

Écodynamique des contaminants dans les zones tampons humides artificielles (ZHTA) : cas des métaux dans une ZHTA en milieu agricole

Jérémy D. Lebrun^{1,2,*}, Aymeric Drouet¹, Cédric Chaumont¹, Emmanuelle Uher^{1,2}, Julien Tournebize^{1,2}, Louise Bordier³, Sophie Ayrault^{2,3,*}

¹ Irstea, UR HBAN – Equipe Artemhys, CS 10030, 92761 Antony cedex.

² Fédération de recherche FIRE, FR-3020, 75005 Paris.

³ LSCE, CEA/CNRS/UVSQ, Université Paris Saclay, 91198 Gif-sur-Yvette

* jeremie.lebrun@irstea.fr ; sophie.ayrault@lsce.ipsl.fr

Résumé

Les premiers travaux de cette action ont pour objectif de caractériser et quantifier les flux entrants et sortants en métaux dans une ZHTA, contaminants encore très peu étudiés en milieu agricole. À ces fins, un screening exploratoire de la contamination métallique du site pilote de Rampillon – ZHTA d'un bassin versant agricole drainé – a été réalisé lors d'une campagne d'échantillonnages ponctuels d'eau et de sédiments durant deux mois et demi. Afin de mieux caractériser la signature métallique du site, et notamment la dynamique et spéciation des métaux, des dispositifs intégrateurs ont également été déployés en entrée/sortie : utilisation de trappes pour collecter les matières en suspension et d'échantillonneurs passifs pour les flux de métaux dissous labiles. Au cours de cette campagne, de l'eau de pluie a également été collectée par jauge Owen pour quantifier les apports atmosphériques.

Les premiers résultats ont permis de qualifier la contamination métallique de base du site de Rampillon. Les concentrations des métaux dans la phase dissoute de la ZHTA sont faibles en regard des normes de qualité environnementale. De même, les niveaux des métaux dans la phase particulaire sont proches des milieux naturels, suggérant un faible apport des métaux dû aux activités agricoles. Par ailleurs, aucun abattement significatif n'a été observé en sortie de la ZHTA pour les métaux testés dans un contexte de faible débit/drainage. La poursuite de l'exploitation des données issus de dispositifs intégrateurs (trappes à MES, échantillonneur passif par DGT) permettra de conclure sur la dynamique des métaux, leur spéciation et leur devenir dans la ZHTA pour une meilleure efficacité épuratoire de ces milieux artificiels.

Contexte et objectifs de l'action

Les zones tampons humides artificielles (ZHTA) sont conçues de manière à reproduire des fonctionnalités épuratoires naturelles pour diminuer les concentrations en contaminants issus des eaux de ruissellement et/ou de drainage agricole voire des retombées atmosphériques [1]. L'action a pour objectif général d'investiguer l'éco-dynamique des contaminants piégés dans les zones tampons humides artificielles (ZHTA) situées dans divers types de bassins versants. Il s'agit notamment d'évaluer leur efficacité épuratoire moyenne par comparaison des flux de contaminants entre l'entrée et la sortie de ces écosystèmes artificiels. Cette action repose sur la mise en œuvre de suivis de niveaux de contamination (eaux, sédiments, phase particulaire, échantillonneurs passifs, dépôts atmosphériques...) dans différents contextes hydrologiques. À long terme, ces travaux ont vocation à optimiser la gestion des zones humides pour une meilleure efficacité d'abattement de différents types de contaminants et ainsi, de promouvoir une gestion durable des milieux naturels récepteurs (cours d'eau, aquifères).

Parmi les contaminants retrouvés dans l'environnement, le devenir des métaux est assez préoccupant car ils ne sont pas biodégradables. Bien qu'ils soient présents naturellement dans l'environnement (fonds géochimiques), les procédés industriels et les intrants agricoles sont à l'origine d'un enrichissement de l'environnement, d'un changement de leur spéciation (par exemple transformation en formes chimiques plus

mobilisables donc potentiellement plus biodisponibles voire toxiques) et de leur répartition spatiale hétérogène à l'échelle d'un bassin versant [2]. Hormis quelques cas particuliers comme le cuivre en milieu viticole, les flux de métaux d'origine agricole sont en général peu étudiés, en particulier dans les milieux aquatiques. Pourtant, les métaux sont apportés par diverses sources (historique de contamination des sols, apports via l'usage d'engrais, pesticides et amendements, apports atmosphériques du fait du transport des émissions industrielles et urbaines...), entraînant une contamination en métaux des sols y compris en zone rurale [3]. Par conséquent, les systèmes aquatiques des bassins versants agricoles sont susceptibles d'être contaminés par les métaux via l'érosion des sols [4], lesquels peuvent être bioaccumulés par les organismes qui y vivent et exercer des effets toxiques [5, 6]. Ainsi, il paraît tout à fait pertinent de s'intéresser aux contaminations métalliques dans les milieux aquatiques des zones agricoles du bassin de la Seine.

