



## **INTRODUCTION**

---

Après avoir été considérée au XIX<sup>ème</sup> siècle comme un facteur de risque sanitaire qu'il fallait évacuer rapidement loin de la ville, puis au XX<sup>ème</sup> siècle sous l'angle du risque hydrologique à maîtriser, la pluie reprend sa place de ressource naturelle à protéger et à valoriser dans les villes « eau-responsables » du XXI<sup>ème</sup> siècle (IWA, 2016). Ce changement de paradigme vis-à-vis de la gestion des eaux pluviales se retrouve dans les concepts de « water sensitive urban design », « sustainable urban drainage » (Fletcher et al., 2015) et plus récemment « sponge cities » (Chan et al., 2018) qui se développent à l'international. Il s'agit en quelque sorte de rendre la ville « transparente » à la pluie (Chocat, 2014), afin de maintenir un bilan hydrologique et une qualité de l'eau proches de ce qu'ils seraient en l'absence d'urbanisation. Cela passe par la promotion d'une gestion des eaux de ruissellement à l'échelle de la parcelle, ou d'un ensemble de parcelles, dans des ouvrages diffus favorisant la rétention au plus près de la source, l'infiltration et/ou l'évapotranspiration.

Au cours de dernières années, de nombreuses collectivités ont inscrit dans leurs documents d'urbanisme des contraintes visant, au-delà de la seule régulation des débits admis dans le réseau collectif, à abattre par infiltration et/ou évapotranspiration la fraction des eaux de ruissellement correspondant aux pluies courantes (plan Paris Pluie par exemple). Au-delà de ces enjeux hydrologiques, des préconisations sont faites également pour favoriser la plurifonctionnalité des ouvrages de gestion des eaux de ruissellement, leur intégration urbaine, et développer les cobénéfices retirés de ces modes de gestion alternatifs. La généralisation des infrastructures vertes de gestion à la source des eaux pluviales est ainsi considérée comme une solution prometteuse d'adaptation au changement climatique (Thomas and Cunha, 2017). Elle pourrait contribuer à atténuer la perte de biodiversité, à améliorer le confort thermique urbain et la qualité de vie.

Le déploiement efficace d'infrastructures vertes de gestion à la gestion se heurte cependant encore à plusieurs limites. Contrairement à d'autres pays plus avancés sur le sujet, il n'existe pas en France de guides techniques précis pour la conception et le dimensionnement de ces ouvrages permettant de garantir leur efficacité. Or les documents et résultats acquis à l'étranger ne sont pas toujours directement transposables au contexte français, du fait de différences de climat, de nature du sol ou de contexte organisationnel. Par ailleurs, les outils de modélisation utilisés pour la conception de ces ouvrages restent encore souvent inadaptés ou insuffisants pour répondre aux nouveaux enjeux. Plus généralement, les connaissances restent parcellaires sur certains processus affectant le bilan hydrique, tels que l'évapotranspiration, ou le devenir des polluants.

## **LA GESTION A LA SOURCE DES EAUX PLUVIALES DANS OPUR : BILAN DES AVANCEES ET NOUVELLES INTERROGATIONS**

---

La gestion alternative des eaux pluviales urbaines a été questionnée dans l'observatoire OPUR à partir de sa phase 3, avec la thèse d'Adèle Bressy (Bressy, 2010). Il s'agissait alors d'évaluer l'intérêt des pratiques de rétention/régulation des débits ruisselés à l'échelle de la parcelle ou de l'ilot, pour la maîtrise des flux polluants. La réduction des volumes de ruissellement dans des dispositifs de gestion perméables et à ciel ouverts, est apparue comme un élément clef de maîtrise de la pollution diffuse liée au ruissellement urbain. Mais ces effets restaient très variables d'une réalisation à l'autre, suivant la nature des ouvrages, leur conception, leur dimensionnement. Les travaux de recherche développés dans OPUR4 ont permis d'avancer dans la définition des critères

