

OPUR : Observatoire des Polluants Urbains en Île de France
Thème de recherche n°7 : Efficacité des filières de traitement des eaux urbaines
Action 7.5 : Effet des bassins de rétention en eau sur les micropolluants des eaux pluviales

**EFFET DES BASSINS DE RETENTION
SUR LES MICROPOLLUANTS METALLIQUES
DES EAUX PLUVIALES EN VILLE**

Fiche de synthèse
Brigitte Vinçon-Leite
Décembre 2018

*Etude réalisée au LEESU avec le concours financier des partenaires opérationnels d'OPUR (AESN,
SIAAP, Mairie de Paris, CG92, CG93, CG94)*

LEESU
Ecole des Ponts ParisTech, Université Paris-Est Créteil, Agro ParisTech

Effet des bassins de rétention sur les micropolluants métalliques des eaux pluviales

- *Les bassins de rétention en eau jouent un rôle important dans l'hydrologie des bassins versants urbains et dans le devenir des flux de contaminants.*
- *Le bassin de rétention en eau de Savigny (Seine-Saint-Denis) a été le site d'étude pour caractériser les concentrations et la spéciation d'éléments traces métalliques dans le bassin et dans le ruisseau du Sausset qui l'alimente*
- *La toxicité d'un métal ne dépend pas de sa concentration totale mais de sa fraction biodisponible*
- *Les concentrations de métaux (Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Pb et Cd) et leur spéciation dans le Sausset et dans le bassin ont été mesurées ainsi que les concentrations des variables environnementales*
- *Le bassin de rétention présente une meilleure qualité que le Sausset, tant sur les variables environnementales que sur les concentrations des différentes fractions des métaux.*
- *La majorité des concentrations métalliques sont inférieures dans le bassin par rapport à la rivière, même pour la fraction dissoute. La biodisponibilité des métaux est également plus faible dans le bassin que dans la rivière.*
- *Ces résultats montrent le rôle positif du bassin de rétention sur la réduction des concentrations en métaux totaux, mais aussi, ce qui est rarement mis en évidence sur les milieux aquatiques urbains, ils mettent en évidence la réduction de la concentration des formes dissoutes et de la fraction la plus biodisponible des métaux.*

Introduction

Les bassins de rétention en eau ont de nombreuses fonctions dans les bassins versants urbains. Au-delà du contrôle des inondations, rôle principal pour lequel ils ont été construits, ils ont également un effet important sur la rétention des polluants et fournissent de nombreux services écosystémiques tels que la préservation de la biodiversité, la restauration de continuités écologiques, la constitution d'îlots de fraîcheur, l'amélioration du paysage urbain.... Les bassins de rétention en eau font partie des solutions fondées sur la nature qui sont actuellement fortement promues pour la gestion durable des eaux pluviales en milieu urbain (e.g. Krauze and Wagner, 2019; Miró et al., 2018).

Les bassins de rétention jouent un rôle important dans l'hydrologie urbaine. Connectés au réseau d'assainissement pluvial, ils s'insèrent dans le continuum hydrologique des bassins versants urbains et modifient les flux d'eau et de matière.

Leur fonctionnement hydrodynamique est similaire à celui d'un plan d'eau ; le temps de séjour de l'eau y est plus élevé que dans le réseau, favorisant la sédimentation des particules. Du printemps à l'automne, des phases de mélange et de stratification thermique de la masse d'eau alternent. Une biomasse élevée de phytoplancton peut se développer et la matière organique ainsi produite interagit avec les micropolluants.

Il est important de connaître et quantifier les processus se produisant dans ces bassins afin de prendre les mesures les plus efficaces pour limiter les flux de contaminants dans les bassins

versants. En effet, le calcul des bilans de contaminants doit tenir compte des flux interceptés ou émis par les bassins de rétention pour estimer correctement la réduction des flux de matière nécessaire à l'échelle du bassin versant (Figure 1). Si l'on considère que le flux de contaminants à l'exutoire du bassin versant est correctement estimé et si l'on ne tient pas compte des processus en jeu dans le bassin de rétention (schéma du haut), on sous-estime fortement les flux de contaminants produits par le bassin versant amont. Dans ce cas les mesures prises pourront être inefficaces, d'autant que lors de certains épisodes de fortes pluies les contaminants retenus dans le bassin peuvent repartir vers l'aval.

