biodégradation des micropolluants organiques. Rapport de stage de Master 2. Créteil : LEESU. 65 p.*
- Tedoldi, D. « Mesure et modélisation de la contamination du sol dans les ouvrages de gestion à la source du ruissellement urbain ». Thèse de doctorat, Université Paris-Est, 2017. <https://pastel.archives-ouvertes.fr/tel-01703864>.
- Walsh, C. J., Fletcher, T. D., & Burns, M. J. (2012). Urban stormwater runoff: a new class of environmental flow problem. *PLOS one*, 7(9), e45814.