

pourra commencer dès la mise en place de l'équipement Sense-City fin 2019 et consistera en premier lieu en un suivi hydrologique complet, conjugué la deuxième année à un suivi qualitatif.

Ces deux approches devront permettre de mettre en place un projet de thèse avec une collectivité comme la Ville de Paris ou une entreprise du pluvial, en élargissant l'expérimentation de Sense-City.

RESULTATS ATTENDUS ET RETOMBES

Le résultat attendu à l'issue du premier volet est un état d'art sur les arbres de pluie comme technique alternative pour la gestion des eaux pluviales, basé sur les données de la littérature et des cas existants. Les résultats à l'issue de la deuxième année seront la connaissance des ordres de grandeurs fonctionnel d'un pilote et un projet de mise en place à grandeur réelle. La recherche permettra de tester un nouvel équipement pour la gestion des eaux pluviales type "arbre de pluie" dans des conditions hydrologiques et environnementales satisfaisant les exigences de la ville.

PARTENAIRES

Sense-city, IFFSTAR, Cerema, Ville de Paris, autres

CONTACTS

Martin SEIDL, Leesu, martin.seidl@enpc.fr



ACTION R3.4 : DEVENIR DES MICROPOLLUANTS PIEGES DANS LES SUBSTRATS - INTERACTIONS DIVERSITE MICROBIENNE ET BIODEGRADABILITE DES MICROPOLLUANTS ORGANIQUES

CONTEXTE

La gestion à la source des eaux pluviales dans des ouvrages favorisant la filtration par le sol naturel ou un substrat adapté (ouvrages d'infiltration ou de biorétention) s'avère un moyen efficace pour lutter contre la pollution diffuse des milieux aquatiques (Ahiablame et al., 2012; Flanagan et al., 2018; Li and Davis, 2009). Elle permet en effet la rétention des micropolluants dans la couche superficielle du substrat. Dans le cas des métaux, cela conduit à une augmentation progressive des teneurs de la couche de surface du sol, essentiellement dans la zone d'arrivée d'eau (Tedoldi et al., 2017, 2016). Dans le cas des micropolluants organiques, des processus de biodégradation des polluants retenus dans cette couche de sol/substrats entrent en jeu, et pourraient limiter la vitesse d'accumulation.

Le comportement des micropolluants organiques dans ces ouvrages (accumulation, dégradation, relargages possibles) reste cependant encore peu documenté (DiBlasi et al., 2009; Le Fevre et al., 2015). De rares études ont été menées sur la biodégradation des hydrocarbures et des HAP dans le sol des ouvrages de filtration/infiltration (LeFevre et al., 2012a, 2012b; Leroy et al., 2015). Elles soulignent le lien existant entre la nature du couvert végétal, la diversité et les fonctionnalités des communautés microbiennes en place et le devenir des polluants organiques.

L'importance de ce phénomène de biodégradation pour différents micropolluants organiques, l'analyse des facteurs qui le conditionnent, et ses conséquences en termes de transfert du polluant ciblé ou de ses produits de dégradation restent insuffisamment documentés à ce jour. Une meilleure connaissance des communautés microbiennes se développant dans les ouvrages et une meilleure compréhension des processus microbiens en jeu sont pourtant indispensables pour améliorer la conception et la gestion de ces ouvrages.

OBJECTIFS

L'objectif de cette action est d'évaluer le potentiel de dégradation de micropolluants organiques issus des ruissellements urbains par les communautés microbiennes autochtones présentes dans les sols/substrats des ouvrages de gestion à la source des eaux pluviales.

Sur la base d'expérimentations en batch et en colonnes de laboratoires, complétées par de l'acquisition de données en site réel, cette action doit permettre la paramétrisation d'un modèle de transport réactif de micropolluants organiques afin d'évaluer le devenir sur le long terme (accumulation, dégradation, transfert) de ces polluants dans le sol des ouvrages.

METHODOLOGIE ET PLANNING

Cette action sera divisée en 3 parties principales :

- Phase 1 : Caractérisation de la diversité fonctionnelle et génétique des communautés microbiennes présentes dans les sols des ouvrages de gestion à la source des eaux pluviales.

