Caractérisation des micropolluants et de la matière organique naturelle dans l'Orge

Elodie Moreau-Guigon[1*], Katell Quenea[2*], Alienor Allain[2], Shang Yao Guo[2], Fabrice Alliot[1]

[1] EPHE, PSL Research University, UPMC Univ Paris 06, UMR METIS, UPMC/CNRS/EPHE, 75005, Paris, France.
[2] Sorbonne Universités, UPMC Univ Paris 06, UPMC/CNRS/EPHE, UMR METIS, 75005, Paris, France
[*] Elodie.moreau-guigon@upmc.fr / Katell.Quenea@upmc.fr

Résumé

Sur le bassin versant de l'Orge, la contamination en micropolluants est fonction des activités humaines. L'adsorption et la rétention de ces contaminants pouvant être liées à la matière organique, l'objectif de cette étude est d'étudier les interactions entre les micropolluants et la matière organique au niveau du sol, des sédiments et des banquettes et de l'eau de sites choisis selon un gradient d'urbanisation.

Quatre campagnes ont été réalisées en fonction des conditions hydrologiques et saisonnières. Les teneurs en divers micropolluants tels que les HAP, les phtalates et les PCB ont été déterminées sur la majorité des échantillons ainsi qu'une première caractérisation de la matière organique.

Les premières analyses permettent d'observer un gradient de contamination entre l'amont et l'aval du l'Orge. Ce gradient est plus marqué pour les matrices solides (sols, banquettes et sédiments) que pour l'eau de la rivière. Les phtalates et les HAP sont les micropolluants qui présentent les plus fortes concentrations et teneurs. Des pesticides interdits depuis de nombreuses années mais très persistants sont encore mesurés dans l'eau et les matrices solides comme le lindane et le produit de dégradation du DDT.

Les premières caractérisations de la matière organique montre une faible variation entre l'amont et l'aval, exceptée pour les sols. Ceci semble indiquer que la matière organique dans les sédiments et les banquette ont une même origine.

Ces résultats restent à consolider et à confirmer par les analyses qu'il reste à effectuer sur les teneurs en micropolluants et sur la caractérisation complémentaire de la matière organique. Ceux-ci seront alors croisés afin de pouvoir déterminer les relations en matière organique et micropolluants.

Introduction

L'activité humaine génère une multitude de composés chimiques qui se dispersent dans les différents compartiments de l'environnement lors de leur cycle de vie. En effet, ces substances peuvent être émises lors de leur fabrication, leur utilisation et leur fin de vie dans différents milieux tels que l'eau, l'air ou les sols.

En fonction des propriétés physico-chimiques de molécules, celles-ci se dispersent entre les différents compartiments de l'environnement, se dégradent (processus biotiques et/ou abiotiques) ou s'accumulent dans les sols par adsorption sur la matière organique ou l'argile. Or la nature de la matière organique naturelle

(MON) varie, en particulier d'amont en aval d'un cours d'eau et de façon saisonnière. De plus, les activités anthropiques induisent non seulement des apports de micropolluants mais aussi de MO allochtone.

L'objectif de ce projet est d'améliorer les connaissances sur les relations entre MON et les micropolluants. Il s'agira d'étudier l'origine de la contamination d'un cours d'eau à fort gradient d'urbanisation en identifiant les principales sources de contamination et en examinant le rôle de la MON dans le devenir des contaminants (transfert et dégradation).

Dans un premier temps, nous nous sommes intéressés au niveau de pollution des différents sites et à la caractérisation de la matière organique dans sa globalité et à la quantification de la fraction lipidique.

1 Matériels et Méthodes

1.1 Site d'étude

Le bassin étudié est celui de l'Orge, au Sud-Ouest de la région parisienne, dans le bassin versant de la Seine. Ce bassin versant présente un fort gradient d'urbanisation permettant d'avoir des sites de prélèvements contrastés présentant un contexte agricole en amont et une urbanisation très forte en aval. Les prélèvements ont été réalisés en trois lieux relativement éloignés : en amont au gué d'Orge (St Martin de Bréthencourt), ainsi qu'à l'aval à Morsang sur Orge et à Juvisy sur Orge (Figure 1). Le premier site se situe en milieu agricole en tête de bassin versant lors que les deux autres sites sont à l'aval d'une zone urbaine.

En amont, le site du Gué d'Orge se trouve dans une zone rurale dominée par des zones forestières et des champs agricoles, dont la densité de population est de 200 habitants par km^2. Le cours d'eau ici est peu large (environ 2 m) et peu profond (environ 20 cm).

En aval, Morsang sur Orge se situe à 23 km au sud de Paris ; il occupe un territoire urbanisé à 95 % avec une densité de population de 4881 hab/km^2. Les échantillons ont été prélevés dans le parc communal du Séminaire traversé par la rivière Orge. L'autoroute A6 se trouve à quelques centaines de mètres à gauche de la rivière. Ici, le cours d'eau fait environ 1 m de profondeur et 5 m de largeur.

Le site de Juvisy sur Orge, un autre point en aval proche de Morsang sur Orge et de la confluence avec l'Yvette, se situe à 19 km au sud de Paris. L'occupation des sols est à 96 % de l'espace urbain et à 4 % de l'espace rural, avec une densité de population de 7214 hab/km^2. Le cours d'eau de la rivière était large et profond en 2016. Suite à des travaux de réaménagement des berges et aux profondes modifications réalisées début 2017, l'étude de ce site n'a pas pu être maintenue en 2017.

