

Sujet de post-doctorat

Projet Life Adsorb

Analyse couplée de l'hydrodynamique et du transfert des micropolluants dans un filtre planté adsorbant traitant des eaux de ruissellement de voirie

Fichier : Leesu-Ecobird-Postdoc-Emploi-MCG-Fr-2019-08-05.docx

Contexte

Les eaux de ruissellement de voirie, et notamment celles des voiries à fort trafic telles que les périphériques urbains, sont un vecteur important de micropolluants organiques ou métalliques issus principalement de la circulation, mais également des matériaux des infrastructures et de leur entretien. Le rejet sans traitement de ces eaux contribue à la dégradation des milieux aquatiques récepteurs et nuit à l'atteinte du bon état écologique visé par la directive cadre européenne sur l'eau. Afin de limiter ces flux vers le milieu naturel, tout en contribuant à l'établissement d'un cycle hydrologique proche de l'état naturel, des ouvrages, basés sur le stockage temporaire des eaux de ruissellement et leur filtration par des substrats végétalisées, combinent l'amélioration de la qualité de l'eau de ruissellement avec la réduction du débit de pointe.

Parmi les solutions basées sur l'ingénierie écologique, la technologie des filtres plantés de roseaux, initialement développée pour l'épuration extensive des eaux usées, offre des perspectives intéressantes pour la dépollution de ces eaux pluviales. Son efficacité a été démontrée pour les métaux et les nutriments, et plus largement pour les polluants associés à la phase particulaire. Le comportement des micropolluants organiques dans ces ouvrages reste encore assez peu documenté, et l'abattement de certains de ces composés semble limité par leur nature plus dissoute et par leur possible association à des colloïdes ou de la matière organique dissoute.

L'un des objectifs du projet LIFE-ADSORB (LIFE17 ENV/FR/000398), dans lequel s'inscrit ce sujet de post-doctorat, est de mettre en œuvre et de tester un filtre planté de roseaux à écoulement vertical, dont la conception innovante permet de coupler la filtration mécanique et l'adsorption sur un substrat des micropolluants dissous, en favorisant leur dégradation ultérieure. L'accent est mis sur la réduction des micropolluants organiques et minéraux présents dans les eaux de ruissellement de voirie, particulièrement contaminées en métaux, matières en suspension (MES), hydrocarbures et autres substances toxiques pour l'environnement (phtalates, alkylphénols, composés perfluorés, etc).

Objectifs

Le post-doctorat portera sur l'évaluation de la performance de systèmes de filtres plantés, munis d'un substrat adsorbant spécifique, pour la dépollution des eaux pluviales. Il s'agit, en couplant des approches de suivi expérimental et de modélisation à base physique, de comprendre les principaux processus en jeu conditionnant cette performance épuratoire, et notamment les interactions entre l'hydrodynamique du filtre et le transfert des polluants. Ces connaissances seront ensuite mises à profit pour développer un outil simplifié d'aide à la conception et à l'optimisation du système.

Méthodologie

Ce travail s'appuie sur l'étude d'un dispositif pilote mis en place dans le cadre du projet Life-Adsorb pour la dépollution des eaux de ruissellement d'une portion du périphérique parisien de 21 ha. Le pilote, implanté dans une prairie du bois de Boulogne, comporte deux filtres plantés de roseaux de 650 m² chacun, alimentés en alternance par pompage. L'un des compartiments correspond à une conception classique de filtre planté vertical, tandis que l'autre comporte une couche d'un matériau

adsorbant destiné à la rétention des micropolluants minéraux et organiques dissous. Ces filtres ont la particularité d'être également soumis à des apports continus et significatifs d'eaux claires parasites, ce qui est susceptible de perturber leur fonctionnement. Leur insertion paysagère dans un espace naturel classé à fortement contraint leur géométrie, ce qui pourrait impacter la répartition des flux et le temps de séjour. Dans le cadre du projet Life-Adsorb des moyens expérimentaux lourds sont mis en œuvre afin d'assurer la mesure des grandeurs relatives à l'état hydrique du système (débits, hauteurs d'eau, humidité du substrat), de la qualité de l'eau (paramètres globaux mesurés en continu et campagnes plus ponctuelles d'échantillonnage et analyse des micropolluants) à différents niveaux du pilote et des stocks accumulés.

Le post-doctorat s'organise autour de trois parties principales :

1. Mise en place d'un cadre de modélisation

Il s'agit ici de mettre en place les outils de modélisation permettant de décrire les écoulements et le transport réactif des micropolluants dans les deux compartiments du dispositif pilote.

