

MESURE D'EFFICACITE DES SYSTEMES ALTERNATIFS DE GESTION DES EAUX PLUVIALES EN MATIERE D'ABATTEMENT DE MICROPOLLUANTS ET COMPARAISON SYSTEMES À LA SOURCE/SYSTEME CENTRALISE : METROLOGIE HYDRAULIQUE ET STRATEGIE DE PRELEVEMENT.

Garnier R., Barraud S., Castebrunet H., Vacherie S.

Université de Lyon, INSA Lyon, Laboratoire DEEP, 34 avenue des Arts, 69621 Villeurbanne Cedex, France
email : robin.garnier@insa-lyon.fr

RÉSUMÉ

La maîtrise de l'eau de pluie est de longue date une des préoccupations majeures des villes (nécessité de protection des citadins contre les inondations et les risques sanitaires, de préservation des milieux aquatiques superficiels et souterrains). La préoccupation environnementale a été renforcée par la mise en place de la Directive Cadre sur l'Eau en 2000 qui pointe les risques liés aux micropolluants qui sont non seulement présents dans les eaux de ruissellement mais que l'on retrouve aussi dans les milieux aquatiques. En parallèle les collectivités se dotent de plus en plus de techniques alternatives, basées sur le stockage et l'infiltration, censées présenter des performances tant sur le plan hydraulique que sur le plan de la gestion de la pollution.

Dans ce contexte un travail de thèse a été amorcé et a pour objectif d'explorer (i) la question de l'évaluation des performances des systèmes alternatifs vis-à-vis des micropolluants et (ii) la question de la comparaison de deux grandes familles de stratégies alternatives (centralisée / décentralisée). Si l'évaluation des performances sur des stratégies centralisées (bassin de retenue) a été étudiée, l'évaluation et en particulier la mesure sur des systèmes à la source (noues, tranchées, chaussées réservoirs) est beaucoup moins évidente. Comment mesurer et caractériser les flux d'eau pour des dispositifs qui régulent fortement les débits (mesure de petits débits) mais dont la variabilité peut néanmoins être importante ? Comment prélever voire échantillonner des flux de polluants sans perturber le fonctionnement hydraulique et en quantité suffisante pour analyser des polluants à l'état de trace et être représentatif des événements pluvieux ? L'article présente ici la première partie du travail qui concerne la métrologie mise en place pour le suivi et le prélèvement des flux d'eau et de micropolluants.

MOTS CLES : *Métrologie, techniques alternatives, performances, eaux pluviales, micropolluants*

Contexte et objectifs

On sait depuis les années 1980 que les eaux pluviales constituent un vecteur important de métaux lourds et d'hydrocarbures - notamment de HAPs. Suite aux exigences de la directive Cadre sur l'eau (DCE 2000), des études plus récentes, aussi bien françaises qu'étrangères (e.g. Becouze-Lareure 2010, Gasperi *et al.* 2014, Birch, 2012), ont exploré d'autres familles de micropolluants chimiques (MP) comme les pesticides, alkylphénols, PCBs, PBDEs, Bisphénol A, phtalates... et mis en évidence leur présence parfois en quantité non négligeable. En parallèle, les collectivités promeuvent la mise en place de techniques alternatives censées diminuer les flux d'eau et la contamination des eaux soit (i) par décantation (systèmes centralisés de type bassins) ou (ii) soit par limitation des émissions et du lessivage, par piégeage via des processus comme la filtration (systèmes à la source type noues, chaussées réservoirs, toitures stockantes, puits, biofiltres, tranchées...).

En réalité peu d'éléments bibliographiques existent pour asseoir les performances de ces dispositifs en matière de piégeage des micropolluants. Une abondante littérature existe pour les métaux lourds (Pb, Cu, Zn, Cd) sur différents types de techniques (e.g. Pagotto 2000, Silva 2010) et dans une moindre mesure pour les hydrocarbures (e.g. Jones *et al.*, 2012). En revanche si des concentrations en MP ont déjà été mesurées dans des zones « complexes » munies d'un ensemble de techniques alternatives (e.g. Bressy 2010), rien à notre connaissance n'a été fait à l'échelle de l'ouvrage. Le manque de connaissances liées aux capacités d'assainissement des techniques alternatives pousse aujourd'hui à une certaine méfiance de la part des gestionnaires et/ou des usagers vis-à-vis de leur implantation et de leur utilisation. De plus, il est actuellement difficile de juger du potentiel écologique des différents plans d'urbanisation post-DCE qui favorisent les techniques alternatives à la source et qui sont supposés tendre vers une amélioration/préservation des milieux aquatiques en raison de l'insuffisance de données *in-situ*.