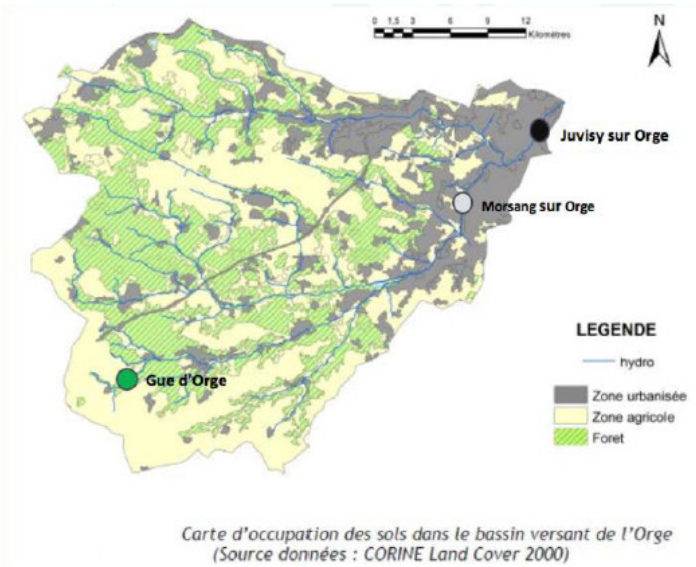

Figure 1. Carte de l'occupation du sol du bassin versant de l'Orge, et des points de prélèvements au Gué d'Orge (vert), à Morsang-sur-Orge (gris) et à Juvisy-sur-Orge (noir).

1.2 Protocoles expérimentaux

1.2.1 Echantillonnages

Au niveau de chaque site, quatre prélèvements ont été réalisés : l'eau, les sédiments et la banquette (sédiments exondés) de la rivière et le sol proche du cours d'eau. Deux campagnes par an ont eu lieu en 2016 et 2017, la première en période de hautes eaux (février) et la seconde en période d'étiage (en octobre). En effet, à la station de Morsang sur Orge, le débit moyen mensuel de l'Orge était de 7,03 et 3,97 m^3/s en février 2016 et 2017, et seulement de 2,29 et 2,39 m^3/s en octobre 2016 (Banque hydro, Eau-France). Ce rapport présente les résultats des trois premières campagnes. En effet, la campagne d'octobre 2017 est encore en cours de traitement à ce jour.

L'eau de la rivière a été prélevée directement dans un flacon de 5 L en aluminium.

Les prélèvements de sédiments ont été faits en plusieurs points au fond de la rivière (2-3 cm de profondeur) puis homogénéisés.

Les banquettes correspondent à la partie du cours d'eau qui n'est que saisonnièrement immergée. Elles se forment donc lorsque les eaux sont hautes. Étant colonisées par la végétation en période d'étiage, le courant est moins important qu'au centre du lit, ce qui permet le dépôt des particules plus fines telles que les limons et argiles.

Les prélèvements de sols non remaniés ont été faits aux alentours du cours d'eau.

Pour le sol et la banquette, deux prélèvements à la tarière ont été effectués distant de 1 à 2 m puis homogénéisés.

Pendant ces 4 campagnes, 11 échantillons d'eau et 31 échantillons solides ont été prélevés puisque le site de Juvisy sur Orge n'a pu être maintenu en 2017.

Les échantillons solides ont été stockés soit dans des récipients en verre pour l'étude des micropolluants organiques, soit dans des barquettes en aluminium pour la matière organique.

Après les prélèvements, les échantillons solides ont été congelés à -18°C puis lyophilisés. Dans les 48h suivant le prélèvement, l'eau est traitée. Premièrement, 100mL sont filtrés sur un filtre en fibre de verre (GF/F, 47mm, 0,7 µm de porosité) préalablement passé au four à 400°C pendant 3h. L'eau est congelée pour l'analyse de pesticides et le filtre mis à l'étuve pour quantifier les matières en suspension. Ensuite, 3L d'eau sont filtrés avec des filtres calcinés (GF/F, 90mm). Les filtres sont congelés en deux groupes pour l'analyse soit des micropolluants, soit de la matière organique et l'eau est immédiatement extraite pour l'analyse des micropolluants.

1.2.2 Analyses des micropolluants

L'eau est dopée avec des étalons internes marqués et est extraite par 3 extractions liquide-liquide successives à l'aide d'un mélange de 300mL d'hexane-dichlorométhane (75/25).

Après lyophilisation, les échantillons solides sont tamisés à 2 mm, puis 1g environ a été extrait par ASE (extraction accélérée par solvant). L'extraction consiste en 3 cycles de 5 min à 100°C avec un mélange dichlorométhane : acétone (50/50), suivi de 3 cycles de 5 min à 100°C avec un mélange hexane/acétone (50/50). Les 2 extraits sont ensuite regroupés et concentrés par un évaporateur EZ-2, un évaporateur rotatif ou sous flux d'azote.

Les extraits sont purifiés avec du cuivre (1 nuit) puis sur une colonne de Florisil Superclean (MgO-SiOH) avec deux mélanges de solvants (hexane/dichlorométhane 50/50 et hexane/acétone 50/50) suivant la méthode développée par Sánchez-Avila et al. (2011).

Après une dernière étape de concentration, les échantillons sont analysés par chromatographie gazeuse couplée à la double spectrométrie de masse (GC/MS-MS) et permet d'analyser 48 micropolluants dont 9 phtalates (PAE), 15 hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), 7 polychlorobisphényles (PCB), 7 polybromés (PBDE), 7 pesticides pyréthrinoïdes et 5 pesticides organochlorés. Pour des raisons techniques, le BDE 209 n'a pu être analysé.

L'eau préalablement congelée est utilisée pour l'analyse du glyphosate. Apres ajout d'étalons internes et la réalisation d'une dérivation au 9-fluorenylmethylchloroformate (FMOC-Cl), l'eau est extraite par extraction sur phase solide (SPE) en ligne et analysée par chromatographie liquide couplée à la double spectrométrie de masse (LC/MS-MS).

1.2.3 Analyses de la matière organique

La matière organique est quantifiée (mesure du carbone total et azote total) puis caractérisée. La fraction lipidique est extraite puis caractérisée afin d'obtenir sa composition moléculaire.

