



HAL
open science

Polluants émergents issus de l'activité domestique dans les eaux urbaines : le cas des composés perfluorés

Laure Pasquini, T. Gorner, Jean-François Munoz, M.N. Pons, Virginie Boiteux, X. France, P. de Donato

► To cite this version:

Laure Pasquini, T. Gorner, Jean-François Munoz, M.N. Pons, Virginie Boiteux, et al.. Polluants émergents issus de l'activité domestique dans les eaux urbaines : le cas des composés perfluorés. TSM. Techniques Sciences Méthodes – Génie urbain, génie rural, 2011, 10, pp.26-32. hal-00696183

HAL Id: hal-00696183

<https://hal.science/hal-00696183v1>

Submitted on 11 May 2012

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

POLLUANTS ÉMERGENTS ISSUS DE L'ACTIVITÉ DOMESTIQUE DANS LES EAUX URBAINES : CAS DES COMPOSÉS PÉRFLUORÉS

L. Pasquini*, T. Gorner*, J.F. Munoz**, M.N. Pons***, V. Boiteux**, X. France ****
P. de Donato*

* Laboratoire d'Environnement et Minéralurgie, UMR 7569, Nancy Université, CNRS, 15 Avenue du Charmois 54501 Vandœuvre-lès-Nancy Cedex

** Laboratoire d'Hydrologie de Nancy, ANSES, 40, rue Lionnois 54000 Nancy

*** Laboratoire Réactions et Génie des Procédés, UPR 3349, Nancy Université, CNRS, 1, rue Grandville 54001 Nancy Cedex

**** Groupement pour l'Evaluation des Mesures en Continu dans les Eaux et en Assainissement, 149 rue Gabriel Péri 54500 Vandoeuvre-lès-Nancy

Mots-clés : flux de composés perfluorés, eaux usées domestiques, station d'épuration des eaux usées.

Résumé. L'étude porte sur le suivi de deux composés perfluorés (PFOA et PFOS) dans l'agglomération de Nancy et dans sa station d'épuration (STEP). Ces composés sont utilisés en tant qu'aide à la polymérisation du Téflon®, en tant que produits d'imperméabilisation des textiles, cuirs et cartons, et dans certaines mousses anti-incendie. Leur présence dans l'environnement aquatique est principalement due au déversement d'eaux usées industrielles et domestiques.

Nous avons suivi des flux de composés perfluorés dans le réseau d'assainissement de deux zones d'habitats différentes de l'agglomération nancéenne et dans la totalité des eaux usées entrant dans sa station d'épuration (STEP) et en sortant. Les périodes de forte activité ménagère (à l'heure du déjeuner par exemple) sont mises en évidence par des pics de pollution. L'efficacité du traitement de l'eau par la biomasse de la STEP, vis à vis de ces composés, a été évaluée par des prélèvements en entrée et en sortie de station d'épuration. Les traitements classiques de la STEP ne semblent pas être efficaces pour ces composés. On observe un effet de « lissage » des concentrations et non leur diminution.

EMERGING POLLUTANTS RESULTING FROM DOMESTIC ACTIVITY IN URBAN WASTEWATER : CASE OF PERFLUORINATED COMPOUNDS

Keywords : perfluorinated compounds' fluxes, urban wastewaters, wastewater treatment plant.

Abstract. This study aimed at assessing the concentration of two perfluorinated compounds (PFCs), PFOA and PFOS in Nancy's wastewaters and in its wastewater treatment plant (WWTP). These compounds are used as an aid of polymerization of Teflon®, as sealing substances for textiles, leather and cardboard, and in some fire foam. The presence of PFCs in aquatic environment is mainly attributed to the discharge of industrial or urban wastewaters.

We followed fluxes of perfluorinated compounds in the sewer of two different housing areas of Nancy and in all the wastewater entering in the WWTP and outgoing. High housework activity periods (at lunch time for instance) are highlighted by pollution peaks. The efficiency of the biological treatment of the wastewater, regarding to these compounds, has been estimated by sampling at the WWTP's inlet and outlet. WWTP's classical biological treatments don't seem to be efficient for these PFCs. We observe a smoothing effect of the concentrations but not their decrease.