Dans ce contexte, le travail de thèse du projet *Micromégas* a pour objectif d'explorer d'une part (i) la question de l'évaluation des performances des systèmes alternatifs vis-à-vis des micropolluants et d'autre part (ii) la question de la

comparaison de deux grandes familles de stratégies alternatives (centralisée / décentralisée). Si l'évaluation des performances sur des stratégies centralisées (bassin de retenue) a été étudiée (Sébastien et al, 2013), l'évaluation et en particulier la mesure sur des systèmes à la source (e.g. noues, tranchées, chaussées réservoirs) est beaucoup moins évidente. Comment mesurer et caractériser les flux d'eau pour des dispositifs qui régulent fortement les débits (mesure de petits débits) mais dont la variabilité peut néanmoins être importante ? Comment prélever voire échantillonner des flux de polluants sans perturber le fonctionnement hydraulique, et en quantité suffisante, pour analyser des polluants à l'état de trace et être représentatif des événements pluvieux ? Enfin sur quelles bases comparer les systèmes centralisés et décentralisés entre eux (quels indicateurs) ? Nous présentons ici nos premières réflexions concernant l'aspect métrologique du comportement hydraulique des ouvrages ainsi que les stratégies de prélèvement.

Méthode, sites expérimentaux et instrumentation

Pour traiter la question de la mesure du comportement de dispositifs alternatifs centralisés et décentralisés nous nous appuyons sur des suivis *in situ* de sites en service (3 sites décentralisés et un site centralisé) faisant partie de l'Observatoire de Terrain en Hydrologie Urbaine (OTHU) dont les caractéristiques sont données au Tableau 1. Les polluants ciblés pour tous les sites sont des métaux (14), des HAPs (16), des alkylphénols et dérivés (8), des pesticides (9), et des PBDE (7). Ils ont été sélectionnés soit parce qu'ils ont été détectés et/ou quantifiés sur le site centralisé qui a fait l'objet d'analyses antérieures (Sebastian et al, 2013), soit parce qu'ils sont reconnus comme présentant un danger pour les milieux (la majorité faisant partie de la liste des polluants prioritaires de la DCE 2000). Ils seront également suivis en phase dissoute et particulaire de manière à identifier leur potentiel de migration vers les milieux aquatiques de surface ou souterrains.

Tableau 1 : Caractéristiques des différents sites d'étude

Type	Centralisé	Décentralisé (à la source)		
Lieu	D. Reinhardt DjR (Chassieu)	EcoCampus de la Doua (Villeurbanne)		
Système	Bassin vide étanché par géomembrane 	Noue en terre végétale 	Tranchée de graviers 	Chaussée drainante à structure réservoir (CSR) 
Surface du bassin versant	185 ha	290 m ² (0.03 ha)	240 m ² (0.02 ha)	90 m ² (0.01 ha)
Type d'apport	Réseau séparatif pluvial de zone industrielle			Ruisseau direct d'eaux de pluie de parkings résidentiels

Du fait d'études antérieures (Becouze-Lareure, 2010 ; Sébastien, 2013), la métrologie du bassin de rétention DjR a déjà été mise en place (et rénovée cette année). Des bungalows de mesure (Figure1) sont placés en entrée et en sortie du bassin. Ils comprennent chacun une mesure en continu de débit en conduites (entrée/sortie) par couplage hauteur d'eau / vitesse, de turbidité, de conductivité, de température et de pH au pas de temps de 2 min. Ils sont également équipés de matériel de prélèvement automatique pour l'échantillonnage des événements pluvieux. Du fait des propriétés physico-chimiques des composés recherchés dans les échantillons, des protocoles ont été mis en place pour identifier, minimiser et quantifier les biais possibles induits durant le processus de prélèvement (flaconnage différent suivant les composés à analyser, tuyau de prélèvement téflonné, analyse de blancs, conservation). La comparaison des échantillons en entrée et en sortie du bassin permet ensuite de vérifier le potentiel d'abattement ou de relargage des polluants par l'ouvrage avec leurs incertitudes.