Après lyophilisation et tamisage à 2mm, la fraction lipidique de la matière organique est extraite par ASE à partir de 5 g d'échantillons solides pendant 2 cycles de 20 minutes à 100°C avec un mélange dichlorométhane : méthanol (2 : 1) (Quénéa et al., 2012). Les extraits sont concentrés et séchés sous flux d'azote. La teneur en lipides est mesurée par pesée, puis les extraits sont remis en solution avec quelques dizaines µL du solvant DCM avant analyse en chromatographie gazeuse. Après une analyse préliminaire en GC/ FID, les extraits sont dérivés par silylation avant d'être analysés en GC/MS permet d'identifier les composantes lipidiques et leurs quantifications relatives.

Les composés de la matière organique ont été déterminés par une analyse par Pyrolyse-GC-MS en présence de TMAH (hydroxyde de tetramethyl d'ammonium) sur le résidu extrait. L'échantillon solide (4,5 mg) est analysé par pyrolyse au point de Curie à 650°C couplée à la GC/MS.

Afin de compléter ces mesures, une analyse élémentaire a été réalisée. Les rapports isotopiques ^{13}C, ^{15}N, la teneur totale en carbone et en azote ont été déterminées à l'aide d'un analyseur élémentaire (EA) couplé à un spectromètre de masse isotopique (IRMS). 20 mg d'échantillon a été préparé pour les mesures de $\delta^{13}C$ et 40 mg pour les mesures de $\delta^{15}N$. L'analyse est effectuée suivant la méthode d'Agnihotri et al. (2014).

2 Contamination en micropolluants

2.1 Dans l'eau de la rivière

La contamination de l'eau de l'Orge apparait dès l'amont du bassin versant avec la présence principalement de phtalates, d'HAP et dans une moindre mesure de PCB, de pesticides organochlorés et d'éthers de polybromés. Les pesticides de la famille des pyréthrinoïdes et des composés organochlorés tels que le pp'DDE (produit de dégradation du DDT), l'HCB et le PeCB ne sont pas décelés en quantité quantifiable.

Un gradient de contamination entre l'amont et l'aval du bassin est observé. Les sites de Morsang sur Orge et de Juvisy sur Orge présentent un nombre de molécules quantifiables plus élevée avec en moyenne 31 et 33 contre 22 molécules pour le site du Gué d'Orge. De plus, ces sites sont aussi caractérisés par des concentrations plus élevées qu'au site du Gué d'Orge (*Figure 2*)

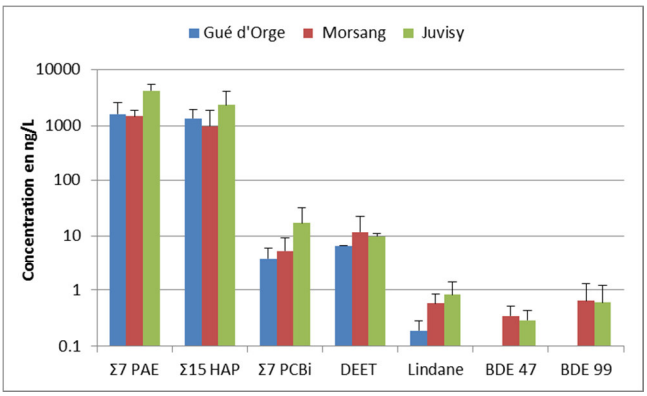

Figure 2. Concentrations (ng/L) en micropolluants dans l'eau de l'Orge (phase dissoute et particulaire)

Les phtalates (PAE) sont les composés quantifés en plus grande concentration avec 2434 ± 1547 ng/L en moyenne sur l'ensemble des sites. Aucune variation saisonnière n'est actuellement obervée. Les composés majoritaires sont le DiBP, le DnBP, le DEP et le DEHP; ils sont présents principalement sur la phase particulaire de l'eau entre 50 et 83 % en fonction des sites. Cette famille est étudiée dans l'Orge depuis 2007 (Labadie et al., 2008 ; Teil et al., 2009, 2010). Les concentrations moyennes actuelles de la somme des phtalates sont plus élevées que celles mesurées dans la période 2007-2009 d'un facteur 1,5 à 4 suivant les années, bien que celle en DEHP a diminué d'au moins un facteur 2. Cela peut s'expliquer par le remplacement du DEHP par le DiNP et le DiDP dans de nombreuses utilisations.

Les HAP sont la deuxième famille de micropolluants quntifiés dans l'Orge (moyenne : 1554 ± 1213 ng/L). Une variation saisonnière des concentrations est observées avec des concentrations plus élevées en octobre par rapport à février. Comme les phtalates, les concentrations en HAP semblent augmenter avec le gradient d'urbanisation, surtout en aval du bassin. Néanmoins, les très fortes concentrations mesurées sur le site de Juvisy peuvent s'expliquer par de très fortes teneurs en HAP dans les sols avoisinants. Les HAP sont présents très majoritairement sur la phase particulaire de l'eau à plus de 95%. Les composés les plus concentrés sont le phénanthène, le pyrène, le fluoranthène et l'antracène. Les concentrations observées en 2007 étaient plus faibles qu'actuellement (27,9 ng/L en 2007 à St Germain lès Arpajon). Le benzo-b- fluoranthène et le chrysène étaient à cette époque, les molécules dominantes et leurs concentrations étaient du même ordre de grandeur qu'aujourd'hui.

Avec des concentrations plus faibles d'un facteur 200 par rapport au HAP(moyenne : 8,7 ± 9,9 ng/L), les PCB sont décelés dès l'amont du bassin versant et leurs concentrations augmentent vers l'aval. Ils sont majoritairement contenus dans la phase particulaire et une variation saisonnière est observée avec des concentrations plus élevées en octobre. Ceci rest à confirmer avec la dernière campagne qui est en cours d'anlayse. Les niveaux de concentrations sont similaires à 2009, excepté pour Juvisy dont les concentrations sont plus élevées.