hydrologiques à prendre en compte, dans le climat francilien, pour un abattement efficace des flux de ruissellement et de polluants associés. Ce travail de modélisation va être valorisé sous la forme d'un outil opérationnel d'aide au dimensionnement. La thèse de Damien Tedoldi (Tedoldi D., 2017) a pour sa part interrogé le risque de contamination du sol, voir le transfert vers le sous-sol, des polluants ainsi piégés. Elle a confirmé, par une approche couplant mesures sur le terrain et modélisation, dans le cas des métaux et HAP, l'accumulation des polluants sur une zone d'extension limitée (en surface et en profondeur) des ouvrages d'infiltration décentralisés. La thèse offre des perspectives intéressantes en termes d'orientation des pratiques de conception et de maintenance des ouvrages d'infiltration à la source. Un guide technique est en cours de préparation. Enfin, les travaux menés dans le cadre des thèses de Kelsey Flanagan (Flanagan, 2018) et Tala Kanso (en cours) se sont intéressés à l'efficacité d'un ouvrage de biorétention, permettant de dépolluer par filtration au travers d'une couche de sol végétalisée, des eaux de ruissellement d'une voirie à fort trafic. Ils soulignent les perspectives intéressantes qu'offre ce type d'ouvrage pour la gestion d'eaux de ruissellement pouvant présenter des charges importantes en matières en suspension et en micropolluants, mais aussi son efficacité limitée pour l'abattement de la pollution dissoute, et le risque d'émission de micropolluants par les matériaux de construction de la structure (étanchéité, drain, ...).

Si les travaux menés dans OPUR4 ont permis des avancées notables sur certains aspects, ils ont également fait émerger de nouvelles interrogations.

Concernant le fonctionnement hydrologique, les travaux de recherche passés mettent en évidence l'insuffisance des approches de modélisation actuelles pour la description de la composante évapotranspiration. Les travaux d'OPUR4 se sont concentrés sur des types d'ouvrages où cette composante restait mineure. Or, dans un contexte d'adaptation au changement climatique, la promotion de l'évapotranspiration revêt des enjeux croissants en milieu urbain. Une meilleure évaluation de l'importance de ce processus s'avère indispensable. La mesure et la modélisation correcte de cette composante constituent des verrous importants à lever pour avancer dans l'évaluation de l'efficacité hydrologique et des co-bénéfices associés à certains ouvrages de gestion à la source tels que revêtements perméables, jardins de pluie ou noues filtrantes étanchés, jardinières, boîtes à arbres,... Plus largement, le bilan hydrique des ouvrages de type biofiltration (qui peuvent être étanchés ou non, drainés ou non drainés, implantés dans des contextes pédologiques variés et avec des ratios surface d'apport / surface d'infiltration variés), aux échelles de temps de la saison et de l'année reste insuffisamment décrit. Des approches de modélisation adaptées à ces structures multicouches sont nécessaires.

Concernant les polluants, les travaux sur l'efficacité des ouvrages et sur le devenir des polluants interceptés se sont essentiellement concentrés sur la question des métaux et des hydrocarbures. Les données sur le comportement des micropolluants organiques restent encore trop limitées. Pour les polluants organiques, dont certains sont dégradables, la question du devenir des micropolluants interceptés dans le sol ou substrat se pose : quelle est l'importance du processus de biodégradation ? Permet-il de limiter la vitesse d'accumulation et d'augmenter la longévité de la couche filtrante ? La dégradation de ces micropolluants est-elle susceptible de libérer des métabolites plus mobiles ou plus toxiques ? Les processus de dégradation de la matière organique présente dans les ouvrages ne sont-ils pas susceptibles de remobiliser certains des micropolluants piégés ? La faible efficacité d'adsorption des métaux dissous pose par ailleurs la question de la spéciation de ces composés dans les eaux pluviales, et de leur éventuelle association à de la matière organique dissoute ou à des colloïdes, issus du ruissellement ou de l'ouvrage végétalisé.

