

Sujet de thèse

Analyse de l’empreinte environnementale des systèmes de gestion et valorisation décentralisée des eaux urbaines

Établissement d’accueil : École nationale des ponts et chaussées – Institut Polytechnique de Paris

Laboratoires d’accueil : Laboratoires NAVIER et Leesu

Mots clef : ACV, eaux urbaines, gestion alternative, innovation

Contexte et enjeux

Face aux limites du système d’assainissement centralisé historique et à la pression croissante sur la ressource en eau induite par le dérèglement climatique, de nouveaux concepts de gestion décentralisée des eaux urbaines sont largement promus. Ils visent une gestion intégrée des eaux pluviales et des eaux grises, en favorisant l’utilisation locale de ces eaux et/ou leur retour au sol. Il s’agit de restaurer un bilan hydrologique urbain plus proche du bilan naturel, de limiter les prélèvements dans la ressource en eau, de favoriser la recharge en eau des sols et sous-sol tout en soutenant le développement du végétal et l’évapotranspiration.

La gestion intégrée des eaux urbaines repose sur le déploiement d’ouvrages décentralisés - de l’échelle de la parcelle à celle du quartier - faisant appel à des systèmes plus ou moins extensifs pour assurer les fonctions de collecte, d’épuration, de stockage et d’évacuation ou d’utilisation locale des eaux. Ces ouvrages peuvent être fondés sur la nature ou au contraire très techniques (voir smart et connectés), avec un recours plus ou moins important à des ressources non renouvelables pour leur construction, et des besoins variables en maintenance et en énergie pour leur fonctionnement. Souvent, et cela même lorsqu’il est fait appel à des fonctions écosystémiques, la structure de l’ouvrage nécessite le recours à des matériaux synthétiques, ou issus de ressources limitées, pour leur construction.

Les rares études disponibles en matière d’analyse de cycle de vie des dispositifs de gestion à la source des eaux pluviales (Moore et Hunt 2013 ; O’Sullivan et al., 2015 ; Byrne 2022 ; Tang et al., 2023) montrent par exemple des impacts potentiellement très variables en fonction des choix d’ouvrages. Les matériaux utilisés pour la construction (présence ou non d’une structure en béton, substrat poreux technique, géotextile...) s’avèrent très impactants, tout comme le transport pour les ouvrages nécessitant de fréquentes maintenances (Öhrn Sagrelius et al., 2022). La fin de vie de l’ouvrage, souvent non considérée dans les études, peut également contribuer significativement aux impacts, du fait du traitement ou de la gestion des sous-produits et de la déconstruction de l’ouvrage (Lerey and Neaud, 2020).

Au-delà de la performance de ces systèmes en termes de maîtrise du bilan hydrologique urbain et des services rendus en matière de protection du milieu urbain et du milieu récepteur, l’impact environnemental *in-situ* et *ex-situ* des dispositifs décentralisés demande donc à être évalué de manière plus holistique, en couvrant les phases de construction, de vie en œuvre et de fin de vie.

Objectif

L'objectif de cette thèse est le développement d'un cadre d'évaluation des systèmes de gestion intégrée des eaux urbaines à l'échelle d'un quartier ou d'une zone d'aménagement, permettant de mettre en regard les services rendus et l'empreinte environnementale globale.

L'analyse visera notable à :

- identifier les étapes du cycle de vie les plus impactantes pour différents scénarios de gestion intégrée des eaux, et déterminer les stratégies constructives, de maintenance, de gestion des sous-produits ayant les meilleures performances ;
- déterminer le niveau de décentralisation, mais aussi le niveau d'intensivité (facteur de charge hydraulique des ouvrages) qu'il convient de viser afin d'optimiser le bilan environnemental global des systèmes de gestion des eaux.

Méthodologie

Le projet repose sur la construction et l'analyse d'un panel des scénarios de gestion décentralisée des eaux, pluviales et grises, à l'échelle d'un quartier urbain. Trois niveaux de décentralisation pourront être considérés : gestion des eaux à l'échelle du quartier, à l'échelle de l'ilot d'habitation et à l'échelle de la parcelle. Par ailleurs, pour chaque scénario, des solutions de gestion plus ou moins intensives/extensives seront considérées, ainsi que des solutions plus ou moins rustiques ou technologiques.

Le panel de scénarios construit s'appuiera sur un benchmarking des pratiques à l'internationale, et l'étude de quelques quartiers exemplaires. Des retours d'expériences seront menés sur une sélection de sites pilotes afin de mieux cerner les pratiques de construction, besoins de maintenance, les besoins énergétiques, mais aussi la perception de ces solutions par les usagers et l'appropriation par les services gestionnaires.

L'évaluation de la performance et de l'empreinte environnementale de ces scénarios couplera une analyse du bilan hydrologique et des rejets (eau et polluants associés) du quartier à une analyse de cycle de vie du système de gestion mis en place.

La méthode d'analyse du cycle de vie ACV (Saadé et Jolliet 2024) sera appliquée. Méthode multi-critère et multi étapes, elle permet l'évaluation environnementale de systèmes sociotechniques, considérant l'ensemble de leur cycle de vie, de l'extraction des matériaux à leur fin de vie, sur la base de leur fonction. La méthode permet d'évaluer les impacts directs, causés par exemple par les émissions de polluants vers les milieux naturels durant la vie en œuvre de l'ouvrage, ainsi que les impacts indirects, liés aux chaînes d'approvisionnement permettant la mise à disposition de matériaux, de services (transport...). Développée initialement pour les produits industriels, elle porte désormais sur des systèmes plus complexes, présentant une dimension territoriale marquée.

Contacts et candidatures

Envoyer CV et lettre de motivation **avant le 12 mai** à :

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

Adelaïde Ferraille aelaide.ferraille@enpc.fr