Pour les sites décentralisés, il est nécessaire de garder une concordance dans les jeux de données permettant les comparaisons entre les différents sites et les différentes échelles. L'idée a donc été de recréer dans la mesure du possible les installations du bassin pour une acquisition des mêmes grandeurs. Les débits mis en jeu en sortie des trois sites décentralisés sont bien moindres que ceux observés sur le site DjR mais potentiellement très variables. Un système de mesure adéquat a donc dû être pensé et mis en place pour permettre de capter de façon précise les gammes de débits produits. Le système d'acquisition de la débitmétrie comprend deux appareillages en série : un débitmètre à auget de type pluviomètre pour les faibles débits (<100 L/h), un débitmètre électromagnétique (EM) pour les débits plus

importants (Figure 2). Une instrumentation de mesure de conductivité et de température en continu est également prévue et une mesure de turbidité systématique sera effectuée lors de la récupération des échantillons.

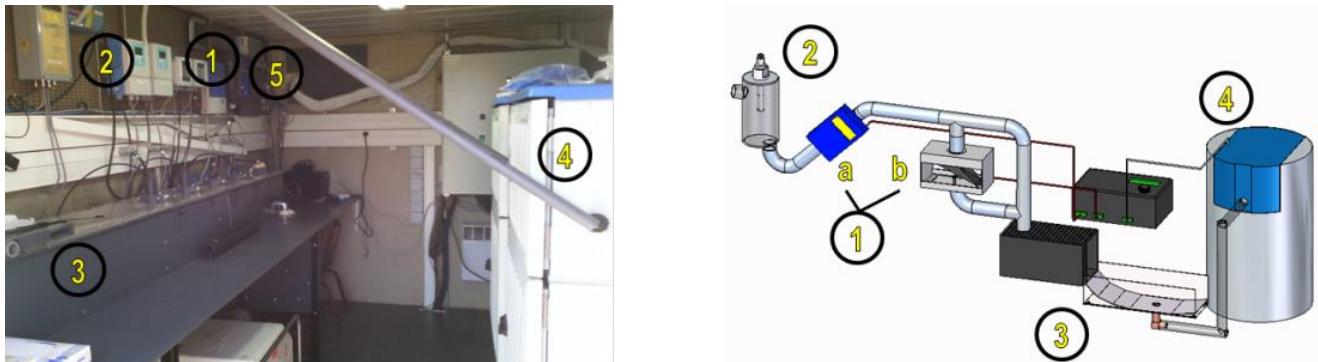


Figure 1 : Systèmes de mesures dans les bungalows du site centralisé (à gauche) et prévision d'installation dans les chambres à l'exutoire des ouvrages décentralisés (à droite). [1] Débitmétrie (a. électromagnétique, b. à auget) ; [2] Conductivité & T°; [3] Bac de prélèvement ; [4] Préleveurs ; [5] PH

On peut voir sur la Figure 3, représentant les débits mesurés en sortie de la noue et de la tranchée, que le montage déjà en place remplit correctement son rôle et que l'intégralité de la plage de débits est mesurée. Le débitmètre EM ayant besoin d'une mesure minimale d'environ 75 L/h pour fonctionner correctement permet la mesure des débits les plus élevés alors que l'auget, saturant à 100 L/h (avec l'arrivée d'eau bridée à 110 L/h max pour limiter l'usure), récupère les débits en deçà de cette valeur. On constate pour le moment un écart moyen des valeurs brutes des débits dans la zone de recouvrement des deux capteurs (soit [80 ; 100 L/h]) inférieure à 10%, ce qui reste raisonnable pour ce genre de système de mesure pas encore totalement éprouvé. La détermination des incertitudes et la mise en place d'un traitement des données seront par la suite nécessaires pour permettre un prélèvement optimum asservi au débit et pour l'évaluation des flux de polluants.

Notons également que tous les sites disposent d'une station météorologique qui permet d'acquérir notamment la pluviométrie.