Ce travail s'appuiera sur l'échantillonnage de sols dans un panel diversifié d'ouvrages d'infiltrations, en service depuis plusieurs années. Il s'agit d'évaluer la biomasse présente dans ces sols, de caractériser les communautés microbiennes en terme de diversité génétique (approche méta-barcoding) et de diversité fonctionnelle (tests MicroRespTM), de relier cette composition à la

nature (propriétés physiques et agronomiques, teneurs en nutriments et en polluants) et aux conditions du sol (humidité, température). Afin de mieux déterminer les facteurs explicatifs des variations des communautés observées, les échantillons seront prélevés dans des ouvrages contrastés en distinguant dans chaque ouvrage 2 à 3 zones correspondant à des fréquences d'inondation et donc des niveaux de contamination différents. Les prélèvements pourront au besoin être répétés au cours de l'année afin de couvrir des conditions climatiques différentes. Pour le choix des sites et des points de prélèvements, on capitalisera sur les connaissances précédemment acquises pour une dizaine d'ouvrages d'infiltration dans le cadre de la thèse de Damien Tedoldi (2017).

- Phase 2 : Etablissement, au moyen d'essais en batch au laboratoire, des cinétiques de biodégradation ainsi que des isothermes d'adsorption/désorption d'une sélection de micropolluants organiques

Le potentiel de dégradation des micropolluants organiques par les communautés microbiennes présentes dans les sols sera tout d'abord évalué à partir d'essais en batch. Trois sols, correspondants à 3 communautés microbiennes différentes, seront retenus sur la base des résultats de la phase 1. Des extraits de sols contenant ces communautés microbiennes représentatives des sols seront mis en contact dans des batch avec de l'eau dopée en concentrations connues de micropolluants. Trois à quatre molécules modèles, choisies parmi les micropolluants organiques emblématiques du ruissellement urbain, et présentant des propriétés physico-chimiques différentes (temps 1/2 vie, Kow) seront sélectionnées. Le suivi de la dégradation des polluants dans le batch se fera par des analyses ciblées et non ciblées (action T1), afin d'identifier la formation éventuelle de métabolites (cinétiques d'un mois, 4 points de mesure dans le temps). Il sera associé à un suivi du métabolisme bactérien (par mesure de la production de CO₂) et des paramètres physico-chimiques du milieu (pH, Eh). Une étude spécifique de l'effet de la température sur la cinétique de dégradation sera réalisée pour un des sols étudiés.

Par ailleurs, les isothermes d'adsorption et de désorption des micropolluants organiques étudiés seront également établies pour les 3 sols sélectionnés, dans le cadre d'essais en batch spécifiques.

- Phase 3 : Validation des modèles combinés d'adsorption/désorption et de dégradation en conditions semi-réelles

Des essais en colonne seront menés sur des sols prélevés sur sites réels afin d'étudier, dans des conditions le plus proche possible des conditions *in-situ*, les effets combinés des processus de filtration, d'adsorption/désorption et de dégradation sur une sélection de micropolluants. 2 à 4 composés "modèles" seront choisis parmi les molécules organiques caractéristiques des eaux de ruissellement, et dont le protocole d'analyse est maîtrisé au Leesu, en privilégiant des composés présentant des propriétés physico-chimiques contrastées (temps de 1/2 vie et Kow notamment). Les colonnes de sol seront suivies sur une durée de plusieurs mois, durée pendant laquelle elles seront soumises à un apport en simulant des eaux de ruissellement. La mesure des flux sortant de la colonne et de l'évolution du stock serviront à valider un modèle de transport réactif, incluant le processus de biodégradation, et calé dans un premier temps sur la base des essais en batch.

Ces suivis en batch pourront au besoin être complétés par la mesure et la modélisation de l'évolution du stock sur un site réel (site de Compans pour lequel le stock a déjà été évalué en 2017 et fera l'objet d'une nouvelle évaluation au cours d'OPUR5)

RESULTATS ATTENDUS ET RETOMBÉES

Les résultats obtenus devraient nous permettre de :

- Evaluer le potentiel et les performances de biodégradation des micropolluants organiques dans différents ouvrages de gestion des eaux de pluies
- Orienter les modes de conception/maintenance des ouvrages vers les solutions favorisant cette dégradation

- Fournir les premières briques d'un modèle de transport réactif intégrant la biodégradation, afin d'être en mesure de simuler l'évolution sur le long terme de la contamination des sols.

CONTACTS

Noureddine Bouserrhine bouserrhine@u-pec.fr

Julien Le Roux julien.le-roux@u-pec.fr

Marie-Christine Gromaire marie-christine.gromaire@enpc.fr