### **OBJECTIFS DU THEME 3 « OUVRAGES DE GESTION A LA SOURCE »**

---

Le thème 3 d'OPUR5 a pour finalité l'optimisation de la conception et de la gestion des ouvrages de contrôle à la source des eaux de ruissellement urbaines. Le focus est mis plus particulièrement sur les ouvrages faisant appel aux services écosystémiques d'un sol ou substrat végétalisé.

Il vise l'amélioration des connaissances sur le fonctionnement hydrologique des ouvrages de gestion à la source des eaux de ruissellement d'une part et sur le devenir des micropolluants piégés dans les substrats filtrants d'autre part. Il ambitionne également de proposer des outils de modélisation adaptés à la description de ces phénomènes.

Ce thème s'appuiera essentiellement pour le volet expérimental sur de l'acquisition de données en conditions contrôlées au laboratoire pour le devenir des polluants piégés, et sur de l'acquisition de données sur ouvrage pilotes en conditions contrôlées dans la mini ville climatique Sense-City pour le suivi du fonctionnement hydrologique. Ces données pourront être complétées par celles acquises sur le long terme sur le site de Compans.

Le second volet porte sur le développement et/ou l'évaluation de différentes approches de modélisation des transferts d'eau et de polluants dans les ouvrages.

## **STRUCTURATION DU THEME EN ACTIONS DE RECHERCHE**

---

**Le thème 3 est structuré en 5 actions de recherche**

### **R3.1 – ModelET - Modélisation de l'évapotranspiration à différentes échelles spatiales**

(Action de recherche transversale entre le thème 3 et le thème 4 du fait des différentes échelles spatiales considérées)

Cette action vise à améliorer la modélisation du flux d'évapotranspiration, dans un objectif de mieux représenter le bilan hydrologique de zones urbaines et de pouvoir mieux prendre en compte ce flux dans des actions opérationnelles (conception d'ouvrages de gestion à la source des eaux pluviales, aménagement urbain, conception et entretien des espaces verts).

### **R3.2 – Performance hydrologique des jardins de pluie : mesures en conditions contrôlées et modélisation pour une diversité de contextes**

L'action R3.2 vise à établir de façon plus précise le bilan hydrologique d'ouvrages de type « biorétention » pour les pluies courantes et à analyser sa variabilité en fonction du type de conception (étanche ou non, drainé ou non, présence d'une couche de stockage sous le drain), des dimensions relatives de l'ouvrage, de la nature des matériaux le constituant. La fiabilité des modèles conceptuels intégrés dans les logiciels d'hydrologie urbaine pour représenter ce bilan hydrique sera par ailleurs évaluée.

### **R3.3 – Evaluation de la performance hydrologique des « Arbres de pluie »**

Cette action exploratoire vise l'évaluation du potentiel offert par les arbres d'alignement dans le cadre de la gestion à la source des eaux de ruissellement.

### **R3.4 – Devenir des micropolluants piégés dans les substrats : interactions diversité microbienne et biodégradabilité des micropolluants organiques**

L'objectif de cette action est d'évaluer le potentiel de dégradation des micropolluants organiques par les communautés microbiennes autochtones des sols des ouvrages de gestion à la source des eaux pluviales, et de fournir les briques pour la modélisation de ces processus.

### **R3.5 – Analyse des dynamiques temporelles au niveau d'un ouvrage de biorétention**

L'action R3.5 se propose de poursuivre sur plusieurs années le suivi expérimental d'une noue filtrante implantée à Compans et précédemment étudiée au cours d'OPUR4. Il s'agit d'analyser l'évolution du fonctionnement de l'ouvrage du fait de son vieillissement et de mieux cerner la variabilité temporelle de l'efficacité de l'ouvrage, en couvrant les échelles intra-événementielles et inter événementielles.

## **ANIMATEURS**

---

Marie-Christine GROMAIRE, [marie-christine.gromaire@enpc.fr](mailto:marie-christine.gromaire@enpc.fr)

Jérémy SAGE, [jeremie.sage@cerema.fr](mailto:jeremie.sage@cerema.fr)