Introduction

Après la pollution d'origine industrielle et agricole, la pollution d'origine domestique commence de plus en plus à attirer l'attention des chercheurs, des instances législatives et des industriels-traitants d'eau. En effet, notre vie quotidienne est source de pollution de l'eau via les eaux usées domestiques : traitements médicaux (antibiotiques, hormones, anticancéreux, analgésiques...), produits d'usage corporel (savons, crèmes...), produits d'entretien (détergents...), composés utilisés dans le traitement des textiles (hydrofuges...) ou dans la fabrication de revêtements antiadhésifs (poêle, emballages...)... Ces produits peuvent poser un problème dans le traitement des eaux usées domestiques, d'une part parce que les

procédés de traitement actuels ne permettent pas leur totale élimination, et d'autre part parce que certaines molécules peuvent avoir un impact sur la biomasse utilisée en STEP (toxiques, non biodégradables).

La Directive Cadre sur l'Eau (DCE), mise en place en octobre 2000 par l'Union Européenne, fixe des objectifs pour la préservation et la restauration de l'état des eaux superficielles, côtières et souterraines : atteindre d'ici 2015 un bon état général des différents milieux aquatiques. De multiples actions sont donc mises en place : développement des techniques d'analyses (physico-chimiques et/ou biologiques), mise en place de réseaux de surveillances... La DCE met à jour tous les quatre ans une liste de polluants dits prioritaires à rechercher dans l'eau. Cette liste comptait, en 2008, 41 polluants.

Dans ce contexte, notre étude porte sur la quantification de deux composés perfluorés (PFC) : l'acide perfluorooctanoïque (PFOA) et le perfluorooctane sulfonate (PFOS), dans les rejets d'eaux usées urbaines dans deux zones d'habitat différentes de la ville de Nancy, en entrée de la station d'épuration (STEP) qui traite les eaux d'une vingtaine de communes et en sortie de STEP. L'objectif de ce travail est de suivre l'émission des PFC rejetés dans les eaux usées de différentes zones d'habitations et d'évaluer l'efficacité des traitements de l'eau en station d'épuration.

PFOA et PFOS ont été choisis car ce sont les principaux représentants des deux grandes familles de PFC, les carboxylates d'alkyls perfluorés et les sulfonates d'alkyls perfluorés. Ces composés ne font pas partie de la liste des 41 substances prioritaires de la DCE. Ce sont des substances dites « émergentes », c'est à dire qu'elles ne sont pas réglementées actuellement. Néanmoins la question sur leurs risques (pour l'environnement et pour la santé) est d'actualité. Les PFC possèdent une extrême stabilité thermique et chimique, ce qui les rend persistants et bioaccumulatifs [1][2][3]. Ils sont donc susceptibles d'être retrouvés dans les eaux de surface via les effluents de STEP des zones industrielles produisant ou utilisant des composés perfluorés et dans les eaux urbaines en raison de la dégradation des produits de consommation qui en renferment [4].

A ce jour, peu d'études sur la présence de ces composés dans les eaux usées et sur l'efficacité des STEP en France sont connues. A l'étranger, plusieurs auteurs [5] [6] [7] ont d'ores et déjà mis en évidence la présence de PFC dans les rejets de STEP. Les concentrations des PFC rejetés dans le milieu naturel varient en fonction de la nature des rejets (domestiques, commerciaux, industriels) et de la taille des agglomérations. Les rejets domestiques sont souvent moins riches en PFC.

ORIGINE ET DEVENIR DES COMPOSES PERFLUORES

Les composés perfluorés sont constitués de chaînes carbonées de longueurs variables dont une partie ou la totalité des atomes d'hydrogène ont été remplacés par des atomes de fluor. Au bout de la chaîne carbonée se trouve le groupement fonctionnel. Les composés perfluorés peuvent ainsi être classés en plusieurs catégories, dont les deux principales sont :

- Les perfluoroalkyl carboxylates (PFCA) : $F(CF_2)_nCO_2^-$
- Les perfluoroalkyl sulfonates (PFAS) : $F(CF_2)_nSO_3^-$

Les deux molécules étudiées, PFOA et PFOS sont présentées sur la figure 1.