Parmi les pesticides, seuls deux ont été quantifiés : le DEET qui est un répulsif à insectes et le lindane un insecticide. Le DEET est une molécule recherchée depuis peu et décelée regulièrement dans les rivières au USA (Pochodylo et Helbling, 2016), en Chine (Yang et al., 2017). Les concentrations dans l'Orge sont plus faibles (9,3 ±5,7 ng/L) que celles mesurées dans les rivières (20-200 ng/L) aux alentours de Pékin. Bien qu'interdit depuis 1998, le lindane est decelé dans l'Orge à une concentration moyenne de 0,5 ±0,4 ng/L. Le glyphosate a été egalement été recherché dans ces échantillons, les données sont en cours de traitement.

Enfin, les PBDE sont la dernières classe de molécules décélées. Celles-ci ne sont pas mesurables à l'amont du bassin versant mais le BDE47 et BDE 99 sont quantifiés à partir de Morsang sur Orge, il y a donc également une gradient de concentrations pour cette famille de composés. Ces 2 composés étaient observés en 2009, les concentrations en BDE 47 n'ont pas évolué alors que celle en BDE99 semble avoir augmenté. Néanmoins considérant les faibles concentrations, cela reste à confirmer avec la dernière campagne qui est en cours de traitement.

2.1 Dans les sédiments, les banquettes et les sols

Le nombre de molécules quantifiées dans les matrices solides est supérieur à celui de la matrice eau, un gradient amont-aval est également observé avec 35 molécules en moyenne pour le Gué d'Orge, 42 pour Morsang et 46 pour Juvisy. Au site du Gué d'Orge, les pyréthrinoïdes (excepté la deltaméthrine et la perméthrine), les PBDE, les PCB (sauf le 153) et les pesticides organochlorés (sauf le pp'DDE) ne sont pas quantifiables.

Pour les trois matrices, il existe un gradient de concentrations entre Gué d'Orge et Morsang et dans une moindre mesure entre Morsang et Juvisy (Figure 3).

Les HAP présentent les plus fortes teneurs pour les trois matrices sur les trois sites, avec une moyenne globale de 5069 ± 6677 ng/g. Les trois sites se distinguent nettement les uns des autres avec un fort gradient des teneurs entre l'amont et l'aval. Le site de Juvisy présente les plus fortes teneurs en HAP totaux pouvant atteindre 24 µg/g dans les banquettes. Nous supposons une contamination accidentelle du site car ces teneurs sont peu fréquemment mesurées. De plus, les travaux de réaménagement des berges de ce sites ont complétement remanié les sédiments et banquettes à partir de février 2017. L'étude de ce site n'a pas pu être maintenue. Pour chaque site, il n'y a pas de différences de teneurs entre les 3 matrices. Une fois toutes les données acquises, des tests statistiques seront effectués pour le confirmer. En écartant ce site, les teneurs en HAP à Morsang sont supérieures d'un facteur 10 à celles mesurées à l'aval de l'Orge en 2007 (Labadie et al., 2008). Le profil moléculaire reste similaire entre les matrices et entre les sites (Figure 4) avec la prédominance de fluoranthène, de pyrène et de benzo-b-fluoranthène qui sont des HAP de plus de 3 cycles aromatiques.

Les teneurs dans les matrices solides prélevées sur le BV de l'Orge sont dans le même ordre de grandeur que celles des sols de la région Ile de France, allant de 228-18944 ng/g (Gaspéri et al., 2016). Selon la classification des sols contaminés aux HAP établie par Maliszewska-Kordybach (1996); à l'exception de l'amont, les sols en aval sont classés comme étant très pollués (Tableau 1). Cette classification a pour but de protéger l'environnement, notamment les sols agricoles.

