



Axe de recherche R2.2

Gestion des eaux pluviales

—

transfert et devenir des contaminants dans le sol

Animateurs :

Noureddine Bousserhine (bousserhine@u-pec.fr)
Marie-Christine Gromaire (marie-christine.gromaire@enpc.fr)

CONTEXTE ET ENJEUX

La gestion à la source des eaux pluviales urbaines, au moyen de solutions fondées sur la nature (SFN), visant à restaurer un bilan hydrologique plus proche du bilan naturel, est largement promue actuellement. Elle repose en grande part sur l'infiltration des eaux de pluie, au plus près de leur point de chute, dans des ouvrages diffus faisant appel à des substrats végétalisés. L'infiltration est de plus en plus fréquemment inscrite dans les zonages d'assainissement et documents d'urbanisme comme le mode de gestion des eaux pluviales à privilégier. En cas d'impossibilité technique d'infiltrer toutes les eaux, un abattement partiel du ruissellement (pluies courantes), couplé à du stockage régulation avec restitution à un réseau d'assainissement (pluies plus rares) est souvent préconisé. Lorsque l'infiltration puis l'exfiltration en pleine terre n'est pas possible, le recours à des ouvrages comprenant une couche de sol ou substrat végétalisé permet néanmoins de réduire les volumes ruisselés, en piégeant temporairement l'eau dans le substrat avant de la restituer à l'atmosphère.

Au-delà de la seule gestion quantitative du ruissellement, l'infiltration et la filtration des eaux au travers d'une couche de substrat végétalisé présentent des enjeux importants liés à la **maîtrise des flux polluants et à la gestion des contaminants**. En effet, les ruissellements infiltrés dans ces ouvrages sont le vecteur de charges variables en micropolluants. Dans de nombreux cas, le niveau de contamination du ruissellement amont, en termes de concentration en polluants, reste modéré, ne justifiant pas le recours à des solutions de dépollution industrialisées. Ces eaux, du fait de l'importance des volumes en jeu, contribuent cependant à la pollution diffuse des milieux aquatiques lorsqu'elles sont gérées dans un système de collecte traditionnel. Plus rarement, les surfaces urbaines ou routières drainées génèrent des contaminations plus importantes (surfaces métalliques de grande taille, voiries à fort trafic, zones d'activité).

L'infiltration permet non seulement de limiter les rejets directs au milieu aquatique superficiel, mais contribue à une **dépollution efficace des ruissellements** par filtration physique au travers du milieu poreux, adsorption d'une fraction des polluants dissous sur la matrice du sol et potentiellement biodégradation d'une partie des composés ainsi fixés. L'efficacité de cette dépollution peut être optimisée par un choix adéquat des matériaux filtrants mis en oeuvre et une maintenance adaptée.

Bien que les recherches antérieures aient largement démontré la bonne rétention des micropolluants considérés comme emblématiques des eaux pluviales (hydrocarbures, HAP, métaux) dans les premiers 30 à 50 cm du sol des ouvrages, des inquiétudes demeurent parfois quant au **risque de transfert des polluants vers le sous-sol et les nappes**. Des questions se posent en effet dans le cas de nouvelles molécules d'intérêt croissant, de nature plus hydrophile pour lesquelles la rétention par le sol pourrait être nettement moins bonne. Dans le cas d'eaux de ruissellement avec de plus forts niveaux de contamination, la question du traitement de la phase dissoute se pose. En effet, si l'abattement des phases particulaires est avéré et performant, les suivis entrée/sortie effectués sur des ouvrages en service, dans le cadre des projets Roulépur, Micromégas et Matriochkas (AP Micropolluants dans les eaux urbaines) indiquent cependant une rétention plus limitée dans le cas des micropolluants en phase dissoute (<https://www.lee-su.fr/opur/IMG/pdf/roulepur-l6-synthese-f.pdf>).