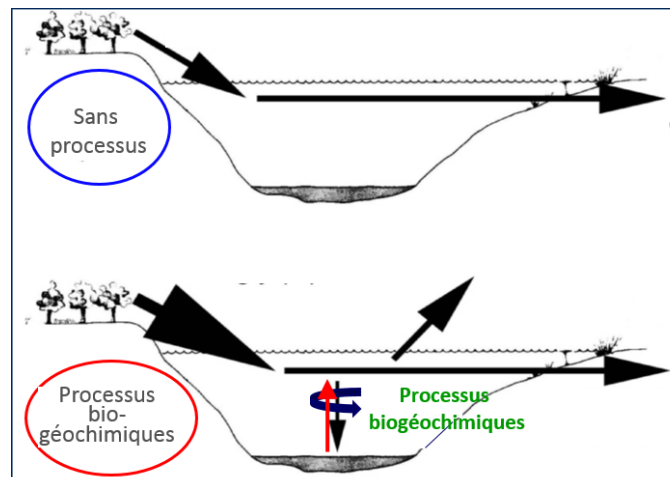


Figure 1 Effet d'un bassin de rétention en eau sur les flux de contaminants dans un bassin versant (adapté de Downing, 2009)

Ainsi, nous avons tout d'abord cherché à mieux comprendre le cycle biogéochimique des éléments traces métalliques (ETM) en nous attachant à étudier l'effet de la matière organique produite dans les bassins de rétention sur les ETM.

Le devenir des ETM dans un bassin de rétention en eau dépend de leur spéciation. De plus, la toxicité d'un métal ne dépend pas de sa concentration totale mais de sa fraction biodisponible, qui peut entrer en contact et contaminer les organismes vivants. Un indicateur couramment utilisé de la fraction biodisponible est la fraction labile qui comprend les métaux libres et les complexes métalliques labiles. Ces complexes se forment entre les ETM et les différents ligands minéraux (chlorures, nitrates, carbonates,...) ou organiques (matière organique d'origine naturelle ou anthropique) présents dans le milieu. Peu d'études ont porté sur la spéciation des métaux dans l'eau des bassins de rétention pour évaluer leur biodisponibilité pour les organismes vivants.

Le développement de phytoplancton qui se produit normalement dans un bassin de rétention peut être favorisé par l'apport de nutriments dû au ruissellement urbain lors d'évènements pluvieux. L'accroissement de matière organique autochtone ainsi produite peut interagir avec les micropolluants métalliques ou organiques, directement ou après dégradation par les bactéries. De plus, le temps de séjour de l'eau, plus élevé que dans les autres ouvrages d'assainissement, favorise la sédimentation des particules et permet le changement de la répartition des ETM entre fractions particulaire et dissoute ainsi que leur changement de spéciation au sein de la phase dissoute ce qui peut modifier leur biodisponibilité.

Nous nous sommes donc intéressés à l'effet de la matière organique produite dans un bassin de rétention en eau, le bassin de Savigny (Seine-Saint-Denis) sur la spéciation des ETM. Des campagnes de mesures ont été réalisées afin de connaître les concentrations et la spéciation des micropolluants métalliques dans le ruisseau du Sausset et dans le bassin par temps sec et par temps de pluie. Deux campagnes de temps sec ont servi de référence. Quatre campagnes de temps de pluie ont été réalisées. La mise en place d'un préleveur automatique au niveau de la zone d'arrivée des eaux pluviales nous a permis de caractériser les flux entrants et sortants du bassin de Savigny.