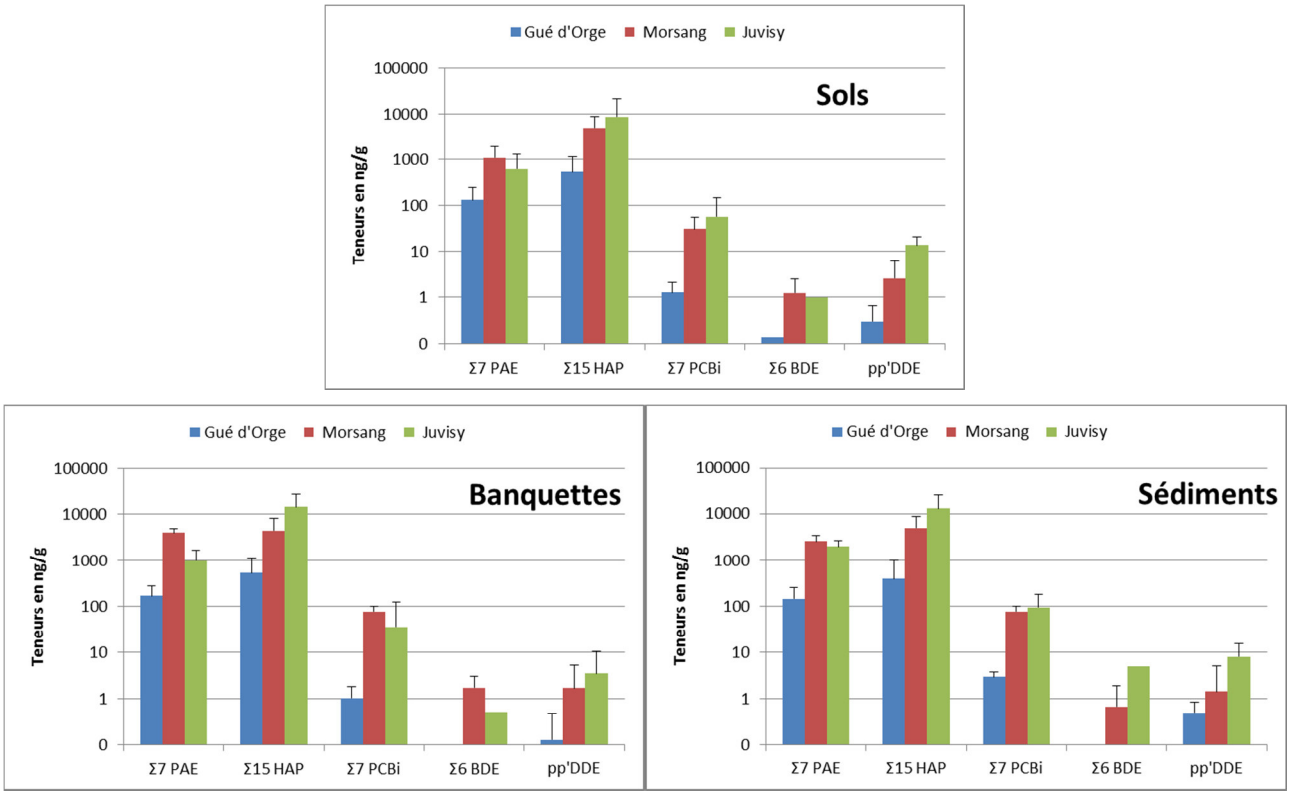

Figure 3. Teneurs (ng/g) en micropolluants dans les sols, les banquettes et les sédiments de l'Orge

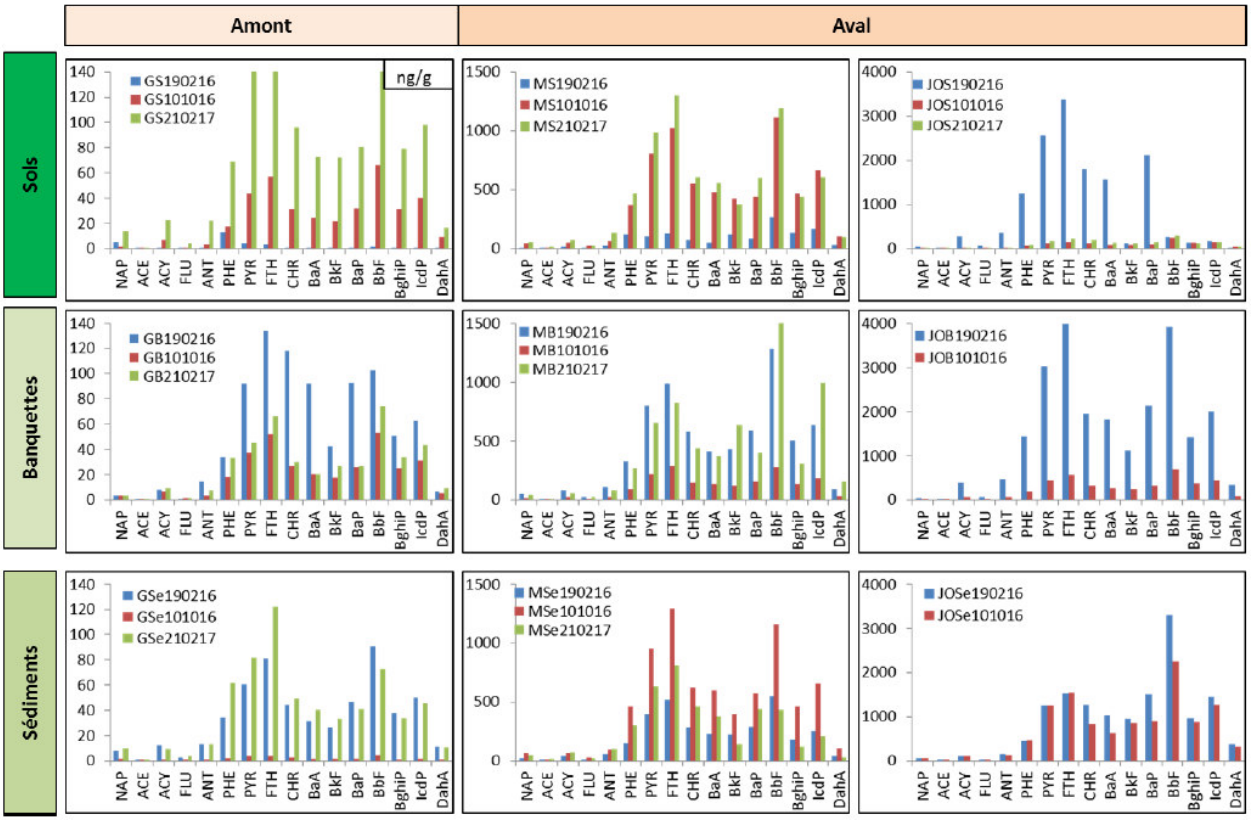

Figure 4. Teneurs (ng/g) en HAP dans les sols, banquettes et sédiments de l'Orge
(G : Gué d'Orge, M : Morsang sur Orge, J : Juvisy sur Orge ; S : Sol, B: Banquette, Se : Sédiment aux trois dates de prélèvements : Février 2016 ; Octobre 2016 ; et Février 2017)

Tableau 1. Classification des sols en fonction de leur contamination en HAP

Classification of soil contamination by PAHs (Maliszewska-Kordybach, 1996)

Class of soil contamination	∑16 PAH (μg kg^{-1} d.w.)
Not contaminated	<200
Weakly contaminated	200–600
Contaminated	600–1000
Heavily contaminated	>1000

La deuxième famille de micropolluants la plus abondante est celles des phtalates, avec 1278 ± 1833 ng/g en moyenne. Le profil des composés est variable en fonction des sites et des matrices : à l'aval, le DEHP et ses deux composés de remplacement (DiNP et DiDP) sont les molécules dominantes (Figure 5). Les teneurs sont supérieures d'un facteur 2 à celles de 2007, mais le DEHP reste le principal composé.

En France, la teneur en DEHP dans les sols varie entre 35-411 ng/g (Gaspéri et al., 2016) ; alors que dans des sols urbains en Chine elle peut varier entre 20 et 264 000 ng/g (Zeng et al., 2009). En plus le DEHP est le plus abondant des phtalates dans les sols urbains puisqu'il contribue environ 46,5 – 93,1% à la somme de phtalates (Zeng et al., 2009).