La première partie des travaux de cette action a donc consisté à effectuer un screening exploratoire de l'éco-dynamique des contaminants métalliques par des mesures de la contamination dans différentes matrices environnementales sur le site pilote de Rampillon (77) - ZHTA se trouvant dans un bassin versant agricole drainé - afin de caractériser et quantifier les flux entrants et sortants en métaux.

Méthodologie

Au printemps 2015, une première campagne d'échantillonnage a été réalisée sur le site de Rampillon. Durant une période 2 mois et demi (avril-mai : période d'épandage avec faible débit/drainage), des échantillons ponctuels d'eau et de sédiments ont été collectés tous les 15 jours en entrée et en sortie de la ZHTA, mais également dans le ru récoltant les eaux de drainage et alimentant cette zone artificielle, pour la détermination des concentrations totales, dissoutes ($< 0,45 \mu\text{m}$) et particulières (matières en suspension, MES) en éléments tels que As, Cd, Cu, Cr, Mn, Ni, Pb et Zn et la mesure de divers paramètres physicochimiques (pH, conductivité, température, ...). Afin de mieux caractériser la signature métallique du site, et notamment la dynamique et spéciation des métaux, des dispositifs intégrateurs ont également été déployés en entrée et en sortie de la ZHTA : utilisation de trappes pour collecter les MES et d'échantillonneurs passifs (DGT, fraction labile). Ils ont été laissés en place de façon continue avec un renouvellement des dispositifs tous les 15 jours. Au cours de cette campagne, de l'eau de pluie a également été collectée par jauge Owen pour quantifier les apports atmosphériques.

Premiers résultats : Suivi des métaux dans la phase dissoute et particulaire

Les premiers résultats de ce suivi continu montrent que les concentrations en métaux dissous dans la ZHTA sont faibles au regard des normes de qualité environnementale en vigueur en Europe (Directive Cadre Européenne sur l'eau) ou des PNEC françaises (source INERIS) (Fig .1A). Concernant cette fraction métallique, aucun abattement significatif de signaux métalliques n'a été observé en sortie de la ZHTA.

Concernant la fraction particulaire (Fig. 1B), les niveaux de métaux dans les MES du site de Rampillon sont globalement 1,5 fois supérieurs aux valeurs de référence des milieux naturels « pré-anthropiques » définies en Seine (à l'exception du Zn) [7]. Ceci pourrait suggérer que l'apport des métaux par les activités agricoles dans ce bassin versant est faible. De même, aucun abattement significatif n'a été observé en sortie de la ZHTA pour cette fraction métallique. Cette observation pourrait également être la conséquence d'un tri minéralogique et/ou granulométrique : une catégorie précise de particules (des particules fines constituées d'argiles, par exemple) pourrait être préférentiellement transportée des sols vers la ZHTA.

Conclusion et perspectives

Cette première campagne a permis d'établir les niveaux de contamination de base du site de Rampillon et les flux entrants et sortants en métaux dans la colonne d'eau dans un contexte de faible débit/drainage. Les concentrations de métaux dissous sont inférieures aux normes réglementaires préconisées pour la protection de la vie aquatique. Par ailleurs, les niveaux de contaminations des MES s'apparentent à ceux des milieux naturels, suggérant un faible apport des métaux dû aux activités agricoles lors de

débit/drainage faible. La poursuite de l'exploitation des données issus de dispositifs intégrateurs (trappes à MES, échantillonneur passif par DGT) et la caractérisation qualitativement des MES trappés (granulométrie, minéralogie, facteurs d'enrichissement, rapport entre fraction minérale et organique, teneurs en C et N...) permettront de conclure sur la dynamique des métaux et leur spéciation au sein de la ZHTA. Par ailleurs, la détermination des concentrations métalliques dans les sédiments renseigneront sur la capacité de la ZHTA à accumuler et à séquestrer les métaux. En effet, la compréhension du devenir des métaux dans ces zones artificielles devrait permettre à terme de proposer des actions pour favoriser l'efficacité épuratoire des ZHTA vis-à-vis de ces contaminants.

En 2017, des campagnes ponctuelles seront effectuées, notamment en période de drainage intensif, et élargies aux contaminants organiques afin d'établir des bilans de flux saisonniers, et d'évaluer l'abattement de contaminants en fonction de l'hydrologie du bassin. Finalement, un travail de prospection sera effectué pour identifier une ZHTA présentant une occupation des sols différente de Rampillon afin d'étudier des situations contrastées en termes de type de pression chimique et d'intensité.

