



SÉMINAIRE SCIENTIFIQUE DE L'OTHU

WEBINAIRE

8 décembre 2021 de 14h à 17h



SUPPORTS D'INTERVENTION



Membres de l'OTHU

INSA

INSTITUT NATIONAL
DES SCIENCES
APPLIQUÉES
DE LYON



Lyon 1

INRAE

ENTPE



UNIVERSITÉ
CENTRALE LYON

UNIVERSITÉ
LUMIÈRE
LYON 2

UNIVERSITÉ
JEAN MOULIN

brgm



VetAgro Sup

graie

CONTEXTE

Un élément important du fonctionnement de l'OTHU est la réalisation d'actions de valorisation et la diffusion des résultats de recherche acquis.

Ainsi, nous avons retenu le principe d'organiser en alternance des manifestations de type :

- Journée technique pour présenter les retombées techniques et opérationnelles de l'OTHU
- Séminaire scientifique pour exposer et discuter des dernières avancées obtenues dans le cadre des recherches OTHU

L'objectif principal de ces séminaires scientifiques est de **faire connaître les résultats de recherche obtenus ainsi que les données acquises et de diffuser largement les connaissances produites**. Un deuxième objectif est de susciter l'intérêt des chercheurs, éventuellement étrangers, et de favoriser les échanges de données dans le cadre de nouveaux partenariats de recherche.

Thème du Séminaire : Les recherches développées dans le cadre de l'OTHU tentent de couvrir l'ensemble des disciplines nécessaires à la compréhension et à la gestion des eaux pluviales en milieu urbain.

Au cours de ce séminaire, 6 focus en lien avec 8 thèmes de recherche, en appui sur les données de l'OTHU, vous seront présentés.

www.othu.org

L'OTHU est un laboratoire de recherche hors murs mis en place en 1999. C'est une structure fédérative de recherche reconnue par le Ministère de la Recherche et de l'Enseignement Supérieur (FED 4161) depuis mai 2011.

Il repose sur des dispositifs de mesure installés sur le système d'assainissement du Grand Lyon et sur les milieux récepteurs recevant les effluents issus de ce système. L'OTHU constitue le support de travaux de recherche menés par plus de 85 chercheurs, issus de 12 équipes de recherche lyonnaises, en étroite collaboration avec les acteurs de terrain.

Public

- Chercheurs français et étrangers,
- Partenaires actuels et potentiels de programmes de recherche dans le domaine de la gestion de l'eau,
- Acteurs opérationnels

Partenaires de L'OTHU



Équipes Membres de la Structure Fédérative de Recherche OTHU N°4161



P R O G R A M M E

13h50 Ouverture de la plateforme ZOOM

14h00 Introduction : Gislain LIPEME KOUYI, INSA Lyon DEEP - Co-Président de l'OTHU

14h10 Traitabilité des sédiments d'ouvrages pluviaux – Programme de recherche DESIR
Julien COUVIDAT, INSA Lyon DEEP

14h35 Métrologie - systèmes innovants et économes pour la surveillance et la gestion de la quantité et qualité des eaux pluviale- Programme de recherche CHEAP'EAU
Philippe NAMOUR, INRAE Lyon et Frédéric CHERQUI, UCBL-INSA Lyon DEEP

15h00 Diversité microbienne dans l'environnement urbain
Rayan BOUCHALI, Vetagro Sup UCBL LEM

15h25 Changement global et hydrologie : impact de l'infiltration à la source des eaux pluviales à l'échelle du bassin versant et robustesse face aux changements globaux – Programme de recherche CONSCÉQUANS
Jérémy BONNEAU, INRAE RIVERLy et INSA Lyon DEEP

15h50 Performance de dispositifs à la source et conditions d'appropriation par les acteurs institutionnels et les usagers – Programme de recherche MicroMegs
Sylvie BARRAUD, INSA Lyon DEEP

16h15 Impacts environnementaux et sanitaires des ouvrages centralisés de gestion des eaux pluviales sur la nappe – Programme de recherche FROG
Florian MERMILLOD-BLONDIN, LEHNA E3S - UCBL

16h50 Mot de la Fin: Flora BRANGER, INRAe RIVERly - Co-Présidente de l'OTHU

17h00 FIN DU SÉMINAIRE

SUPPORTS INTERVENTIONS

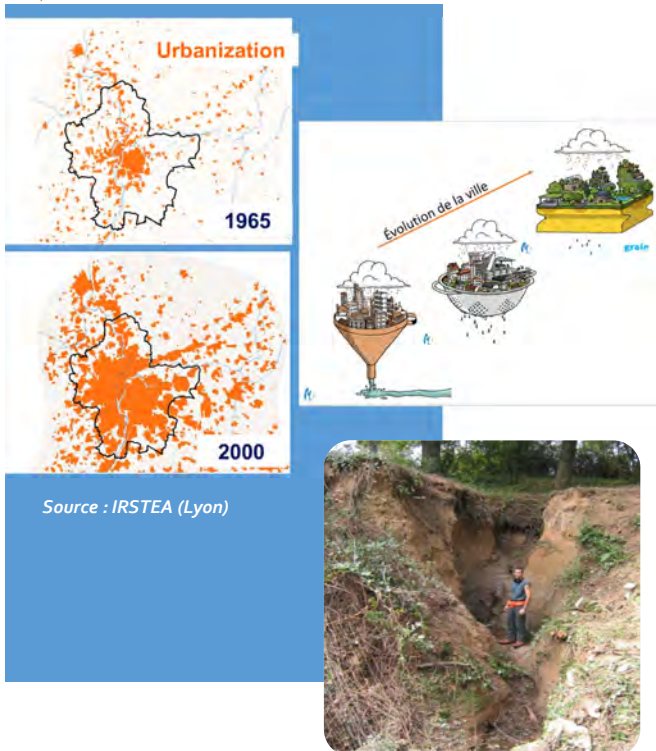
Observatoire de terrain en hydrologie urbaine - OTHU

Gislain LIPEME KOUYI

Co-président de l'OTHU
Directeur Scientifique de la SFR 4161



► Problématique



Source : IRSTEA (Lyon)

■ Changements globaux

- urbanisation croissante
- climatique
- évolution des stratégies de gestion des eaux

■ Variabilités des processus

- dynamiques difficiles à cerner
- différentes échelles (temps et espace)
 - Ouvrages à la source et centralisés
 - Rivières, nappes
 - Bassin versant

■ Diversité d'acteurs



► Objectifs

1999

Observer
sur le
long terme
pour mieux
comprendre le
fonctionnement
du et agir sur le

**Système de
gestion de l'eau**



■ Mesurer et modéliser

- les **flux d'eau et de polluants** /contaminants en milieux urbain & périurbain :
 - cerner les dynamiques de transfert
 - effets sur les milieux (rivières ou nappes)
- **l'efficacité des ouvrages de gestion des eaux** (DO, BR / BI, réseaux, ouvrages à la source)
- **en lien avec les usages et les organisations**

■ Améliorer

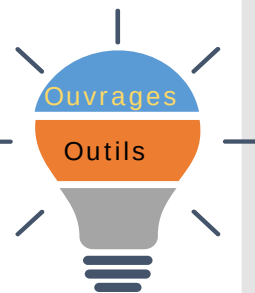
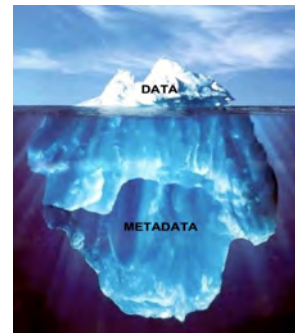
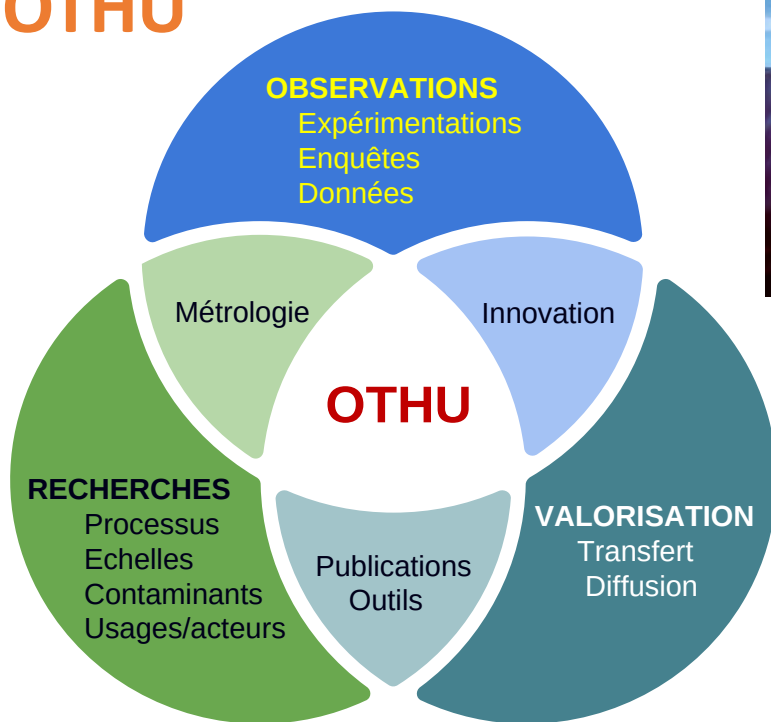
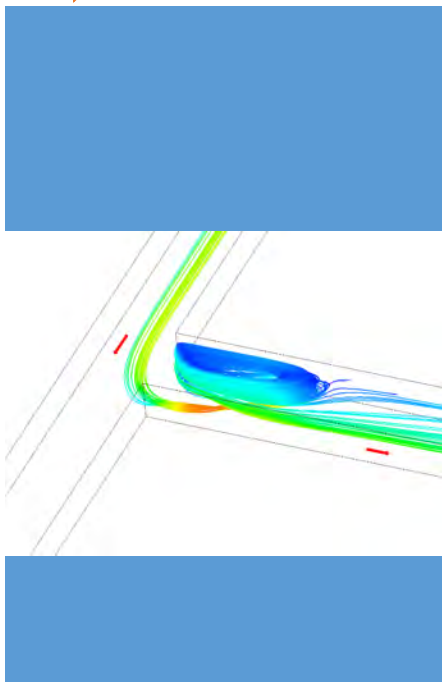
- **Métrologie** (procédures, capteurs)
- **Conception & gestion** des ouvrages
- **Les pratiques**

► Parti pris



- Privilégier le système d'observation in situ
 - Métrologie pérenne & intensive
 - Meilleure appréhension des dynamiques
 - Long terme
 - Données fiables (qualifiées en termes d'incertitudes)
 - Vision pluri / interdisciplinaire intégrant toute forme de savoirs
 - Traduction des besoins opérationnel en questions scientifiques
 - Mêmes « objets » / regards différents, complémentaires & croisés
- ➡ Catalogue métadonnées en ligne accessible via big-data Métropole de Lyon:
<https://geonetwork-othu.data.grandlyon.com/geonetwork>

► Démarche OTHU



Evolutions

Changements technologiques / pratiques

Urbanisation

Changements climatiques



► Partenariat

Recherche
12 équipes /
9 établissements

Opérationnels
principaux

Transfert /
Valorisation



Objectif du séminaire scientifique

*"Un après midi d'échanges
discussions scientifiques"*



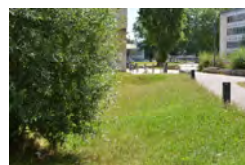
- Montrer les résultats de recherche, valoriser les données collectées
- Contribuer à diffuser les connaissances produites
- Ouverture vers de nouvelles collaborations



Aujourd'hui au Programme :



- Mobilisation de compétences, outils, données et disciplines variés pour
 - mieux caractériser les flux de contaminants
 - contribuer à mieux comprendre le fonctionnement des dispositifs dédiés à la gestion de ces flux dans les environnements urbains
- 6 focus "illustratifs" présentés par des doctorants et chercheurs de l'OTHU.



CONCLUSION

Flora Branger

Co-présidente de l'OTHU



Partenaires

Pour approfondir...



- Mise en ligne des présentations d'aujourd'hui dès **lundi 13 décembre 2021**
- Synthèse des activités scientifiques – Rapport et fiches en ligne
- http://www.graie.org/othu/TMP/RAPPORT-SCIENTIFIQUE-OTHU-2017-2021_VF1.pdf
- Rapports scientifiques des projets et livrables opérationnels déjà ou prochainement disponibles (DESIR, Cheap'eau, Conscéquans, 1^{er} semestre 2022)
- Plus de projets dans le rapport scientifique 2021

Ne manquez pas les prochains épisodes ...

Merci par avance
pour vos **fiches**
d'évaluation
LIEN dans le
chat

- **Ouvrage collectif OTHU – grand public : sortie en janvier 2022**

- **Autres actualités sur :**

www.othu.org

info@othu.org





Développement et évaluation de stratégies de gestion durable des sédiments de bassins d'infiltration et de rétention des eaux pluviales



Julien Couvidat, Qiufang Zhan, Vincent Chatain, Laëtitia Bacot, Mathieu Gautier, Damien Tedoldi, Gislain Lipeme Kouyi, Cécile Delolme, Thierry Winiarski



1. Contexte

2. Sédiment urbain

3. Modes de gestion

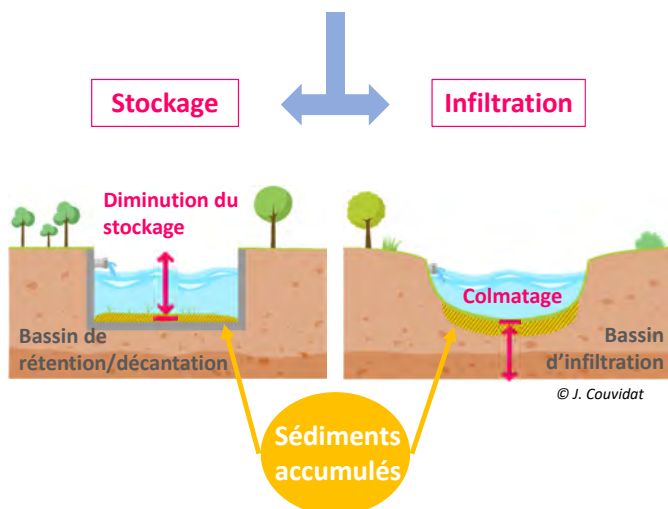
4. Analyse multicritères

1. Contexte

➤ Entretien et curage des bassins

Principaux objectifs de curage :

- o Entretien (contractuel) **préventif**
- o **Curatif** : **restauration des fonctions**



Sédiments/Eaux pluviales

3

Problématique : que faire avec ces sédiments ?

1. Quelles sont leurs caractéristiques ?
2. Sont-ils comparables à d'autres matériaux mieux connus ? (objectif de réemploi des filières)
3. Quelles filières envisager, et comment les évaluer ?

Méthodologie

1. Etat de l'art des caractéristiques
2. Analyse de données des bassins lyonnais
3. Expériences complémentaires
4. Qualification et contextualisation des données (p/r à d'autres matériaux)

Livrable 1

1. Etat de l'art des modes de gestion
2. Comparaison multicritères

Livrable 2



Plan de la présentation

1. Caractérisation des sédiments urbains
→ Focus sur la MO
2. Modes de gestion actuels : état de l'art
3. Comparaison multicritères de modes de gestion



Sédiments/Eaux pluviales

4

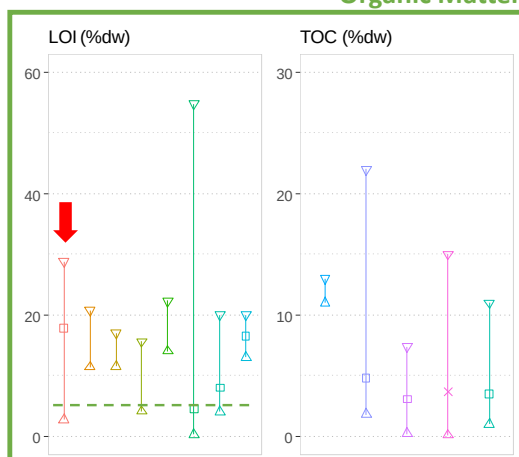
2. Sédiment urbain



➤ Physicochemical properties

Organic Matter

LOI: Loss On Ignition (550°C)
TOC: Total Organic Carbon



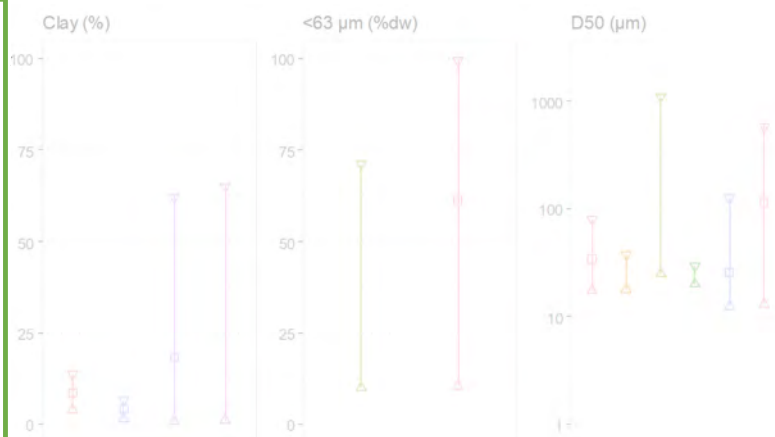
References

- This study
- Badin et al. (2009)
- El-Mufleh et al. (2013)
- Petavy et al. (2008)
- Clozel et al. (2006)
- Błaszczak et al. (2018)
- Wik et al. (2008)
- German et al. (2005)
- Gonzalez-Merchan et al. (2014)
- Crane et al. (2019)
- Weinstein et al. (2010)
- Crawford et al. (2010)
- Sharley et al. (2017)

Type of data

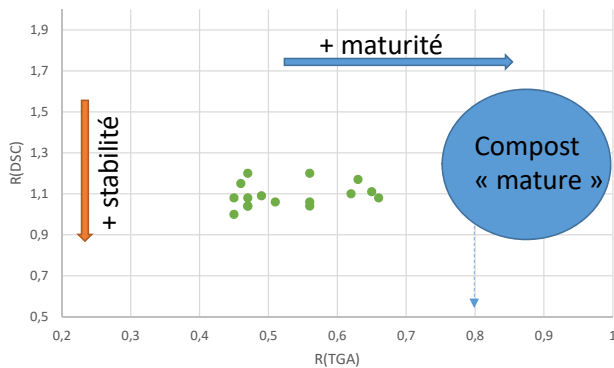
- △ Min
- ▽ Max
- Median
- × Mean

- Richer in OM than most topsoils (mostly >5 wt.%)



Focus sur la MO

Analyses thermogravimétriques et calorimétriques (ATG-ATD)



$$R_{TGA} = \Delta m_2 / \Delta m_1$$

Δm_2 : perte de masse entre 400 et 600°C

Δm_1 : perte de masse entre 200 et 400°C

$$R_{DSC} = E_2 / E_1$$

E_1 et E_2 (en J/mg) = aires sous les courbes DSC = f(T) entre 200 et 400°C et entre 400 et 600°C

Stevenson, 1982

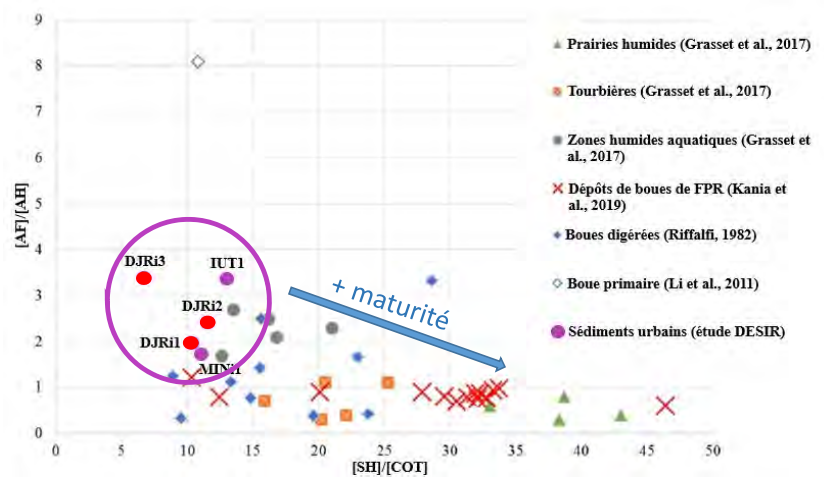
Achour, 2008

Fernandez et al., 2012

Kania et al., 2019

INSA

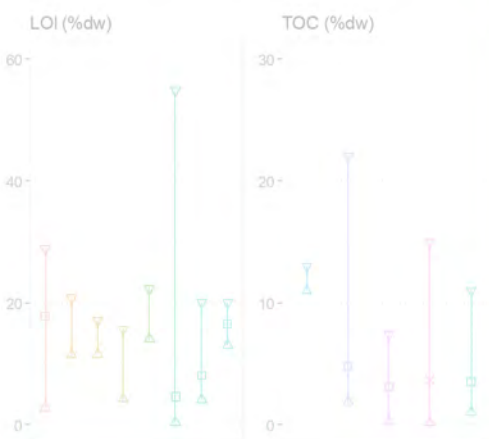
Détermination de la teneur en substances humiques



- TH correspondent à MO de **maturité faible / faible stabilité**
- Variabilité de TH **à l'intérieur d'un même bassin**
- Taux d'humification plus faible que les boues de FPR / milieux naturels : MO plus fraîche

7

Physicochemical properties



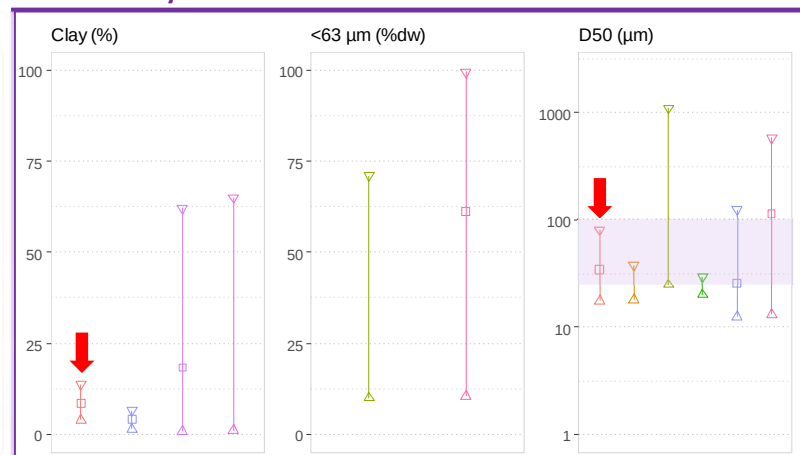
References

- This study
- Badin et al. (2009)
- El-Mulleh et al. (2013)
- Petavy et al. (2008)
- Clozel et al. (2006)
- Błaszczyk et al. (2018)
- Wik et al. (2008)
- German et al. (2005)
- Gonzalez-Merchan et al. (2014)
- Crane et al. (2019)
- Weinstein et al. (2010)
- Crawford et al. (2010)
- Sharley et al. (2017)

Type of data

- △ Min
- ▽ Max
- Median
- × Mean

Granulometry

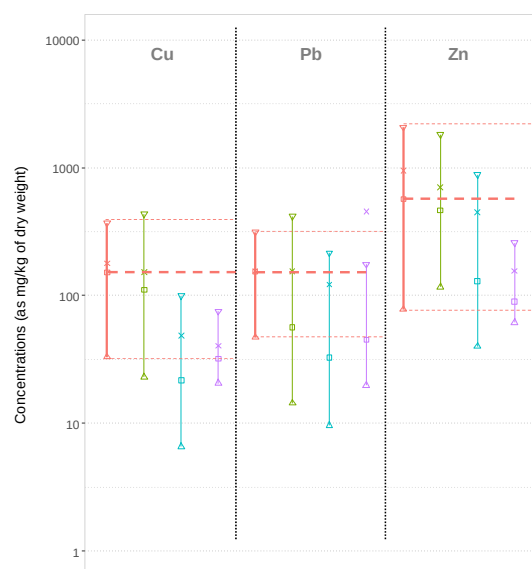


- Richer in OM than most topsoils (mostly >5 wt.%)
- Fine particles, but depends on catchment and basins properties
- D50 close to these of suspended solids in stormwater
- Limited available data in literature -> need for further characterization

8

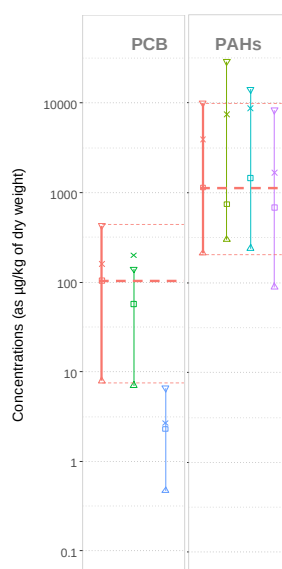
INSA

➤ Contaminants: comparisons to related granular materials



Continental sediments :
INERIS (2010)

Urban sediments:
Badin (2009)
Petavy & al. (2008) Water Sci. Technol.
Clozel & al. (2006) Appl. Geochem.
El-Mufleh Al Hussein & al. (2013) Environ. Technol.
German & Svensson (2005) Urban Water J.
Wik & al. (2008) Water Air Soil Pollut.
Weinstein & al. (2010) J. Hazard Mater.



Urban soils:

Argyriaki & Kelepertzis (2014) Sci. Tot. Env.
Cheng & al. (2014) J. Geochem. Expl.
Cicchella & al. (2020) J. Geochem. Expl.
Cachada & al. (2012) Sci. Tot. Env.
Morillo & al. (2007) J. Env. Monitor.
Pan & al. (2018) Environ. Sci. Pollut. Res.