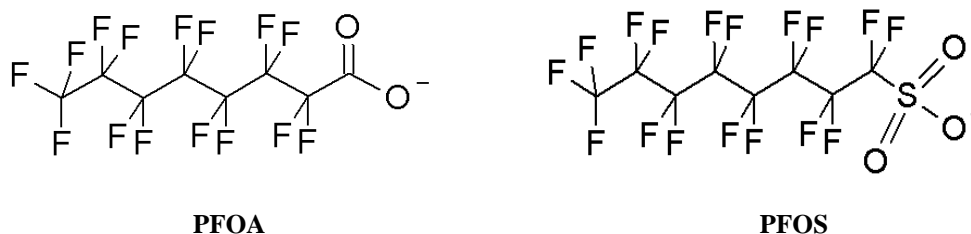


Figure 1. Formules développées de l'acide perfluorooctanoïque (PFOA) et du perfluorooctane sulfonate (PFOS)

La totalité des composés perfluorés retrouvés dans l'environnement est d'origine anthropique. Seuls les composés contenant un atome de fluor (composés monofluorés) peuvent être présents naturellement ou formés au cours de réactions biologiques ou géochimiques dans la biosphère [8].

Les composés perfluorés, synthétisés depuis la fin des années 40, sont utilisés pour fabriquer des produits résistants à la chaleur, hydrophobes et lipophobes [9]. Ils sont ainsi largement répandus dans la fabrication de substances hydrofuges, anti-salissantes et imperméables aux graisses qui sont appliquées sur les tissus, les emballages, les tapis et les moquettes. Ils sont beaucoup employés dans les produits industriels et domestiques tels que les nettoyants de sols et de surfaces métalliques, les shampoings, les peintures, les emballages alimentaires en carton notamment et les revêtements anti-adhésifs de métaux et de semi-conducteurs. Ils participent également à la formulation d'agents tensio-actifs, de détergents, d'émulsifiants, de mouillants, de dispersants, de lubrifiants et de mousses extinctrices [10].

L'abondance des PFC dans le milieu naturel est attribuée à leur émission directe dans l'eau lors de la fabrication, de l'utilisation ou de la dégradation de leurs précurseurs [11]. Les voies d'exposition majeures aux composés perfluorés pour la population sont l'alimentation et la consommation d'eau contaminée.

SITES DE PRELEVEMENTS ET METHODES

Sites de prélèvements

Les campagnes de prélèvement ont été effectuées sur quatre sites du territoire du Grand Nancy :

- Site I, une zone mixte : il s'agit d'un site à la fois résidentiel, administratif et hospitalier.
- Site II, une zone résidentielle, constituée uniquement d'habitats pavillonnaires.
- Site III, l'entrée de STEP qui peut être assimilée à un « grand ensemble ». On définit par grand ensemble un site recevant des eaux hospitalières, résidentielles, commerciales, dans notre cas les eaux de l'ensemble de l'agglomération nancéenne, composée d'une vingtaine de communes.
- Site IV, la sortie de STEP.

Les caractéristiques de ces différents sites sont données dans le tableau 1.

Ces sites ont été instrumentés par le GEMCEA pour les prélèvements et la mesure des débits. Sur chaque site nous avons également mesuré les paramètres physico-chimiques de l'eau, tels que le pH, la conductivité, la turbidité, la DCO, la fluorescence, la concentration en ammonium... afin d'estimer la pollution de l'eau entrant dans la station d'épuration. Les prélèvements sur les zones mixte et résidentielle et ceux d'entrée de STEP permettent d'évaluer les teneurs en PFC de rejets d'eaux de natures différentes. Des prélèvements en entrée et en sortie de STEP permettent d'évaluer l'efficacité des traitements d'épuration vis à vis des PFC recherchés.

Tableau 1. Caractéristiques des sites de prélèvements de l'agglomération de Nancy.