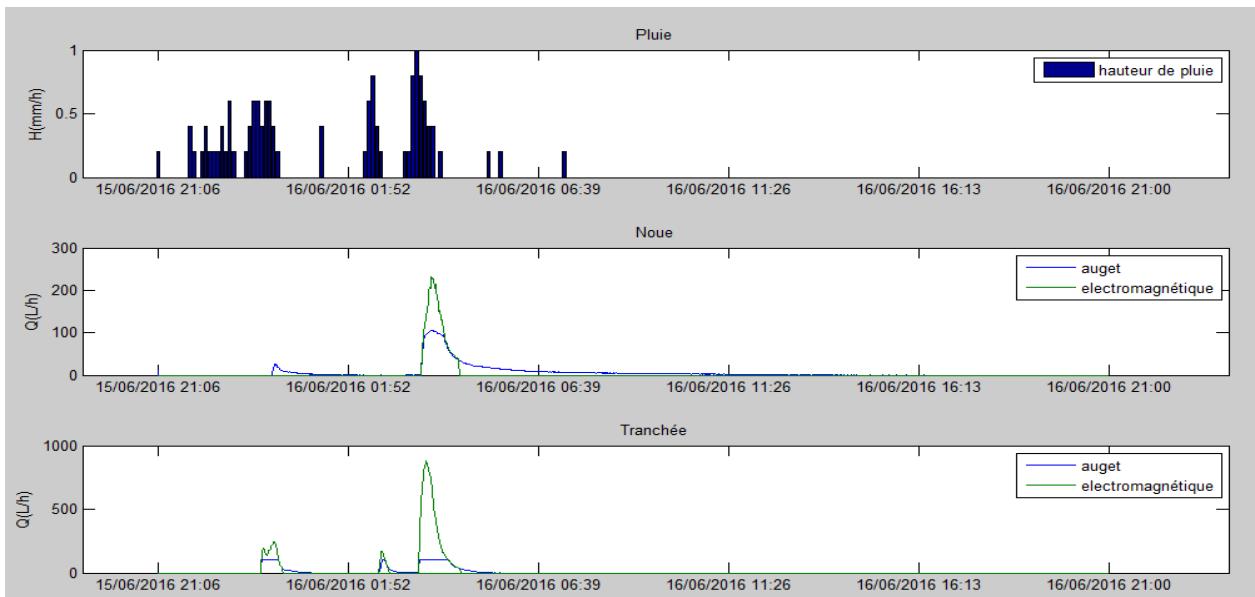


Figure 3 : Exemple d'hydrogrammes obtenus à l'exutoire des deux sites décentralisés (pluie du 16 juin 2016) au moyen des systèmes de mesure de débits 1a. et 1b. présentés en Figure 2.

Sur le site DjR, l'abattement de polluants est basé sur une comparaison entrée/sortie des concentrations puis des flux de micropolluants par prélèvement des échantillons directement en conduite.

Pour les sites à la source, compte tenu des débits et des volumes d'eau mis en jeu, il est inconcevable de prélever des échantillons en entrée : soit par impossibilité physique, soit car cette pratique modifierait le fonctionnement hydraulique du dispositif de façon trop importante et fausserait complètement les évaluations des performances.

En effet, nous avons pu observer des écarts importants entre la quantité d'eau de pluie tombée et celle récupérée en sortie des systèmes, notamment pour les petites pluies (de 96% à 99.5% de pertes sur l'ensemble de la pluie pour la noue, et de 88% à 97% pour la tranchée). Pour assurer aussi bien la représentativité des événements, et l'obtention d'une quantité suffisante d'eau pour les analyses (20L minimum nécessaires pour l'ensemble des laboratoires) nous ne pouvons en aucun cas prélever directement des eaux avant leur entrée dans les systèmes. Pour pallier cela, nous utilisons des sites témoins ayant les mêmes caractéristiques que les sites instrumentés en sortie. Ces sites témoins représentatifs des apports sont instrumentés spécifiquement. Pour la noue et la tranchée, le dispositif retenu pour l'instant pour l'échantillonnage consiste en une combinaison proportionnelle des eaux de ruissellement récupérées par caniveaux (associée à une mesure de hauteur d'eau et un prélèvement dans un canal venturi) avec les eaux collectées par le pluviomètre local et stockée de façon adéquate.

Pour la CSR, comme elle reçoit et infiltre directement les eaux de pluie sans ruissellement (environ 95% de récupération du volume d'eau en sortie), il est impossible d'un point de vue physique de prélever des eaux d'entrée. Là aussi, un site témoin constitué d'une surface contiguë de même taille recouverte d'un enrobé classique, dont les eaux de ruissellement sont collectées dans une chambre de mesure selon le même principe que celui de la figure 2, nous fournit les échantillons représentatifs des apports sur ce site.

