

Etude des performances épuratoires d'ouvrages de gestion intégrée des eaux pluviales : retours d'expérience sur des opérations de déconnexion en milieu urbain dense

Performance of integrated stormwater management for improving road runoff quality in a dense urban area: feedback on stormwater disconnection examples

Axelle Chiffre¹ ; Vincent Moncond'huy¹ ; Michel Benard¹

¹Bureau d'études INFRA Services, 55B rue Gaston Boulet, Bapeume-lès-Rouen, 76380 Canteleu, France (corresponding author: achiffre@infraservices.fr)

RÉSUMÉ

Dans le cadre d'une politique globale de réduction des impacts des eaux de ruissellement sur le milieu, un des objectifs du bureau d'étude INFRA Services est d'améliorer les connaissances sur la maîtrise des pollutions des ouvrages de gestion intégrée des eaux pluviales. Le but de cette étude est d'étudier le potentiel d'abattement d'ouvrages de gestion intégrée des eaux pluviales *in situ* soumis à diverses contraintes d'aménagement et dans différents contextes urbains. Ainsi, deux opérations de déconnexion des eaux pluviales ont été sélectionnées : (i) une opération de requalification d'un boulevard d'environ 2 kilomètres de long pour ses caractéristiques urbaines (trafic routier élevé, contraintes d'aménagement), et (ii) un emblématique Projet de Rénovation Urbaine (PRU) sur un périmètre de 70 ha pour sa conception hydraulique innovante vis-à-vis des contraintes du site (relief marqué, grande densité urbaine laissant peu de place à l'infiltration). Les teneurs en HAP et éléments traces métalliques ont été mesurés dans des échantillons ponctuels d'eaux de ruissellement et d'eaux infiltrées. Il ressort que malgré de fortes contraintes d'aménagement et un important trafic routier, la conception des opérations basée sur la gestion intégrée des eaux pluviales (i) favorise les faibles teneurs en polluants dans les eaux de ruissellement, et (ii) s'avère efficace pour l'abattement des polluants urbains.

ABSTRACT

As part of the overall strategy to reduce the impacts of runoff water on the environment, the objective of INFRA Services is to improve knowledge on pollution management of integrated stormwater management. The goal of this project is to study the performance of integrated stormwater management for improving road runoff quality in a dense urban area. Thus, two sites where stormwater are disconnected were selected: (i) a boulevard about 2 kilometers long for its urban characteristics (high road traffic, dense area) ; (ii) an emblematic urban renewal project (PRU) of 70 ha because of an innovating integrated stormwater management. PAHs and trace elements were punctually measured in runoff samples and infiltrated water samples. Despite strong development constraints and significant road traffic, the design of the projects based on integrated stormwater management (i) promotes low runoff pollution and (ii) is effective for improving pollutant removal.

MOTS CLÉS

Déconnexion, eaux pluviales, gestion intégrée, noues, pollution,

1 CONTEXTE

La gestion intégrée des eaux pluviales consiste à gérer les eaux de ruissellement au plus près de leur lieu de précipitation, en favorisant leur stockage et leur infiltration en surface ce qui permet aussi de limiter le ruissellement et de favoriser la décantation. La gestion intégrée des eaux pluviales est également basée sur la plurifonctionnalité des ouvrages : aucun espace ni ouvrage n'est spécifiquement créé et destiné à la gestion des eaux pluviales. Toutefois, ces techniques posent encore de nombreuses questions : Que deviennent les polluants dans les différents ouvrages d'infiltration ? Existe-t-il un risque de pollution des sols et des nappes par les eaux d'infiltration ? Face à cette problématique, INFRA Services bureau d'étude maître d'œuvre Voiries et Réseaux divers (VRD), spécialisé dans la gestion intégrée des eaux pluviales et les techniques alternatives, a initié depuis 2013 plusieurs travaux de recherche et développement (Leroy et al., 2015 ; Leroy et al., 2016). Dans le cadre d'une politique globale de réduction des impacts des eaux de ruissellement sur le milieu, l'objectif est de poursuivre les études afin d'améliorer les connaissances sur la maîtrise des pollutions des ouvrages de gestion intégrée des eaux pluviales. Plus particulièrement, il s'agit d'étudier le potentiel d'abattement d'ouvrages de gestion intégrée d'opérations d'envergures de déconnexion des eaux pluviales en milieu urbain dense. Dans ce contexte, nous avons donc sélectionné une opération de requalification d'un boulevard d'environ 2 kilomètres de long pour ses caractéristiques urbaines (trafic routier élevé, contraintes d'aménagement) et sa conception innovante de gestion alternative des eaux pluviales combinant des massifs drainants et des noues de voirie. Nous avons également sélectionné un emblématique Projet de Rénovation Urbaine (PRU) sur un périmètre de 70 ha. Cette opération de rénovation urbaine a été choisie pour sa conception hydraulique innovante vis-à-vis des contraintes du site (relief marqué, grande densité urbaine laissant peu de place à l'infiltration) et pour la mise en œuvre d'une combinaison de divers ouvrages de gestion intégrée (noues, chaussée drainante, ...).