La méthode d'échantillonnage, la technique de spéciation des métaux ainsi que le suivi des paramètres globaux dans le bassin de rétention, et les concentrations et la spéciation des métaux mesurées dans le bassin et dans la rivière qui l'alimente lors des fortes pluies sont présentées dans cette fiche de synthèse qui s'appuie sur un rapport complet de l'étude (Vinçon-Leite et al., 2017) et sur un article (Lemaire et al., 2015).

Matériels et méthodes

Site d'étude

Le bassin de rétention en eau de Savigny se trouve dans le parc départemental du Sausset (Seine-Saint-Denis). La surface du plan d'eau permanent est de 4.3 ha, sa profondeur moyenne est de 1.5 m, soit un volume permanent de 64 000 m³. Le bassin de Savigny est alimenté par la nappe phréatique de Saint-Ouen et le ruisseau canalisé du Sausset. Le débit du ruisseau du Sausset est limité en aval du bassin par une vanne. Lors d'épisodes pluvieux intenses, le ruisseau alimente le bassin de Savigny par deux déversoirs situés en amont et en aval sur le Sausset. Les eaux passent par deux pré-bassins qui limitent l'envasement du bassin de rétention. Hormis lors d'épisodes de pluie exceptionnels, les écoulements entrent et sortent uniquement par le pré-bassin aval (PAV), dont le seuil est le plus bas (Figure 2).

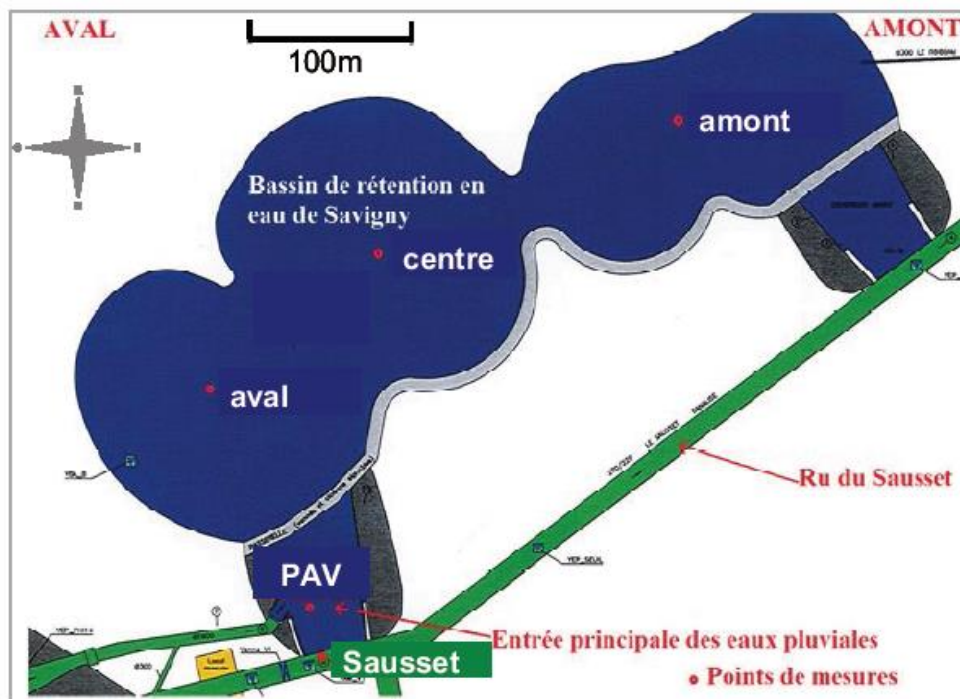


Figure 2 Situation du bassin de rétention en eau de Savigny et localisation des points d'échantillonnage (PAV : pré-bassin aval ; source : DEA 93).

Campagnes de mesure

Trois points d'échantillonnage ont été choisis dans le bassin : « amont », « centre » et « aval ». Un point est situé dans le pré- bassin aval (« PAV »). Un dernier point d'échantillonnage est situé dans le ruisseau du Sausset au droit du pré-bassin aval (Figure 1). Les échantillons ont été prélevés sous la surface. Deux campagnes de temps sec, les 21/02 et 25/04/2013, et quatre campagnes de temps de pluie, les 21/05, 17/06, 29/07, et 07/08/2013 ont été réalisées.