Site	Type d'urbanisation	Réseau	Localité	Nombre d'EH	Date d'échantillonnage
I. Zone Mixte	Résidentielle, administrations, hôpital	Séparatif et unitaire	Brabois, Vandoeuvre lès Nancy	15 000	23/06/10
II. Zone résidentielle	Résidentielle	Séparatif	Clairlieu, Villers lès Nancy	3 500	19/07/10
III. Entrée STEP	Urbain très dense	Séparatif et unitaire	Nancy-Maxéville	300 000	30/06/10
IV. Sortie STEP			Nancy-Maxéville		30/06/10

Modalités d'échantillonnage

Les échantillons ont été prélevés à l'aide d'un préleveur automatique (ISCO 3700) muni de 24 flacons d'un litre en polypropylène et alimenté sur batterie. Une campagne de prélèvement sur 24 h a été réalisée sur chacun des sites par temps sec afin d'avoir des conditions de prélèvement comparables les unes aux autres. Les prélèvements ont été réalisés proportionnellement au temps. Ils étaient donc étalés sur 24h à raison d'un prélèvement de 250 mL toutes les 15 minutes (soit 4 prélèvements par heure et par flacon). Une fois les prélèvements terminés, les échantillons ont été récupérés et conservés au réfrigérateur à 4°C.

Protocole analytique

L'analyse de la phase particulaire étant en cours de validation nous ne présentons ici que le protocole et les résultats obtenus pour la phase dissoute. Les échantillons sont dans un premier temps séparés en deux aliquots, un premier pour l'analyse de paramètres physico-chimiques classiques (pH, conductimétrie, DCO, turbidité, ammonium par la méthode Nessler...) et un second pour l'analyse des PFC.

Pour l'analyse des PFC, les échantillons subissent un prétraitement : les eaux usées sont préalablement filtrées à 0,45 µm sur un filtre en nitrate de cellulose.

Les échantillons filtrés sont acidifiés à pH3 puis extraits par SPE (extraction sur phase solide) sur des cartouches de type Oasis WAX (Waters, 6 cc, 150 mg). Les échantillons sont élués au travers de la cartouche à un débit de 4 ml / min. Les analytes sont ensuite élués de la cartouche avec 4 mL NH₄OH 0,1% (v / v) dans le méthanol.

L'analyse des échantillons ainsi préparés s'effectue ensuite par chromatographie liquide ultra performance (UPLC[®], Waters) couplée à un détecteur de type spectrométrie de masse en tandem (MS/MS) fonctionnant avec un analyseur triple quadripôle et une source d'ionisation électrospray opérant en mode négatif. Ces analyses ont été réalisées au sein du Laboratoire d'Hydrologie de Nancy de l'Agence Nationale de la Sécurité Sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES).

Dans la mesure du possible, le matériel utilisé est exempt de fluoropolymères (exemple : PTFE appelé aussi téflon) et de fluoroélastomères, afin d'éviter tout risque d'interférences. Le verre est également à éviter, afin d'éliminer tout risque d'adsorption des composés sur ce type de consommable [12]. La limite de quantification dans les eaux a été validée à 4 ng/L.

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Caractérisation physico-chimique des eaux prélevées

Le pH moyen (calculé par pondération par les débits) de ces eaux usées est de l'ordre de 7,5 pour les sites II et III. Il atteint des valeurs plus importantes (>8) au niveau du site I, qui peuvent être expliquées par un apport d'eau plus basique provenant des laveries de l'hôpital.

La mesure de la turbidité indique la teneur en matières en suspension et colloïdales. Les eaux des trois zones, I, II et III sont considérées comme eaux troubles, les valeurs ayant presque toujours été très élevées (NTU>50).

Les mesures des concentrations en ammonium, de demande chimique en oxygène et de carbone organique total indiquent que les eaux usées étudiées sont des eaux chargées en matière organique et en urine.

Les composés perfluorés dans les phases solide et liquide

Variations journalières sur 3 sites d'étude I, II, et III. Les quantités de PFOA et PFOS mesurées dans les eaux usées sont présentées en masse par heure par équivalent habitant (EH) (figure 2) en prenant en compte les variations journalières de débit.