Les teneurs les plus faibles en phtalates sont observées dans le sol du site du Gué d'Orge. La présence de ces micropolluants dans cette zone rurale peut s'expliquer par la contamination par voie atmosphérique provenant de sources distantes (urbaines). En revanche, la teneur la plus élevée se trouve souvent dans la banquette de Morsang sur Orge en zone urbaine et située à l'aval de la confluence avec l'Yvette dont une partie du bassin versant est industrielle et donc une source potentielle de phtalates. En effet, les concentrations de DEP, DEHP et DiNP présentent souvent des teneurs élevées dans la banquette et sédiments de Morsang sur Orge. La zone de Morsang sur Orge étant en réseau séparatif ; les hautes teneurs de ces molécules pourraient résulter de l'accumulation de ces molécules via la zone industrielle et du ruissèlement des eaux de pluies sur les toits et les chaussées jusqu'à la rivière. Effectivement, les teneurs élevées de micropolluants sont souvent présentes dans les sols proches des axes de transports : autoroute, aéroport et chemin de fer (Zeng et al., 2009 ; Gaspéri et al., 2016).

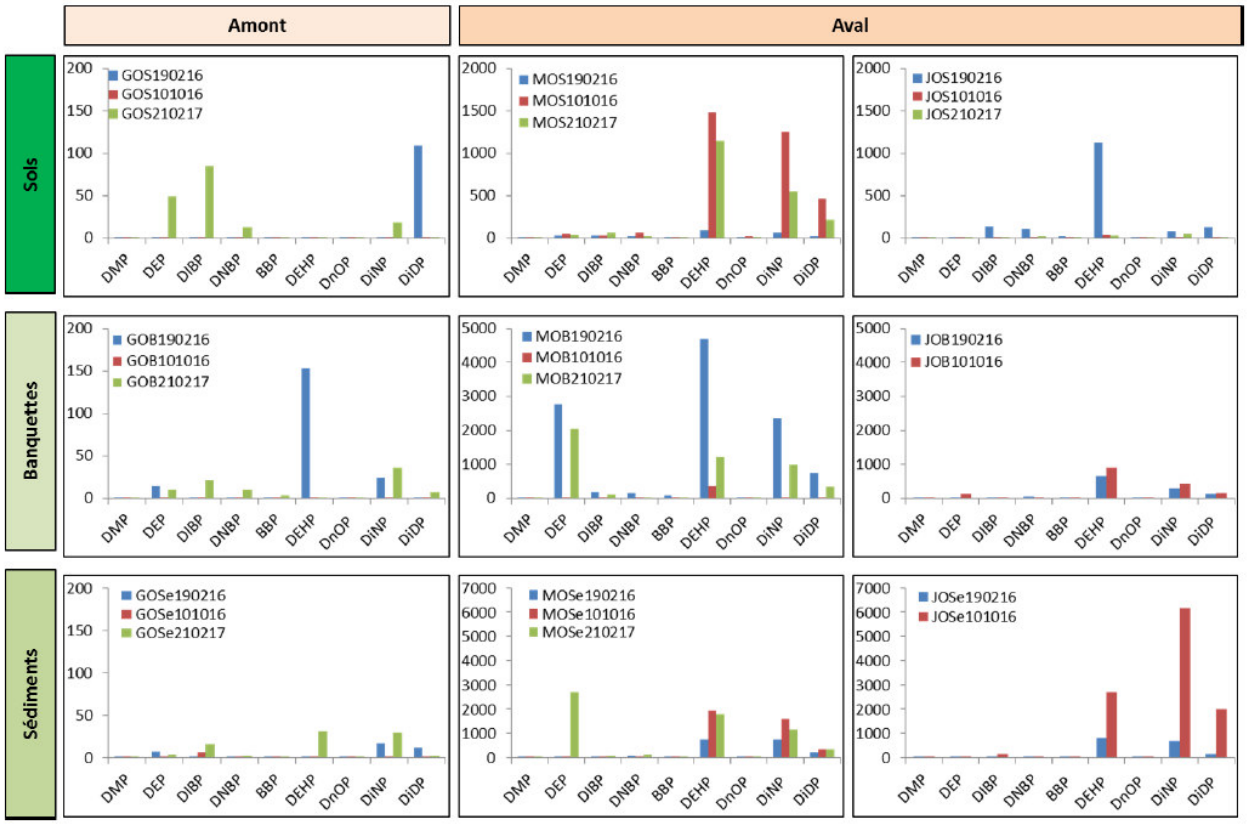

Figure 5. Teneurs (en ng/g) en phtalates dans les sols, les banquettes et les sédiments de l'Orge

Les PCB sont encore bien présents sur cette rivière, leurs teneurs augmentent avec le gradient d'urbanisation habituellement observé pour ces composés. Les PCB118 et 138 sont les molécules majoritaires.

Les polybromés ne sont pas décelés en amont du bassin versant, excepté dans le sol. Les teneurs augmentent vers l'aval et sont dominés par les BDE 47, 99 et 100. Ce sont les principaux congénères du mélange commercial de penta-BDE (Su et al., 2007). Les teneurs sont du même ordre de grandeur que celles mesurées en 2007 sur le bassin versant.

Il est à noter que des pesticides organochlorés interdits depuis de nombreuses années, restent encore observés dans les 3 matrices tels que le pp' DDE qui est le produit de dégradation du DDT dont les teneurs sont équivalentes à celles des PBDE. Enfin, le DEET est présent à une teneur moyenne de 14,9 ± 3,1 ng/g uniquement sur le site de Morsang.

3 Caractérisation de la matière organique

3.1 Le carbone total

La teneur en carbone total varie entre 0,53 et 9,16% avec une valeur moyenne de 3,82 ± 2,29% (Figure 6). Elle est plus riche dans les sols (5,26±2,10%) que dans les banquettes (2,62±1,14%) et dans les sédiments (3,22±2,60%).