Type of data

△ D10
▽ D90
□ Median
× Mean

References

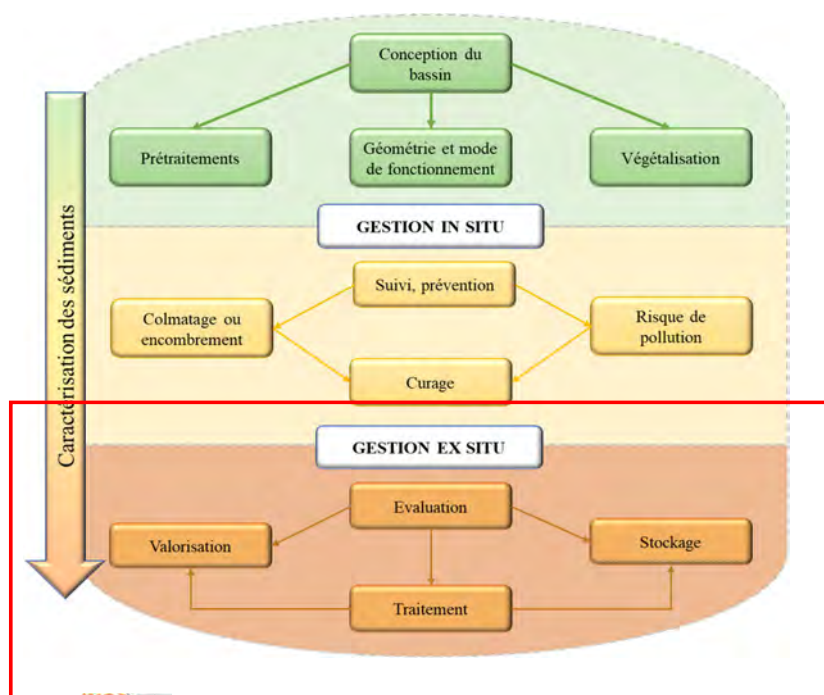
● This study
● Other urban sediments
● Continental sediments
● Urban soils

- ➔ **Cu, (Pb), Zn:** above continental sediments and urban soils
- ➔ **PCBs:** close to continental sediments but 1-2 orders above urban soils
- ➔ **PAHs:** in the same range than continental sediments and urban soils

Along with other measured contaminants (trace metals and organic micropollutants), urban sediments exhibit specificities in the signature of contaminants

3. Modes de gestion

Diagramme de gestion



La gestion des sédiments peut s'envisager dès la conception de l'ouvrage : gestion intégrée (ou in-situ)

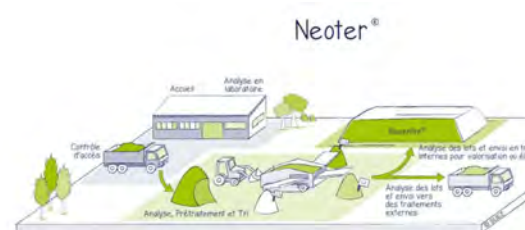
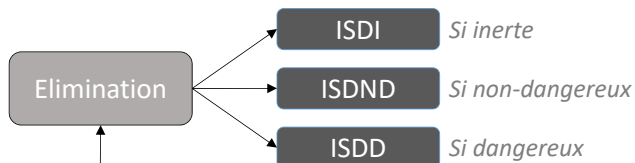
Les opérations d'entretien, curage en particulier, sont parfois nécessaires

La gestion ex-situ des sédiments curés suit en général le schéma des déchets

[Evaluation – Traitement – Valorisation et/ou Stockage]

Schéma usuel de gestion de sédiments

! Pas de réglementation spécifique aux sédiments d'EP



Exemple : plateforme de valorisation des terres excavées **NEOTER** (Ternay, 69) utilisée par le Grand Lyon

(adapté de Couvidat (2015))

- Séchage
- Séparation granulo
- Bioremédiation
- Attrition

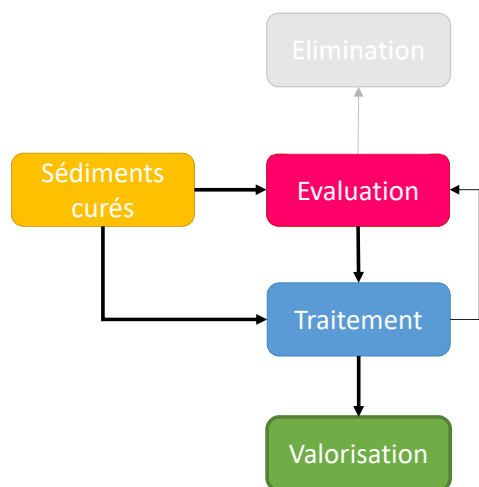
- Envoi en STEP

↳ **Traitement des produits de curage (TPC)**

Exemple : TPC de la STEP Pierre Bénite (Grand Lyon)



➤ Filières de valorisation des sédiments en général



(sédiments de dragage en général)

- Technique routière
- Aménagement paysager
- Génie civil (substitut granulats ou liant) / briques
- Remblaiement de carrières / renfort de berges
- Valorisation agricole / support de culture
- Couverture friches / ISD
- Polymères composites
- Fabrication de ciment

- Guide CEREMA (à venir)
- Guide Sédimatériaux (2014)

➤ Filières de valorisation des sédiments urbains

Peu d'essais spécifiques sur sédiments urbains EP

→ Exemple SediLAB à l'échelle de chantiers expérimentaux



- Fabrication d'**Hydrocyls** pour chaussée-réservoir
- **Coulis auto-compactant** de remblayage de tranchées
 - Valorisation locale
 - 10-15% de sédiments utilisés

↳ Ces deux filières sont issues de la méthodologie **Sédimatériaux**
Démarche de coopération nationale pour l'émergence de filières de gestion et de valorisation des sédiments de dragage

→ Projet du parc Barbieux (Roubaix)

- Utilisation locale
- 10000m³ de sédiment avec 10% bentonite
- Étanchéification du fond de 3 bassins

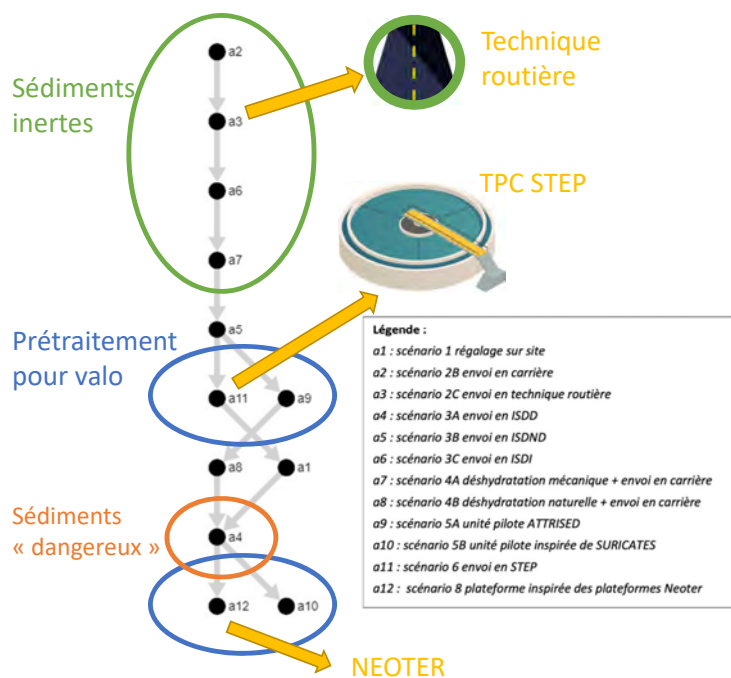


4. Analyse multicritères

Les scénarios étudiés dans l'AMC

Scénario 1	Gisement	Curage	Analyses	Valorisation sur site : régala		
Scénarii 2.B, 2.C	Gisement	Curage	Analyses	Valorisation hors site : - Carrière (2.B) - Technique routière (2.C)		
Scénario 3A, 3B et 3C	Gisement	Curage	Analyses	Stockage : - ISDD (3.A) - ISDND (3.B) - ISDI (3.C)		
Scénarii 4.A et 4.B	Gisement	Curage	Analyses	Prétraitement : déshydratation : - Mécanique (4.A) - Naturelle (4.B)	Unité mobile	Valorisation hors site (carrière)
Scénarii 5.A/ 5.B	Gisement	Curage	Analyses	Prétraitement : - Unité pilote ATTRISED (5.A) - Unité pilote SURICATES (5.B)	Unité mobile	Stockage et Valorisation hors site (technique routière)
Scénario 6	Gisement	Curage	Analyses	Prétraitement/ Traitement : Traitement des sables STEP	Unité fixe	Stockage et Valorisation hors site
Scénario 8	Gisement	Curage	Analyses	Traitement : Plateforme Neoter	Unité fixe	Stockage et Valorisation hors site (couche ISD)

Relations finales de surclassement



Analyse globalement robuste MAIS...

Importance des données en entrée : difficulté d'accès aux données externes, pas de production de données endogènes



Manque de données = manque de performances/pertinence de l'AMC

Sensibilité aux coefficients de pondération : important travail d'aller-retour entre décideurs et les personnes en charge du projet



Nécessité de bien définir les critères d'importance et leurs pondérations

Schéma d'aide à la décision pour les modes de gestion usuels

Type	Dangereux		Non dangereux					Inerte								
Siccité (%)	<30	>30	<30	>30	>50				<30	>30	>50					
MO (%)						<3		<10				<3		<10		
Granulométrie dmax (mm)						<50	>50					<50	>50			<2
Quantité acceptée					Les quantités doivent correspondre au besoin de l'exutoire	Les quantités doivent correspondre au besoin du chantier					Les quantités doivent correspondre au besoin de l'exutoire	Les quantités doivent correspondre au besoin du chantier			Les quantités doivent correspondre au besoin de l'exutoire	Les quantités doivent correspondre au besoin de l'exutoire
Exutoire	Traitement Déshydratation	ISDD	Traitement Déshydratation	ISDND	Couche périodique ISDND	Technique routière* (A1, A2, A3, A4, B1, B2, B3, B5, B6, D1, D2)	Technique routière* (C1, C2, D3)	Technique routière* classe F11	Traitement Déshydratation	ISDI	Remblaiement carrière**/couche ISD	Technique routière* (A1, A2, A3, A4, B1, B2, B3, B5, B6, D1, D2)	Technique routière* (C1, C2, D3)	Technique routière* classe F11	Régalaie/aménagement paysager	Etanchéité bassin
Scénario correspondant		3.A		3.B		5.A/5.B/9			4.A/4.B	3.C	2.B/4.A/4.B	2.C/5.A/5.B			1	7

(*) : Le guide utilisé pour la définition des caractéristiques du sédiment en technique routière est le Guide des terrassement routiers (SETRA, 2000). Pour déterminer à quelle catégorie il appartient d'autres caractéristiques comme l'indice de plasticité, la valeur en bleu de méthylène ou encore l'état hydrique sont à définir.

(**) : Concernant le remblaiement de carrière, la granulométrie maximale demandée est souvent de 4mm mais aucune réglementation spécifie cette caractéristique. Il faut donc vérifier auprès de la carrière concernée.

Remarques :

- Pour l'utilisation en technique routière, d'autres guides sont utilisables avec des caractéristiques demandées différentes.
- D'autres voies sont envisageables pour les sédiments comme l'envoi en unité de traitement des sables dans une STEP (ou autre plateforme de traitement des sables) ou encore l'envoi dans des plateformes spécialisées en traitement des terres excavées (ex: Neoter Suez). Cependant chaque plateforme à ses propres critères d'acceptabilité.

EN RESUMÉ



→ Projet **DESIR** – centré sur la gestion et la valorisation des sédiments urbains

Lancé fin 2019 pour 24 mois

Site web : http://www.graie.org/othu/progr_desir.htm

Sédiments/Eaux pluviales

➤ Objectifs

1. Synthèse connaissance des sédiments urbains
2. Etat des lieux traitement/valorisation
3. Evaluation des modes de gestion actuels

➤ Méthodologie

- Etude bibliographique
- Démarche d'interrogation des gestionnaires
- Expériences complémentaires
- Analyse multicritères

➤ Résultats à retenir

- o Sédiments **organiques** et **contamination urbaine** typique
- o Gestion actuelle empirique/pragmatique, peu de moyens, **pratiques hétérogènes**
- o Peu de données disponibles >> **état des lieux difficile** à établir
- o Gestion des sédiments inertes mieux classée par analyse MC
- o Analyse MC très dépendante **des données d'entrée**, peu nombreuses et difficiles d'accès (beaucoup d'hypothèses)
- o Importance des **poids et objectifs** affichés (peut remettre en question les classements effectués)

Objectifs DESIR 2

- Essais de traitabilité/valo à l'échelle labo + pilote
- Approfondissement des différences BR/BI + typologies
- Intérêt prétraitements + végétation >> fonctions écosystémiques des bassins

INSA

19



Merci de votre attention !

N'hésitez pas à nous contacter !



Contacts :

- Julien Couvidat (Laboratoire DEEP-INSA Lyon) : julien.couvidat@insa-lyon.fr
- Vincent Chatain (Laboratoire DEEP-INSA Lyon) : vincent.chatain@insa-lyon.fr
- Laëtitia Bacot (GRAIE/OTHU) : laetitia.bacot@graie.org

INSA

20

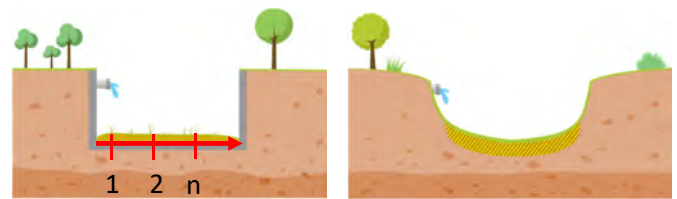
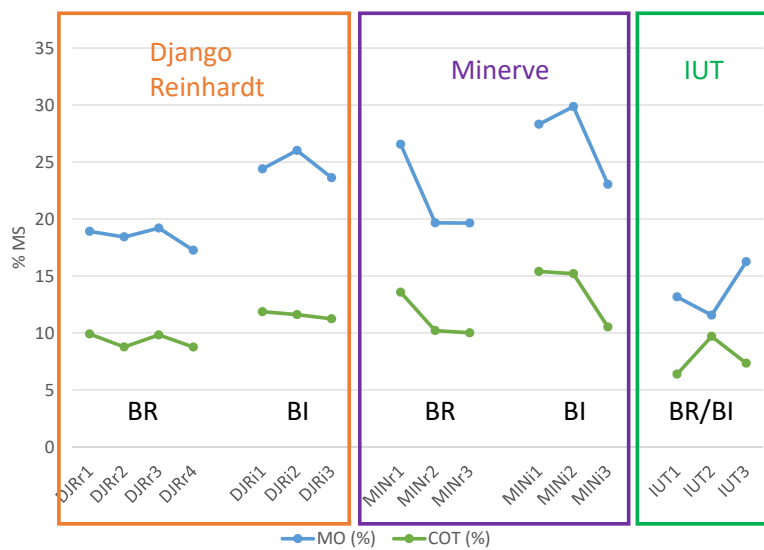




1. Analyses complémentaires : caractérisation de la MO



Contenu en MO et COT



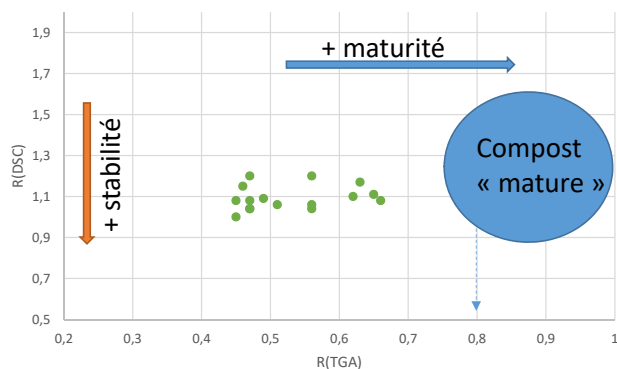
- Taux de MO dans les bassins **très important**
- Supérieur aux sols cultivables (3-5%)
- MO dans les BI souvent > BR
- Variations intra-bassin parfois importantes (cf. Minerve)
- COT en général bien corrélé à MO



1. Analyses complémentaires : caractérisation de la MO

Analyses thermogravimétriques et calorimétriques (ATG-ATD)

$R(TGA)$ et $R(DSC)$, et « maturité » de la MO



$$R_{TGA} = \Delta m_2 / \Delta m_1$$

Δm_2 : perte de masse entre 400 et 600°C

Δm_1 : perte de masse entre 200 et 400°C

$$R_{DSC} = E_2 / E_1$$

E_1 et E_2 (en J/mg) = aires sous les courbes DSC = f(T) entre 200 et 400°C et entre 400 et 600°C

Stevenson, 1982

Achour, 2008

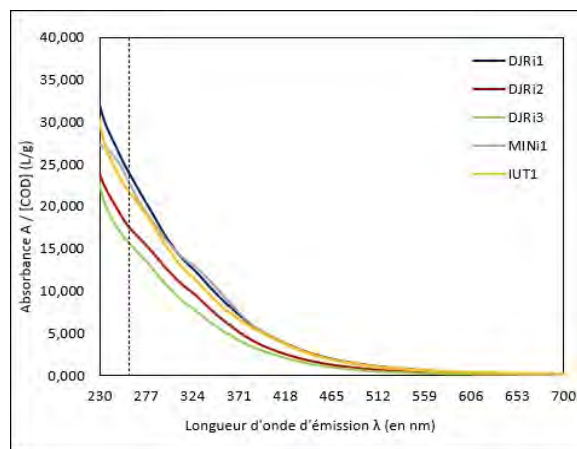
Fernandez et al., 2012

Kania et al., 2019

INSA

Analyses en spectroscopie UV-Visible

SUVA et aromaticité de la matière organique



$$SUVA = A_{254} / [COT]_{filtrat}$$

- Analyses des filtrats de substances humiques
- Homogénéité de l'aromaticité entre les bassins

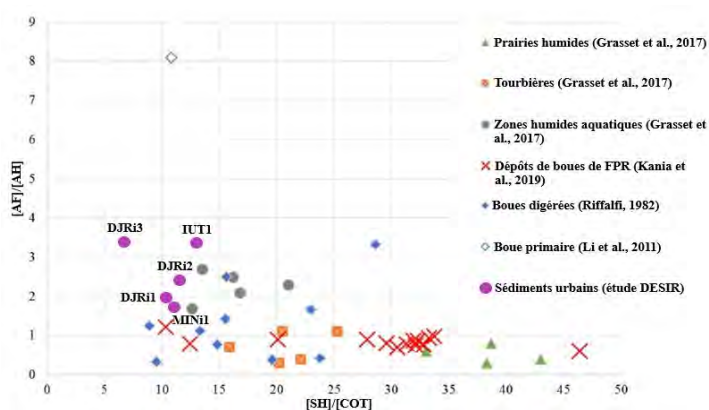
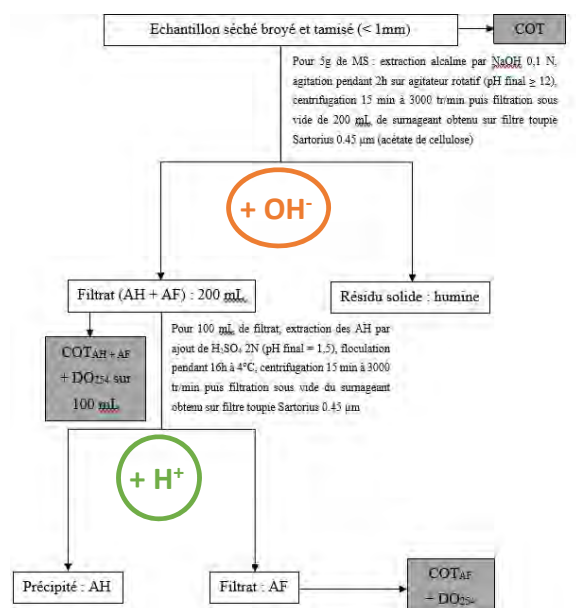
23



1. Analyses complémentaires : caractérisation de la MO

Détermination de la teneur en substances humiques

Extraction séquentielle et analyses du COT



$$AF/AH = [COT_{AF}]_{corrigée} / [COT_{AH}]$$

$$\text{Taux d'humification} = 100 * ([COT_{AF}]_{corrigée} + [COT_{AH}]) / [COT]_{sec}$$

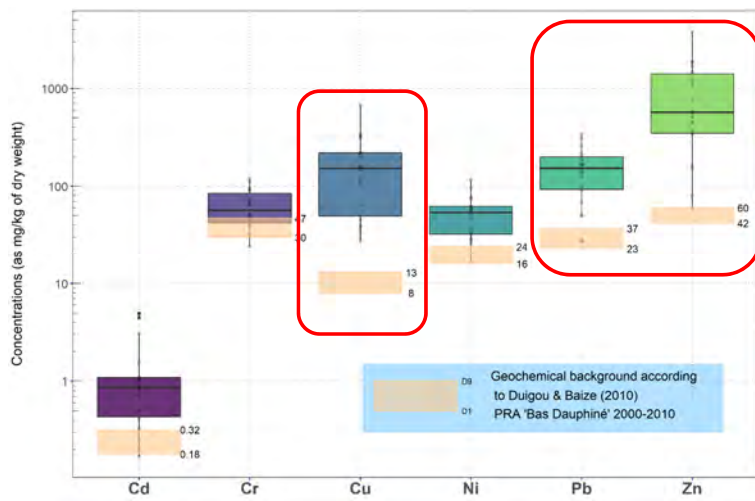
24



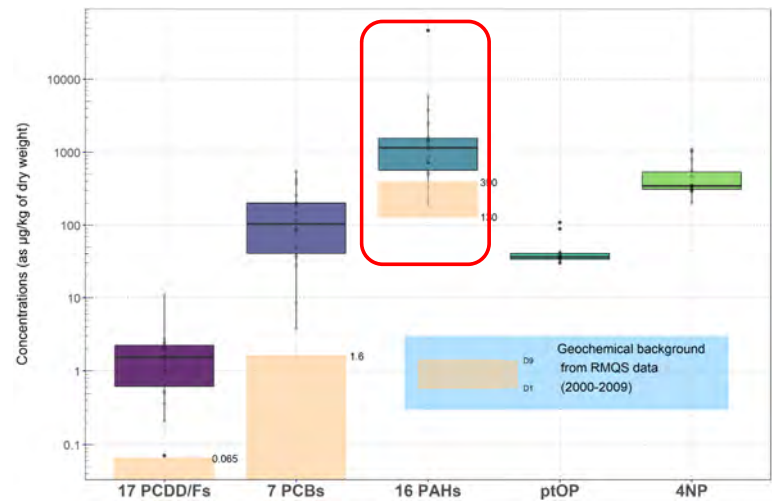
2. Spécificité des sédiments urbains

➤ Contaminants: data of 18 infiltration basins (this study)

Trace metals (~ mg/kg)



Organic micropollutants (~ µg/kg)

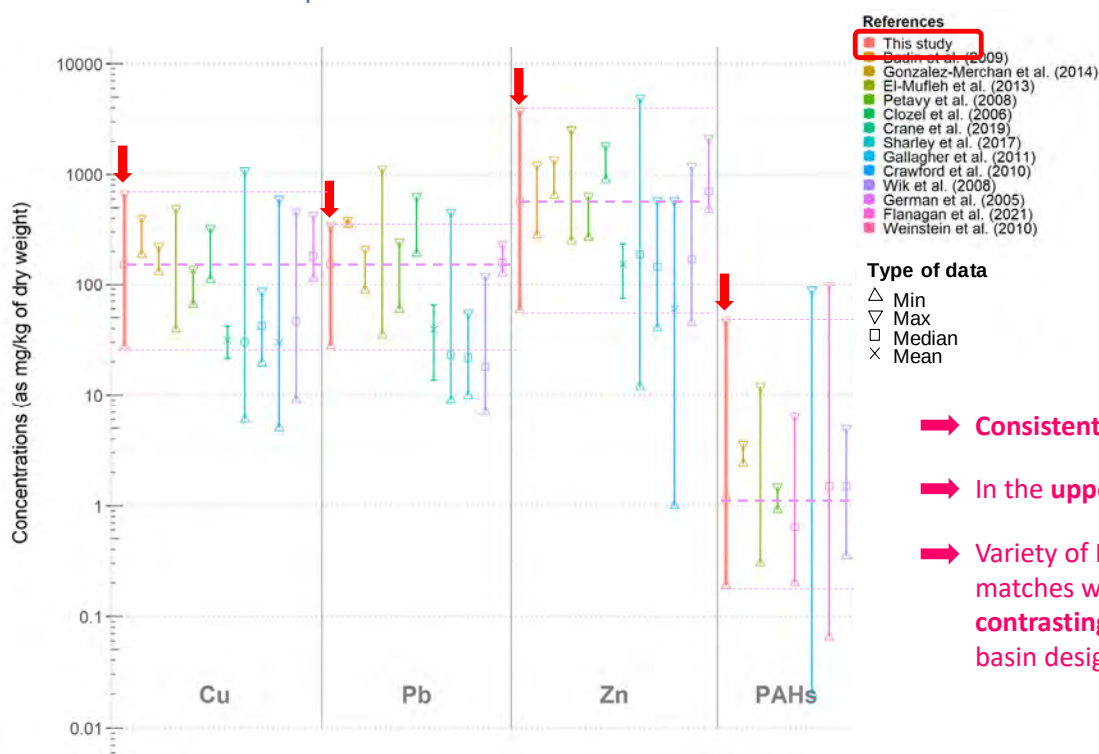


ptOP: para-tert-octylphenol
4NP: 4-nonylphenol

Notion of « contamination » (unnatural / abnormal value)

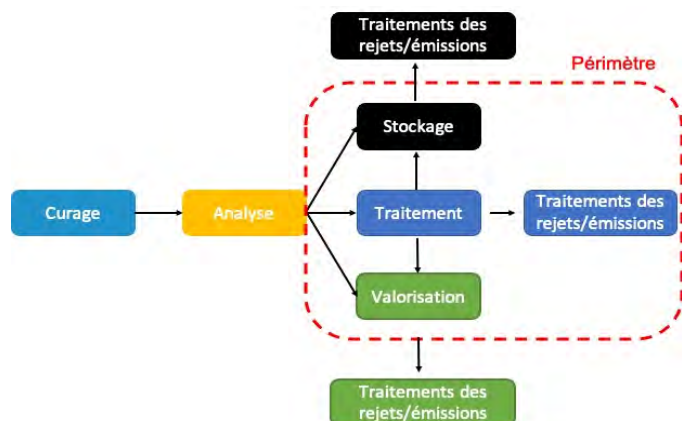
2. Spécificité des sédiments urbains

➤ Contaminants: comparisons with other stormwater urban sediments

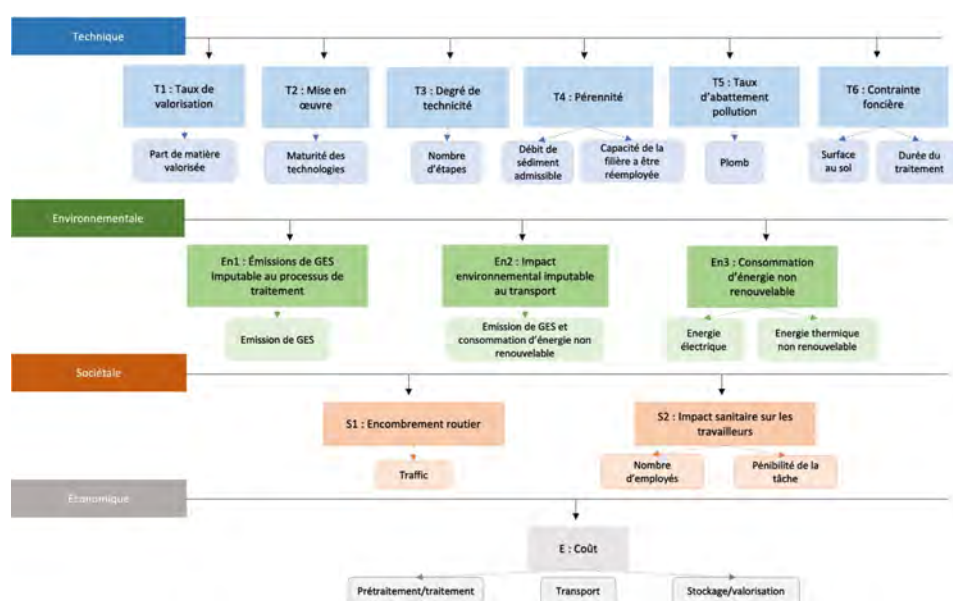


- ➔ Consistent with literature data
- ➔ In the upper range for some contaminants
- ➔ Variety of IB analyzed in the Lyon region matches well with data from very contrasting contexts (catchment land use, basin design, road traffic, location...)