Lors des prélèvements dans la zone mixte nous avons observé une importante augmentation des débits à 15h. Cette augmentation reste encore inexpliquée. Il s'agit potentiellement d'eau claire provenant de la vidange d'un bassin de rétention d'eau de pluie ou d'eau pour incendie. L'apport d'eau claire dans le réseau a entraîné l'augmentation du débit et la chute de la concentration en PFC. Néanmoins, les flux de PFC, c'est à dire qui prennent en compte les débits, sont restés stables (flux = concentration x débit).

Sur les trois sites étudiés, des variations du flux des PFC sont observables au cours de la journée. Une première augmentation est observée à partir de 6 à 7h sur les trois sites, ce qui correspond au début de l'activité humaine. Une diminution du flux de PFC est relevée entre 1h et 6h, suite à l'arrêt de l'activité durant la nuit. Une augmentation du flux de PFC a eu lieu également entre 15h et 17h dans la zone mixte et en entrée de STEP et entre 12h et 15h dans la zone résidentielle. Cette augmentation est liée à un pic d'activité domestique à l'heure du déjeuner et aux activités d'après déjeuner (vaisselle, lessive...). L'évolution des flux peut en partie être liée à un bruit de fond continu résultant de l'activité domestique. Toutefois il sera nécessaire de répéter les campagnes de mesures afin d'établir un lien direct entre les pics de flux et une éventuelle augmentation de l'activité humaine dans les créneaux horaires concernés.