Une approche de modélisation à base physique sera adoptée pour décrire les écoulements en 2D ou 3D dans les filtres. Cette modélisation fine vise à mieux cerner l'influence de la géométrie du filtre et de ses conditions d'alimentation en eau sur l'hydrodynamique, et leur conséquence sur le transfert des micropolluants. Elle sera couplée à une description conceptuelle des processus réactifs (adsorption/désorption/dégradation) et une description simplifiée de la filtration physique.

Le paramétrage du modèle s'appuiera sur les données acquises dans d'autres parties du projet Life Adsorb : essais de réception des filtres plantés, essais en colonne pour la caractérisation du matériau adsorbant, essais de dégradation des micropolluants.

L'utilisation du logiciel HYDRUS est envisagée pour le développement du modèle. Un état de l'art des approches de modélisation utilisées à l'international pour ce type de besoin sera cependant réalisé en début de post-doctorat afin de préciser le choix des outils de modélisation et des conditions de mise en œuvre.

Une représentation simplifiée en 1D du système, plus adaptée pour la modélisation de chroniques longues ou la comparaison de divers scénarios de gestion, sera également proposée. La validité de cette approche de modélisation 1D sera évaluée par comparaison avec le modèle de référence.

2. Evaluation expérimentale de l'efficacité du filtre

La seconde partie du travail porte sur l'exploitation de l'ensemble des données expérimentales, acquises de le cadre du monitoring du filtre, afin d'analyser la performance des deux filtres en matière de dépollution des eaux pluviales. L'efficacité sera évaluée en termes d'abattement de concentration, d'abattement de masse et de niveau de concentration en sortie, pour un large panel de macro (MES, carbone organique, nutriments) et micro-polluants (éléments trace métalliques, hydrocarbures, HAP, bisphénolA, alkylphénols, phtalates). Le gain d'efficacité attribuable au matériau adsorbant sera évalué par comparaison entre les résultats des deux filtres.

On analysera la variabilité de cette performance en fonction de la nature des micropolluants étudiés d'une part, et en fonction des caractéristiques des épisodes de mise en eau d'autre part (volume, charge polluante, état initial du système). La résilience du système aux apports d'eaux claires parasites sera également étudiée.

Une modélisation stochastique des flux polluants entrant et sortant de l'ouvrage sera développée en couplant les données issues des mesures en continu (débit, turbidité, conductivité) et celles des

campagnes d'échantillonnage/analyse de micropolluants qui portent sur un nombre d'événements limités et potentiellement différents d'un polluant ou d'un filtre à l'autre. Elle permettra une comparaison plus robuste de l'efficacité des deux filtres vis-à-vis des différents micropolluants.

3. Application du modèle

Les modèles développés en partie 1, seront utilisés après validation sur la base des données expérimentales, pour simuler le fonctionnement du filtre sous une diversité de conditions météorologiques. L'évolution des performances du filtre sur le long terme seront appréhendées à partir de simulations de chroniques pluviométriques longues, et la durée de vie du filtre estimée, compte tenu de la saturation progressive du média adsorbant. Le modèle sera également employé pour tester différents scénarios d'exploitation et proposer une optimisation des règles de gestion en temps réel de l'ouvrage.

L'application du modèle à base physique doit par ailleurs permettre d'identifier les processus clefs et les paramètres les plus importants dans un objectif de description systémique du fonctionnement du pilote.

Profil recherché

De niveau doctorat, ayant suivi un parcours pluridisciplinaire, vous disposez de solides connaissances sur les écoulements dans les milieux poreux, physico-chimie de l'environnement et modélisation numérique.

Modalités administratives

Employeur : ECOBIRD (<http://www.ecobird.fr/>).

Localisation : le(a) post-doctorant(e) sera basé(e) à l'École de Ponts ParisTech, à Champs sur Marne (77455), au sein du Laboratoire Eau Environnement et Systèmes Urbains (Leesu, <https://www.leesu.fr/>).

Encadrement : encadrement principal par Marie-Christine Gromaire (Leesu) et Stéphane Troesch (Ecobird). Des interactions fortes sont à prévoir avec d'autres acteurs du projet Life Adsorb.

Contacts :

Marie-Christine Gromaire, ENPC/Leesu : marie-christine.gromaire@enpc.fr, 01 64 15 37 60

Stéphane Troesch, ECOBIRD : s.troesch@ecobird.fr, 04 86 19 52 07

Durée: 36 mois.

Date de prise de poste : décembre 2019

Salaire: 2 050 € net/mois