Par ailleurs, il résulte des processus de filtration des polluants par le sol une **accumulation progressive des contaminants**, dont la présence à des teneurs élevées dans les horizons superficiels peut induire une modification de la qualité chimique et biologique ainsi que du fonctionnement de l'écosystème que constitue l'ouvrage et en conséquence de sa performance. Il conviendrait donc de disposer d'outils de diagnostic, peu intrusifs et nécessitant des moyens humains et matériels limités afin de déterminer l'état des sols des ouvrages : ces sols sont-ils toujours en mesure d'assurer les services attendus en matière de filtration des eaux pluviales ? en matière de biodégradation de polluants ? en matière d'équilibre et de fonctionnement écologique ? Si les approches conventionnelles de diagnostic des ouvrages consistent, la plupart du temps, en une caractérisation physico-chimique du sol – texture et paramètres pédologiques, détermination des teneurs totales de certains contaminants ciblés, parfois associée à des essais de lixiviation/extraction séquentielle pour évaluer leurs répartition et mobilité – ces méthodes s'avèrent relativement limitées pour apprécier les impacts environnementaux et sanitaire de cette contamination, qui demeurent de fait assez mal appréhendés. Elles ne permettent pas non plus de prédire l'évolution du fonctionnement du système et donc de sa performance hydrologique et épuratoire dans le temps et dans l'espace.

Dans le cas des ruissellements les plus contaminés, il faut à terme envisager des interventions de **renouvellement de ces couches supérieures de sol et/ou de curage des sédiments** pour maintenir le bon fonctionnement hydraulique et dépolluant des systèmes. La question se pose alors du devenir de ces sous-produits, de leur potentiel toxique, du risque de relargage des polluants piégés et des possibilités de stabilisation et/ou remédiation avant réemploi. Dans le cas des micropolluants organiques, une dégradation plus ou moins rapide peut être espérée du fait de

l'activité biologique importante dans les couches superficielles de sol végétalisé. Si une telle dégradation a été étudiée dans les cas des sols naturels, elle ne l'a été que très peu jusqu'à présent sur ces sols/substrats particuliers. Il est de ce fait difficile d'évaluer dans quelle mesure elle pourrait contribuer à augmenter la durée de vie des sols/substrats en place, élargir le spectre des polluants pouvant être pris en charge, ni de fournir des consignes de conception permettant d'en maximiser les bénéfices.

ETAT DES CONNAISSANCES

Des travaux antérieurs menés dans les différents observatoires du réseau URBIS ont montré une rétention efficace des polluants à dominante particulaire ou hydrophobe dans la couche superficielle du sol des ouvrages de recharge maîtrisée (Tedoldi D., 2017). Ces connaissances ont été synthétisées dans le cadre des actions de transfert des connaissances de la précédente phase OPUR5 sous la forme d'un guide technique « Infiltrer les eaux pluviales c'est aussi maîtriser les flux polluants » (https://www.leesu.fr/opur/IMG/pdf/guide_infiltration_d_tedoldi-2.pdf).