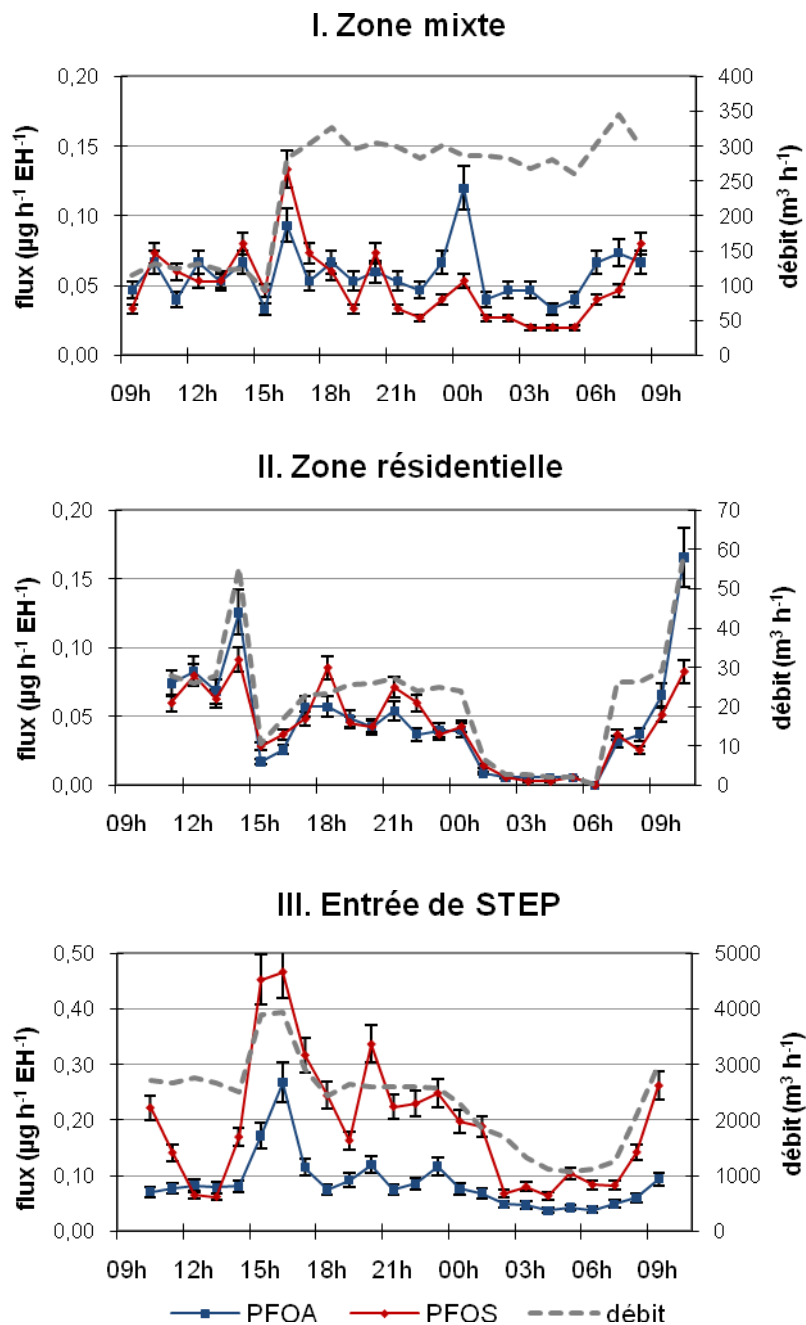


Figure 2. Flux de PFC ($\mu\text{g h}^{-1} \text{EH}^{-1}$) normalisés par équivalent habitant (EH) dans les eaux usées de Nancy et débits d'eau usée sur les sites : I. zone mixte, II. zone résidentielle et III. entrée de STEP (grand ensemble).

On peut constater sur la figure 2 plusieurs phénomènes :

- 1) Les flux de PFOA et PFOS (normalisés par EH) dans la zone mixte et dans la zone résidentielle se situent dans la même fourchette de concentration ($0,02$ à $0,15 \mu\text{g h}^{-1} \text{EH}^{-1}$), avec une valeur moyenne aux alentours de $0,05 \mu\text{g h}^{-1} \text{EH}^{-1}$ pour les deux PFC.
- 2) Les flux de PFOA sont du même ordre de grandeur ($0,05$ à $0,08 \mu\text{g h}^{-1} \text{EH}^{-1}$) dans les eaux usées du grand ensemble (entrée de STEP). Par contre, les flux de PFOS en entrée de STEP sont significativement supérieurs (environ $0,20 \mu\text{g h}^{-1} \text{EH}^{-1}$) à ceux des sites I et II. Ceci laisse supposer une émission importante de PFOS par une activité autre que domestique, probablement industrielle sur la zone III du « grand ensemble ».

Evaluation de l'efficacité des traitements de la STEP. La station d'épuration de Nancy-Maxéville traite des effluents urbains provenant d'une vingtaine de communes de la communauté urbaine du Grand Nancy. Les eaux usées subissent tout d'abord un traitement primaire traditionnel (dessablage, déshuilage et décantation lamellaire) puis sont dirigées vers le traitement secondaire qui est traitement hybride, combinant des boues activées et un biofilm sur des particules de sable, le biolift®. Après une étape de dénitrification des boues activées, celles-ci sont dirigées vers des clarificateurs. L'eau épurée subit un dernier traitement physico-chimique, pour éliminer le phosphore, avant d'être rejetée dans la Meurthe. Les boues sont, quant à elles, recyclées dans le traitement biologique.