La teneur en carbone total (TC) est similaire à la teneur en carbone organique total (TOC). En effet, le $\delta^{13}C$ dans les échantillons est de -24 ± 3,5‰ qui est proche de la valeur de $\delta^{13}C$ (-22‰) dans les sols pour les plantes de types C3 mais il peut être influencé par une possible contribution des carbonates. La mesure du TOC sera réalisée prochainement. Ces résultats sont comparables avec les sols de la région parisienne où le TOC dans varie entre 0,54 et 9,14% avec une valeur moyenne de 3,08 ± 2,15%. Au niveau mondial, ce sont des valeurs de TOC moyennes ou élevées pour les sols dans les zones rurales et urbaines (Gaspéri et al., 2016).

3.1 Le rapport C/N

La teneur en l'azote totale varie de 0,03% à 0,53%. Elle est également plus riche dans les sols (0,34 ± 0,09%) que dans les banquettes (0,16 ± 0,06%) et dans les sédiments (0,20 ± 0,18%). Elle varie de façon irrégulière de l'amont à l'aval. Les sédiments de Juvisy montrent une teneur plus élevée (0,44%). Pour une matrice donnée, la teneur en azote présente une variation similaire à la teneur en carbone total.

Ainsi le rapport C/N varie peu selon les différents compartiments et les différentes dates de prélèvement. Il est de 13,76±2,24, 16,79±3,95 et 18,61±3,61 pour les sites du Gué d'Orge, de Morsang sur Orge et de Juvisy sur Orge, respectivement.

La variation de C/N est faible en fonction de compartiments, dates et sites ; ceci semble indiquer que la source de matière organique est similaire à l'exception des sols de Juvisy qui présente un rapport C/N relativement élevé. Toutefois une caractérisation plus fine de cette MO reste à réaliser.

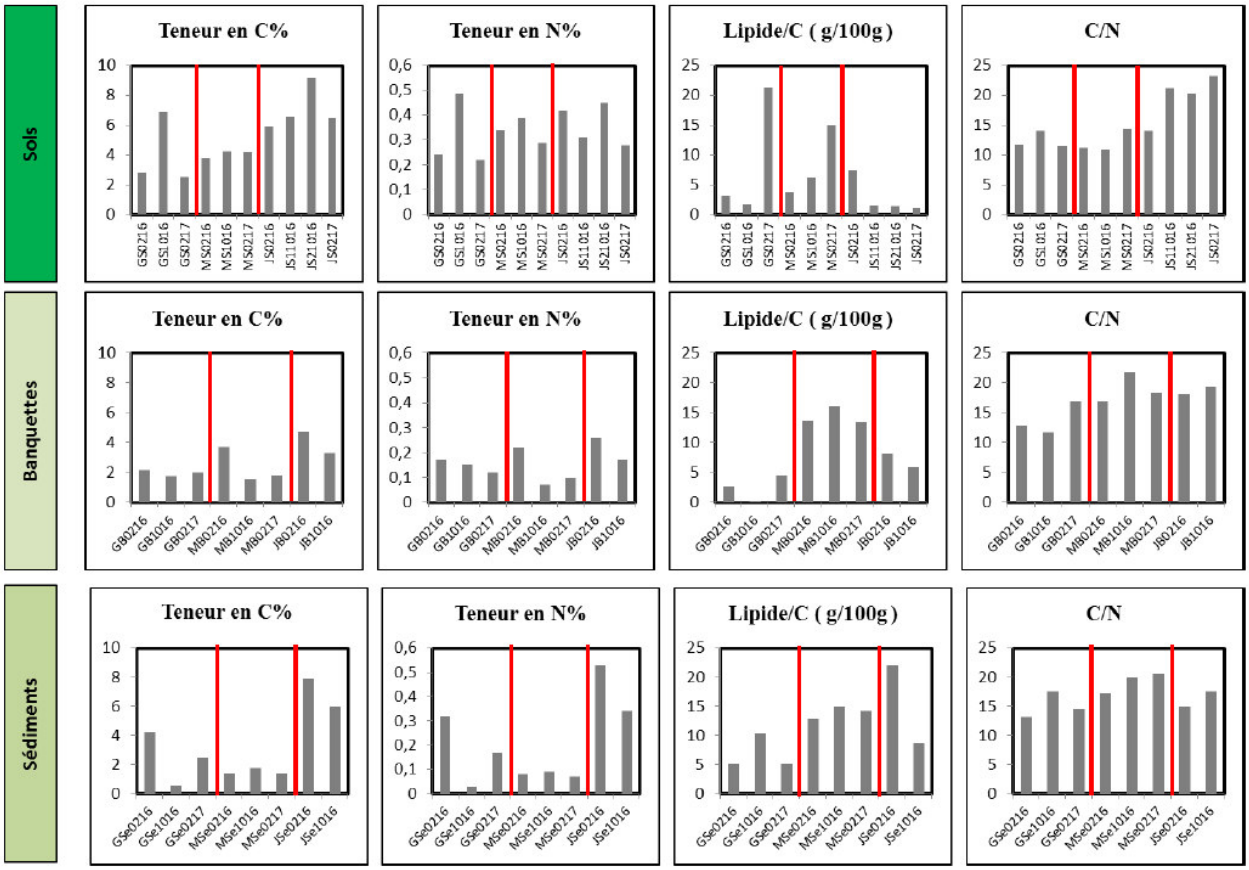

Figure 6. Teneur en carbone total (C%), en azote organique total (N%), en lipides normalisé au carbone total (Lipides/C, g /100 g) et ratio de carbone organique total sur azote organique total (C/N) dans les échantillons des sols, banquettes et sédiments dans la rivière Orge.

3.2 Les lipides

La teneur en lipide normalisée à la teneur en carbone total varie fortement (entre 0,3 et 21,9) selon les différents sites et saisons. L'abondance des lipides dans la matière organique naturelle dans les trois compartiments est le suivant : sédiment (11,7 ± 5,59) > banquette (8,09± 5,79) > sol (6,28 ± 6,79). Elle est souvent plus élevée en aval (9,78±6,06) qu'en amont (6,09±6 ,41) surtout pour Morsang sur Orge (12,25±4,30). L'évolution amont –aval est peu visible. Ces résultats semblent indiquer que la composition de la MO diffère selon les compartiments, contrairement à ce que l'analyse des C/N semble indiquer.