UNITÉ FONCTIONNELLE ET PÉRIMÈTRE



Critères et indicateurs utilisés pour l'AMC





CHEAP'EAU
SOLUTIONS INNOVANTES
BAS COÛT - LIBRES - CONNECTÉES
| SUIVI | EAUX PLUVIALES |

Cheap'Eau

Conception et évaluation terrain
de systèmes bas-couts & open-source
pour le suivi des eaux urbaines



1



Une métrologie coûteuse & insuffisante

Suivi actuel des hydro-systèmes : trop peu de mesures

Réalité structurée

Métrologie →

Vision du "réel"



Prélèvements
Analyse
Synthèse



Métrologie environnementale actuelle
ne permet
ni la connaissance, ni l'action

Besoin d'une métrologie opérationnelle
Nécessité d'une réappropriation métrologique

Cheap'Eau
le Constat

Hydro-système => Système Structuré, Dynamique & Cohérent

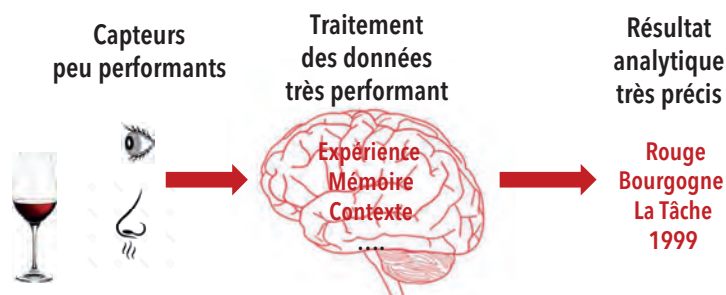
Demande une nouvelle métrologie capable de

- **Densifier** les points de mesures (intégrer la structuration)
- **Mesurer en continu** (intégrer la dynamique)
- **Améliorer l'exploitation des données** (maintenance proactive)
- **Maîtriser la chaîne de mesure** (fiabilité des données)
- **Partager la donnée** avec les parties prenantes
- **Alerter** d'une situation singulière (seuils)



Approche biomimétique :

l'humain :
des capteurs peu performants,
mais
un système de traitement des données très performant



Cheap'Eau : le programme

Cheap'Eau le Concept

- **Multiplier les mesures pour saisir la structure**
 - **Balayer** largement le **domaine observé** (détecter moments & points actifs transitoires)
 - **Multiplier les capteurs robustes et bas-coûts (5-50 €)**
 - **Maitriser la chaine de mesure** afin de garantir la valeur de la donnée
- **Concentrer l'effort sur le traitement de la donnée**
 - **Injecter des données orthogonales** (ex. IdO, *data mining*)
 - **Concaténer l'expérience acquise** (ex. réseaux de neurones, *machine learning*)

Métrologie ouverte

Matériel et logiciels bas-coûts et libres



Plate-forme électronique open-source
fondée sur du matériel et des logiciels soutenus par
une communauté coopérative active d'utilisateurs
Systèmes à forte modularité

Transfert de données via protocole



Partage des données sur la plateforme OpenDataEau

Cheap'Eau Nouveaux outils

Prototypes en évaluation / terrain

Cheap'Eau
Avancés

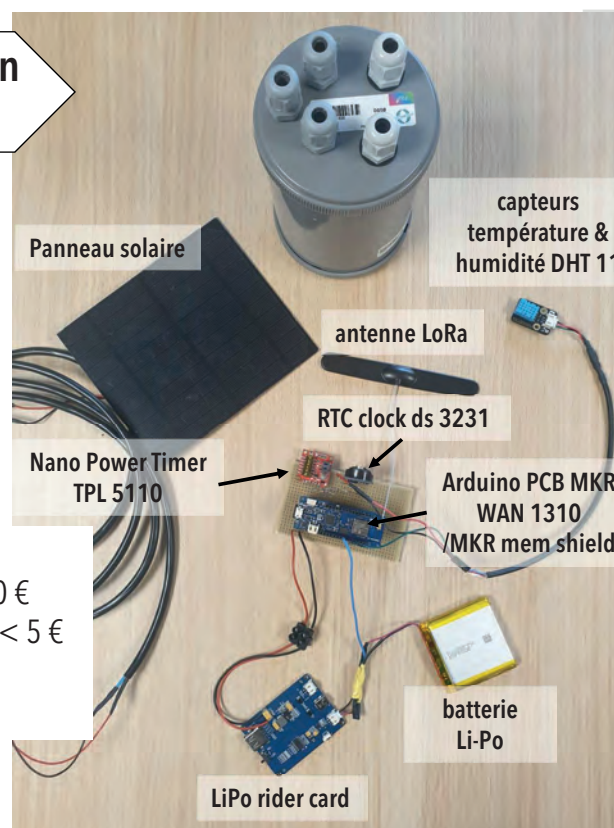
Chaine complète d'acquisition & transmission de données

1^{ère} gamme de capteurs <5€

- Hauteur d'eau
- Turbidité
- Température
- Humidité

Modules de mesure ajoutés au système

- Vitesse du vent < 20 €
- Radiations solaires ≈ 100 €
- Pression atmosphérique < 5 €
- Pluviométrie < 20 €
- Géophone ≈ 50 €



SEMINAIRE SCIENTIFIQUE OTHU | 8 DECEMBRE 2021

7

Amélioration d'un capteur bas-coûts

Capteur de turbidité

Cheap'Eau
Avancés



Capteur de turbidité
SKU SEN0189,
non étanche
sensible au soleil



Remplacement
LED QEE113
& TEKT5400S



LED alimentée par un
signal carré (0-3,3 V)
Soustraction IR solaires

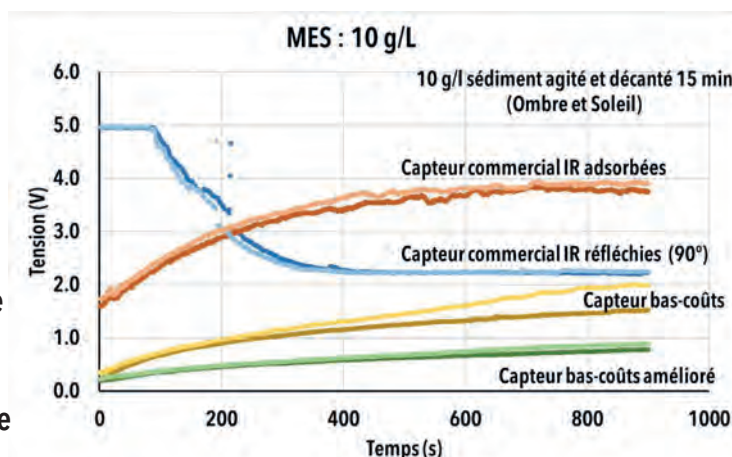


Capteur bas-coûts (modification <1€)

Amélioration par
amplification synchrone du
signal

-> plus d'interférence solaire

Sensibilité suffisante
pour surveiller un hydro-système



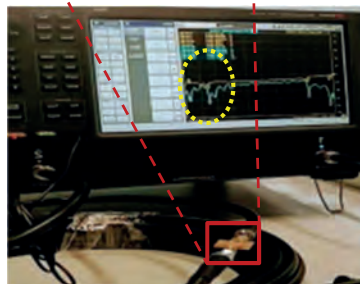
SEMINAIRE SCIENT

8

Capteurs micro-ondes (0,2 - 6,0 GHz)

Résultats préliminaires (TRL 3-4)

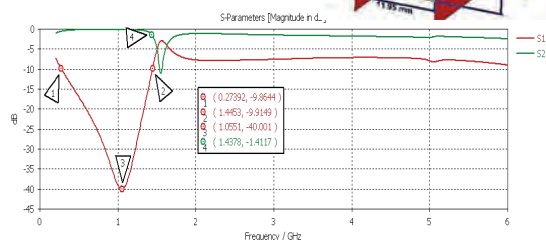
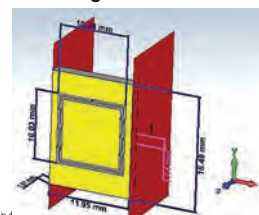
Résonateurs
à anneaux fendus
complémentaires
(Complementary Split Ring
Resonator : CSRR)



Fabrication labo bas-coûts
(25 - 30 €)

Gravure électrochimique
film Cu/plaque de prototypage
simple ou double face FR4
+ connecteurs SMA

Montage du résonateur



Présence/Absence (eau + contaminants) => variation pics de résonance & réflexion

- Développer logiciel sous Matlab pour extraire variable qualité (ex : pH, turbidité)
- Fonctionnaliser la surface pour augmenter la spécificité

signaux électro-physiologiques végétaux

Suivi environnemental sur site (TRL 6-7)

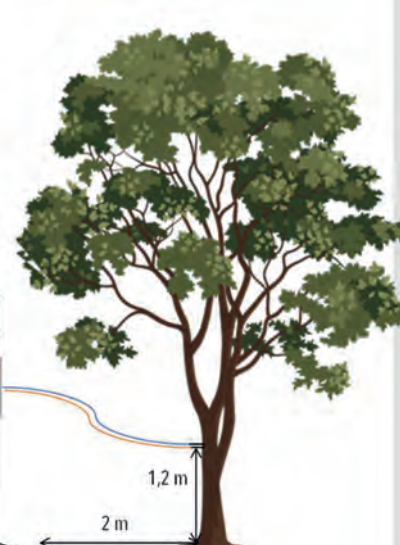
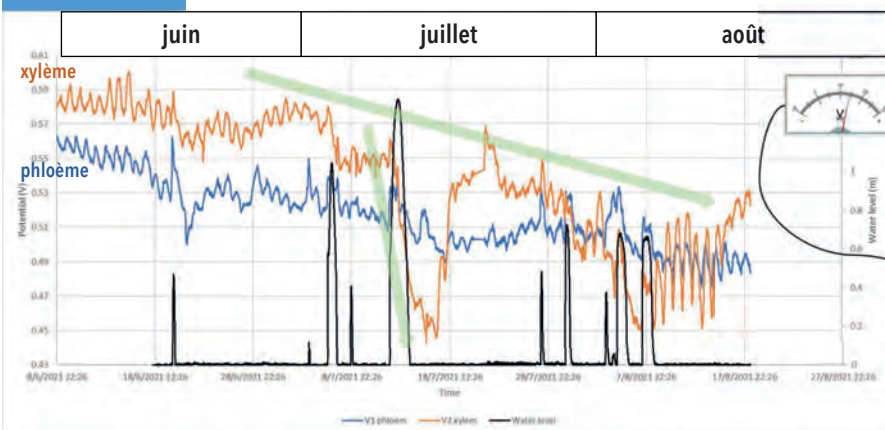
Electrodes
connectées au
capteur (arbre)



Système d'acquisition
& transmission
des données



Système en
place sur site



Acer platanoïdes
Berge du bassin
d'infiltration d'eau
pluviale de Lyon 2

Cheap'Eau déjà sur étagère

Capteurs < 5 € (formation d'une "senso-thèque" format revue HardwareX)

- Hauteur d'eau
- Turbidité
- Température
- Potentiel électrique (électrophysiologie végétale)

Système d'acquisition & transmission <200€

- Adaptable à différents capteurs
- Modulaire (possibilité de combiner différents éléments)
- Durci pour application terrain

Plateforme d'échange OpenDataEau

- <http://mind4stormwater.online/opendataeau/see/>

Communication & transfert

- Livrables disponibles pour opérationnels juin 2022

11

Cheap'Eau anticipe le futur

Imaginer de nouveau capteurs bas-coûts

- Capteur sans contact par spectroscopie par micro-ondes
- Intégration du taux de renouvellement technologique rapide

Développer une "intelligence Cheap'Eau"

- Apprentissage statistique (*machin learning*)
- Recruter d'autres données (IdO, *data mining*)

Impact environnemental (prolifération de capteurs/terrain)

- Système de prêt et de suivi du matériel
- Matériaux non toxiques
- Électronique organique (biodégradable, compostable)

Science participative

- Motivation et animation de réseaux d'utilisateurs
- Site web Cheap'Eau d'échange avec tutos et animations
- FabLab Cheap'Eau & Capteur impression 3D
- Collaboration SHS, réseau Capteur & Science participative (CASPA)

12



Merci pour votre attention



Avec le soutien du Ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation, de la Métropole de Lyon, de la Région Auvergne Rhône-Alpes, tant scientifique que financier, au sein de l'OTHU

Pseudomonas aeruginosa au sein du microbiome urbain :
biais de répartition en fonction des variables socio-urbanistiques, des
réseaux de cooccurrence, et capacités métaboliques

Rayan BOUCHALI

*Claire Mandon, Emmanuelle Danty-Berger, Alain Géloën, Laurence Marjolet,
Gislain Lipeme-Kouyi, Jean-Yves Toussaint, et Benoit Cournoyer*

SEMINAIRE SCIENTIFIQUE OTHU | 8 DECEMBRE 2021



Consortium pluridisciplinaire



1. Microbiologie urbaine

- Microbiome
- Dissémination des pathogènes et virulence

Participants: B. Cournoyer,
R. Bouchali, Axel Aigle, L. Marjolet,
R. Marti



2. Socio-géographie

- Pratiques et usages (urbanisme, forme de la ville, activités humaines)

Participants: JY Toussaint,
S. Vareilles, C. Mandon,
J. Michalon



3. Génie civil & hydrologie urbaine

- Hydrologie urbaine
- Modélisation

Participants: G. Lipeme-Kouyi



4. Statistiques

- Econométrie
- Corrélations

Participants: P. Polomé

Organisations urbaines

Urbanisation

« Processus multidimensionnel se manifestant par une augmentation rapide de la population et un **changement d'utilisation des terres** »
(Elmqvist et al., 2013)



L'urbanisation, un processus grandissant



- Moitié de la population en ville
- 65 % en 2050 (ONU, 2015).

SEMINAIRE SCIENTIFIQUE OTHU | 8 DECEMBRE 2021

Organisations urbaines

Urbanisation

« Processus multidimensionnel se manifestant par une augmentation rapide de la population et un **changement d'utilisation des terres** »
(Elmqvist et al., 2013)



L'urbanisation, un processus grandissant

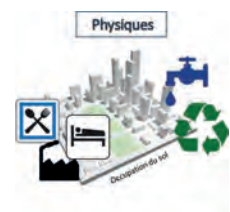


- Moitié de la population en ville
- 65 % en 2050 (ONU, 2015).

SEMINAIRE SCIENTIFIQUE OTHU | 8 DECEMBRE 2021

Morphologies – formes urbaines

Différentes formes urbaines
(NLUD v4.4 : 13 morphologies)



Organisations urbaines

Urbanisation

« Processus multidimensionnel se manifestant par une augmentation rapide de la population et un **changement d'utilisation des terres** »
(Elmqvist et al., 2013)

L'urbanisation, un processus grandissant



- Moitié de la population en ville
- 65 % en 2050 (ONU, 2015).



Biotopes urbains

Colonisés par animaux, plantes et micro-organismes

SEMINAIRE SCIENTIFIQUE OTHU | 8 DECEMBRE 2021

Morphologies – formes urbaines

Différentes formes urbaines
(NLUD v4.4 : 13 morphologies)



Typologies urbaines

Infrastructures et objets urbains

Activité anthropique



Métabolisme urbain

Métabolisme urbain

(Oke et al., 2017; Wolman, 1965)

Entrées



Energies / Energies fossiles



Aliments

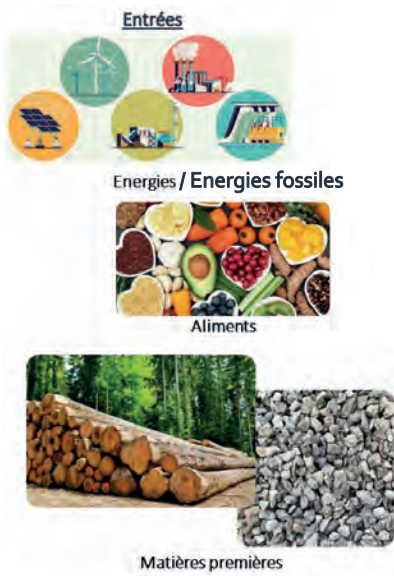


Matières premières



SEMINAIRE SCIENTIFIQUE OTHU | 8 DECEMBRE 2021

Métabolisme urbain



Métabolisme urbain

(Oke et al., 2017; Wolman, 1965)



Utilisation des ressources

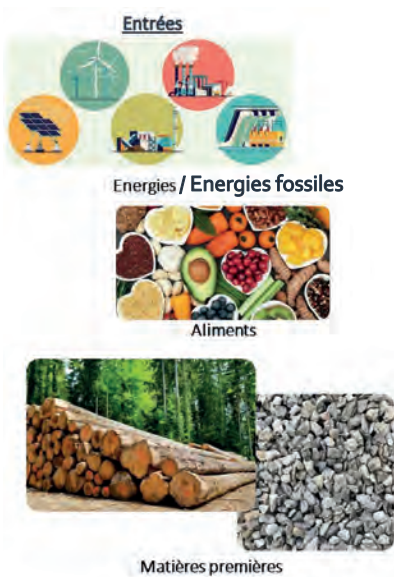
- Manufacture
- Construction
- Chauffage
- Alimentation
- Déplacements
- Economie

Activités anthropiques

SEMINAIRE SCIENTIFIQUE OTHU | 8 DECEMBRE 2021



Métabolisme urbain



Métabolisme urbain

(Oke et al., 2017; Wolman, 1965)



Utilisation des ressources

- Manufacture
- Construction
- Chauffage
- Alimentation
- Déplacements
- Economie

Activités anthropiques

Sorties

Traffic: • HAPs
• THPs
• MTÉs



Polluants



Déchets solides

+ matière fécale
Végétaux : feuilles / branches



Eaux usées

Sources d'énergies urbaines

+ Pression de sélection

+ contaminations biologiques

SEMINAIRE SCIENTIFIQUE OTHU | 8 DECEMBRE 2021



Ecologie urbaine



Habitats urbains



Polluants



Déchets solides



Eaux usées

Sources d'énergies / contraintes urbaines

Organisme synurbiques

= organismes avec affinité pour milieux urbains



SEMINAIRE SCIENTIFIQUE OTHU | 8 DECEMBRE 2021

Ecologie urbaine



Habitats urbains



Polluants



Déchets solides



Eaux usées

Sources d'énergies / contraintes urbaines

Organisme synurbiques



Animaux

- Espèces omnivores
- Utilisations de nos déchets comme nourriture
- Fort taux de reproduction
(Luniak, 2004), (Nemeth et al., 2009), (Donihue et al., 2014)



SEMINAIRE SCIENTIFIQUE OTHU | 8 DECEMBRE 2021

Ecologie urbaine



Habitats urbains



Polluants

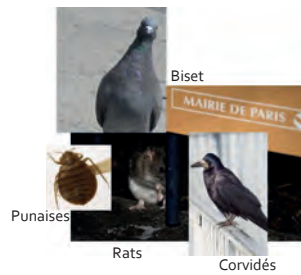


Déchets solides



Eaux usées

Sources d'énergies / contraintes urbaines



Organisme synurbiques



Animaux

- Espèces omnivores
- Utilisations de nos déchets comme nourriture
- Fort taux de reproduction
(Luniak, 2004), (Nemeth et al., 2009), (Donihue et al., 2014)



Végétaux

- Plantes invasives
- Plantes autogame (autofécondation)
- Plantes anémophiles

SEMINAIRE SCIENTIFIQUE OTHU | 8 DECEMBRE 2021



Ecologie urbaine



Habitats urbains



Polluants



Déchets solides



Eaux usées

Sources d'énergies / contraintes urbaines



Organisme synurbiques

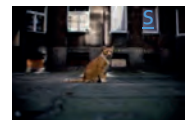


Animaux

- Espèces omnivores
- Utilisations de nos déchets comme nourriture
- Fort taux de reproduction
(Luniak, 2004), (Nemeth et al., 2009), (Donihue et al., 2014)



Espèces introduite



Chats



Plantes d'ornement

Végétaux

- Plantes invasives
- Plantes autogame (autofécondation)
- Plantes anémophiles

SEMINAIRE SCIENTIFIQUE OTHU | 8 DECEMBRE 2021



Ecologie urbaine



Habitats urbains



Sources d'énergies / contraintes urbaines



Animaux

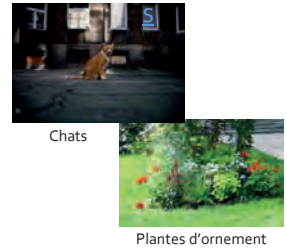
- Espèces omnivores
- Utilisations de nos déchets comme nourriture
- Fort taux de reproduction
(Luniak, 2004), (Nemeth et al., 2009), (Donihue et al., 2014)

Et au niveau microbien : Formes récurrentes ? Synurbiques ?

Organisme synurbiques



Espèces introduite



Végétaux

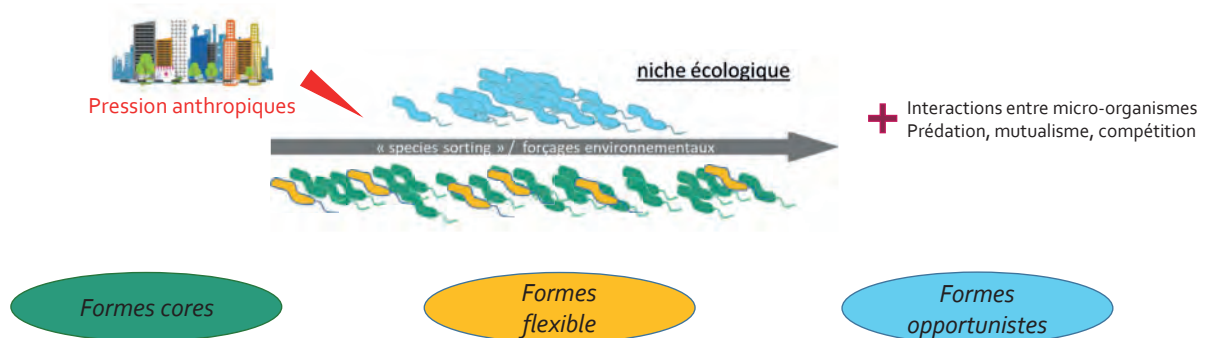
- Plantes invasives
- Plantes autogame (autofécondation)
- Plantes anémophiles

SEMINAIRE SCIENTIFIQUE OTHU | 8 DECEMBRE 2021



Ecologie des microbiomes – application à la problématique des « milieux urbains »

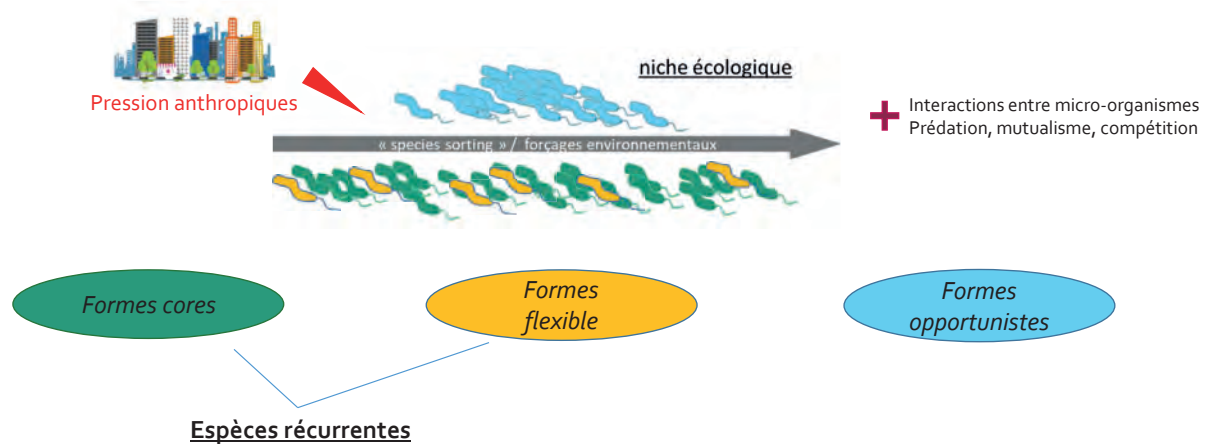
Hypothèses



SEMINAIRE SCIENTIFIQUE OTHU | 8 DECEMBRE 2021



Ecologie des microbiomes – application à la problématique des « milieux urbains » Hypothèses

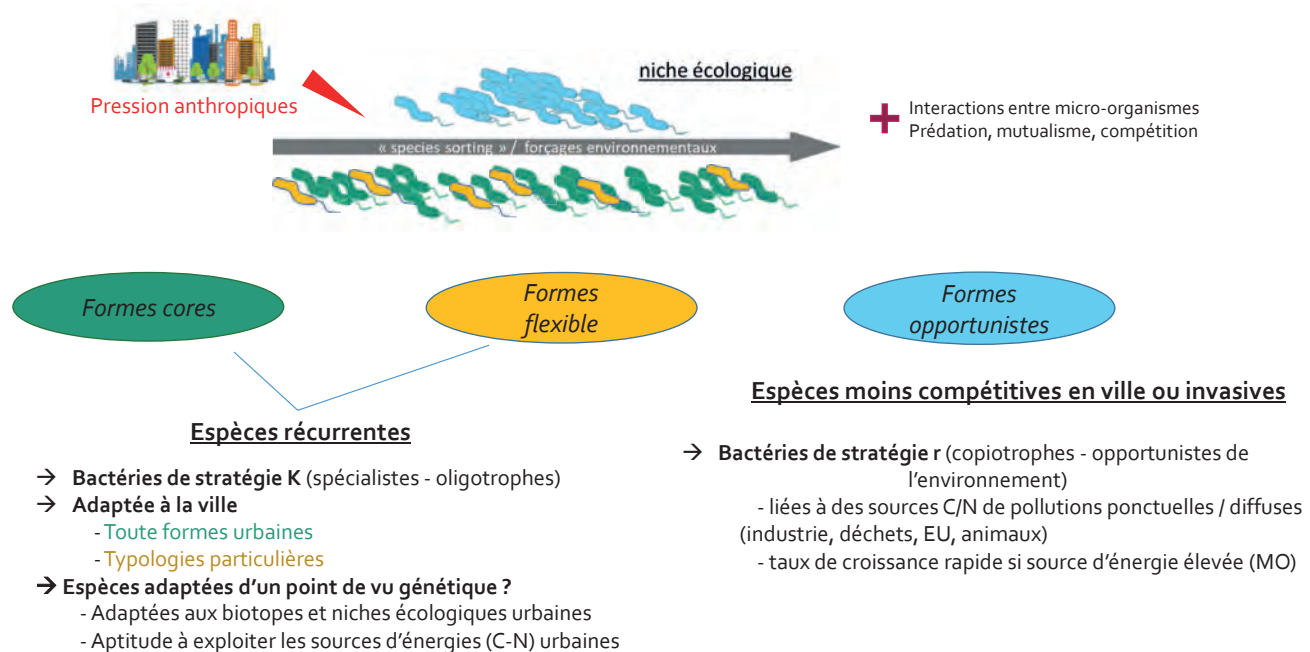


- Bactéries de stratégie K (spécialistes - oligotrophes)
- Adaptée à la ville
 - Toute formes urbaines
 - Typologies particulières
- Espèces adaptées d'un point de vu génétique ?
 - Adaptées aux biotopes et niches écologiques urbaines
 - Aptitude à exploiter les sources d'énergies (C-N) urbaines

SEMINAIRE SCIENTIFIQUE OTHU | 8 DECEMBRE 2021



Ecologie des microbiomes – application à la problématique des « milieux urbains » Hypothèses



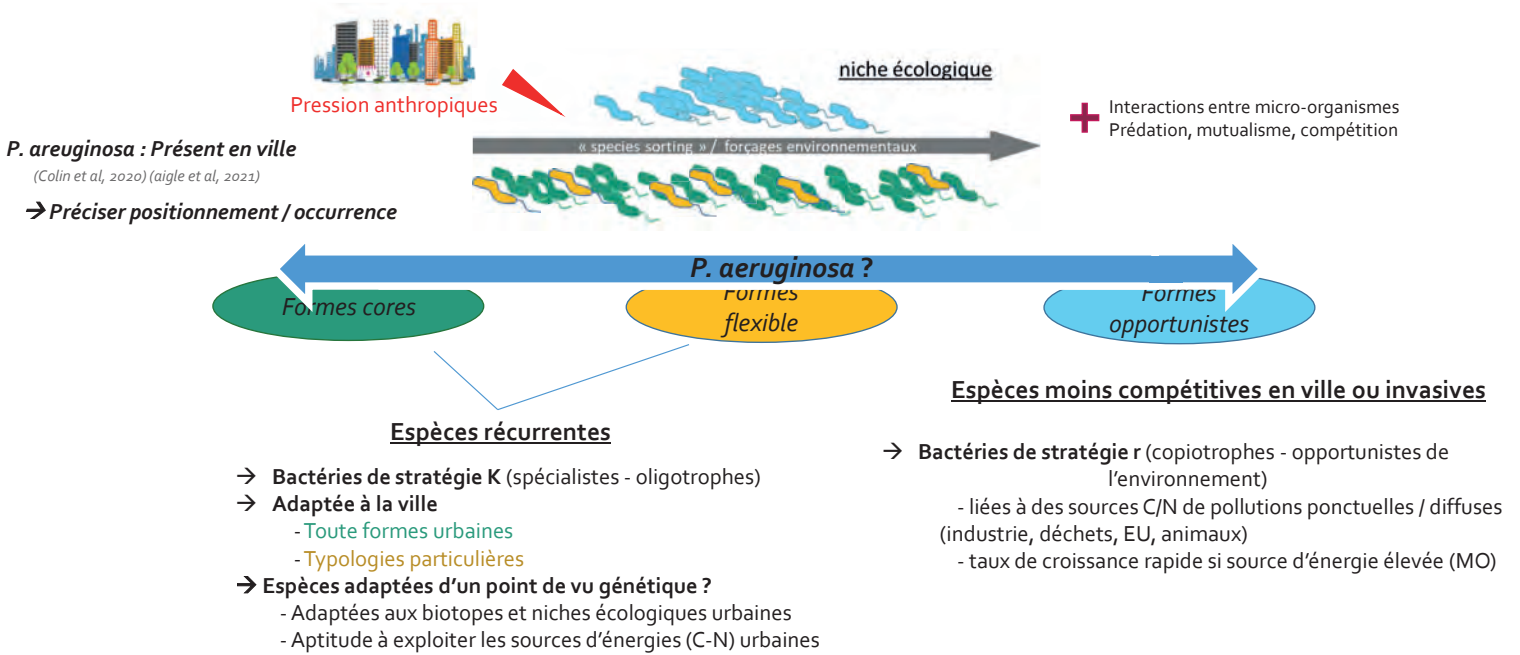
- Bactéries de stratégie K (spécialistes - oligotrophes)
- Adaptée à la ville
 - Toute formes urbaines
 - Typologies particulières
- Espèces adaptées d'un point de vu génétique ?
 - Adaptées aux biotopes et niches écologiques urbaines
 - Aptitude à exploiter les sources d'énergies (C-N) urbaines
- Bactéries de stratégie r (copiotrophes - opportunistes de l'environnement)
 - liées à des sources C/N de pollutions ponctuelles / diffuses (industrie, déchets, EU, animaux)
 - taux de croissance rapide si source d'énergie élevée (MO)

SEMINAIRE SCIENTIFIQUE OTHU | 8 DECEMBRE 2021



Ecologie des microbiomes – application à la problématique des « milieux urbains »

Hypothèses



SEMINAIRE SCIENTIFIQUE OTHU | 8 DECEMBRE 2021



P. aeruginosa : Présent en ville

(Colin et al, 2020) (aigle et al, 2021)

→ Préciser positionnement / occurrence

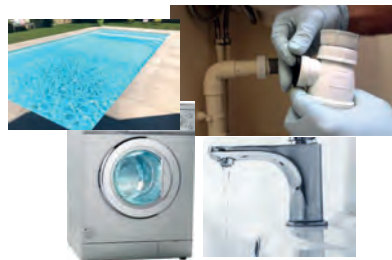


Bactérie associée à l'homme



Pseudomonas aeruginosa

Milieux domestiques



Milieux hospitaliers



+ portage sain



SEMINAIRE SCIENTIFIQUE OTHU | 8 DECEMBRE 2021



Pseudomonas aeruginosa

P. aeruginosa : Présent en ville

(Colin et al, 2020) (aigle et al, 2021)

→ Préciser positionnement / occurrence



Bactérie associée à l'homme



Pathogène humain



Milieus domestiques



Milieus hospitaliers



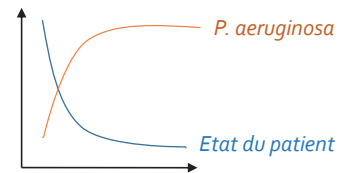
Multi-résistance



Infections aiguës



Infections chroniques (muco)



→ Priorité absolue ATBr

SEMINAIRE SCIENTIFIQUE OTHU | 8 DECEMBRE 2021



Pseudomonas aeruginosa

P. aeruginosa : Présent en ville

(Colin et al, 2020) (aigle et al, 2021)

→ Préciser positionnement / occurrence



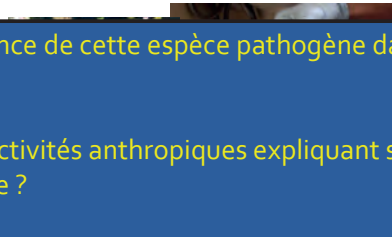
- Confirmer l'abondance de cette espèce pathogène dans les milieux anthropisés

- Comprendre les activités anthropiques expliquant sont abondance en ville ?