Paramètres mesurés in situ

Aux trois points de mesure situés dans le bassin de Savigny, des profils de sonde sur toute la hauteur d'eau ont été réalisés. La température, la concentration en oxygène dissous, la conductivité et le pH ont été mesurés avec une sonde multi-paramètres. Les profils de concentrations de 4 groupes algaux principaux et la concentration totale en chlorophylle sont obtenus avec une sonde fluorimétrique. La transparence de l'eau a été mesurée au disque de Secchi.

Analyses de laboratoire

Trois fractions métalliques, totale, dissoute et inerte, ont été mesurées sur les échantillons d'eau du Sausset et du bassin. La fraction inerte des ETM est obtenue par le passage des échantillons filtrés sur un disque chélatant (EMPORE™ Chelex 100"). Les fractions totale, dissoute et inerte ont été analysées par spectrométrie de masse couplée à un plasma inductif (ICP-MS). Les limites de quantification de l'ICP-MS sont très basses, de 0.01 µg/L pour Cd, Pb, Ni, Cu et 0.05 µg/L pour le Zn. L'incertitude de mesure est de l'ordre de 10 %.

La fraction labile, indicateur de la biodisponibilité des ETM, est obtenue par différence entre la fraction dissoute et la fraction inerte.

De plus, ont également été mesurées les concentrations de différents paramètres permettant de caractériser les interactions de la matière organique avec les métaux : carbone organique dissous (COD), carbone organique particulaire (COP), matières en suspension (MES), chlorophylle a, et les nutriments permettant la production phytoplanctonique dans le bassin : nitrates, phosphates et phosphore total.

Résultats

Evolution spatiale des métaux dissous

Les concentrations des métaux dissous (Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Pb et Cd) dans le Sausset et en deux points du bassin de Savigny, le point aval et le point centre, sont présentées dans la Figure 3.

Lors de la campagne de temps sec du 25/04/2013, les concentrations en métal dissous sont toujours supérieures dans le Sausset à celles mesurées dans le bassin. Lors de cette campagne, pour tous les métaux sauf pour le cadmium, les concentrations sont très voisines aux points aval et centre du bassin. Pour les campagnes de temps de pluie, les résultats diffèrent selon les métaux. Les concentrations en chrome, cuivre, zinc, plomb et cadmium dissous sont toujours inférieures dans le bassin aux concentrations mesurées dans la rivière. Ce n'est pas le cas pour le cobalt et le nickel dissous mais les concentrations sont du même ordre de grandeur dans le Sausset et dans le bassin.

Les normes de qualité environnementales (NQE) prescrites par la Directive Cadre sur l'Eau Européenne (DCE) fixent les valeurs suivantes : 3.4µg/l pour le chrome, 1.4µg/L pour le cuivre, 1.2µg/L pour le plomb, 0.15µg/L pour le cadmium, 0.3µg/L pour le cobalt, 4µg/L pour le nickel et 0.15µg/L pour le cadmium.

Dans le Sausset et le bassin, les concentrations mesurées sont inférieures aux NQE pour le chrome, le plomb et le cadmium. Pour le cuivre la NQE (1.4µg/L) est largement dépassée dans le Sausset, mais elle respecte la norme aux points aval et centre du bassin de Savigny, sauf le 17/06/2013 et au centre du bassin le 7/8/2013. Pour le cobalt, la norme est dépassée dans le Sausset en deux dates. De plus pour le cobalt, en tenant compte du fond géochimique estimé à 0.12µg/L en Ile de France, la norme passe à 0.42µg/L et aucun dépassement n'est observé dans ce cas. Pour le zinc, la norme est largement dépassée dans toutes les mesures dans le Sausset et en deux dates dans le bassin. Cependant, pour le cuivre et le zinc, une forte réduction des concentrations apparait entre la rivière et le bassin.