2 RETOURS D'EXPERIENCE D'ETUDES *IN SITU* SUR L'ABATTEMENT DE POLLUANTS DANS LES OUVRAGES DE GESTION INTEGREE

2.1 Enjeux de sites expérimentaux à grande échelle

Travailler sur des modèles à grande échelle permet d'augmenter le degré d'authenticité de l'étude en réalisant l'expérimentation au plus proche de la réalité : conditions climatiques, variabilité temporelle, sollicitation des ouvrages, flux de pollution, ... En revanche, il est important de rappeler que ces études ponctuelles sont réalisées sur des opérations livrées depuis plusieurs années et qui n'ont pas été initialement conçues et équipées pour faire l'objet d'étude R&D, notamment sur la capacité d'abattement de la pollution des ouvrages. Il s'agit donc d'adapter la stratégie d'échantillonnage aux caractéristiques de chaque site (conception, type d'ouvrage, accessibilité aux prélèvements d'eau) et les moyens à disposition pour refléter au mieux le fonctionnement des ouvrages vis-à-vis de l'abattement de polluants urbains. Il s'agit d'études exploratoires qui ont pour but d'acquérir des données sur le fonctionnement global des ouvrages de gestion intégrée des eaux pluviales d'opérations réalisées par INFRA Services.

2.2 Requalification d'un boulevard à trafic élevé

L'opération de requalification du boulevard représente environ deux kilomètres sur une largeur moyenne de 40 à 50 mètres. Le trafic est estimé à environ 50 000 véhicules par jour. Des espaces verts longitudinaux (noues plantées de macrophytes) adossés à des dispositifs complémentaires de type grave drainante sont utilisés pour la collecte et le stockage partiel des eaux pluviales tout au long des voies avec la volonté de collecter et stocker l'eau au plus près du lieu où elles précipitent. En complément des dispositifs de traversée de voirie permettent de récupérer les eaux lorsque l'espace vert n'est situé que d'un côté de la voie.

2.2.1 Stratégie d'échantillonnage

Ce qui nous intéresse c'est de pouvoir mesurer au fil du transit de l'eau, la capacité épuratoire des ouvrages conçus pour gérer l'eau au plus proche du lieu de précipitation. Le boulevard a ainsi été découpé en unité hydraulique, fonction de l'altimétrie permettant de bien



Figure 1 : Localisation des points d'échantillonnage

identifier l'impluvium propre à chaque grille avaloir. Après avoir analysé les caractéristiques de chaque unité hydraulique (impluvium et flux d'eau dans les ouvrages, accessibilité pour l'échantillonnage,...), nous avons choisi d'étudier les capacités épuratoires d'une noue de stockage de 292 m³ recevant les eaux de ruissellement d'un impluvium de 2965 m². Les eaux de ruissellement et infiltrées sont prélevées ponctuellement par le biais d'un bécier de 2 litres et d'une perche dans les regards préalablement identifiés au cours de trois événements pluvieux en 2018 et trois autres à venir en 2019. Les concentrations de contaminants caractéristiques des milieux urbains (MES, HAP, Cu, Pb, Zn) ont été mesurées pour chaque échantillon. Afin de garantir une quantité d'eau suffisante dans les regards permettant l'analyse de tous les paramètres, les campagnes de prélèvements ont lieu après 5 mm de précipitation. Les capacités d'abattement de l'ouvrage ont été évaluées selon l'équation suivante :

$$\text{Abattement (\%)} = \left(1 - \frac{C_{\text{moy eau infiltrée}}}{C_{\text{moy eau ruissellement}}}\right) * 100$$

2.2.2 Résultats préliminaires

Pour la majorité des paramètres mesurés (excepté le cuivre), les concentrations moyennes dans les eaux de ruissellement sont inférieures aux données de la littérature. Par ailleurs, les taux d'abattement sont plutôt élevés pour le cuivre (83 %), moyens pour le plomb et les HAP (52 %) et faibles pour les MES et le Zn (29 et 27%).