- Mécanismes d'adaptation aux milieux urbains ?

→ Éviter / réduire sa dissémination

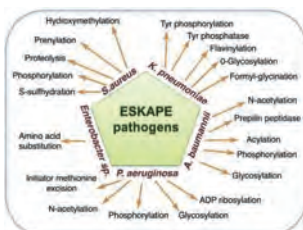
Milieus domestiques



Milieus hospitaliers



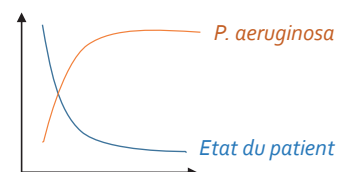
Multi-résistance



Infections aiguës



Infections chroniques (muco)



→ Priorité absolue ATBr

SEMINAIRE SCIENTIFIQUE OTHU | 8 DECEMBRE 2021



Site d'étude - caractérisations socio-urbanistique de la Z.A.C de Chassieu

Hypothèse de travail :

- Les points d'échantillonnage de la Z.A.C sont différenciés au niveau des activités anthropiques et entreprises implantées
- Les activités anthropiques sont dépendantes de la typologie des points étudié
→ Site d'étude pertinent ? (diversité typologies / activités pour être explicatif de microbio)

Site d'étude : Bassin versant « Mi-Plaine » de Chassieu



N = 20 points d'échantillonnage
+ exutoire (C23)

SEMINAIRE SCIENTIFIQUE OTHU | 8 DECEMBRE 2021

Enquête de terrain

(collaboration Mandon et al., socio-urbaniste)

Descripteurs d'activités (n=240) (n = 10 000 observations)
(matin, après midi, nuit, 30 min par point)

Objets et traces / caractère durable - forme de la ville

Temps long

- . Bâtiments (densité)
- . Voiries, réseaux, trottoirs
- . Végétation, espaces verts
- . Déchets récurrents

Temps court - semaines

- . Matériaux stockés, véhicules garés, marchandises

Temps court – journée - Activité anthropiques

- . ordures, véhicules, traces



Site d'étude - caractérisations socio-urbanistique de la Z.A.C de Chassieu Résultats

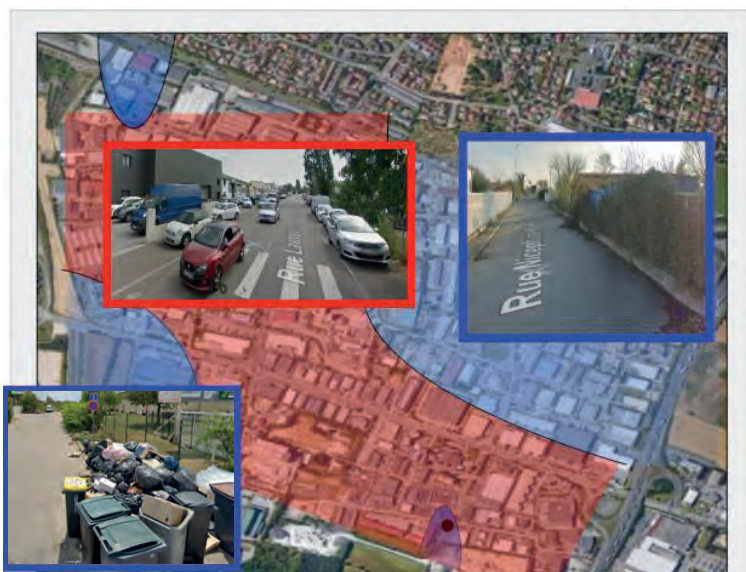
26 variables « activités » + 30 secteurs d'activités

Groupe 1

- Grande avenues / routes
- Grosse entreprises
→ nb employés +++

Intensité ++

- Traffic (voitures, camions)
- Piétons
- Restaurants



Groupe 2

- Ruelles / impasses
- Petites / pas d'entreprises
→ nb employés - - -

- Déchets hygiéniques
- Activités nocturnes
- Matières fécales

SEMINAIRE SCIENTIFIQUE OTHU | 8 DECEMBRE 2021



Site d'étude - caractérisations socio-urbanistique de la Z.A.C de Chassieu Résultats

26 variables « activités » + 30 secteurs d'activités

Groupe 1

- Grande avenues / routes
- Grosse entreprises
→ nb employés +++



Intensité ++

- Traffic (voitures, camions)
- Piétons
- Restaurants



Groupe 2

- Ruelles / impasses
- Petites / pas d'entreprises
→ nb employés - - -



- Déchets hygiéniques
- Activités nocturnes
- Matières fécales

SEMINAIRE SCIENTIFIQUE OTHU | 8 DECEMBRE 2021



Caractérisation de microbiome de la Z.A.C de Chassieu Méthodes

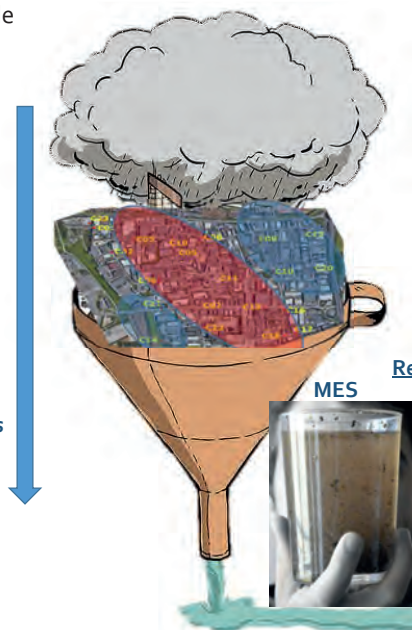
Hypothèse :

Les microbiomes urbains sont composés de **groupes récurrents, flexibles et opportunistes**.

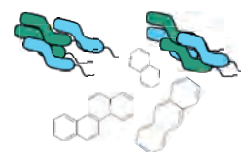
→ Utilisation **ER** comme matrice d'étude



Lessivage des surfaces urbaines



(Sols, végétaux, sédiments, fèces)
Remobilisation Matière En Suspensions
« + formes libres »



= représentatif des polluants
chimiques / biologiques présents sur
les surfaces urbaines

3 Campagnes – différentes saisons

SEMINAIRE SCIENTIFIQUE OTHU | 8 DECEMBRE 2021



Caractérisation de microbiome de la Z.A.C de Chassieu Méthodes

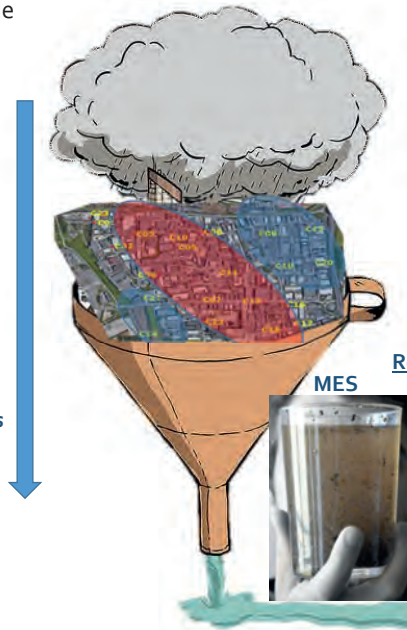
Hypothèse :

Les microbiomes urbains sont composés de **groupes récurrents, flexibles et opportunistes**.

→ Utilisation ER comme matrice d'étude

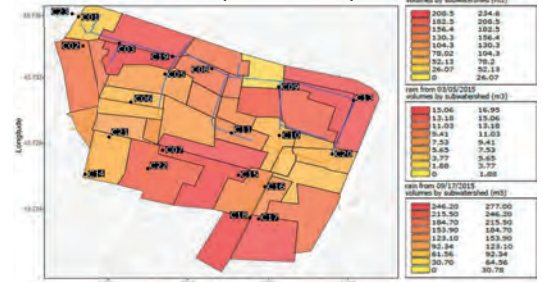


Lessivage des surfaces urbaines



SEMINAIRE SCIENTIFIQUE OTHU | 8 DECEMBRE 2021

G. Lipeme-Kouyi

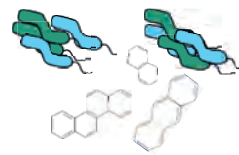


→ Estimation volume ER, origines des pluies, périmètre de ruissellement (activité socio pouvant impacter ces ER).

(Sols, végétaux, sédiments, fèces)

Remobilisation Matière En Suspensions

« + formes libres »



= représentatif des polluants chimiques / biologiques présents sur les surfaces urbaines

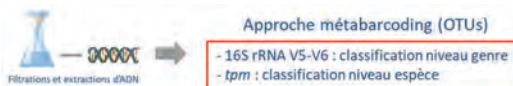


3 Campagnes – différentes saisons

Caractérisation de microbiome de la Z.A.C de Chassieu - résultats

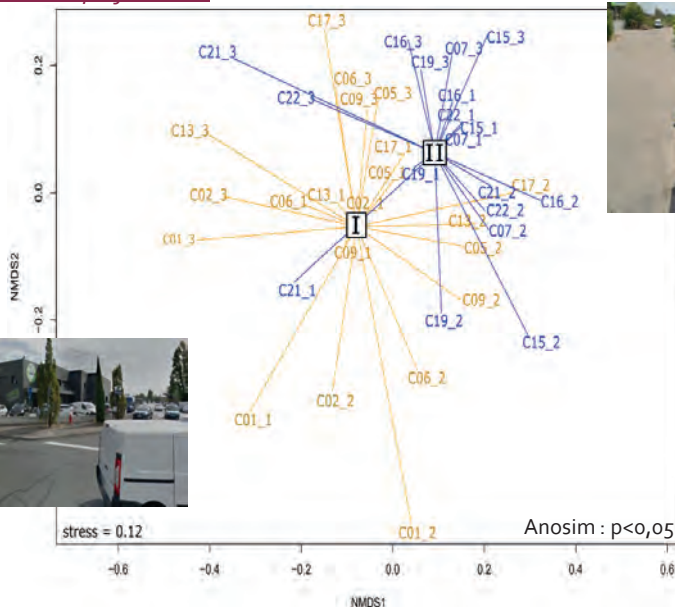
Hypothèse de travail :

Les microbiomes urbains sont composés de **groupes récurrents, flexibles et opportunistes**.



Beta diversité – profils OTUs

16S



16 S → Bruts : 197 753 reads / samples
Filtrés : 64 265 reads / samples
9155 rrs OTUs

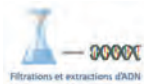
→ Différenciation des communautés bactériennes totales entre clusters 1 et 2



Caractérisation de microbiome de la Z.A.C de Chassieu - résultats

Hypothèse de travail :

Les microbiomes urbains sont composés de **groupes récurrents, flexibles et opportunistes**.



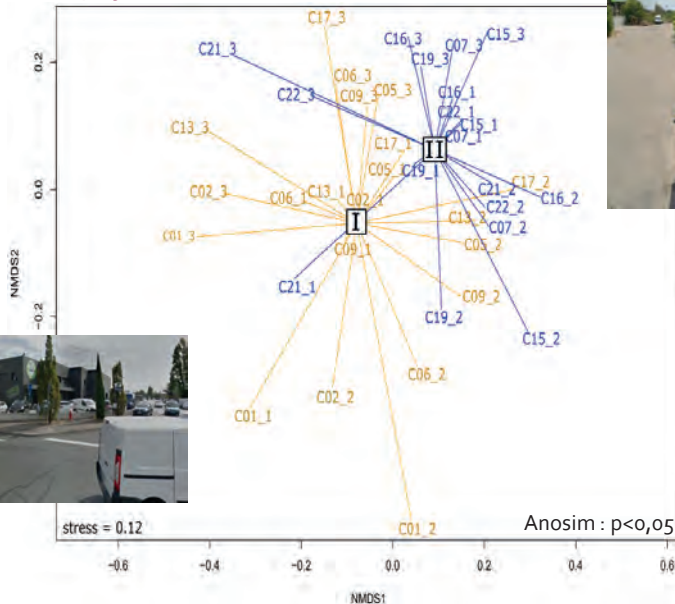
Approche métabarcodage (OTUs)

- 16S rRNA V5-V6 : classification niveau genre
- *tpm* : classification niveau espèce

16 S → Bruts : 197 753 reads / samples
Filtrés : 64 265 reads / samples
9155 rrs OTUs

Beta diversité – profils OTUs

16S



Différenciation des communautés bactériennes totales entre clusters 1 et 2

Affiliations taxonomiques ?

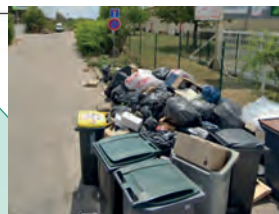
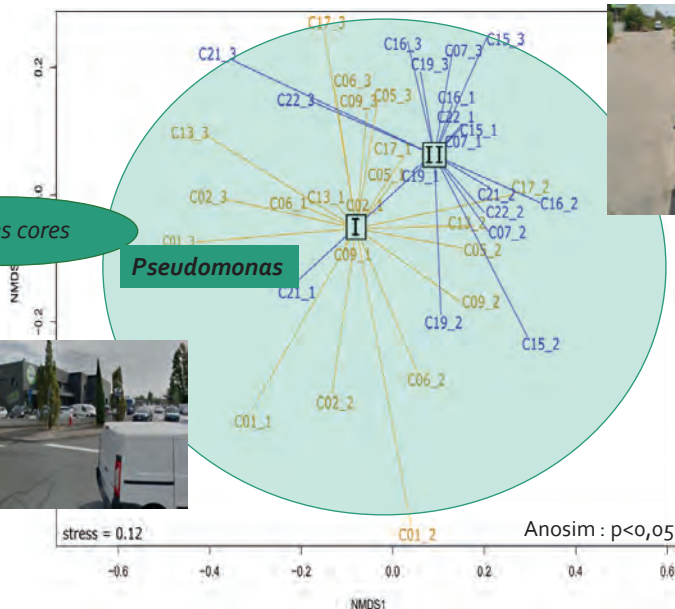
Caractérisation de microbiome de la Z.A.C de Chassieu - résultats

Hypothèse de travail :

Les microbiomes urbains sont composés de **groupes récurrents, flexibles et opportunistes**.

Beta diversité – profils OTUs

16S



→ Forte occurrence *Pseudomonas*
→ Répartition homogène

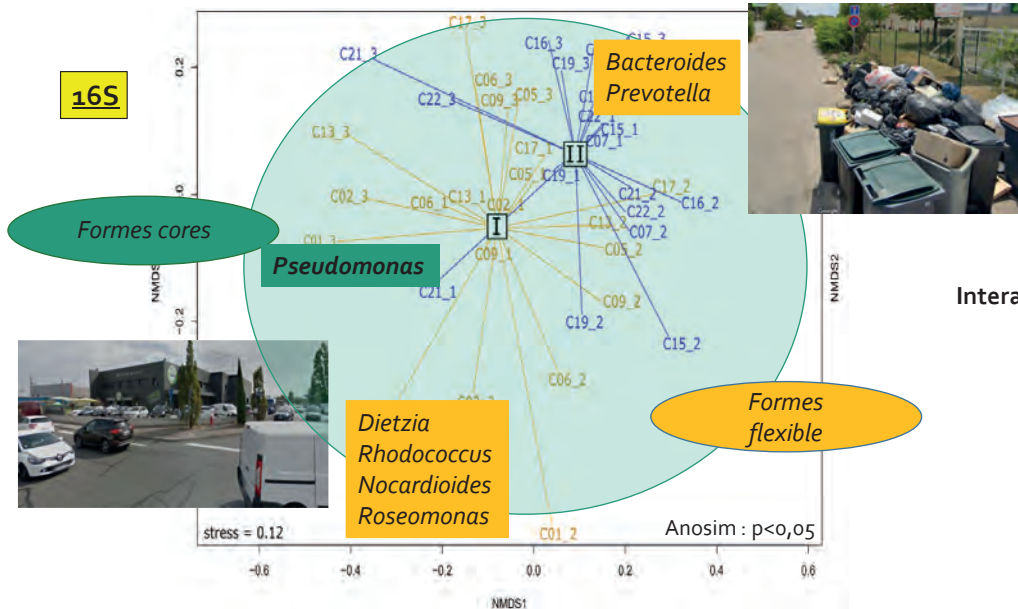
Caractérisation de microbiome de la Z.A.C de Chassieu - résultats

Hypothèse de travail :

Les microbiomes urbains sont composés de **groupes récurrents, flexibles et opportunistes**.

Beta diversité – profils OTUs

16 S → Bruts : 197 753 reads / samples
Filtrés : 64 265 reads / samples
9155 rrs OTUs



Interaction *Pseudomonas* avec autre groupe ?

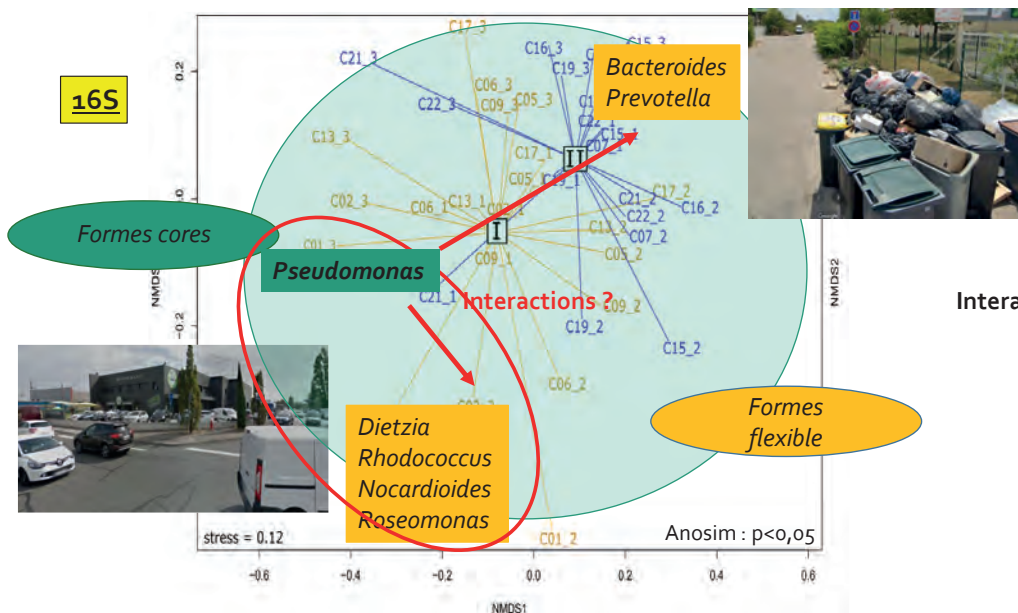
Caractérisation de microbiome de la Z.A.C de Chassieu - résultats

Hypothèse de travail :

Les microbiomes urbains sont composés de **groupes récurrents, flexibles et opportunistes**.

Beta diversité – profils OTUs

16 S → Bruts : 197 753 reads / samples
Filtrés : 64 265 reads / samples
9155 rrs OTUs



Interaction *Pseudomonas* avec autre groupe ?

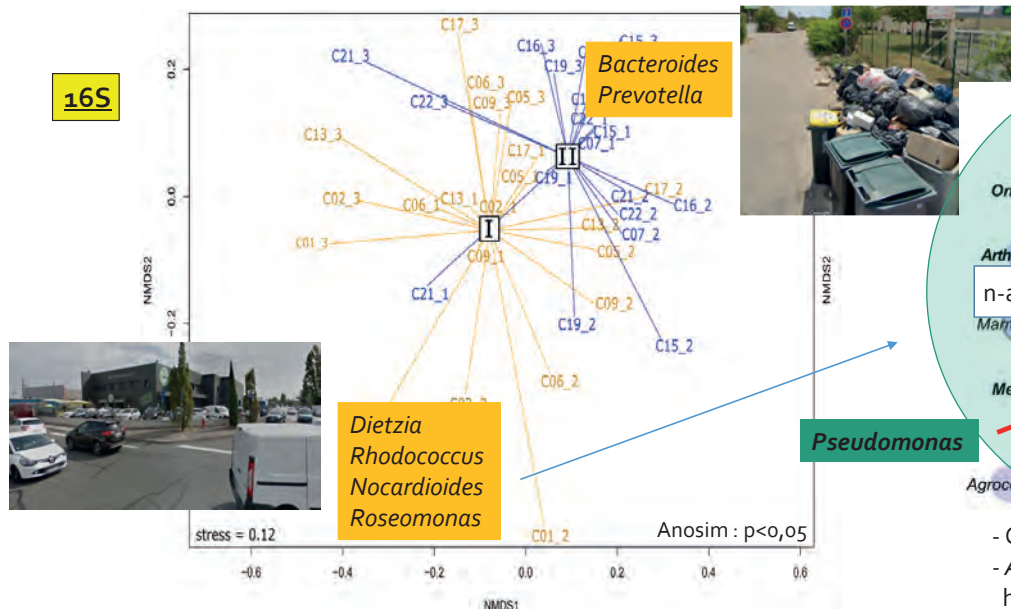
→ Cas du Traffic - Hydrocarbures

Caractérisation de microbiome de la Z.A.C de Chassieu - résultats

Hypothèse de travail :

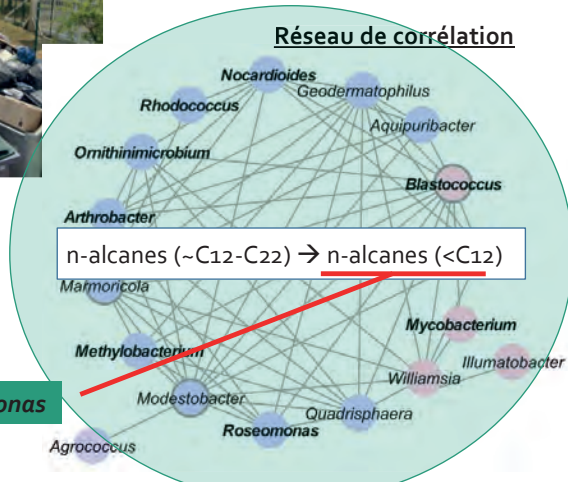
Les microbiomes urbains sont composés de groupes **récurrents**, **flexibles** et **opportunistes**.

Beta diversité – profils OTUs



16 S → Bruts : 197 753 reads / samples
Filtrés : 64 265 reads / samples
9155 rrs OTUs

Réseau de corrélation



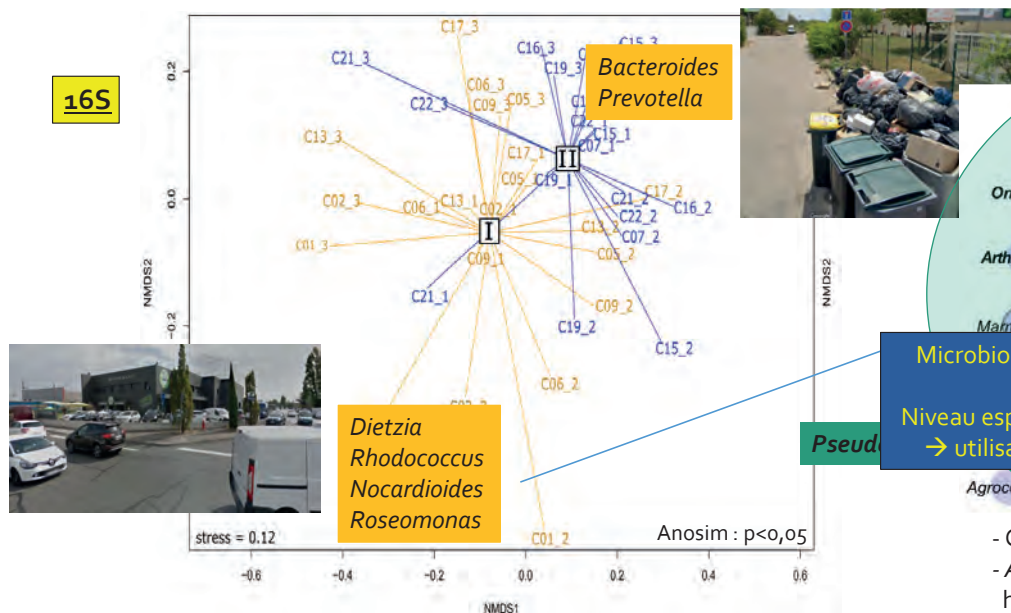
- Corrélation + avec Traffic
- Actinobacteria : dégradation hydrocarbures chaines longues

Caractérisation de microbiome de la Z.A.C de Chassieu - résultats

Hypothèse de travail :

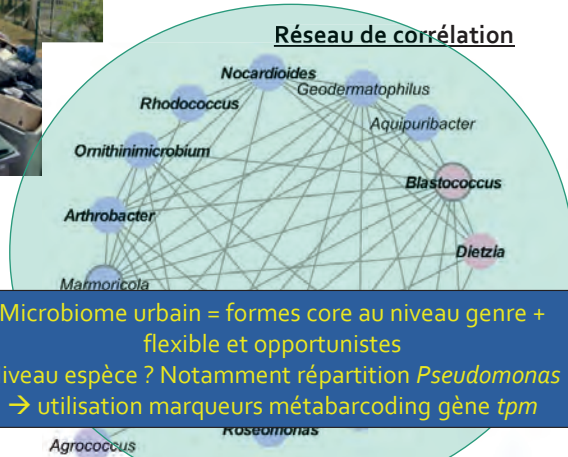
Les microbiomes urbains sont composés de groupes **récurrents**, **flexibles** et **opportunistes**.