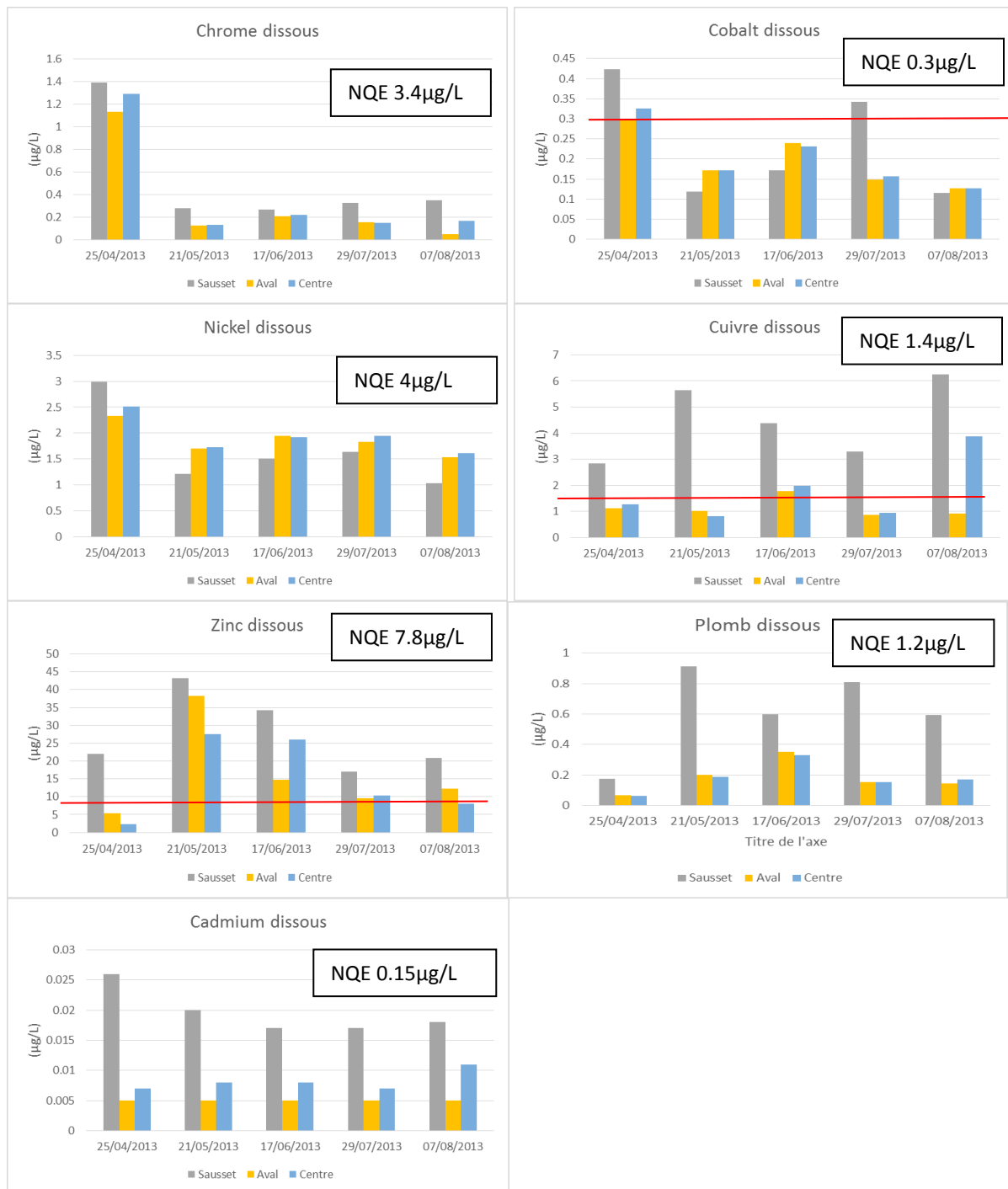


Figure 3 Concentrations en métaux dissous dans le Sausset et aux points aval et centre du bassin de Savigny

Evolution temporelle de la biodisponibilité des métaux

La fraction biodisponible des métaux est estimée par le rapport de la concentration du métal labile sur la concentration du métal dissous. Ces rapports ont été tracés pour chaque campagne de mesure, dans le Sausset et le bassin. Comme nous nous intéressons principalement à l'évolution entre le Sausset et le bassin, nous avons comparé la moyenne des concentrations au centre et à l'aval du bassin aux valeurs du Sausset pour le temps de pluie.