Tableau 1 : Moyenne et intervalle des paramètres mesurés (n=3) et issues de la bibliographie

Paramètres	Eau de ruissellement (ER) <i>Moy (intervalle)</i>	Moyenne Eau infiltrée (EI) <i>Moy (intervalle)</i>	Valeurs moyenne eaux de ruissellement pour des routes à fort trafic (De Becdelièvre et al., 2009)	Valeurs moyenne (intervalle) des eaux de ruissellement (Leroy et al., 2015)	Abattement (%)
MES (mg L ⁻¹)	96 (54 - 150)	69 (15 - 130)	261 (110 - 5700)	290 (74 - 774)	29
Cu (µg L ⁻¹)	189 (63,0 - 471,0)	39,5 (24,0 - 46,1)	18,5	66 (0 - 136)	83
Pb (µg L ⁻¹)	16 (11,2 - 26,6)	7,9 (5,0 - 11,1)	960 (2410 - 34000)	45 (0 - 179)	52
Zn (µg L ⁻¹)	205 (200,0 - 209,0)	148,7 (140,0 - 166,0)	410 (170 - 355)	216 (34 - 497)	27
Σ16HAP (µg L ⁻¹)	1,15 (0,50 - 1,87)	0,55 (0,31 - 0,55)	3,20	9,40 (2,00 - 19,00)	52

2.3 Gestion intégrée des eaux pluviales dans un programme de rénovation urbaine d'envergure

Le périmètre de rénovation urbaine est un site ANRU qui s'étend sur une surface de 70 ha. Le projet, extrêmement dense, a permis la rénovation des espaces publics et privés. Les eaux de ruissellement sont collectées, stockées et infiltrées au plus proche du lieu de précipitation. L'objectif est de favoriser l'infiltration diffuse et non concentrée en visant le « 0 rejet » (ou à défaut un rejet à débit régulé à 1L/s/ha maximum). Cette gestion alternative des eaux pluviales a été totalement intégrée aux aménagements. Aucun ouvrage ni espace structurant n'a été dédié à la seule gestion des eaux pluviales. Les dispositifs de stockage / infiltration ont également une autre vocation, celle d'être un espace public (espaces verts, chaussées, trottoirs, toitures, etc.). Le site et la nature même du projet ont imposé plusieurs contraintes impactant la gestion des eaux pluviales : un relief assez marqué ; une grande densité urbaine laissant peu de place à l'infiltration ; une complexité de réseaux à conserver ; des configurations d'espaces à requalifier très variables. Pour faire face à ces contraintes, les eaux pluviales sont gérées par une combinaison de techniques alternatives (noues à différents profils, chaussées drainantes) adaptée à chaque zone.

2.3.1 Stratégie d'échantillonnage

L'enjeu est de sélectionner un ouvrage ou une combinaison d'ouvrages représentatifs de l'opération et accessible à l'échantillonnage. Dans ce contexte, nous avons étudié une combinaison de noues drainantes positionnées latéralement le long d'une voirie constituées de 30 cm de terre végétale, de 50 cm de grave drainante 20/60 et d'un drain de 200 mm de diamètre. Ces ouvrages reçoivent les eaux de ruissellement d'un bassin versant de 2435 m² et permettant le stockage de 128 m³ d'eau. La noue la plus en amont reçoit par le biais de trois canalisations de 200 mm les eaux de ruissellement provenant des voiries en amont de celle-ci. Les eaux de ruissellement sont prélevées ponctuellement par le biais d'un bécier de 2 litres et d'une perche dans un regard en béton situé juste en amont des noues drainantes. Les eaux infiltrées sont prélevées ponctuellement dans un regard en béton en aval de la série de noues drainantes. Les concentrations de contaminants caractéristiques des milieux urbains (MES, HAP, HT, Cu, Pb, Zn) ont été mesurées pour chaque échantillon. Afin de garantir une

quantité d'eau suffisante dans les regards permettant l'analyse de tous les paramètres, les campagnes de prélèvements ont lieu après 5 mm de précipitation. Quatre campagnes de prélèvements ont été réalisées, le 2 mai 2018 ainsi que le 4 février, 7 mars et 15 mars 2019.