Beta diversité – profils OTUs



16 S → Bruts : 197 753 reads / samples
Filtrés : 64 265 reads / samples
9155 rrs OTUs

Réseau de corrélation



Microbiome urbain = formes core au niveau genre + flexible et opportunistes
Niveau espèce ? Notamment répartition *Pseudomonas*
→ utilisation marqueurs métabarcoding gène *tpm*

- Corrélation + avec Traffic
- Actinobacteria : dégradation hydrocarbures chaines longues

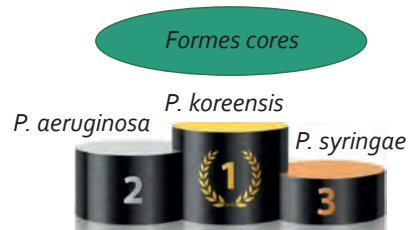
Caractérisation de microbiome de la Z.A.C de Chassieu - résultats

Hypothèse de travail :

Existence d'**espèces récurrentes** et **flexible** au sein des microbiomes urbains

tpm

tpm → Bruts : 37 180 reads / samples
Filtrés : 18 133 reads / samples
9636 tpm OTUs
70 % des reads classés niveau espèces



SEMINAIRE SCIENTIFIQUE OTHU | 8 DECEMBRE 2021



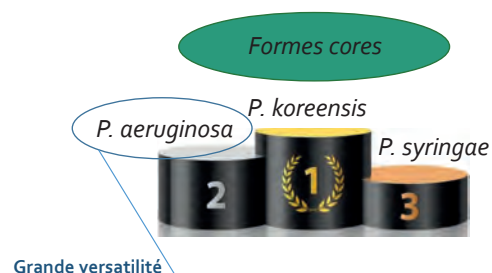
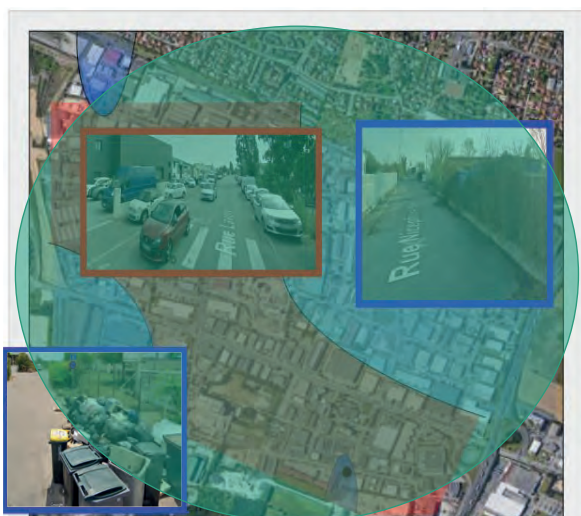
Caractérisation de microbiome de la Z.A.C de Chassieu - résultats

Hypothèse de travail :

Existence d'**espèces récurrentes** et **flexible** au sein des microbiomes urbains

tpm

tpm → Bruts : 37 180 reads / samples
Filtrés : 18 133 reads / samples
9636 tpm OTUs
70 % des reads classés niveau espèces



tpmG type → accès à la diversité infra-espèce

tpmG ₁	A	T	G	C	T	T	G	A	T	A	G	C	T	A	G	T	T	C	A	T
tpmG ₂	A	T	G	C	T	T	G	C	C	T	A	G	C	T	A	G	T	T	C	A
tpmG ₃	A	T	G	C	T	T	G	C	C	T	A	G	C	T	A	G	T	T	A	



Sous clades
Multi Locus Sequences type

SEMINAIRE SCIENTIFIQUE OTHU | 8 DECEMBRE 2021



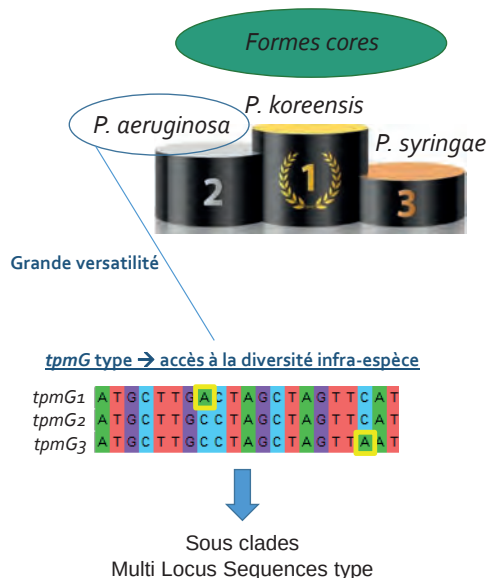
Caractérisation de microbiome de la Z.A.C de Chassieu - résultats

Hypothèse de travail :

Existence d'**espèces récurrentes** et **flexible** au sein des microbiomes urbains

tpm

P. aeruginosa OTUs répartition



SEMINAIRE SCIENTIFIQUE OTHU | 8 DECEMBRE 2021



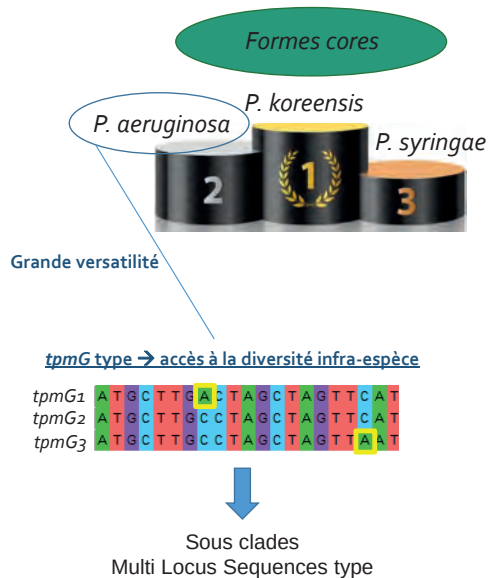
Caractérisation de microbiome de la Z.A.C de Chassieu - résultats

Hypothèse de travail :

Existence d'**espèces récurrentes** et **flexible** au sein des microbiomes urbains

tpm

P. aeruginosa OTUs répartition



Formes
flexible

→ Spécialistes dégradation hydrocarbures



tpm → Bruts : 37 180 reads / samples
Filtrés : 18 133 reads / samples
9636 tpm OTUs
70 % des reads classés niveau espèces

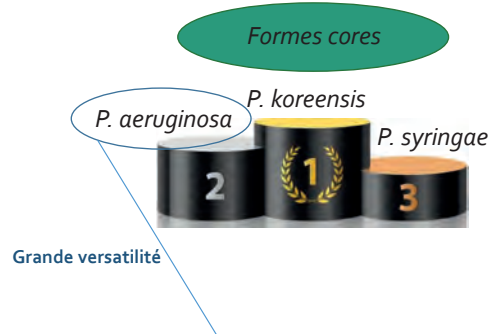
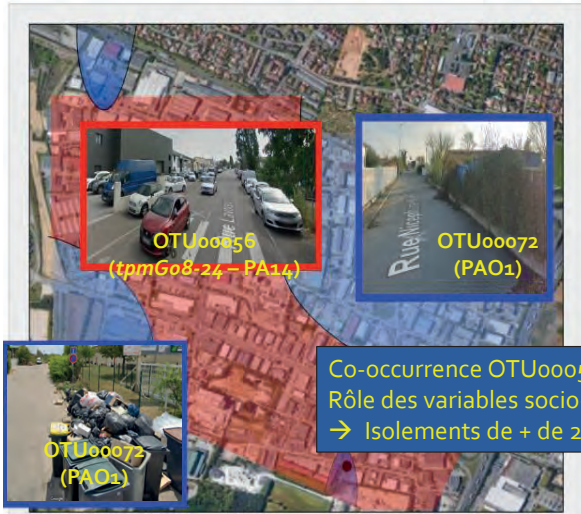
Caractérisation de microbiome de la Z.A.C de Chassieu - résultats

Hypothèse de travail :

Existence d'**espèces récurrentes** et **flexible** au sein des microbiomes urbains

tpm

P. aeruginosa OTUs répartition



Co-occurrence OTU00056 et *P. stutzeri*
Rôle des variables socio-urbanistiques dans les biais de répartition observé ?
→ Isollements de + de 200 souches de *P. aeruginosa*

Sous clad
Multi Locus Sequencing



SEMINAIRE SCIENTIFIQUE OTHU | 8 DECEMBRE 2021



Etude génomique d'une bactérie adaptée à la ville - résultats

Hypothèse de travail :

Espèces **adaptées génétiquement** aux **forçages anthropiques** ?

→ cas du **Traffic** : gène d'utilisation des **hydrocarbures** comme source d'énergie ?



Groupe 1 – Avenues /
Traffic important

Screening gène *tpm*
dans la collection de
souche

4 souches avec
type *tpmGo8-24*

Match 100 % id et
couverture avec OTU00056

- Séquençage génomique
- Recherche de gènes en lien avec métabolisme hydrocarbures (*nah*, *pah*, *tol* ... + de 10 gènes)

1 souches : *bpo6566* → transposons alk

SEMINAIRE SCIENTIFIQUE OTHU | 8 DECEMBRE 2021

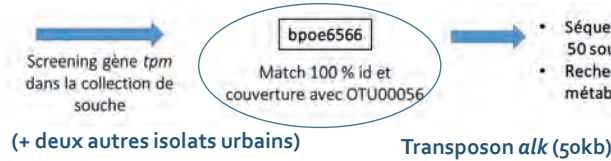


Etude génomique d'une bactérie adaptée à la ville - résultats

Hypothèse de travail :

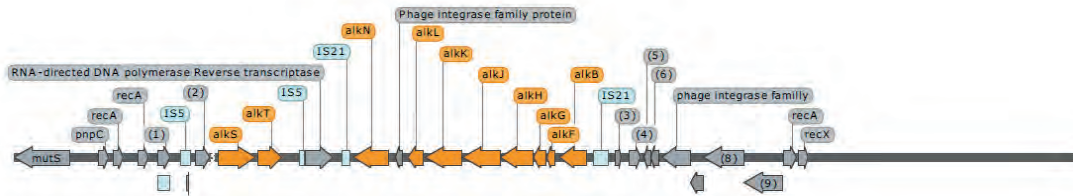
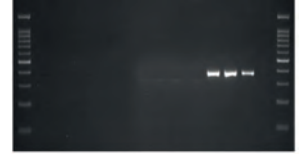
Espèces **adaptées génétiquement** aux **forçages anthropiques** ?

→ cas du **Traffic** : gène d'**utilisation des hydrocarbures** comme source d'énergie ?



- Séquençage génomique 50 souches au total + *alkB* chez toutes les souches
- Recherche de gènes en lien avec métabolisme hydrocarbures

PCR *alkL* (spécifique transposon) négative sur isolat cliniques



10 gènes fonctionnels

Caractérisé chez *P. putida*, *stutzeri*, *extremaustralis*

Proximité du transposons bpoe6566 avec celui de ces espèces ?

→ Phylogénie sur *alkB* (même résultats pour autres gènes *alk*)

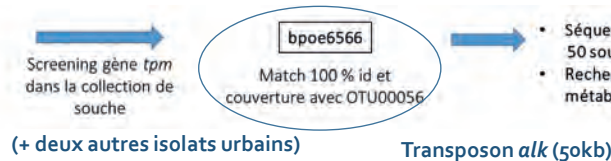


Etude génomique d'une bactérie adaptée à la ville - résultats

Hypothèse de travail :

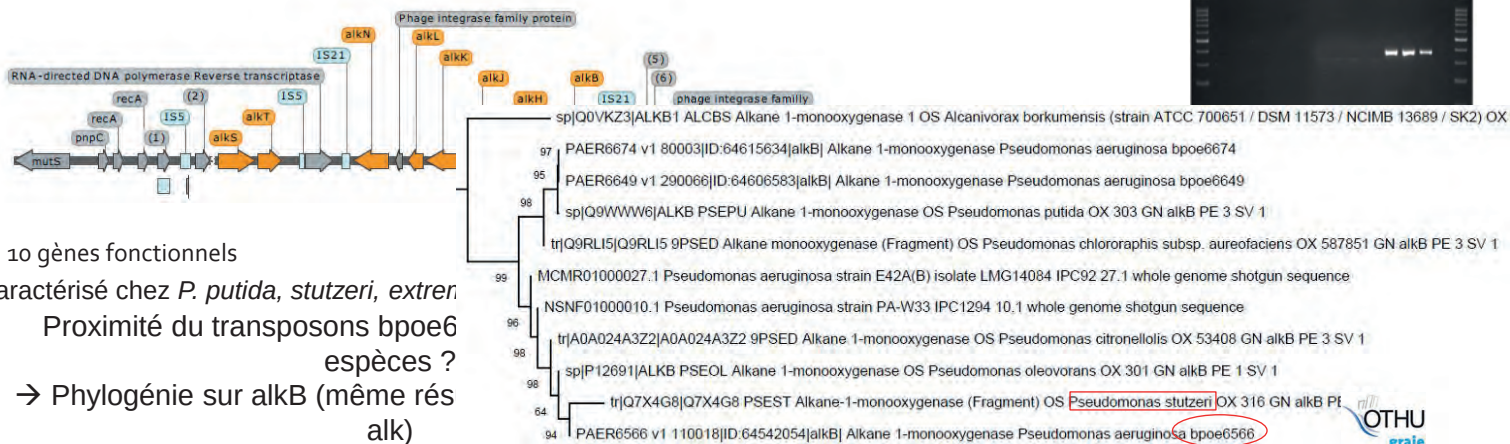
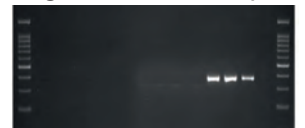
Espèces **adaptées génétiquement** aux **forçages anthropiques** ?

→ cas du **Traffic** : gène d'**utilisation des hydrocarbures** comme source d'énergie ?



- Séquençage génomique 50 souches au total + *alkB* chez toutes les souches
- Recherche de gènes en lien avec métabolisme hydrocarbures

PCR *alkL* (spécifique transposon) négative sur isolat cliniques



Etude génomique d'une bactérie adaptée à la ville - résultats

Hypothèse de travail :

Espèces **adaptées génétiquement** aux **forçages anthropiques** ?

→ cas du **Traffic** : gène d'**utilisation des hydrocarbures** comme source d'énergie ?



Screening gène *tpm*
dans la collection de
souche

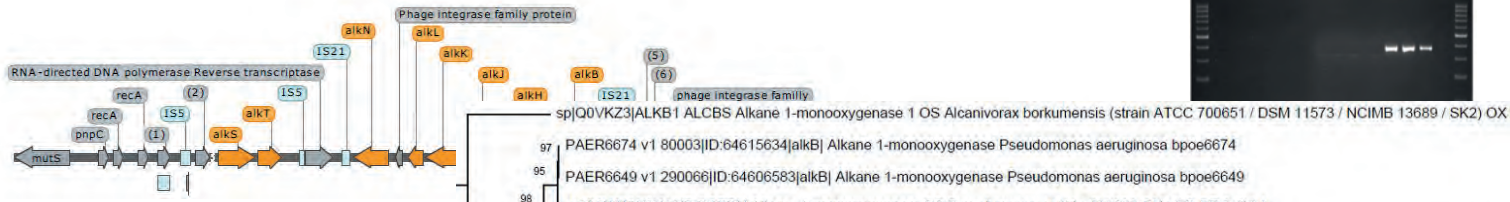
(+ deux autres isolats urbains)

bpoe6566
Match 100 % id et
couverture avec OTU00056

Transposon *alk* (50kb)

- Séquençage génomique
50 souches au total + *alkB* chez toutes les souches
- Recherche de gènes en lien avec
métabolisme hydrocarbures

PCR *alkL* (spécifique transposon)
négative sur isolat cliniques



Co-occurrence *P. stutzeri* et *bpoe6566* (OTU00056) - Acquisition récente du transposon *alk* en réponse aux forçages anthropiques – Traffic ?

10 gènes fonctionnels

Caractérisé chez *P. putida*, *P. stutzeri*, *P. aeruginosa*

Proximité du transposons *bpoe6*
espèces ?

→ Phylogénie sur *alkB* (même rés *alk*)

Etude génomique d'une bactérie adaptée à la ville - résultats

Hypothèse de travail :

Espèces **adaptées génétiquement** aux **forçages anthropiques** ?

→ cas du **Traffic** : gène d'**utilisation des hydrocarbures** comme source d'énergie ?



Screening gène *tpm*
dans la collection de
souche

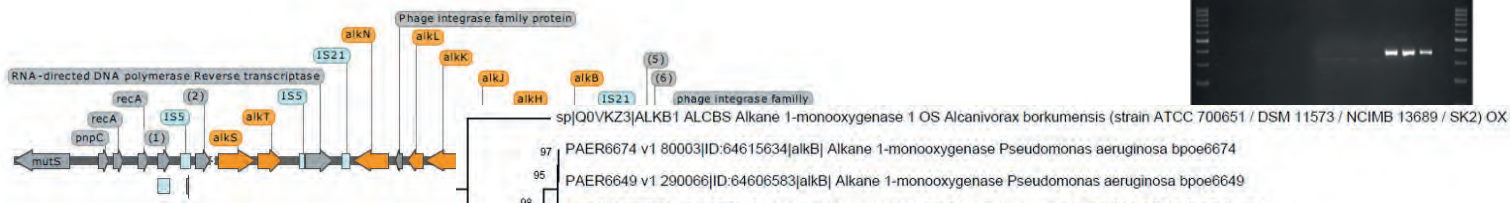
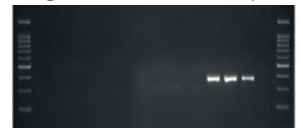
(+ deux autres isolats urbains)

bpoe6566
Match 100 % id et
couverture avec OTU00056

Transposon *alk* (50kb)

- Séquençage génomique
50 souches au total + *alkB* chez toutes les souches
- Recherche de gènes en lien avec
métabolisme hydrocarbures

PCR *alkL* (spécifique transposon)
négative sur isolat cliniques



Co-occurrence *P. stutzeri* et *bpoe6566* (OTU00056) - Acquisition récente du transposon *alk* en réponse aux forçages anthropiques – Traffic ?

10 gènes fonctionnels

Caractérisé chez *P. putida*, *P. stutzeri*, *P. aeruginosa*

Proximité du transposons *bpoe6*
espèces ?

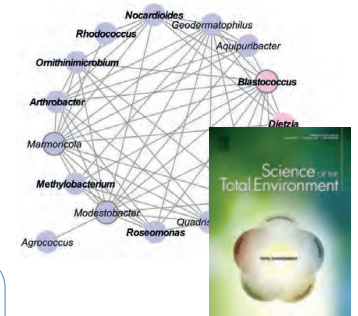
→ Phylogénie sur *alkB* (même rés *alk*)

Au total : 3 souches contenant le transposon *alk* peu importe la typologies urbaines → impact des hydrocarbures ?

Principales conclusions

« microbiome des surfaces urbaines »

- Existence d'**espèces** bactériennes **synurbiques** (core species)
 - Incluant des formes pathogènes adaptées à la ville (*P. aeruginosa*)
- Existence de **réseaux d'interactions pérennes**
 - utilisation des sources de carbone (hydrocarbures)
- **Données de référence** pour évaluer les bienfaits des changements de pratiques (moins de moteurs thermiques, plus de jardins de pluie et parcs, + de WC publics...)



Possible grâce à observatoire sur le long terme



Impacts sur communautés bactériennes ?

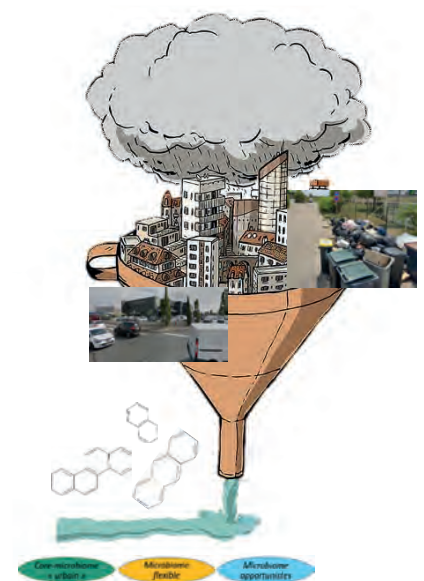
SEMINAIRE SCIENTIFIQUE OTHU | 8 DECEMBRE 2021



Collaborateurs

Claire Mandon
Emmanuelle Danty-Berger
Alain Géloën
Laurence Marjolet
Gislain Lipeme-Kouyi
Jean-Yves Toussaint
Benoît Cournoyer

*Merci aux organisateurs,
Aux collaborateurs,
Et à vous pour votre attention*



SEMINAIRE SCIENTIFIQUE OTHU | 8 DECEMBRE 2021

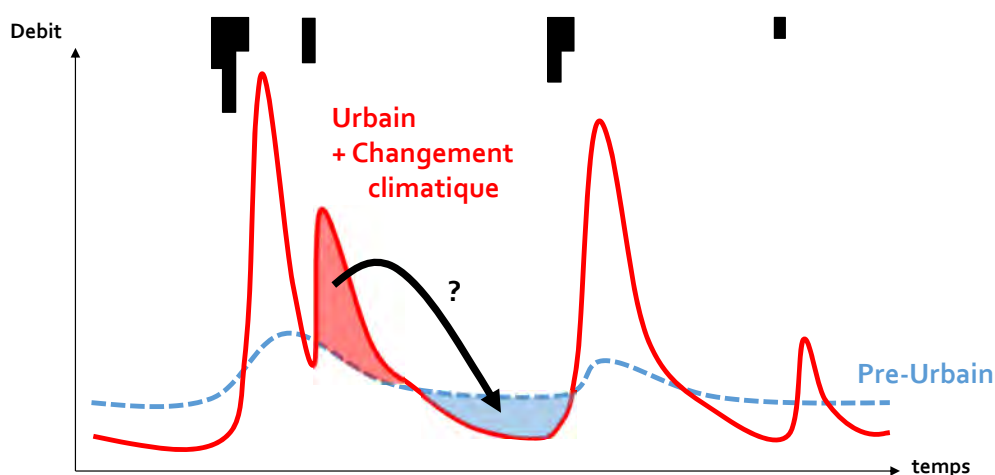


Scénario de gestion des eaux pluviales à la source dans un contexte d'urbanisation et de changement climatique

Jérémie Bonneau, Flora Branger, Hélène Castebrunet, Gislain Lipeme Kouyi



Problématiques



Gestion à la source (combien, où, comment?)

Objectifs

Objectif principal: quantifier le rôle des TA sur cycle hydrologique d'un bassin versant à l'aide d'un modèle hydrologique

Simulation de scénarios

Modes de gestion (types TA, nombre, surfaces drainées)

Changement global (climat, évolution urbanisation)



Indicateurs variés

Bilan: partition Q/ETR, variations saisonnières, recharge nappe

Evénements: valeur Qpointe, nb déversements DO

Etiages

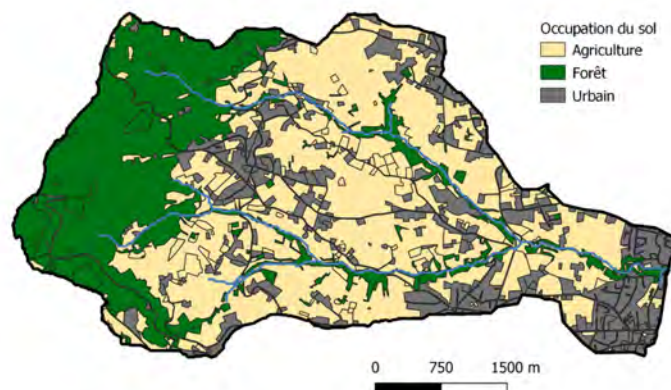
➔ **Caractérisation d'une « désimperméabilisation réussie » et évaluation du niveau d'effort à consentir**

Bassin versant

- Péri urbain
- 19 km²

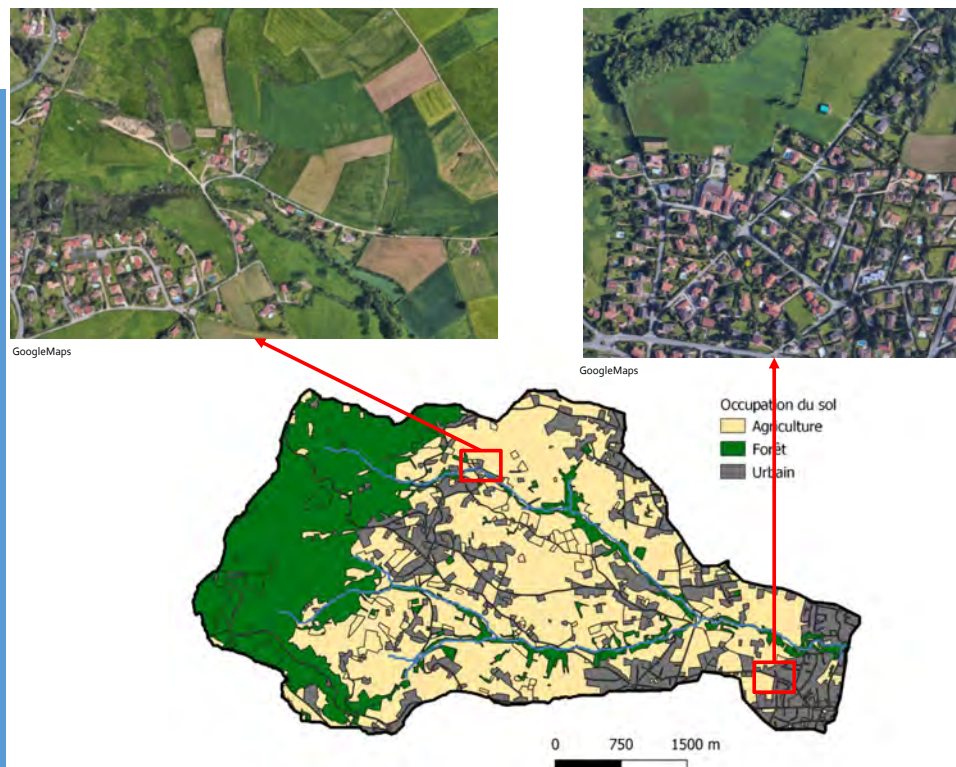


OpenStreetMap



Bassin versant

- Péri urbain
- 19 km²

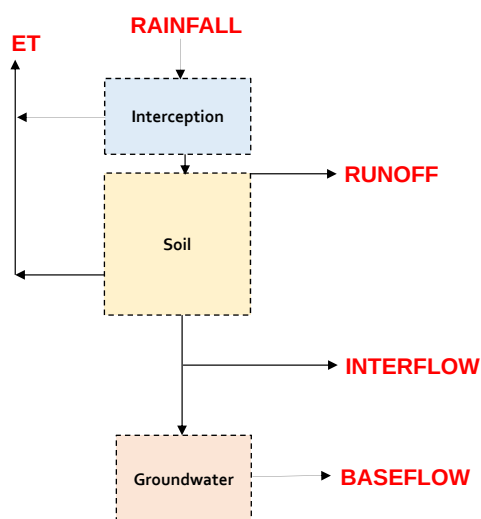


SEMINAIRE SCIENTIFIQUE OTHU | 8 DECEMBRE 2021



Modèle J2000

- A base physique
- Distribué
- Réseaux
- 500 mailles



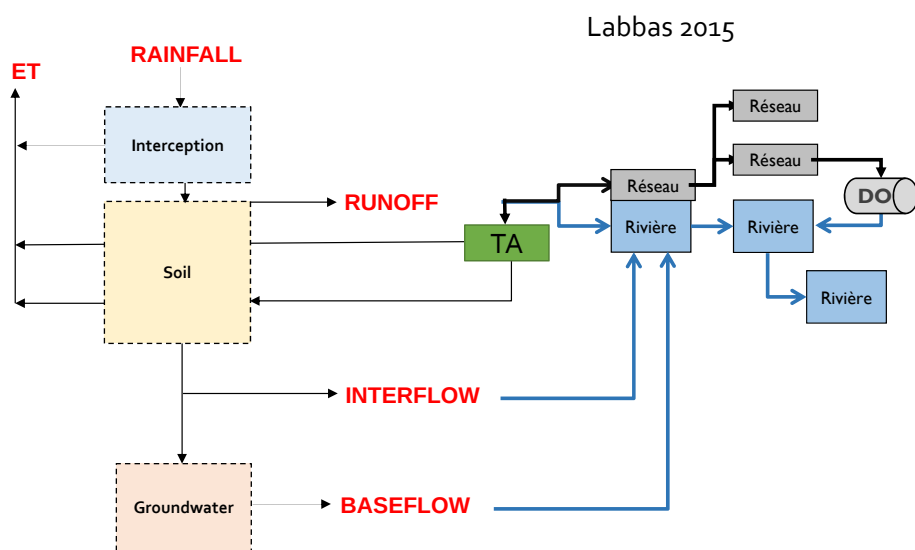
Krause 2006, Branger 2013

SEMINAIRE SCIENTIFIQUE OTHU | 8 DECEMBRE 2021



Modèle J2000

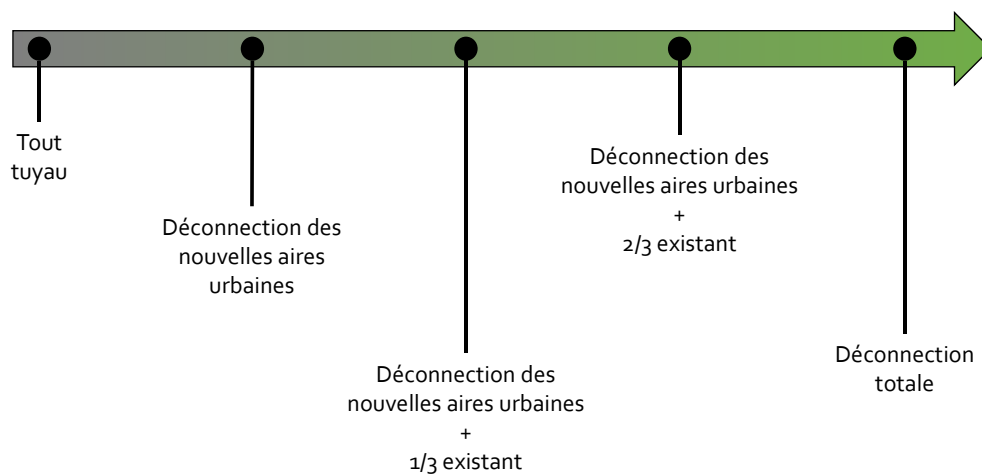
NSE horaire	0.66
NSE horaire – log	0.65
NSE journalier	0.71
NSE journalier - log	0.71
Ratio coefficients de ruissellement	1.03
Ratio Quantiles 0.33/0.66/0.1/0.99	1.00; 1.10; 1.06; 1.00



Krause 2006, Branger 2013

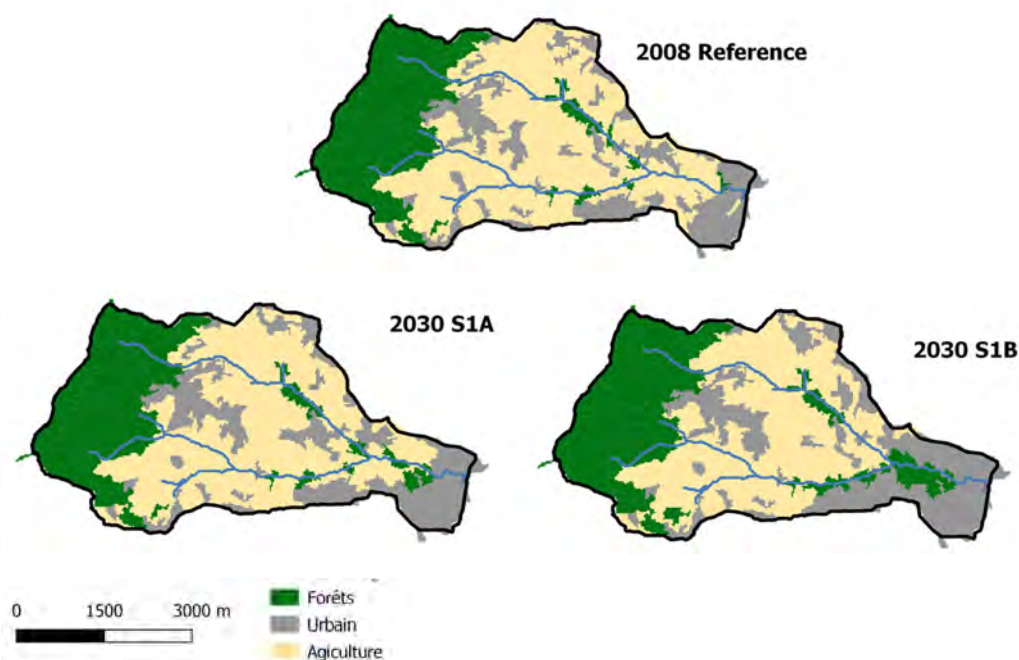
Scénarios de déconnexion

- Ouvrages 'génériques'
- 5% de la surface imperméable drainée



Scénarios d'urbanisation

- 3 cartes d'étalement urbain
- 4 scénarios d'imperméabilisation par carte



Dodane C., Joliveau T., Honegger A., 2011. Anticiper les évolutions de l'occupation du sol. Analyse critique d'une expérience de géoprospective dans un bassin versant périurbain (Yzeron, métropole lyonnaise). L'Espace géographique.