La fraction labile est variable en fonction des campagnes (Figure 4). Elle est toujours plus faible dans le bassin que dans le Sausset sauf pour le plomb le 21 mai et le 29 juillet et pour le cuivre le 7 août.

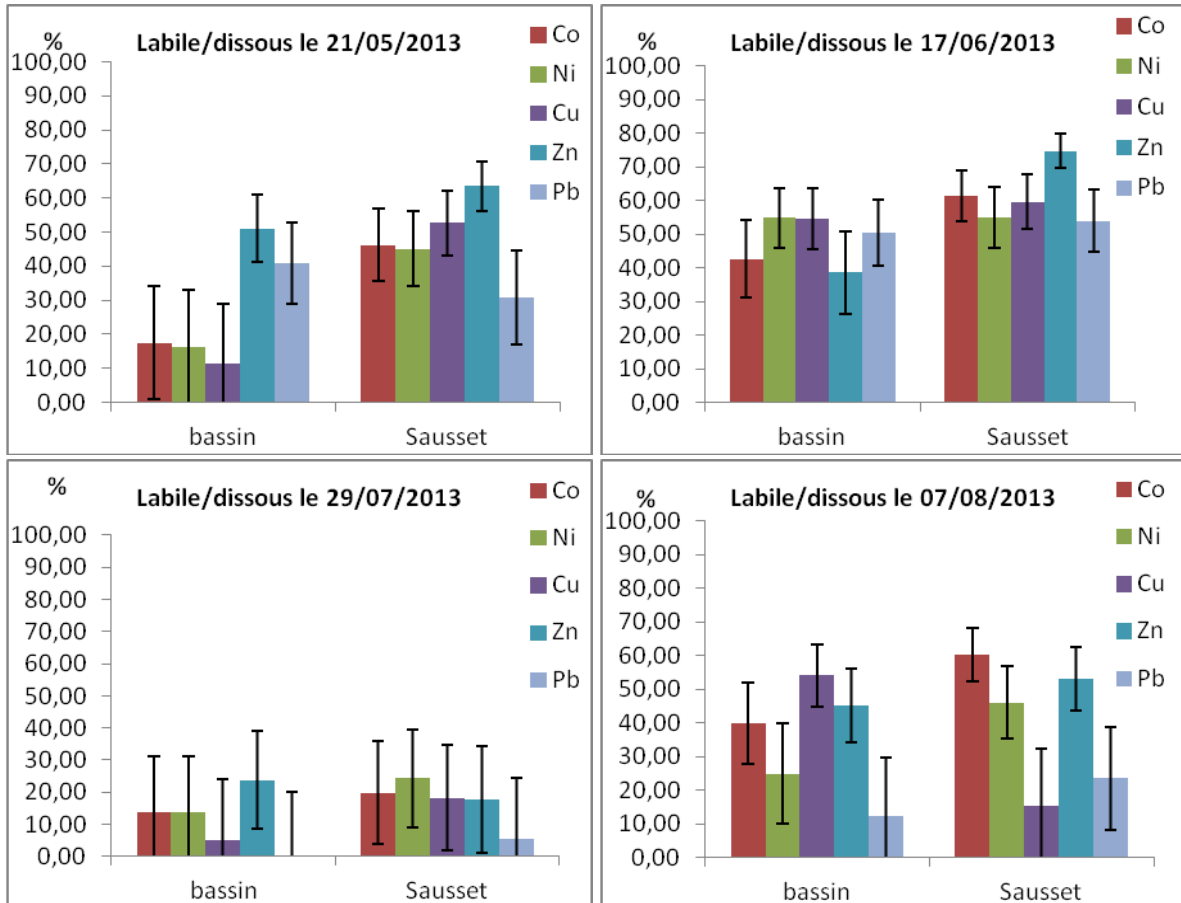


Figure 4 Rapport labile/dissous dans le Sausset et le bassin pour 4 campagnes de temps de pluie