Conclusion

Pour répondre au besoin de connaissances sur les performances des techniques alternatives vis-à-vis des micropolluants le projet *Micromégas* se propose d'évaluer et de comparer l'efficacité de 4 types d'ouvrages, par des mesures et des prélèvements *in situ*. Les contraintes quantitatives des sites décentralisés ont rendu nécessaire le développement et la mise en place d'un nouveau système de débitmétrie et de prélèvement. Cette nouvelle instrumentation permet d'obtenir des données correctes de débits pour de larges gammes (de 0 à plus de 1500 L/h). La finalisation de la métrologie des systèmes décentralisés (qualité de l'eau et teneur en micropolluants) est prévue pour la fin de l'année et permettra d'apprécier les mêmes paramètres sur tous les sites.

Cette instrumentation permettra non seulement d'améliorer la connaissance du fonctionnement des techniques alternatives, aussi bien d'un point de vue quantitatif que qualitatif, sur le long terme (l'instrumentation et le suivi s'inscrivent dans les priorités de l'observatoire de terrain en hydrologie urbaine) mais également d'alimenter les modèles d'aide à la décision et les bases de connaissances visant à une meilleure gestion patrimoniale des techniques alternatives.

Remerciements

Les auteurs remercient l'Agence de l'eau et l'ONEMA pour le financement du projet Micromegas, la Direction de l'Eau de la métropole de Lyon et le Service Interuniversitaire du Domaine de la Doua pour la mise à disposition des sites dans le cadre de l'OTHU. Nous remercions aussi N. Walcker pour ses conseils et son aide lors du développement et de la mise en place de l'instrumentation, D. Babaud et S. Nalchayan pour la rénovation des bungalows de mesures de DjR.

BIBLIOGRAPHIE

- Becouze-Lareure C. (2010).Caractérisation et estimation des flux de substances prioritaires dans les rejets urbains par temps de pluie sur deux bassins versants expérimentaux. Thèse de doctorat en hydrologie urbaine. Lyon (France): INSA de Lyon, 298 p.
- Birch H. (2012). *Monitoring of priority pollutants in dynamic stormwater discharges from urban areas*. Ph-D thesis in urban drainage. Copenhagen (Danemark) :Technical University of Danemark (DTU), 80 p.
- Bjorklund K., Palm A., Stromvall A., Malmqvist P. (2009). Phthalates and nonylphenols in urban runoff: Occurrence, distribution and area emission factors. *Science of the Total Environment*. 407(16): 4665-4672.
- Bressy A. (2010). *Flux de micropolluants dans les eaux de ruissellement urbaines. Effets de différents modes de gestion des eaux pluviales*. Thèse de doctorat en hydrologie urbaine.Paris(France).Université Paris-Est, 327p.
- Gasperi J., Sebastian C., Ruban V., Delamain M., Percot S., Wiest L., Mirande C., Caupos E., Demare D., Diallo Kessoo M., Saad M., Schwartz J.-J., Dubois P., Fratta C., Wolff H., Moilleron R., Chebbo G., Cren C., Millet M., Barraud S., Gromaire M.-C. (2014) Micropollutants in urban stormwater: occurrence, concentrations and atmospheric contribution for a wide range of contaminants on three French catchments. *Environmental Science and Pollution Research*. 21(8), 5267-5281.
- Jones E. J., Clary J., Strecker E., Quigley M., Moeller J. (2012). BMP Effectiveness for Nutrients, Bacteria, Solids, Metals, and Runoff Volume International Stormwater BMP Database reaches the 500-BMP milestone. Available at : http://www.stormh2o.com/SW/Articles/BMP_Effectiveness_for_Nutrients_Bacteria_Solids_Me_16214.aspx (12/12/2012)
- Pagotto C., Legret M., Le Cloirec P. (2000). Comparison of the hydraulic behaviour and the quality of highway runoff water according to the type of pavement. *Water Research*. 34(18), 4446-4454.
- Sébastien C. (2013). Bassin de retenue des eaux pluviales en milieu urbain : performance en matière de piégeage des micropolluants Thèse de doctorat en hydrologie urbaine, Lyon(France) : INSA Lyon, 338 p.
- Silva A., Nascimento N., Seidl M., Vieiraagotto L. (2010). SWITCH in Belo Horizonte, Brazil: infiltration and detention systems for more sustainable stormwater control in Belo Horizonte. *Environmental Science and Bio/Technology*. 9(1), 1569-1705.
- Zgheib S. (2009). *Flux et sources des polluants prioritaires dans les eaux urbaines en lien avec l'usage du territoire*.Thèse de doctorat en hydrologie urbaine.Paris(France):Ecole Nationale des Ponts et Chaussées,349p.