Scénarios de changement climatique

- 6 scénarios de pluies
- 6 scénarios d'augmentation d'ET

- Problèmes: projections climatiques à l'échelle horaire difficilement disponibles, et pas à l'échelle du BV
- Choix d'une méthode par perturbations, 'bottom-up': on modifie les chroniques horaires 1997-2019 à partir d'1 projection climatique (Jouzel 2014, CNRM, RCP8.5) et de la ville d'Orange

$$ETP_h^* = ETP_{hourly} + \frac{Ra_h \Delta T_m}{28.5 \cdot 100}$$

$$P_h^* = P_h * \frac{\overline{PM}_i + \Delta P_m}{\overline{PM}_i}$$

Scénarios de réchauffements

Scénarios de pluviométrie

- Avantages: permet d'observer la sensibilité/réactivité d'un bassin versant à des modifications du climat
- Limites: ne modifie pas la forme des hydrographes (i.e. la probabilité d'occurrence d'un évènement pluvieux)

Résultats

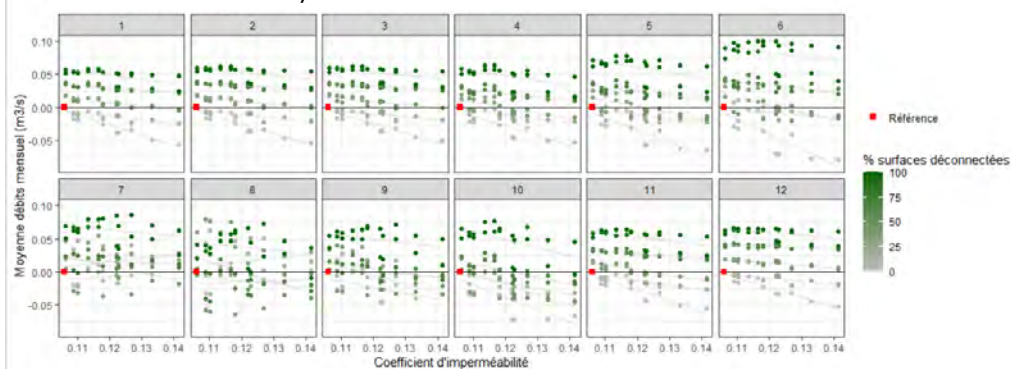
SEMINAIRE SCIENTIFIQUE OTHU | 8 DECEMBRE 2021



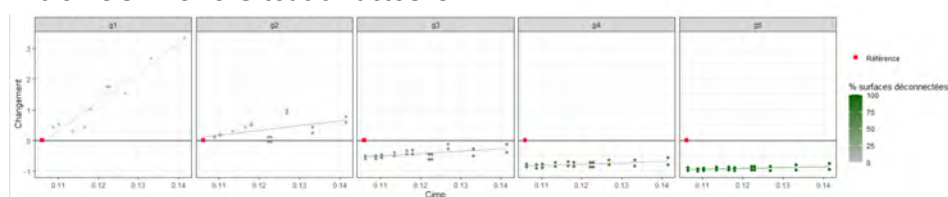
Urbanisation et déconnexion (climat constant)

- 1% de débit moyens perdus par % d'imperméabilisation
- Débits moyens compensés à 1/3 de déconnexion
- Volume en DO explose avec imperméabilité mais sous les niveaux actuels avec 1/3 déconnecté

Evolution débits moyens vs. Situation actuelle



Volume en DO vs. Situation actuelle



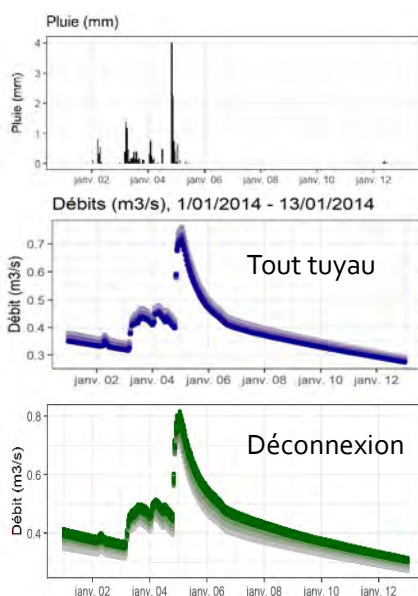
SEMINAIRE SCIENTIFIQUE OTHU | 8 DECEMBRE 2021



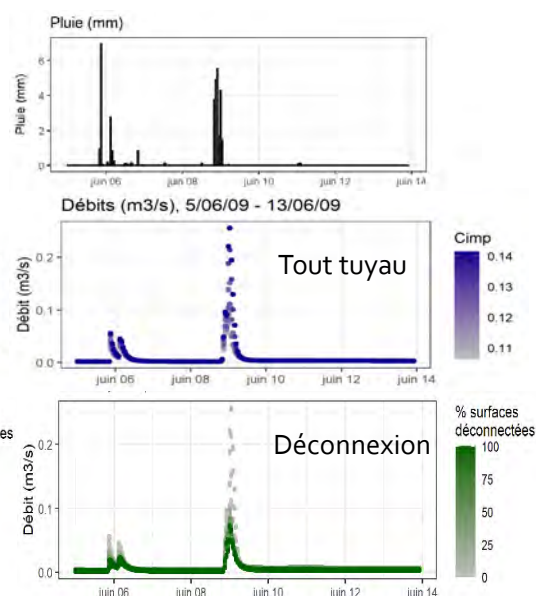
Urbanisation et déconnexion (climat constant)

- Légère baisse des débits de janvier avec la couverture imperméable, rattrapable
- Déconnexion écrête fortement

Janvier (18.5 mm)



Juin (35.7 mm)



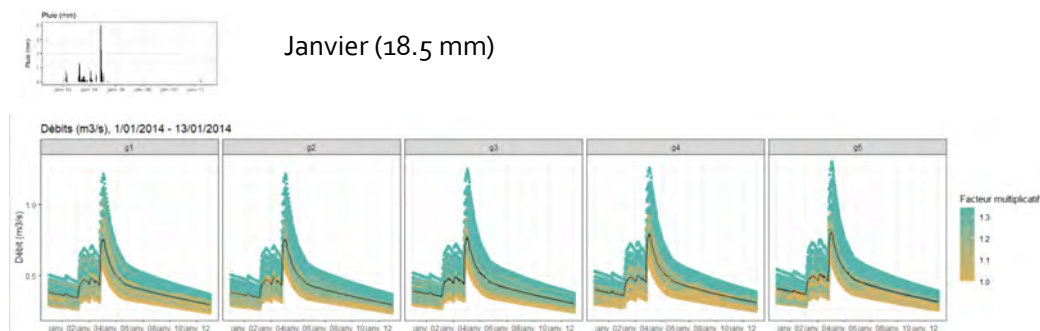
SEMINAIRE SCIENTIFIQUE OTHU | 8 DECEMBRE 2021



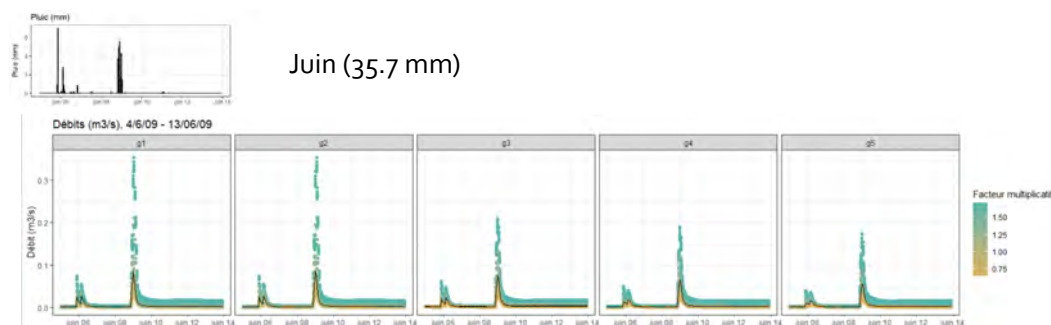
Changement climatique et déconnexion (occup sol constante)

- Forte variabilité causée par les perturbations climatiques (variations $\pm 50\%$)
- Pas d'impact de la déconnexion sur les composantes souterraines (janvier)
- Déconnexion peut écrêter certains pics de ruissellement

Janvier (18.5 mm)



Juin (35.7 mm)



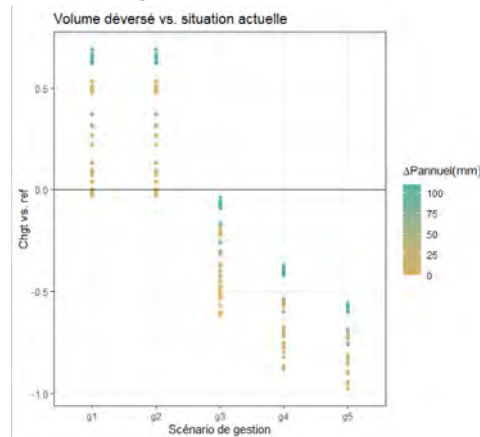
SEMINAIRE SCIENTIFIQUE OTHU | 8 DECEMBRE 2021



Changement climatique et déconnexion (occup sol constante)

- Augmentation volume causée par changement climatique si tout tuyau (g1)
- Déconnexion diminue fortement les volumes
- Il existe un seuil à partir duquel tous les scénarios climatiques testés sont sous les niveaux de référence (g3?)

Déversoirs d'orages



Conclusions et perspectives

- Imperméabilisation: Débits moyens à la baisse (1% par % d'urbanisation), débits max qui augmentent (+50, +100% en été), déversoirs d'orages très sensibles
- Régime d'écoulement **très sensible** à des perturbations climatiques (peu de stockage sur le bassin versant)
- Gestion à la source:
 - N'impacte que très peu les indicateurs en rivière : ne peut protéger des effets hydrologiques du changement climatique (étiages sévères, crues), ce dernier agissant sur tout le bassin versant et pas seulement sur les zones urbaines du bassin versant.
 - Impacte les indicateurs de rejet en milieu : peut rendre les réseaux résilients face au changement climatique et l'urbanisation (**retenir le seuil d'1/3 ?**)
- Perspectives: robustesse du modèle sur climat futur, amélioration calage (DO?), scénarios plus fins, fonctionnement idéalisé des TAs, valeurs extrêmes, etc.

Merci!

- jeremie.bonneau@inrae.fr



INSA

deep

graie

GRAND LYON



Micro Megas

Projet MicroMegas

Rôle des techniques alternatives sur la gestion des micropolluants dans les RUTP

S. Barraud – R. Garnier – H. Castebrunet



AGENCE FRANÇAISE
POUR LA BIODIVERSITÉ
ÉTABLISSEMENT PUBLIC DE L'ÉTAT

INSA
SFR 4161



ENTPE

CENTRALE LYON

UNIVERSITÉ
LYON 2

JEAN ROUSSEAU

brgm

VeAgre



2015 - 2018

Micro Megas

Contexte du projet

The top image is a 3D diagram of a volcano. It features a conical mountain with a grey, billowing plume of smoke or ash rising from its summit. The mountain's body is brown, and a small green patch is visible at its base. The bottom image is a black and white line drawing of a city map. It shows a complex network of streets and buildings. A prominent, winding river or canal flows through the city, starting from the top left and curving towards the bottom right. The map is oriented with the river as a central feature, and the city grid is shown on either side of it.



A large, landscaped green area with a wooden walkway and a small pond, surrounded by modern residential buildings. The area is well-maintained with green grass, trees, and a wooden bridge over a small stream. The buildings in the background are modern, multi-story structures with red roofs and balconies. The overall scene is a peaceful, green urban environment.



Photo GRAIE – Bassin Portes des Alpes – te

Photo GRAIE – Bassin Portes des alpes – te



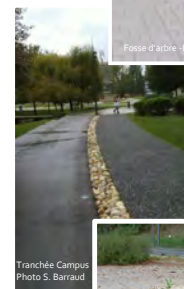
©othu

Photo: E. Silbrud

Noue - Photo E. Sibaud



Fosse d'arbre - Photo E. Sibeud



Tranchée Campus
Photo S. Barraud



CSR – Photo FN Crés



Noue-Photo L. Bacon

Questions

Micro Megas

- Question 1 : Que peut-on attendre du rôle de différentes techniques alternatives vis-à-vis de la réduction des flux de micropolluants véhiculés par les eaux pluviales ?
→ Syst. centralisés vs Syst. à la source
- Question 2 : Quelles perceptions et représentations les maîtres d'ouvrage, les gestionnaires et les usagers de ces ouvrages ont-ils de ces micropolluants ? Est-ce que ces perceptions, et les pratiques qui en résultent, sont de nature à impacter les performances des systèmes eux-mêmes ?
- Question 3 : Quelles prescriptions à mettre en place dans le cadre d'une politique de planification, conception ou gestion (maintenance et contrôle), pour limiter les rejets de micropolluants ? → A retenir

SEMINAIRE SCIENTIFIQUE OTHU | 8 DECEMBRE 2021



Méthodes

Micro Megas

Question 1 :

Efficacité vis-à-vis de l'aptitude des systèmes à gérer les flux d'eau et de micropolluants

SEMINAIRE SCIENTIFIQUE OTHU | 8 DECEMBRE 2021

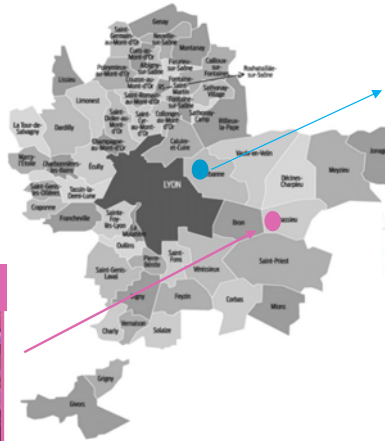
Méthode : Observation *in situ*

Chassieu – BR Django
Reinhardt

Megas



Surf. BV : 185 ha



M
i
c
r
o



CSR
Surf. BV : 94 m²

Syst. Noue
Surf. BV : 302 m²

Syst. Tranchée
Surf. BV : 260 m²



SEMINAIRE SCIENTIFIQUE OTHU | 8 DECEMBRE 2021

Micropolluants étudiés (56)



→ 16 HAPs :

Naphtalène (Nap), Acénaphthylène (Acy), Acénaphène (Ace),
Fluorène (Flu), Phénanthrène (Ph), Anthracène (A), Fluoranthène (Flh),
Pyrène (Pyr), Benzo(a)anthracène (BaA), Chrysène (Chr),
Benzo(b)fluoranthène (BbF), Benzo(k)fluoranthène (BkF),
Benzo(a)pyrène (BaP), Indeno(1,2,3-cd)pyrène (IP),
Dibenzo(a,h)anthracène (D(a,h)A),
Benzo(g,h,i)pérylène(BPER)



→ 12 Pesticides :

2,4-MCPA , atrazine, carbendazime,
diflufenicanil, Diuron, DCPMU,
glyphosate ammonium, Glyphosate, AMPA
Isoproturon, mecoprop, simazine



→ 6 PBDE : B28, B47, B100, B99, B153, B183, B209



→ Bisphenol A (BPA)



→ 7 Alkylphénols : 4-tert-octylphénol (N-OP), octylphénol-mono-éthoxylé, octylphénol-bi-éthoxylé, 4-nonylphénol (4-NP), nonylphénol-mono-éthoxylé, nonylphénol-bi-éthoxylé, nonylphénol- 1-carboxylé

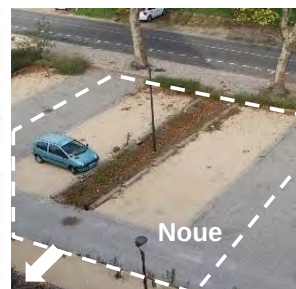


→ 14 ETM : Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Mo, Ni, Pb, Sr, Ti, V, Zn, As, Ba



Efficacité ? Indicateurs

- Efficacité Évènementielle
- Efficacité par rapport à un système traditionnel (REF)
 - ➔ Système centralisé : effluent sortant du Bassin versant par réseau séparatif pluvial alimentant le BR (donc entrée du bassin de retenue)
 - ➔ Systèmes à la source : système de parking imperméable en béton bitumineux
- Au m² actif



Efficacité ? Indicateurs

- Efficacité Évènementielle
- Efficacité par rapport à un système traditionnel (REF)
 - ➔ Système centralisé : effluent sortant du Bassin versant par réseau séparatif pluvial alimentant le BR (donc entrée du bassin de retenue)
 - ➔ Systèmes à la source : système de parking imperméable en béton bitumineux
- Au m² actif

Guide GLIP à venir

FLANAGAN K., BARRAUD S., GROMAIRE M.-C., RODRIGUEZ F., AH-LEUNG S., BACOT L., HONEGGER A., DEROUBAIX J.-F., RAMIER D., VARNEDE L. (2022 à paraître). Guide méthodologique pour l'évaluation de performances des ouvrages de maîtrise à la source des eaux pluviales. Editions OFB, 128 p.

Indicateurs Efficacité / Abattement en termes de flux d'eau

- Efficacité en termes de volumes (%)

$$E_v = (VE_{ref} - VE_{so}) / VE_{ref}$$

- Efficacité en termes de débits de pointe (%)

$$E_Q = (Q_{max_ref} - Q_{max_so}) / Q_{max_ref}$$



Besoin de mesurer les
débits (hydrogrammes) et
volumes
+ pluviométrie

VE_{pluie} : volume évènementiel en entrée de pluie sur le dispositif à la

VE_{so} : volume évènementiel en sortie

Q_{p_ref} : débit de pointe évènementiel sur surface de référence

Q_{p_so} : débit de pointe évènementiel en sortie d'ouvrage

Efficacité / Abattement de micropolluants

- Efficacité en termes de concentrations (%)

$$E_c = (CME_{ref} - CME_{so}) / CME_{ref}$$

Aptitude à
traiter
(processus
interne de
dépollution)



- Efficacité en termes de masses au m² actif (%)

$$E_m = (M_{ref} - M_{so}) / M_{ref}$$

Besoin de mesurer des
concentrations
évènementielles
représentatives de la
pluie échantillonnée
En phase dissoute et
particulaire



Aptitude à
limiter les
rejets
polluants

CME_{ref} : Concentration des eaux

CME_{so} : Concentration des eaux

M_{ref} : Masse évènementielle

M_{so} : Masse évènementielle

sortie d'ouvrage
surfaces de référence
d'ouvrage

Principaux résultats

En termes d'efficacités vis-à-vis de l'aptitude des systèmes à gérer les flux d'eau et de micropolluants

SEMINAIRE SCIENTIFIQUE OTHU | 8 DECEMBRE 2021

Concentrations sur site de référence

(entrée BR ou
parking imperméable)

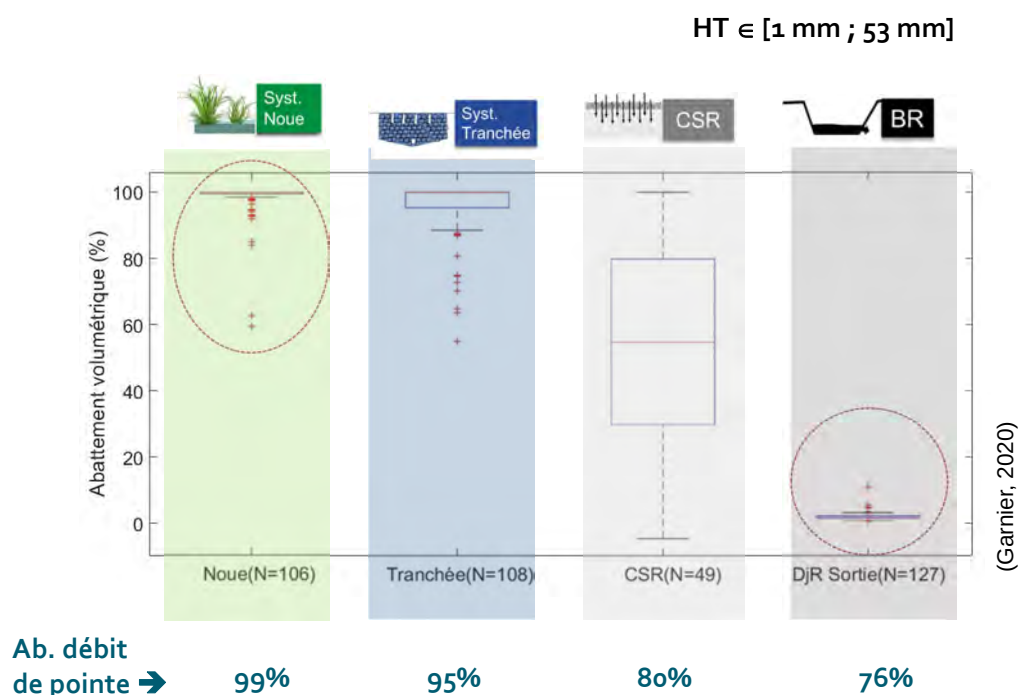
- Présence avérée de toutes les familles de MP
- En concentrations, les eaux sont
 - **chargées en :**
 - ETM
 - >> NQE : As, Cd **SPD**, Pb SP, Cr, Cu, Zn
 - HAP
 - >> NQE : Fluoranthène **SP**, Benzo(b)fluoranthène **SPD**, Benzo(k)fluoranthène **SPD**, Benzo(g,h,i)pérylène **SPD**
 - Certains alkylphénols
 - > NQE : 4-Tert-Octylphénol **SP**, Octylphénol-mono-éthoxylé
 - **Peu chargées en :**
 - Pesticides (les plus présents carbendazime, Atrazine **SP** et Diuron **SP**)
 - BPA (très forte occurrence)
 - PBDE
- Dans la gamme des concentrations de la littérature quand elles existent (plutôt la **frange moyenne à basse**)

Concentrations sur site de référence

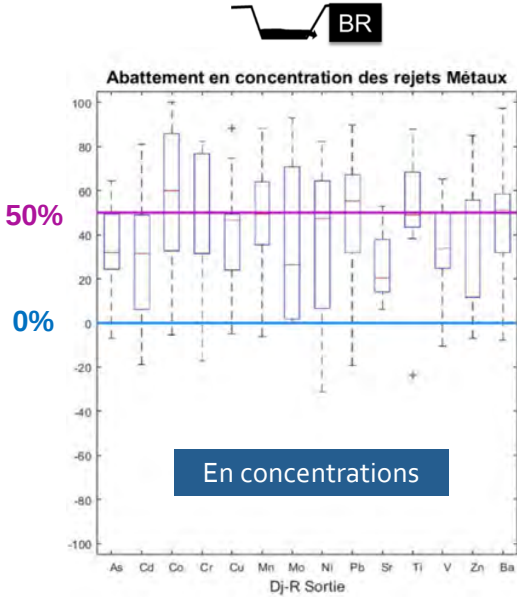
(entrée BR ou Parking imperméable)

- Concentrations **plutôt plus élevées en médiane en entrée du bassin de retenue (syst. centralisé)** comparées au parking (référence des systèmes à la source)
- En raison de la grande variabilité, **pas de différence statistique entre les distributions de concentrations des systèmes centralisés et décentralisés** pour la majorité des MP
- Pas toujours particulière**
Majorité ETM, HAP, PBDE (particulière $f_p > 75\%$), pesticides et BPA sont dissous ($f_p < 10\%$) et AP ($f_p < 10\%$)

Abattement des volumes et des débits de pont

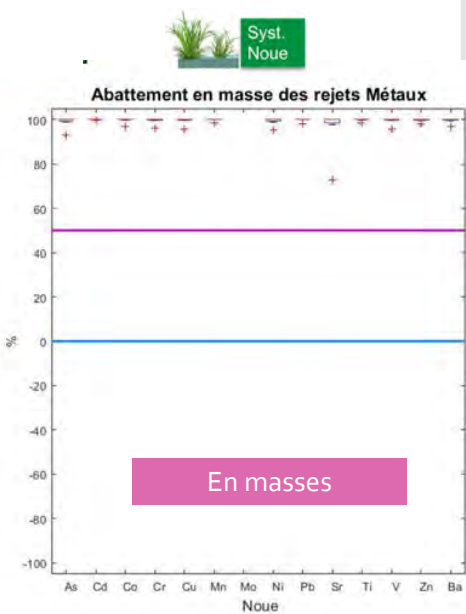
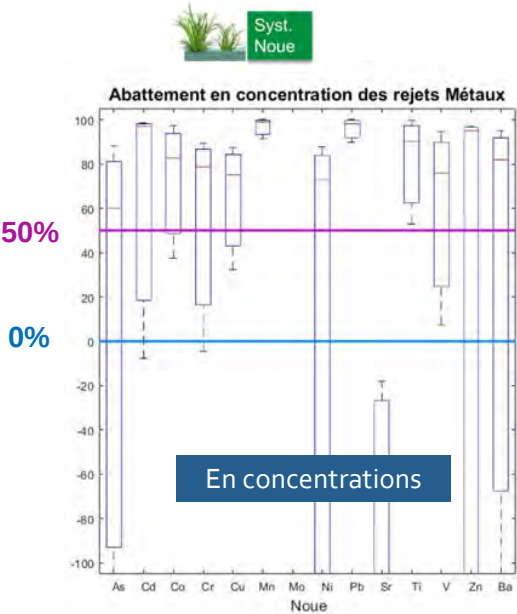


Abattements en ETM (bassin de retenue centralisé)

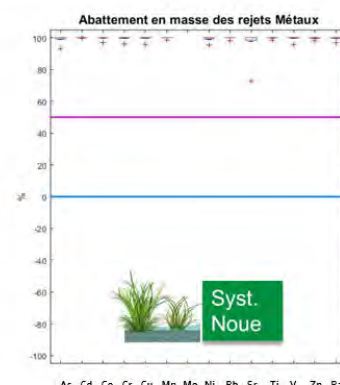
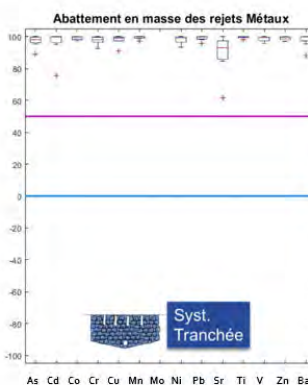
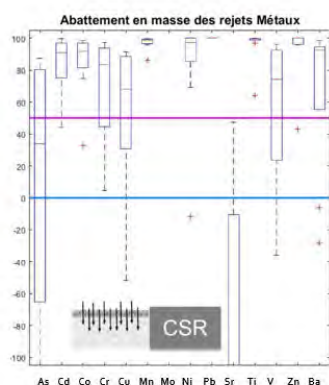
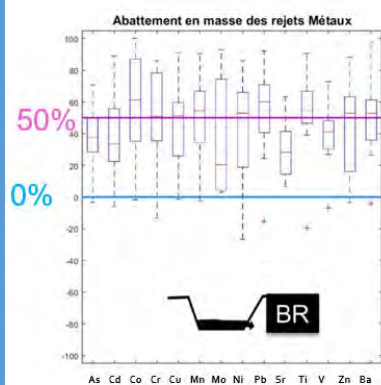
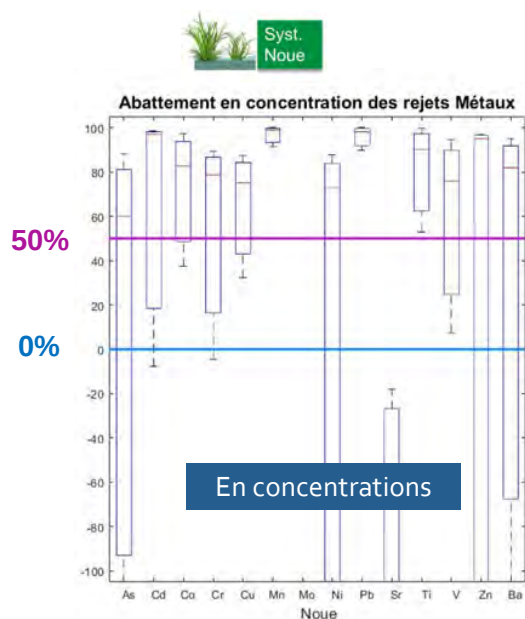