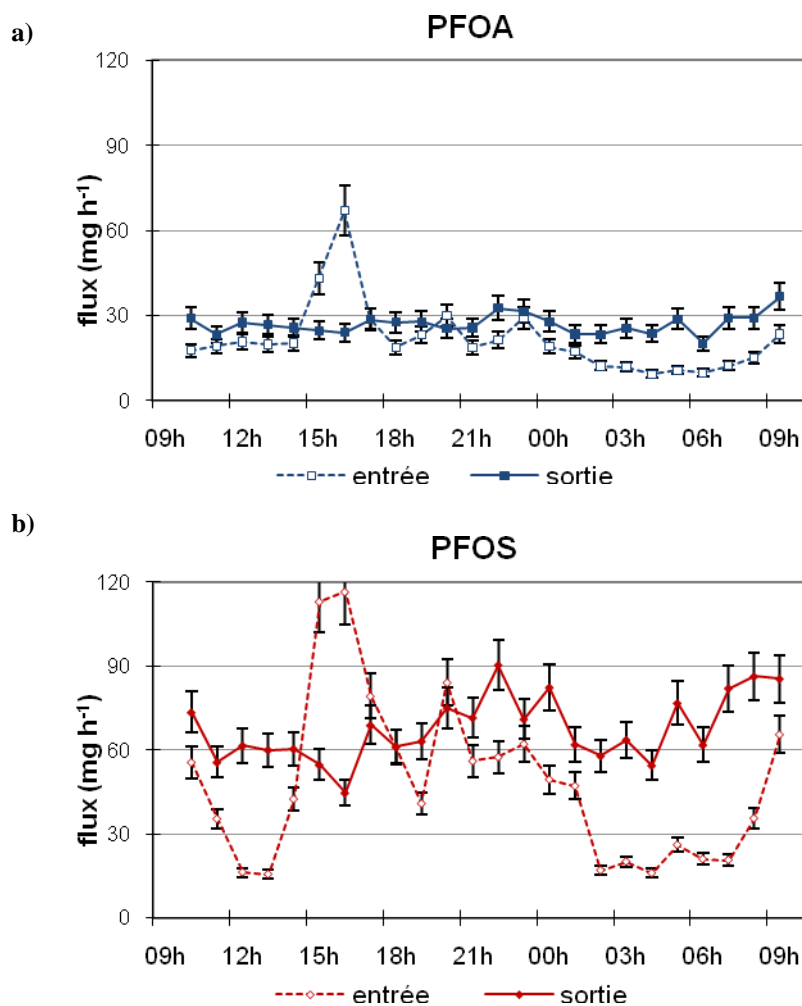


Figure 3. Flux (mg h^{-1}) de a) PFOA et de b) PFOS entrant et sortant de la STEP chaque heure.

Les quantités de PFOA et PFOS mesurées dans les eaux usées et épurées sont présentées en masse par heure (figure 3) pour prendre en compte les variations journalières de débit.

La figure 3 permet d'observer clairement plusieurs variations de la quantité de PFC entrant en STEP : une augmentation significative vers 6-7h du matin et entre 14h et 17h représentative de l'activité domestique et une diminution nette entre 1h et 7h (inactivité pendant la nuit). En sortie de STEP le flux de polluants est quasi constant. On observe un phénomène de « lissage » des flux de PFC à la sortie de la STEP. Les traitements classiques par la biomasse ne permettent pas d'éliminer les composés perfluorés présents dans les eaux usées.

De plus, la figure 3 b) montre qu'entre 10h et 14h et entre 21h et 9h les flux de PFOS en sortie restent largement supérieurs aux flux d'entrée. Ce point n'est pas encore élucidé à l'heure actuelle. Cependant, plusieurs hypothèses de réponses sont envisagées. Une différence importante constatée au niveau des

débites d'eau en entrée et en sortie de STEP, ou encore une dégradation des composés de type fluorotélomères au cours du processus de traitement [11] pourraient expliquer ce phénomène. Une autre réponse serait la présence d'une hydrodynamique particulière capable de générer des zones d'accumulation qui agiraient à la manière d'un système tampon en stabilisant un flux moyen journalier compris entre 60 et 80 mg h⁻¹.

Concentrations mesurées sur les différents sites. Les PFC étudiés ont été retrouvés dans tous les échantillons d'eaux, usée et traitée, que nous avons analysés. Les concentrations mesurées sont présentées sur la figure 4.

Sur tous les sites étudiés la concentration en PFOA est comprise entre 7 à 9 ng/L. La concentration en PFOS est de l'ordre de 4 à 7 ng/L dans les deux zones, mixte et résidentielle. On note cependant une concentration en PFOS plus importante au niveau de la station d'épuration : de 20 à 23 ng/L en entrée et en sortie de STEP. Ceci peut être expliqué par un apport d'eau usée provenant d'une localité (possédant une activité industrielle) qui n'a pas été incluse dans notre étude. En effet, les eaux usées industrielles peuvent contenir des quantités importantes de PFOS [7].