2.3.2 Résultats préliminaires

Les résultats montrent d'une part que les concentrations en HAP et éléments traces métalliques dans les eaux de ruissellement sont variables selon les campagnes d'échantillonnage mais toutefois inférieures aux données de la bibliographie (Tableau 1). D'autre part les concentrations en MES, indice hydrocarbures et HAP sont plus faibles dans les eaux infiltrées par rapport aux eaux de ruissellement (Figure 2).

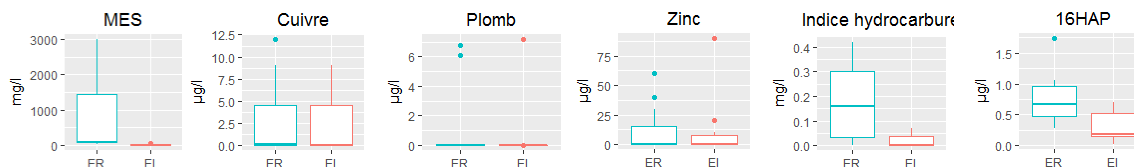


Figure 2 : Boxplot des concentrations en polluants dans les eaux de ruissellement et les eaux infiltrées (n=4)

2.4 Des eaux de ruissellements peu chargées et des capacités épuratoires variables

Les eaux de ruissellement relevées sur le boulevard sont globalement plus concentrées en polluants que les eaux de ruissellement prélevées en zone résidentielle. Effectivement le trafic routier important génère un apport en polluant plus important qu'en zone résidentielle. Toutefois, malgré un trafic routier important, il est à noter que les eaux de ruissellement sont globalement peu chargées en polluants en comparaison avec les données de la littérature. Ceci peut s'expliquer par une conception de la gestion des eaux pluviales à la parcelle qui permet de recueillir les eaux de ruissellement au plus proche de lieu de précipitation et de ce fait faiblement chargées en polluants.

Les données obtenues pour les deux sites d'études mettent en évidence une variabilité temporelle et inter-sites des taux d'abattement des paramètres mesurés. En effet, la variabilité de la qualité des eaux de ruissellement est en partie liée à la variabilité qualitative et quantitative des sources d'émissions (trafic routier, pollution atmosphériques). Par ailleurs, certains « faibles » taux d'abattement sont à considérés vis-à-vis des faibles concentrations, parfois proches des limites de quantification, dans les eaux de ruissellement. Globalement, la nature et la conception des ouvrages de gestion intégrée des eaux pluviales favorisent la décantation et la rétention des MES ainsi que la pollution particulaire (HAP et plomb par exemple).

2.5 Limites de l'expérimentation

Toutefois, il est à noter que la méthode d'échantillonnage ponctuelle pour un événement pluvieux et le nombre restreint d'échantillons peut sous-estimer les flux de pollution car les premiers de flux de polluants en début d'épisodes pluvieux ne sont pas pris en compte, contrairement à un échantillonnage intégré sur 24h par exemple. Ainsi, il est nécessaire de poursuivre les campagnes d'échantillonnage en réalisant un échantillonnage intégré sur l'épisode pluvieux afin d'intégrer la variabilité temporelle de la qualité des eaux de ruissellement.

Néanmoins, ces résultats préliminaires mettent en évidence de bonnes capacités épuratoires par les ouvrages d'infiltration en milieu urbain dense et sous contraintes, et peut servir de base à de futures expérimentations plus développées.

BIBLIOGRAPHIE

- Leroy, M.C., Legras, M., Marcotte, S., Moncond'huy, V., Machour, N., Le Derf, F., Portet-Koltalo, F. (2015). *Assesment of PAH dissipation processes in large scale mesocosms simulating vegetated road-side swales*. Sci. Total Environ. 520, 146-153.
- Leroy, M.C., Portet-Koltalo, F., Legras, M., Marcotte, S., Le Derf, F., Moncond'huy, V. (2016). *Performance of vegetated swales for improving road runoff quality in a moderate traffic urban area*. Sci. Total Environ. 566-597, 113-121.
- De Becdelièvre, L., Barraud, S., Clozel, B. et al. (2009). *L'infiltration en questions. Recommandations pour la faisabilité, la conception et la gestion des ouvrages d'infiltration des eaux pluviales en milieu urbain*. Programme ECOPLUIES, 63.