Des travaux récents (Spahr et al 2020) mettent l'accent sur le **risque émergent lié à un panel de micropolluants plus hydrophiles**, et de ce fait mal interceptés par les ouvrages classiques de gestion des eaux pluviales. Il s'agit en grande part de composés émis par l'enveloppe bâtie : adjuvants tels que stabilisants UV, plastifiants, inhibiteurs de corrosion, retardateurs de flammes ou biocides introduits dans les matériaux de construction, biocides épandus sur les surfaces en cours de vie, mais aussi composés issus du trafic automobile. Les travaux menés au cours de la précédente phase d'OPUR (Paijens et al., 2021) mettent l'accent sur l'importance des flux de biocides associés aux eaux pluviales. Alors que les usages pesticides ont été drastiquement réduits, les mêmes molécules voient leur utilisation croître dans des applications biocides au sein des matériaux de construction (peintures, crépis) (Wicke et al., 2022). Les travaux sur le devenir de ces contaminations dans les sols urbains, qu'il s'agisse d'ouvrages de gestion à la source du ruissellement, ou plus largement des sols infiltrant les ruissellements de façade en pied d'immeuble, restent rares, mais font craindre une faible rétention dans le sol et un risque de transfert vers les nappes (Bork et al., 2021; Hensen et al., 2018) des molécules biocides et de leur produits de dégradation (Schoknecht et al., 2021). Parmi les composés d'intérêt émergent dont le devenir dans le sol des ouvrages d'infiltration soulève question, l'on peut également citer les microplastiques issus de l'abrasion des pneus, et leurs adjuvants susceptibles d'être lixiviés par les eaux pluviales. La question du devenir des microplastiques dans les ouvrages d'infiltration du ruissellement de voirie a été abordée durant OPUR5 dans la thèse de Max Beaurepaire. Le cas des **particules pneumatiques** n'a cependant pas été développé à ce stade et les processus de transfert dans le sol, ainsi que la lixiviation de ces particules restent largement inexplorés.

Le rôle de l'activité microbiologique du sol pour la biodégradation des micropolluants organiques lors de leur transfert dans les ouvrages de recharge reste insuffisamment qualifié (Dibiasi et al., 2009; LeFevre, G. H. et al., 2015). De rares études menés sur la biodégradation des hydrocarbures et des HAP dans le sol des

ouvrages d'infiltration d'eaux pluviales urbaines (LeFevre et al., 2012; Leroy et al., 2015) ainsi que les travaux en cours dans la thèse de Andrea Oudot (OPUR5) sur la biodegradation des alkylphénols soulignent le lien existant entre la nature du sol et du couvert végétal, la diversité et les fonctionnalités des communautés microbiennes en place et le devenir des polluants organiques. (Portmann et al., 2022) ont démontré le rôle actif des biofilms dans la dégradation de biocides au sein de d'ouvrages de filtration des eaux pluviales. L'importance des processus de biodégradation et leur propension à limiter les transferts vers les nappes et l'accumulation dans les sols reste insuffisamment maîtrisée. Il convient d'analyser dans quelle mesure, le transfert de ces composés vers le sous-sol pourrait être limité dans le cadre d'une gestion très diffuse des eaux de ruissellement, en optant pour des conceptions qui maximisent le temps de rétention de l'eau dans les couches superficielles du sol et favorisent les processus de dégradation.

La qualité biologique, la performance, la durabilité des fonctions des sols d'ouvrages de gestion des eaux de ruissellent sont des données capitales dont il faudrait constamment disposer. Selon E.T. Elliot (in Pankhurst et al., 1997), la santé et la qualité du sol étendu ici aux sols d'ouvrages ne peut jamais être prouvée, elle se manifeste seulement par l'absence de contamination ou de maladie mesurable. Dans une certaine mesure, l'état d'un écosystème sol, ou des sols d'ouvrage en particulier, peut être décrit par des bio-indicateurs du sol, qui se réfèrent essentiellement aux propriétés ou aux processus biologiques spécifiques recherchés (Kapp, 2013). Dans ce contexte, un bio-indicateur est « un organisme ou une partie d'un organisme ou une communauté d'organismes qui contient des informations sur les aspects quantitatifs de la qualité de l'environnement » (Stankovic & Stankovic, 2013). Dans les sols, on distingue plusieurs types de bioindicateurs : les bioindicateurs d'états, et les indicateurs d'effets ou d'exposition (ADEME et al., 2017). Si ces indicateurs sont principalement des indicateurs de toxicité de l'environnement pour les sols en général, ils doivent dépasser cette fonction pour renseigner sur également sur l'état hydrologique, l'état d'oxygénation, le potentiel et le spectre de biodégradation. Ceci implique forcément des **indicateurs biochimique, microbien et moléculaire** utilisé dans les sols mais jamais testé dans le cas particulier des sols-substrats d'ouvrage.