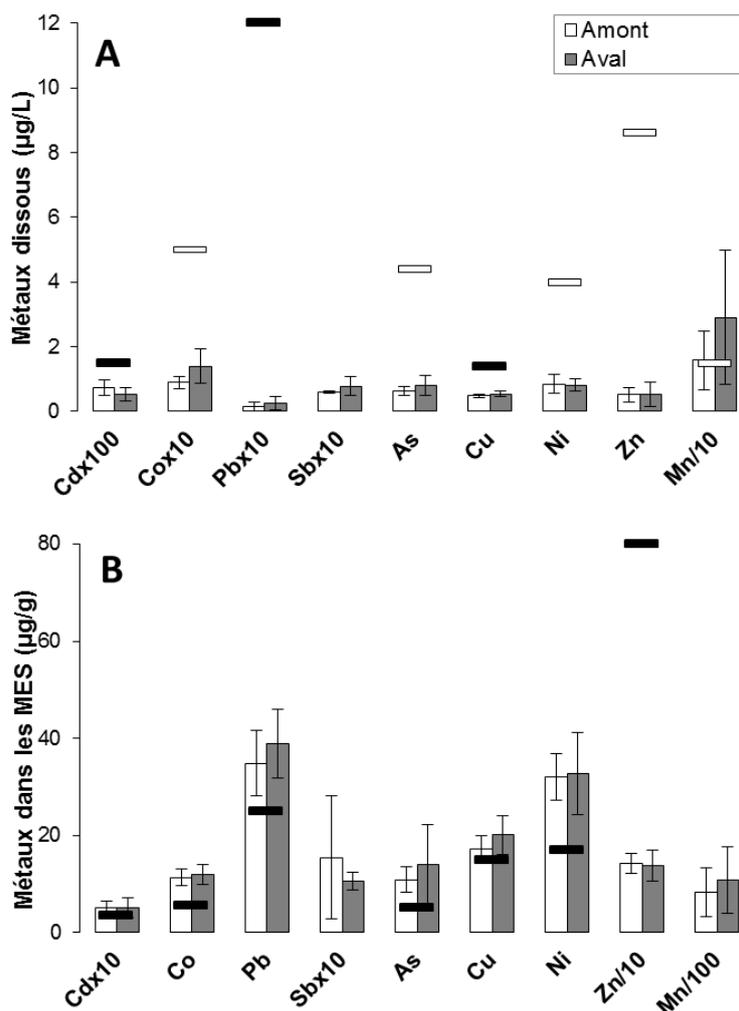


Figure 1 : Concentrations moyennes des métaux dans la fraction dissoute (A) ou particulaire (B) mesurées en entrée et sortie de la ZHTA de Rampillon au cours du suivi printanier dans un contexte de faible débit/drainage (n = 5 prélèvements ponctuels ± SD). Lorsqu'elles sont disponibles, les valeurs de référence correspondent aux NQE (barres noires) ou aux PNEC (barres blanches) pour la fraction dissoute et aux valeurs de référence pré-anthropique de la Seine pour la fraction particulaire selon Meybeck et al. (1998) (barres noires).

1. Tournebize, J., et al., *Long-term nitrate removal in a buffering pond-reservoir system receiving water from an agricultural drained catchment*. Ecological Engineering, 2014.
2. Meybeck, M., et al., *Historical perspective of heavy metals contamination (Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Zn) in the Seine River basin (France) following a DPSIR approach (1950–2005)*. Science of The Total Environment, 2007. **375**(1–3): p. 204-231.
3. Thevenot, D.R., et al., *Critical budget of metal sources and pathways in the Seine River basin (1994-2003) for Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb and Zn*. Science of the Total Environment, 2007. **375**(1-3): p. 180-203.
4. Evrard, O., et al., *Sediment dynamics during the rainy season in tropical highland catchments of central Mexico using fallout radionuclides*. Geomorphology, 2010. **124**(1–2): p. 42-54.
5. Barjhoux, I., et al., *Application of a multidisciplinary and integrative weight-of-evidence approach to a 1-year monitoring survey of the Seine River*. Environmental Science and Pollution Research, 2016: p. 1-26.
6. Lebrun, J.D., et al., *Essential metal contents in indigenous gammarids related to exposure levels at the river basin scale: Metal-dependent models of bioaccumulation and geochemical correlations*. Science of The Total Environment, 2014. **466–467**(0): p. 100-108.
7. Meybeck et al., M., *La seine en son bassin : Fonctionnement écologique d'un système fluvial anthropisé*. 1998: Elsevier.