La teneur en lipides normalisée à la teneur en carbone total est souvent très faible dans les sols et élevée dans les banquette et sédiments. A noter que la surface des sols constitue des milieux aérobies alors que les banquettes et sédiments sont les milieux plus ou moins anaérobies ; ainsi les différentes teneurs en lipides/carbone total dans ces trois compartiments peuvent éventuellement être expliquées par la cinétique de dégradation et de l'accumulation de fraction hydrophobe de la matière organique.
Avec une teneur une moyenne de 8,51±6,19% de lipides/carbone total, les sites de l'Orge présentent des teneurs plus élevée que celles moyennes de sols, qui est environ de 2% (Calvet et al., 2011). Dans la matière organique, la teneur en lipides/TOC varie entre 2 et 30 % en fonction de différents types de sols (Dinel et al., 1990). En effet, en France, des teneurs en lipides/TOC de 10,5±5 pour un cambisol et 14,7±9% pour un vertisol ont été rapportées (Quénéa et al., 2012).

4 Travaux en perspectives

A ce jour, les quatre campagnes ont été réalisées et les dernières analyses seront réalisées au cours de l'année 2018. De plus, la caractérisation de la MO à une échelle plus fine sera effectuée (caractérisation moléculaire de la fraction lipidique mais également de la fraction solide). Pour 2019, l'ensemble de ces données sera croisé et pour permettre d'identifier des relations et des interactions entre les différentes formes de la MO et le piégeage des micropolluants dans ces matrices.

Bibliographie

Agnihotri R., Kumar R., Prasad M.V.S.N., Sharma C., Bhatia S.K. et Arya B.C. (2014), Experimental Setup and Standardization of a Continuous Flow Stable Isotope Mass Spectrometer for Measuring Stable Isotopes of Carbon, Nitrogen and Sulfur in Environmental Samples, *MAPAN*, 1 septembre 2014, pp. 195‑205.

Calvet, R., Chenu, C., Houot, S., 2011. Les matières organiques des sols. France Agricole.

Dinel, H., Schnitzer, M., Mehuys, GR., 1999. Soil lipids: origin, nature content, decomposition and effect on soil physical proterties. In: Bollag J-M and Stotzky G(eds.) Soi Biochemistry, pp.397- 429. New York: Marcel Dekker

Gaspéri J., Ayrault S., Moreau-Guigon E., Alliot F., Labadie P., Budzinski H., Blanchard M., Muresan B., Caupos E., Cladière M., Gateuille D., Tassin B., Bordier L., Teil M.-J., Bourges C., Desportes A., Chevreuil M. et Moilleron R. (2016), Contamination of soils by metals and organic micropollutants: case study of the Parisian conurbation, *Environmental Science and Pollution Research*, 10 novembre 2016.

Labadie P., Moreau-Guigon E., Dargnat C., Teil M.J., Blanchard M., Desportes A., Bourges C. et Chevreuil M. (2008), Caractérisation de la contamination de l'Orge et de la Seine par les retardateurs de flamme, les plastifiants et les hydrocarbures aromatiques polycycliques, Rapport d'activité 2007, PIREN-Seine, 16 p.

Maliszewska-Kordybach, B., 1996. Polycyclic aromatic hydrocarbons in agricultural soils in Poland: preliminary proposals for criteria to evaluate the level of soil contamination. Applied Geochemistry 11, 121–127.

Pochodylo A. et Helbling D. (2016), Target screening for micropollutants in the Hudson river estuary during the 2015 recreational season, NYS Water Resources Institute.

Quénéa K., Mathieu J. et Derenne S. (2012), Soil lipids from accelerated solvent extraction: Influence of temperature and solvent on extract composition, *Organic Geochemistry*, 1 mars 2012, pp. 45‑52.

Sánchez-Avila J., Fernandez-Sanjuan M., Vicente J. et Lacorte S. (2011), Development of a multi-residue method for the determination of organic micropollutants in water, sediment and mussels using gas chromatography–tandem mass spectrometry, *Journal of Chromatography A*, 23 septembre 2011, pp. 6799‑6811.

Su Y., Hung H., Sverko E., Fellin P. et Li H. (2007), Multi-year measurements of polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in the Arctic atmosphere, *Atmospheric Environment*, 1 décembre 2007, pp. 8725‑8735.

Teil M.J., Alliot F., Blanchard M., Bourges C., Cladiere M., Desportes A., Gasperi J., Labadie P., Lorgeoux C., Moreau-Guigon E., Tlili K. et Chevreuil M. (2010), Transfert de composés perturbateurs endocriniens par le réseau d'assainissement et le réseau hydrographique à l'exutoire du bassin versant de l'Orge, Rapport d'activité 2009, PIREN-Seine, 10 p.

Teil M.-J., Alliot F., Blanchard M., Bourges C., Dargnat C., Desportes A., Gasperi J., Labadie P., Lorgeoux C., Moilleron R., Moreau-Guigon E., Tlili K. et Chevreuil M. (2009), Contamination de l'Orge et de la Seine par des micropolluants organiques : PBDE, phtalates, alkylphénols et HAP sous différentes conditions hydrologiques, Rapport d'activité 2008, PIREN-Seine, 24 p.

Yang L., He J.-T., Su S.-H., Cui Y.-F., Huang D.-L. et Wang G.-C. (2017), Occurrence, distribution, and attenuation of pharmaceuticals and personal care products in the riverside groundwater of the Beiyun River of Beijing, China, *Environmental Science and Pollution Research*, 1 juin 2017, pp. 15838‑15851.

Zeng F., Cui K., Xie Z., Wu L., Luo D., Chen L., Lin Y., Liu M. et Sun G. (2009), Distribution of phthalate esters in urban soils of subtropical city, Guangzhou, China, *Journal of Hazardous Materials*, 30 mai 2009, pp. 1171‑1178.