SEMINAIRE SCIENTIFIQUE OTHU | 8 DECEMBRE 2021

Abattements en ETM (Parking muni de la noue)



Abattements en ETM (Parking muni de la noue)



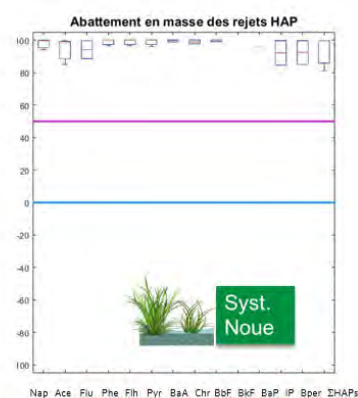
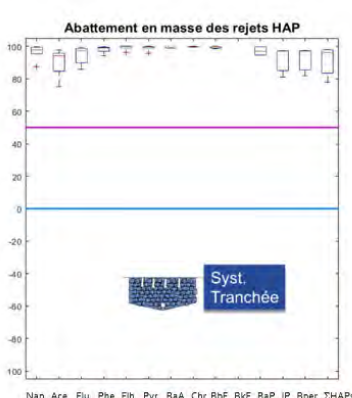
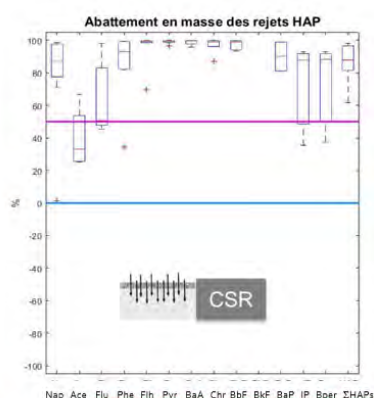
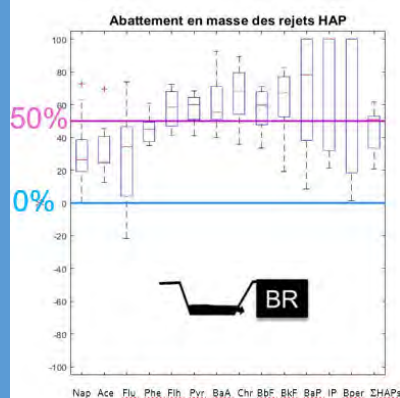
Garnier (2020)

As Cd Co Cr Cu Mn Mo Ni Pb Sr Ti V Zn Ba

Effet de filtration mais surtout effet d'absorption des volumes

→ Gérer les volumes est un bon levier pour gérer la pollution sur les pluies fréquentes

Garnier (2020)



Abattements en masse au m² actif en HAPs

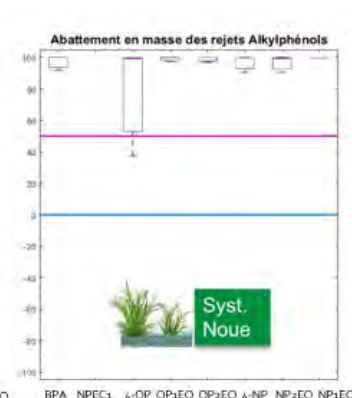
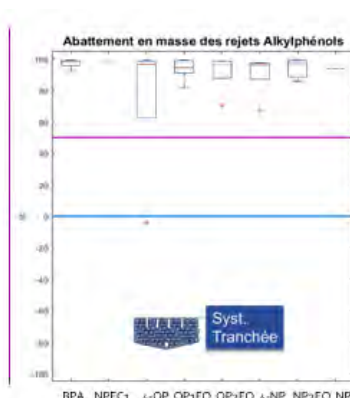
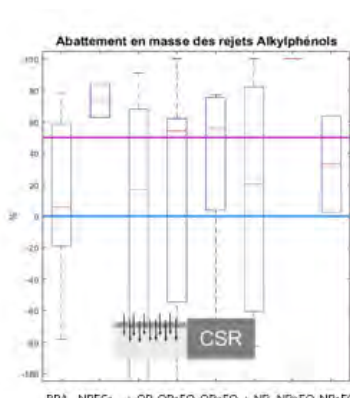
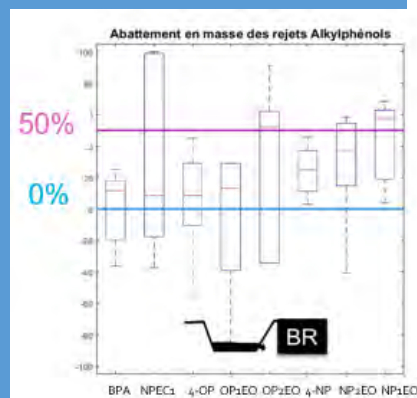
Nap	Naphtalène	Flh	Fluoranthène	BkF	Benzo(k)fluoranthène
Acy	Acénaphthylène	Pyr	Pyrène	BaP	Benzo(a)pyrène
Ace	Acénaphthène	BaA	Benzo(a)anthracène	IP	Indeno(1,2,3-cd)pyrène
Flu	Fluorène	Chr	Chrysène	D(a,h)A	Dibenzo(a,h)anthracène
Phe	Phénanthrène	BbF	Benzo(b)fluoranthène	Bper	Benzo(g,h,i)peryène
A	Anthracène				

→ Vérifié sur HAP aussi

SEMINAIRE SCIENTIFIQUE OTHU | 8 DECEMBRE 2021



Garnier (2020)



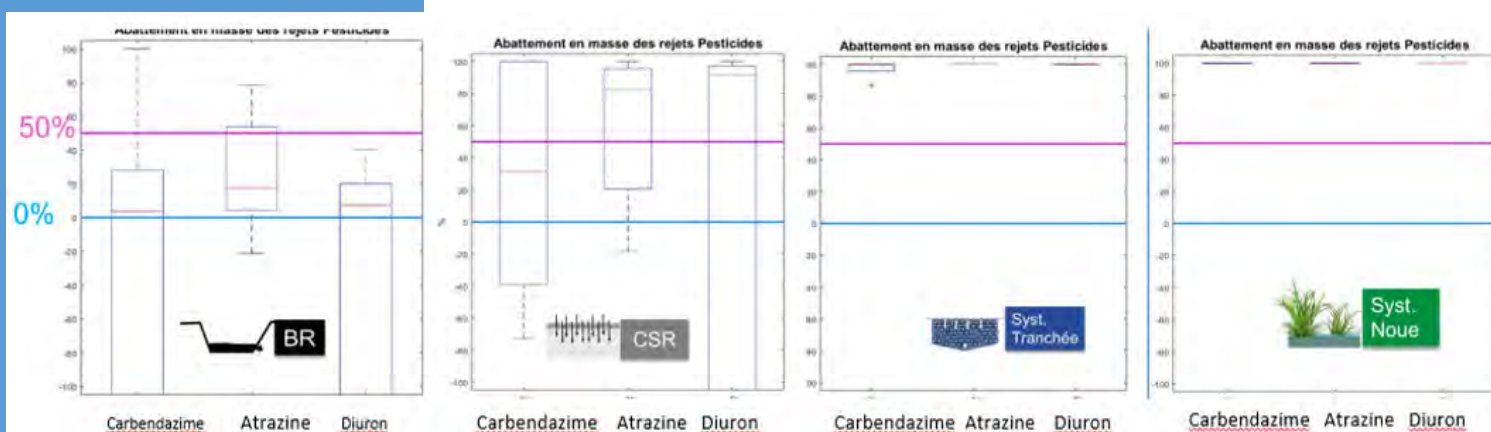
Abattements en masse au m² actif en Alkylphénols

BPA	Bisphénol A	à surveiller	OP2EO	Octylphénol-di-éthoxylé
NPEC1	Nonylphenol-1-carboxylé	DCE, SP	4-NP	4-Nonylphénol DCE, SP
4-OP	4-Tert-Octylphénol	DCE, SP	NP2EO	Nonylphénol-di éthoxylé DCE, SP
OP1EO	Octylphénol-mono-éthoxylé		NP1EO	Nonylphénol-mono-éthoxylé DCE, SP

→ Vérifié sur AP

SEMINAIRE SCIENTIFIQUE OTHU | 8 DECEMBRE 2021



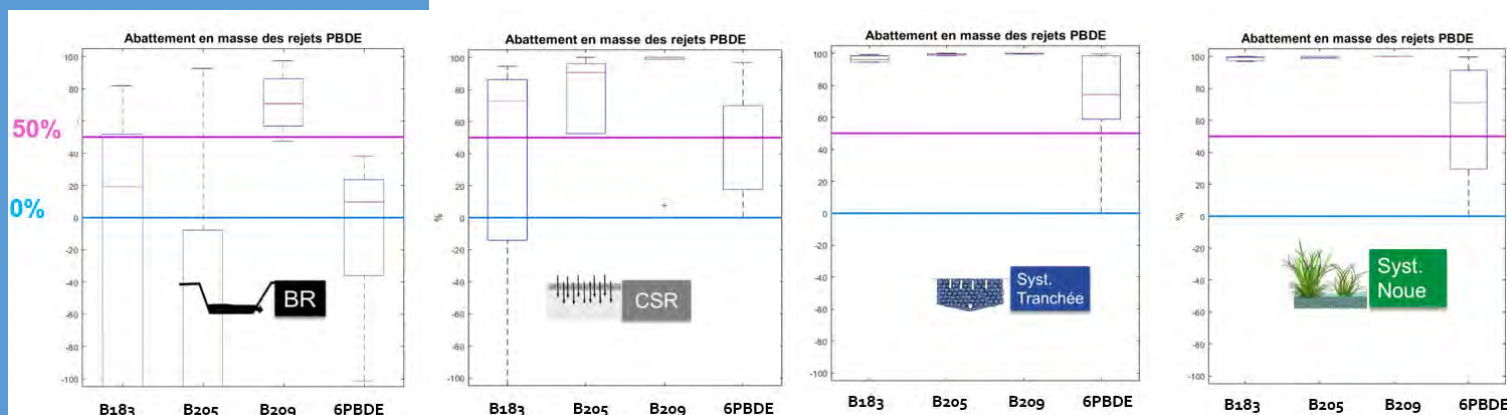


Efficacité en
masse au m² actif
en pesticides

→ Vérifié sur pesticides

SEMINAIRE SCIENTIFIQUE OTHU | 8 DECEMBRE 2021

Abattements en
masse au m² actif
en PBDE



→ Vérifié sur PBDE aussi

SEMINAIRE SCIENTIFIQUE OTHU | 8 DECEMBRE 2021

En bref !

- **La pollution des eaux pluviales urbaines est avérée.** Les concentrations inter-événementielles des différents MP sont **très variables** (confirmés)
- **Les MP sont particuliers mais pas uniquement**
 - Les efficacités sont meilleures en masse notamment pour les dispositifs qui abattent beaucoup de volumes (Noue, Tranchée), vrai pour tous les MP
 - ➔ Abattre les volumes et donc de favoriser l'infiltration ou l'absorption par les substrats est un bon levier
 - ➔ Une stratégie réglementaire d'abattement des volumes est plus efficace qu'une stratégie de limitation des débits pour lutter contre la pollution des rejets ➔ stratégie de la métropole (HT<15mm)

- La **gestion alternative des eaux pluviales, une approche efficace de maîtrise des flux de micropolluants** dont la présence est avérée
- **Agir sur les volumes** c'est contribuer à intercepter les flux polluants (ouvrages perméables végétalisés, viser les faibles pluies ... nombreuses !)
- **Favoriser les dispositifs basés sur la filtration** notamment dispositifs végétalisés (rétention efficace de l'eau et des polluants hydrophobes dans les premiers cm de sol ... mais pas par phytoextraction)
- **Favoriser la gestion à la source** (faibles concentrations à traiter et à piéger)
- **Les systèmes centralisés sont meilleurs qu'une solution réseau**
- Besoin de compléter la base de données (n=4 à 14 selon MP)



À RETENIR!

Méthodes

Question 2 : Quelles perceptions et représentations les maîtres d'ouvrage, les gestionnaires et les usagers de ces ouvrages ont-ils de ces micropolluants ? Est-ce que ces perceptions, et les pratiques qui en résultent, sont de nature à impacter les performances des systèmes eux-mêmes ?

SEMINAIRE SCIENTIFIQUE OTHU | 8 DECEMBRE 2021

3 volets
abordés

- **Perception et des connaissances que peuvent avoir les usagers** à propos des **techniques à la source** et des **micropolluants**
- La manière dont les acteurs de l'eau considèrent les dispositifs à la source et les micropolluants et la **manière dont ils envisagent ces dispositifs comme moyen de traiter les micropolluants**
- **Possible inertie organisationnelle des collectivités** dans leur appropriation d'une stratégie de contrôle à la source.

SEMINAIRE SCIENTIFIQUE OTHU | 8 DECEMBRE 2021



MERCI
de votre
attention

SEMINAIRE SCIENTIFIQUE OTHU | 8 DECEMBRE 2021

<http://www.graie.org/micromegas-lyon/>

Annexes

SEMINAIRE SCIENTIFIQUE OTHU | 8 DECEMBRE 2021

Approches méthodologiques

- Enquête par entretiens semi-directifs auprès des acteurs de l'eau du Grand Lyon (n=24)
- Enquête par questionnaire auprès d'utilisateurs du campus Lyon Tech La Doua (n=828)
- Analyse textuelle de corpus documentaires
- généraliste (*La Gazette des Communes*), spécialisée (*TSM, Eaux et Sauvons l'eau*)
- Démarche de type socio-anthropologique basée sur l'immersion longue d'une chercheuse au sein de différents services de la métropole et de la ville de Lyon.

Niveau	Réalisées
National	2
Régional	2
Départemental	1
Local : Grand Lyon, Villeurbanne, bureau d'études	16
Site : Doua	3
Total	24



SEMINAIRE SCIENTIFIQUE OTHU | 8 DECEMBRE 2021



Principaux résultats

Question 2 : Quelles perceptions et représentations les maîtres d'ouvrage, les gestionnaires et les usagers de ces ouvrages ont-ils de ces micropolluants ? Est-ce que ces perceptions, et les pratiques qui en résultent, sont de nature à impacter les performances des systèmes eux-mêmes ?

SEMINAIRE SCIENTIFIQUE OTHU | 8 DECEMBRE 2021

Quelques résultats

- La connaissance de la pollution des eaux pluviales quelle que soit les dispositifs techniques est peu développée
- Question des MP et des TA peu abordée spontanément par les acteurs techniques et le lien entre solutions à la source et MP n'est pratiquement jamais fait
- Question peu abordée y compris dans la littérature technique. Quand abordée les MP sont associés à la gestion par réseau (déversoir d'orage, réseau unitaire), pas aux techniques alternatives
- Il en est de même dans le corpus de littérature technique. Les micropolluants sont rarement cités et.
- Les attentes en matière de connaissances sont cependant fortes (quels impacts sur le milieu ? quel niveau de risque liés aux micropolluants ? sont des questions récurrentes).
- Il y a une vraie culture de site à promouvoir pour expliquer, montrer et former les personnels en charge de leur gestion qu'elle soit publique ou privée (présence d'eau dans les noues ne semble pas être normale, chantier)
- Le maintien des performances passe par une stratégie de gestion patrimoniale impliquant une bonne cohésion des acteurs à l'échelle des collectivités territoriales

SEMINAIRE SCIENTIFIQUE OTHU | 8 DECEMBRE 2021



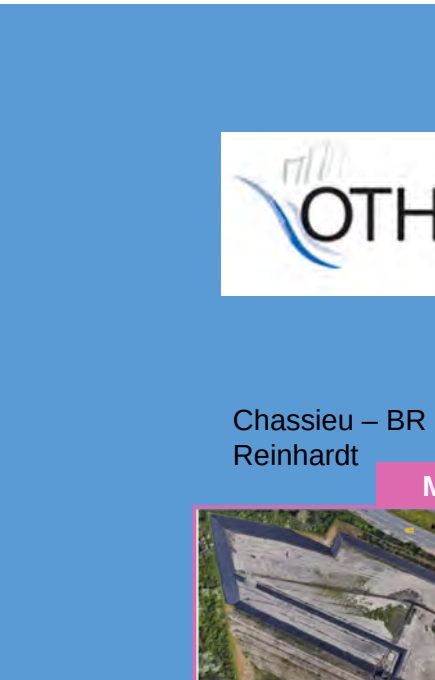
À RETENIR!

Conclusions

- La **gestion alternative des eaux pluviales, une approche efficace de maîtrise des flux de micropolluants**
- **Agir sur les volumes** c'est contribuer à intercepter les flux polluants (ouvrages perméables végétalisés, viser les faibles pluies ... nombreuses !)
- **Favoriser les dispositifs basés sur la filtration** notamment dispositifs végétalisés (rétention efficace de l'eau et des polluants hydrophobes dans les premiers cm de sol ... mais pas par phytoextraction)
- **Favoriser la gestion à la source** (faibles concentrations à traiter et à piéger)
- **Les systèmes centralisés sont meilleurs qu'une solution réseau**

SEMINAIRE SCIENTIFIQUE OTHU | 8 DECEMBRE 2021



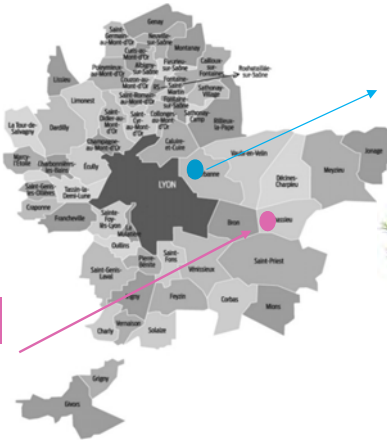


Chassieu – BR Django Reinhardt

Megas



EcoCampus Lyon Tech
La Doua



Dispositif centralisé

Méthode :
Observation *in situ*

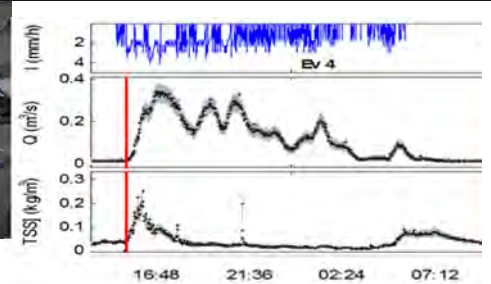
Système centralisé :
bassin de retenue (BR)



Flux d'eau

Mesure en continu en temps de pluie (dt: 2 min)

- Débitmétrie
- Pluviométrie



Concentrations Micropolluants (MP)

- Echantillonnage proportionnel au débit
→ Ech. moyen évènementiel (CME)
- Analyse en phases dissoute et particulaire
- Flacon verre ambré ou plastique selon MP

Ref (Entrée du BR) = Syst. Réseau séparatif pluvial traditionnel
En sortie = Syst. De retenue/décantation



Méthode : Observation *in situ*

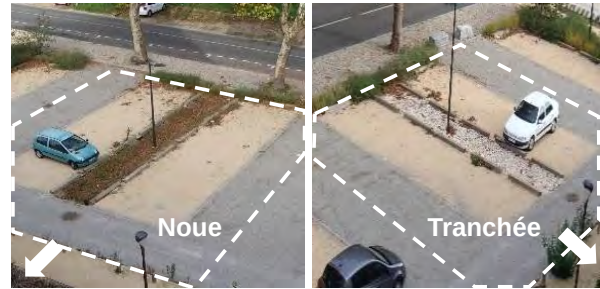
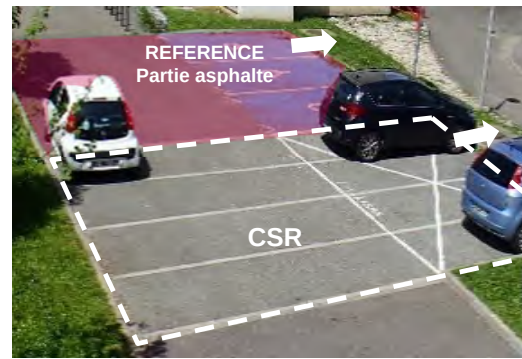
Flux d'eau

Mesure en continu en temps de pluie (dt: 2 min)

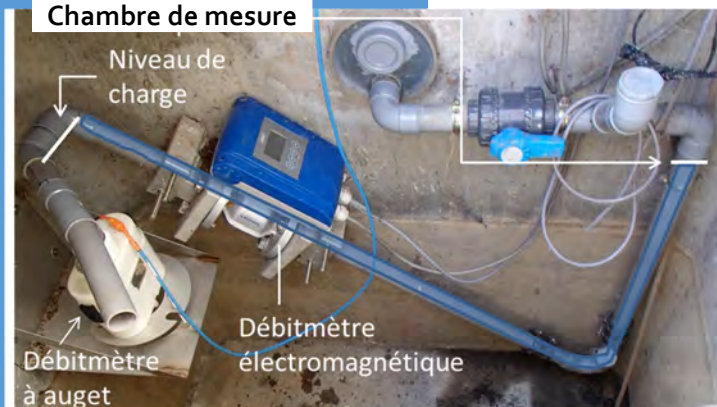
- Débitmétrie
- Pluviométrie (Ref)

Concentrations Micropolluants (MP)

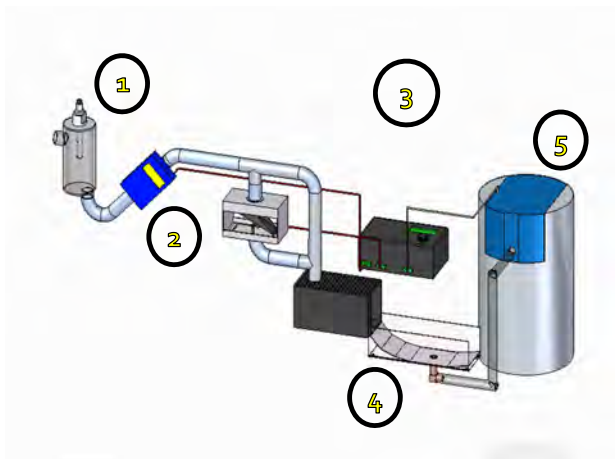
- Echantillonnage proportionnel au débit
→ (CME)
- Analyse en phases dissoute et particulaire
- Bidon plastique téflonné puis verre ou plastique selon MP



Chambre de mesure



1. Conductivité, température
2. Débitmètre électromagnétique [75 - 3500L/h] + débitmètre à auget [0 - 100L/h]
3. Centrale d'acquisition
4. Bac de mélange
5. Préleveur monoflacon



Efficacité / Abattement de micropolluants

- Efficacité en termes

$$E_c = (CME_{ref} -$$

- Efficacité en termes

$$E_m = (M_{ref} - M_s$$

CME_{ref} : Concentration moyenne des eaux issues des s

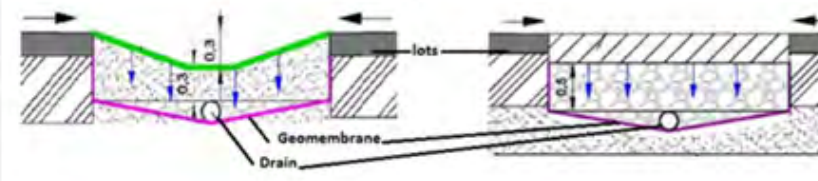
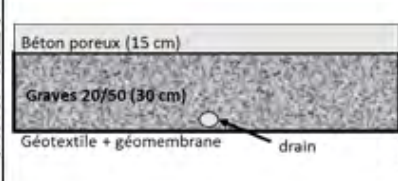
CME_{so} : Concentration moyenne

M_{ref} : Masse événementielle

M_{so} : Masse événementielle

Au sujet des indicateurs :

- Présenté ci-après en phase totale
- Indicateur nécessite des données appariées (Ref/Sortie) → vraie difficulté
- Indicateurs en % présentent des biais notamment
 - pour les concentrations ou masses faibles ou peu contrastées en entrée ou sur les surfaces de référence
 - garder un regard sur les niveaux de concentrations et de masses
- Mais permet de visualiser des tendances (indicateurs classiques)
 - Guide méthodologique bientôt disponible GLIP

Système		
Ouvrage (coupe)		

Projet FROG (janvier 2017 – juillet 2021)

Functional responses of groundwater ecosystems to aquifer recharge in urban area

Porteur : Florian Mermillod-Blondin
UMR 5023 LEHNA, CNRS, Université Lyon 1



Contexte

Eaux souterraines et alimentation en eau potable (65% des besoins de l'UE)

→ Recharge des nappes phréatiques : une nécessité

Urbanisation et gestion des eaux de ruissellement pluvial

→ Favoriser les pratiques d'infiltration

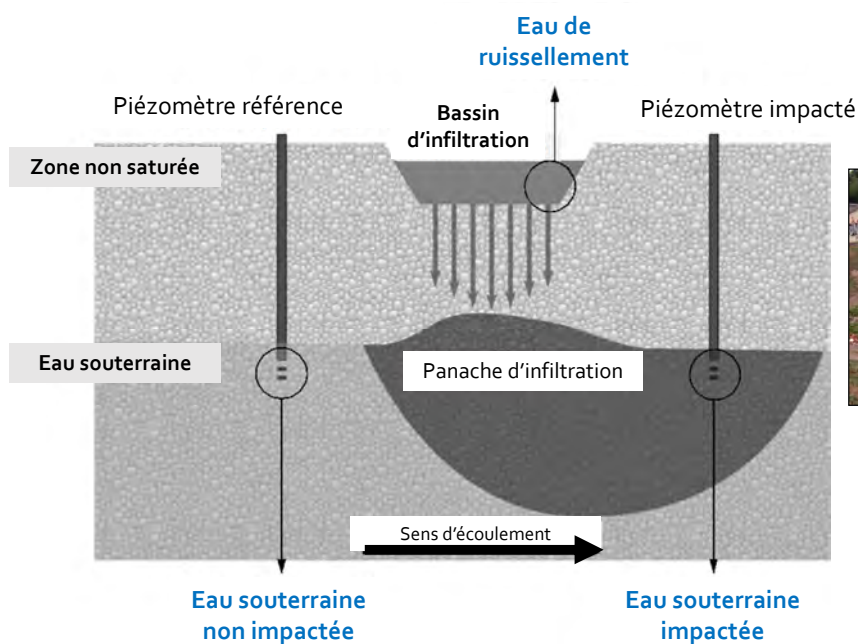
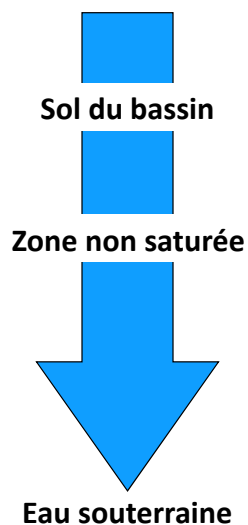
Influence de ces pratiques sur la qualité des eaux souterraines :

Transferts de polluants chimiques et biologiques ?

Modification des communautés microbiennes de l'écosystème « nappe » ?