Conclusion

Les concentrations de sept métaux, cadmium, chrome, cobalt, cuivre, nickel, plomb et zinc, ont été mesurés dans le bassin de Savigny et dans le ruisseau du Sausset qui l'alimente. Les concentrations des métaux totaux et dissous ainsi que de la fraction inerte qui donne accès à une évaluation de la biodisponibilité des métaux ont été analysées. Ces analyses ont montré que **les points de mesures situés dans le bassin de rétention présentaient une meilleure qualité que les points situés dans le Sausset et le pré-bassin aval, tant sur les variables environnementales que sur les concentrations dans les différentes fractions des métaux.**

En ce qui concerne les métaux, les résultats obtenus montrent que la majorité des concentrations métalliques sont inférieures dans le bassin par rapport à la rivière, même pour

la fraction dissoute. La biodisponibilité des métaux est également plus faible dans le bassin que dans la rivière.

En raison de leur impact sur l'état écologique et chimique des milieux aquatiques, les concentrations des formes dissoutes de ces métaux font l'objet de normes de qualité environnementale (NQE) dans le cadre de la Directive Cadre sur l'eau. Dans le ruisseau du Sausset et le bassin, les concentrations mesurées sont inférieures aux NQE pour le chrome, le plomb et le cadmium. Les concentrations en cobalt dissous sont proches de la norme. Pour le cuivre la NQE (1.4µg/L) est largement dépassée dans le Sausset, mais elle est respectée dans la majorité des mesures aux points aval et centre du bassin de Savigny. Pour le zinc, la norme est largement dépassée dans toutes les mesures dans le Sausset et en deux dates dans le bassin. Néanmoins, pour le cuivre et le zinc, une forte réduction des concentrations apparaît entre la rivière et le bassin.

Ces résultats montrent le rôle positif du bassin de rétention sur la réduction des concentrations en métaux totaux, mais aussi, ce qui est rarement mis en évidence sur les milieux aquatiques urbains, ils mettent en évidence la réduction de la concentration des formes dissoutes et de la fraction la plus biodisponible des métaux.

L'étude du rôle du bassin de rétention sur la dynamique des métaux et leur spéciation devrait être poursuivie par l'acquisition de mesures des variables environnementales et des métaux durant des campagnes consécutives de temps de pluie et de sec. Cela permettrait de mieux comprendre l'évolution spatio-temporelle des concentrations en métaux et leur biodisponibilité, les échelles de temps des échanges et de calculer les flux lors des épisodes de temps de pluie.

Références bibliographiques

- Krauze, K., Wagner, I., 2019. From classical water-ecosystem theories to nature-based solutions - Contextualizing nature-based solutions for sustainable city. *Sci. Total Environ.* 655, 69
- Lemaire, B.J., Lauzent, M., Tran Khac, V., Varrault, G., Seidl, M., Vinçon-Leite Brigitte, B., 2015. Impact of the organic matter produced in stormwater retention ponds on trace metal speciation. *Houille Blanche-Rev. Int. Eau* 37–43.
- Miró, A., Hall, J., Rae, M., O'Brien, D., 2018. Links between ecological and human wealth in drainage ponds in a fast-expanding city, and proposals for design and management. *Landsc. Urban Plan.* 180, 93–102.
- Vinçon-Leite, B., Lemaire, B.J., Lauzent, M., Khac, V.T., Seidl, M., Varrault, G., Chen, N., 2017. Effet des bassins de rétention sur les micropolluants des eaux pluviales en ville.