Recharge de la nappe par les eaux de ruissellement pluvial

Eau de ruissellement

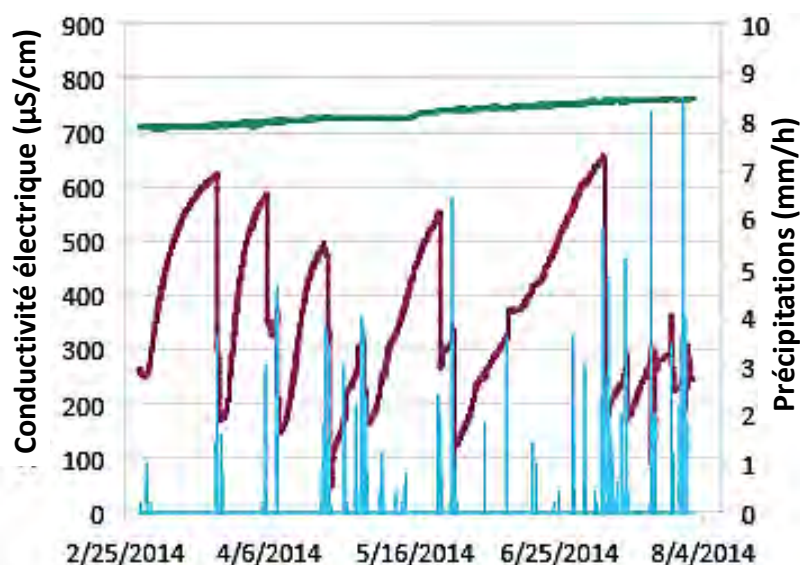


Site de l'IUT sur le Campus de la Doua

SEMINAIRE SCIENTIFIQUE OTHU | 8 DECEMBRE 2021

Transferts des bassins vers la nappe : perturbations

Enregistrements de la conductivité électrique en amont et à l'aval d'un bassin

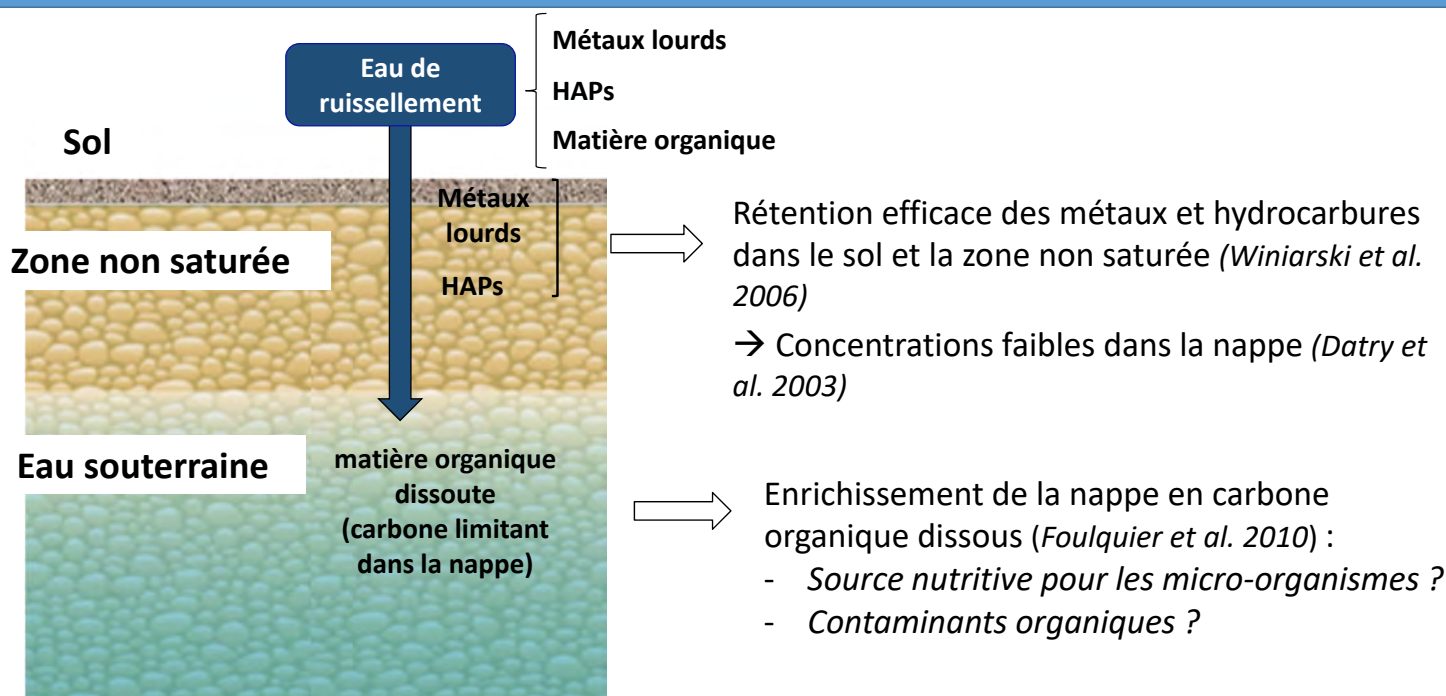


- Précipitations (mm/h)
- Nappe non impactée (piézomètre de référence)
- Nappe impactée (piézomètre impacté)

- Transfert d'eau pluviale peu minéralisée de la surface des bassins vers la nappe
- Perturbation pour l'écosystème nappe

SEMINAIRE SCIENTIFIQUE OTHU | 8 DECEMBRE 2021

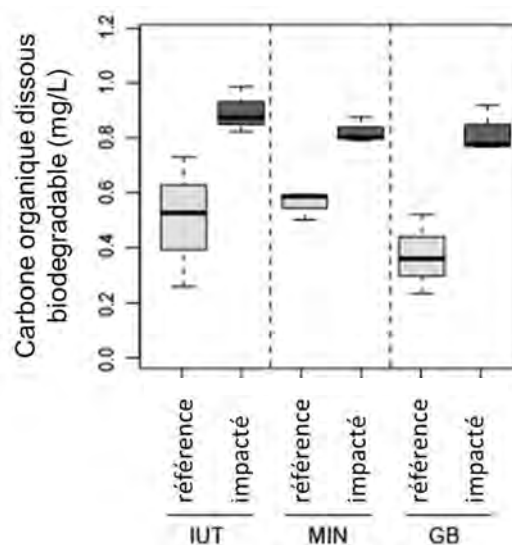
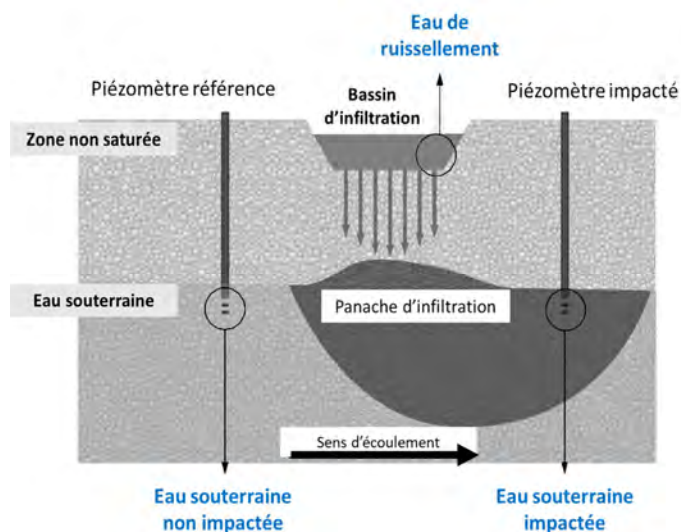
Transferts de contaminants



SEMINAIRE SCIENTIFIQUE OTHU | 8 DECEMBRE 2021

Transferts de matière organique

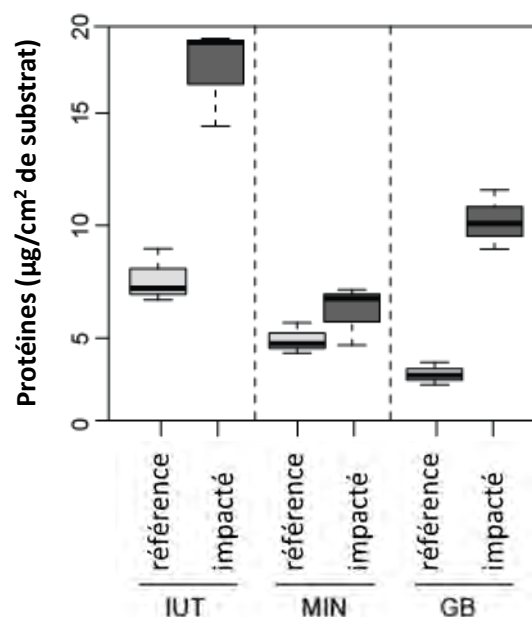
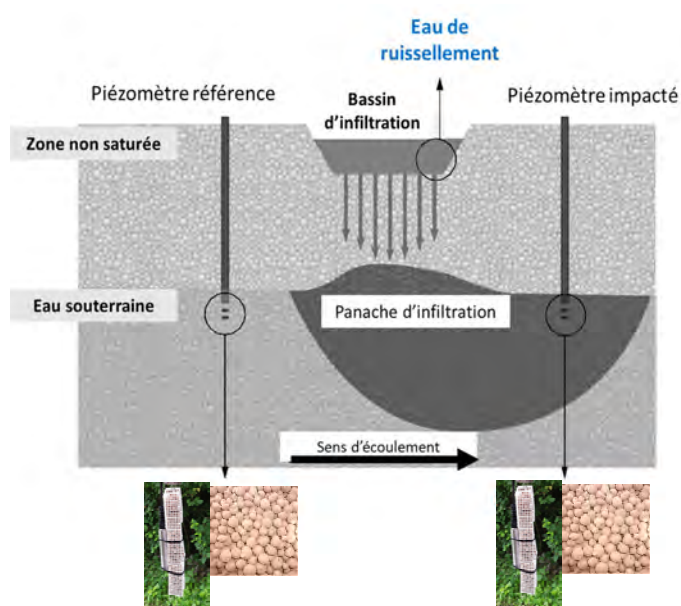
Mesures réalisées sur trois sites d'infiltration en zone impactée et de référence



→ Enrichissement en carbone organique dissous disponible pour les micro-organismes

SEMINAIRE SCIENTIFIQUE OTHU | 8 DECEMBRE 2021

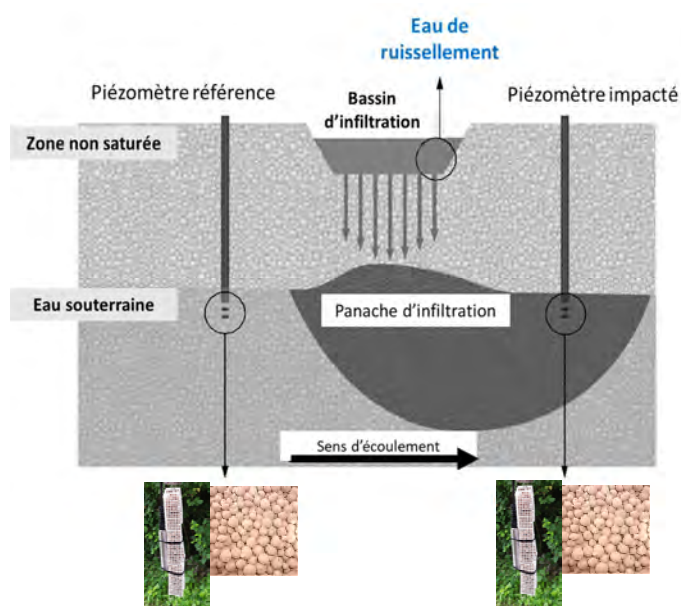
Impacts sur la croissance microbienne



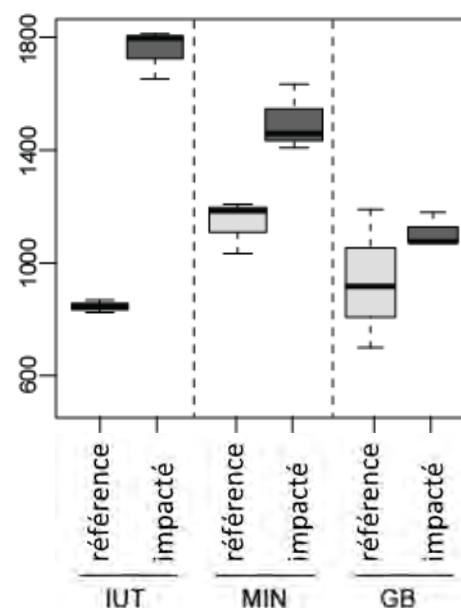
Utilisation de substrats artificiels
(Voisin et al. 2016, Mermillod-Blondin et al. 2019)

SEMINAIRE SCIENTIFIQUE OTHU | 8 DECEMBRE 2021

Impacts sur la diversité microbienne

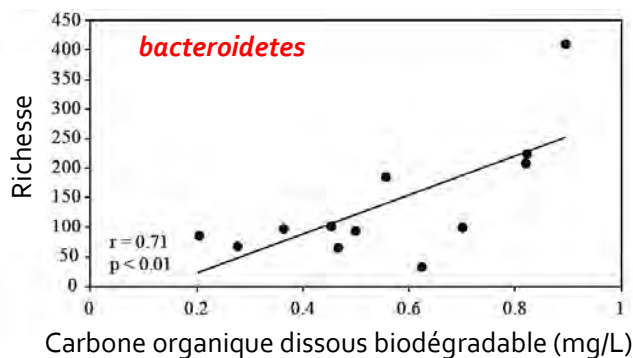
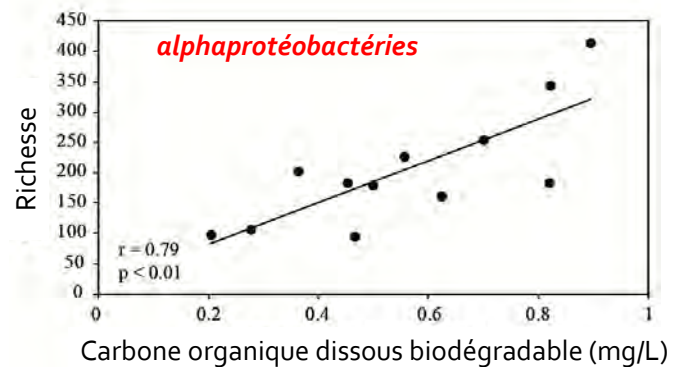
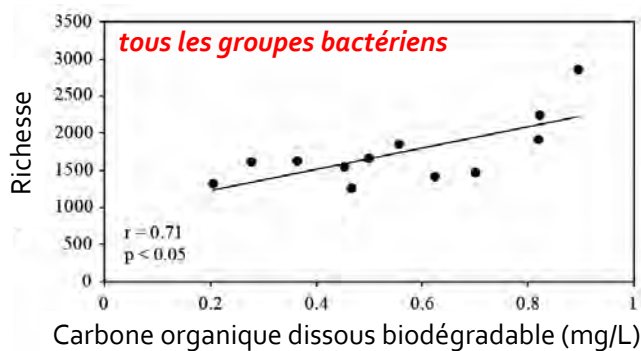


Nombre de taxons bactériens
(richesse en OTUs)



SEMINAIRE SCIENTIFIQUE OTHU | 8 DECEMBRE 2021

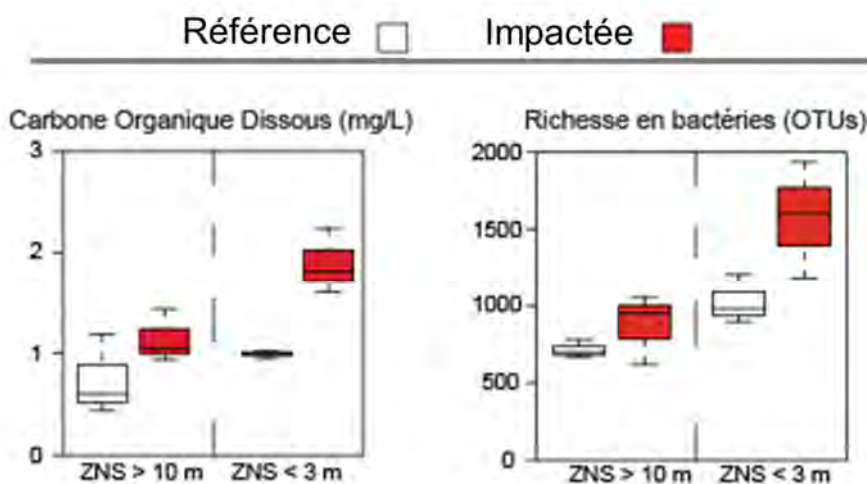
Impacts sur la diversité bactérienne



- l'apport de carbone organique par l'infiltration stimule le compartiment microbien (biomasse, activité, diversité)
- Utilisation du compartiment microbien pour évaluer l'impact des infiltrations sur l'état écologique de la nappe phréatique

Rôle de l'épaisseur de zone non saturée

Mesures réalisées sur six sites d'infiltration : 3 avec une ZNS > 10 m et 3 avec une ZNS < 3 m



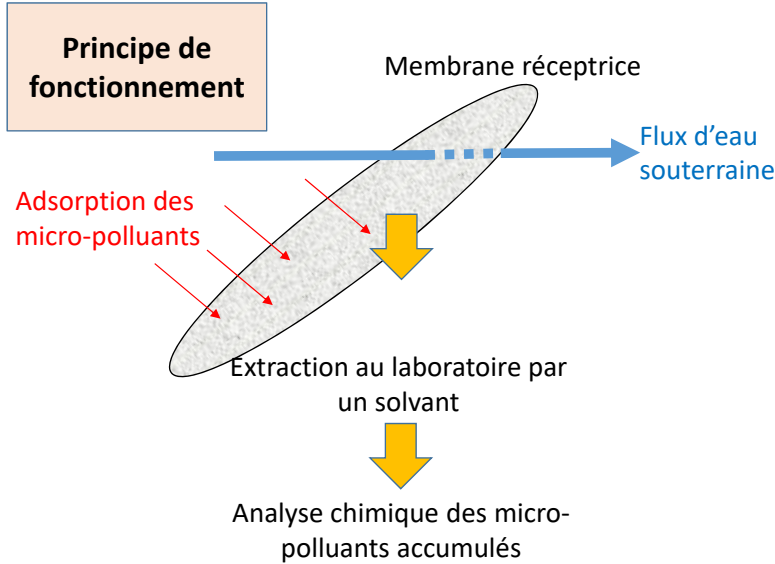
La protection de la nappe augmente avec l'épaisseur de la zone non saturée ... et le temps de transit de la surface vers la nappe

Influence de l'épaisseur de la zone non saturée (= temps de transit)

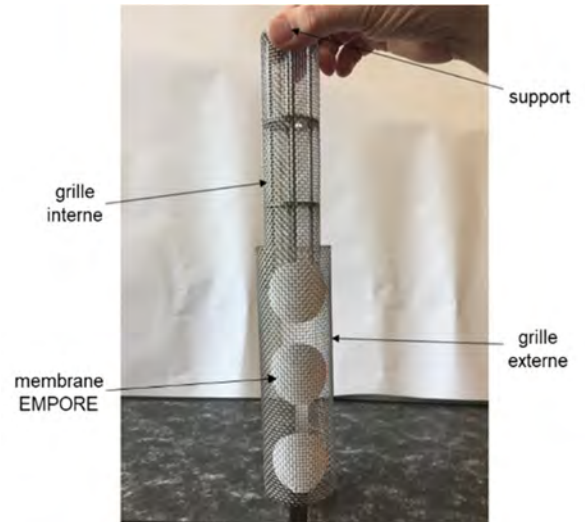
(Voisin et al. 2018, 2020)

Transfert de matière organique = transfert de contaminants organiques ?

Des échantillonneurs passifs pour évaluer la contamination de la nappe : les chemcatchers

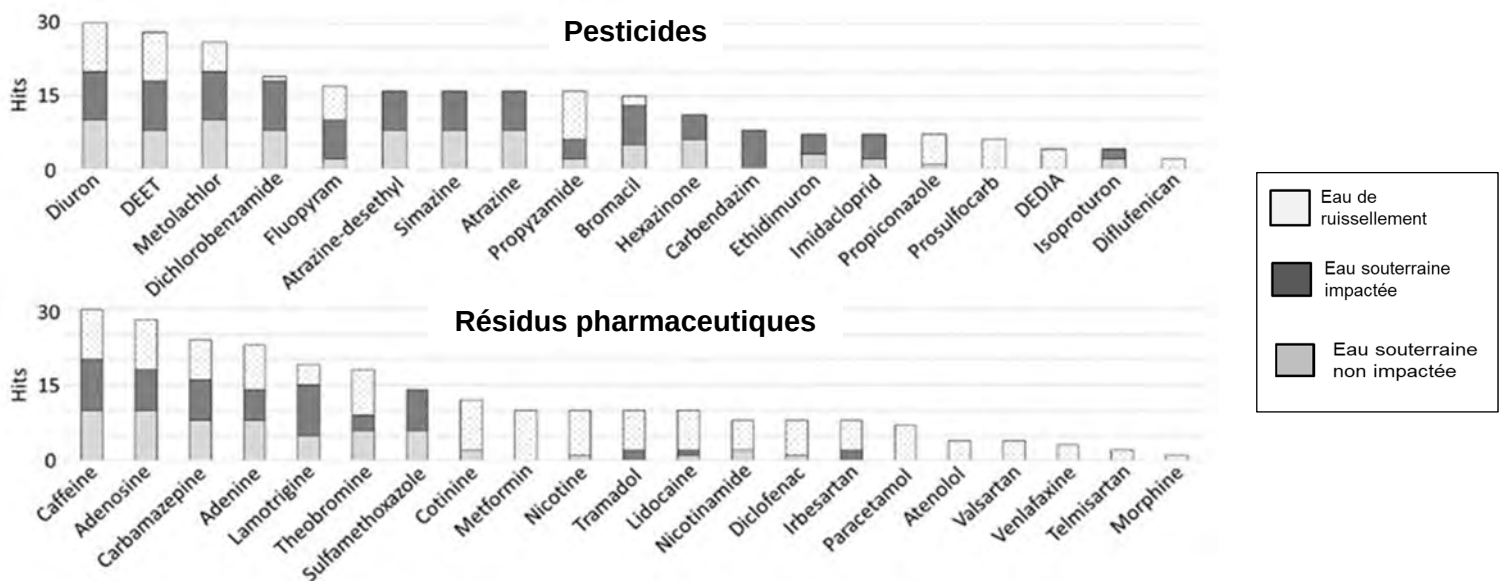


SEMINAIRE SCIENTIFIQUE OTHU | 8 DECEMBRE 2021



Prototype réalisé dans le cadre de la thèse de L. Pinasseau

Pesticides et pharmaceutiques retrouvés



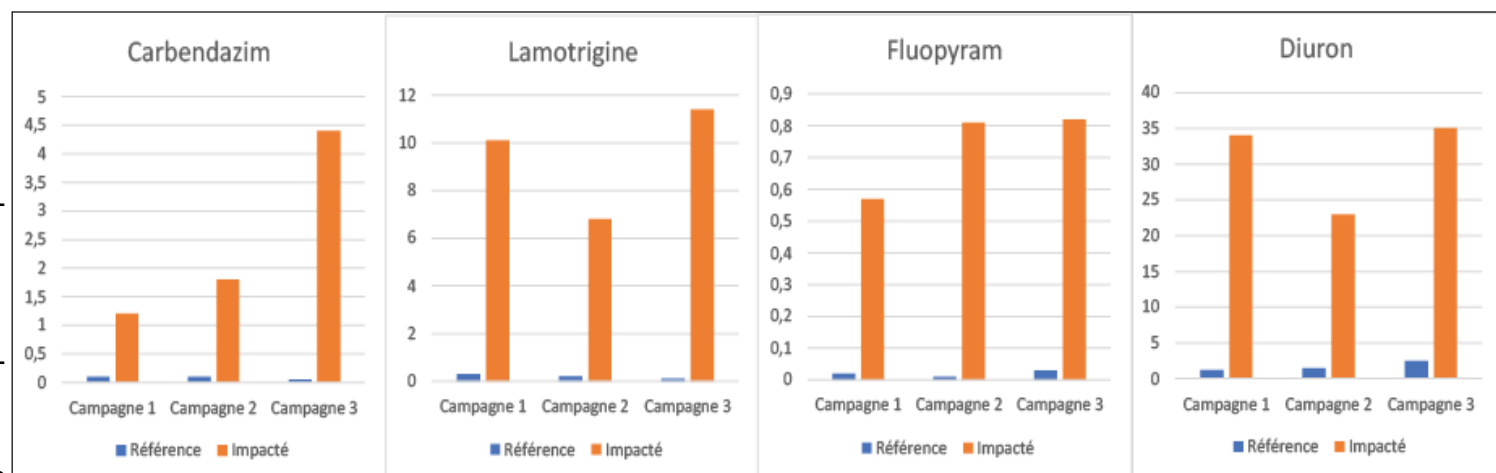
→ Première évaluation de pharmaceutiques dans les systèmes d'infiltration (Pinasseau et al. 2019)

SEMINAIRE SCIENTIFIQUE OTHU | 8 DECEMBRE 2021

Infiltration et contamination de la nappe

Incubation de chemcatchers pendant 10 jours lors de trois campagnes pluvieuses sur 4 sites d'infiltration

ng de composé extrait par chemcatcher



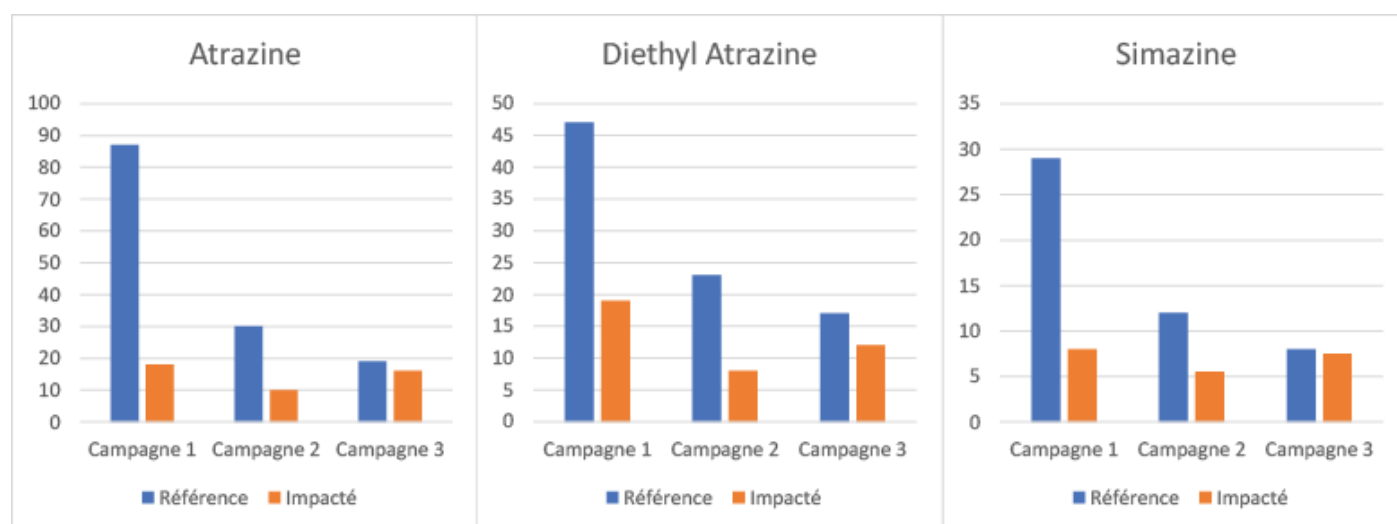
→ Contamination pour trois pesticides et un pharmaceutique (lamotrigine)

SEMINAIRE SCIENTIFIQUE OTHU | 8 DECEMBRE 2021

Infiltration et contamination de la nappe

Incubation de chemcatchers pendant 10 jours lors de trois campagnes pluvieuses sur 4 sites d'infiltration

ng de composé extrait par chemcatcher



→ Dilution de contaminants historiques (certains pesticides) des nappes

SEMINAIRE SCIENTIFIQUE OTHU | 8 DECEMBRE 2021

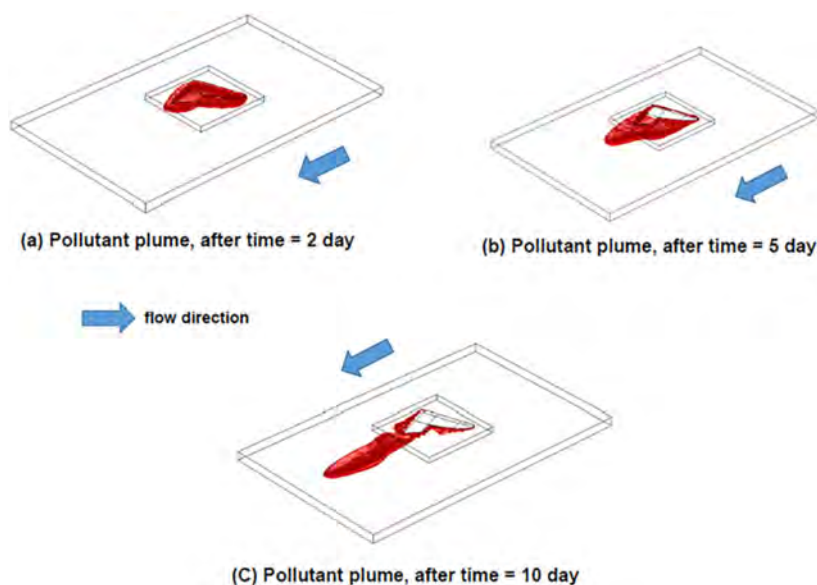
Principales conclusions

- Développement d'une méthodologie adaptée pour évaluer l'impact de systèmes d'infiltration sur les nappes
- La zone non saturée constitue un filtre efficace pour limiter le transfert de contaminants urbains (métaux lourds et hydrocarbures).
- Un enrichissement en matière organique dissoute associé à l'infiltration peut être observé.
- Cet enrichissement va stimuler la croissance et la diversité des microorganismes. Ces organismes peuvent être utilisés comme des indicateurs de la qualité des nappes.
- Pour les pesticides et les pharmaceutiques, l'infiltration d'eau de ruissellement urbain peut avoir des effets négatifs ou positifs sur la qualité de la nappe en fonction des composés étudiés.

SEMINAIRE SCIENTIFIQUE OTHU | 8 DECEMBRE 2021

Résultats et perspectives

Modélisation hydrogéologique en 3D
(site de Django-Reinhardt, *Bahar et al. 2021*)



Estimer les transferts hydrologiques et de contaminants associés à l'échelle de l'ouvrage

Coupler hydrogéologie, chimie et microbiologie

(Thèse de Y. Lebon)

SEMINAIRE SCIENTIFIQUE OTHU | 8 DECEMBRE 2021

Merci !



Plusieurs actrices et acteurs du projet FROG



SEMINAIRE SCIENTIFIQUE OTHU | 8 DECEMBRE 2021

graie

www.graie.org

Domaine scientifique de la
Doua Bâtiment CEI
66 Bd Niels Bohr - CS 52132
69603 VILLEURBANNE cedex
asso@graie.org