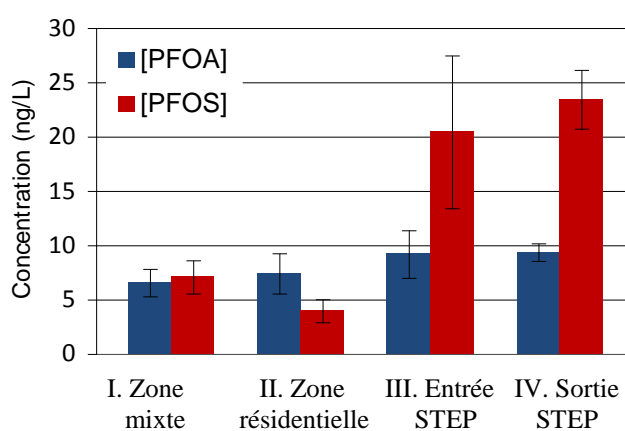


Figure 4. Concentrations moyenne en PFC mesurées sur les différents sites (en ng/L), et écart-types.

Conclusion

La présence de composés perfluorés dans les eaux urbaines a été étudiée sur trois sites urbains : une zone mixte (habitats résidentiels, administrations, hôpital), une zone résidentielle, et un grand ensemble. L'élimination des PFC par la biomasse a été évaluée par des prélèvements en entrée et en sortie de cette même STEP.

Les résultats obtenus permettent de faire les observations suivantes :

- Les mesures des flux de PFOA et PFOS montrent des évolutions correspondant aux périodes d'activité intense et d'inactivité domestique (ou industrielle). Les concentrations mesurées sont du même ordre de grandeur pour les zones mixte et résidentielle (7-9 ng/L pour le PFOA et 4-7 ng/L pour le PFOS)
- La concentration en PFOS au niveau de la STEP est plus importante (environ 25 ng/L), ce qui pourrait être expliqué par un apport d'origine industrielle.
- Le traitement biologique classique de la STEP, par boues activées et biofilm, ne permet pas d'éliminer les PFC présents dans les eaux usées. Le passage au travers de la STEP permet uniquement de lisser les flux de polluants. Ce fait a d'ailleurs été décrit par la littérature [14]. PFOA et PFOS sont constamment retrouvés dans les effluents de STEP à des concentrations variant en fonction des apports industriels.

Afin d'approfondir cette étude, de nouvelles campagnes de mesures sont prévues sur les mêmes sites et également sur une autre station d'épuration, plus petite et possédant un temps de résidence plus long.

Le protocole sur la phase particulière est en cours de validation. Les premiers résultats nous indiquent la présence de PFC dans les boues de STEP à des concentrations de l'ordre de 20 ng/g pour le PFOA et 200 ng/g pour le PFOS. Ces grandeurs sont semblables à celles retrouvées dans la littérature [13]: 31,0 ng/g pour le PFOA et 372,8 ng/g pour le PFOS.

Remerciements

Nous tenons à remercier le Communauté Urbaine du Grand Nancy de nous avoir accordé l'accès à la station d'épuration.

Bibliographie

- [1] Results from the Swedish National Screening Programme (2005)
- [2] GIESY J.P., KANNAN K., (2002): "Peer Reviewed: Perfluorochemical Surfactants in the Environment", *Environ. Sci. Technol.*, 36 (7), pp 146A–152A.
- [3] KEY B.D., HOWELL R.D., CRIDDLE C.S., (1997): "Fluorinated Organics in the Biosphere", *Environ. Sci. Technol.*, 31 (9), pp 2445–2454.
- [4] OCHOA-HERRERA V., SIERRA-ALVAREZ R., (2008): "Removal of perfluorinated surfactants by sorption onto granular activated carbon, zeolite and sludge", *Chemosphere*, Vol 72, Issu 10, pp 1588–1593.
- [5] CLARA M., GANS O., WEISS S., SANZ-ESCRIBANO D., SCHARF S., SCHEFFKNECHT C. (2009) "Perfluorinated alkylated substances in the aquatic environment: An Austrian case study", *Water Research* 43(18), 4760-4768.
- [6] LIEN N.P.H., FUJII S., TANAKA S., NOZOE M., TANAKA H. (2008) "Contamination of perfluorooctane sulfonate (PFOS) and perfluorooctanoate (PFOA) in surface water of the Yodo River basin (Japan)", *Desalination* 226(1-3), 338-347.
- [7] YU J., HU J., TANAKA S., FUJII S. (2009a) "Perfluorooctane sulfonate (PFOS) and perfluorooctanoic acid (PFOA) in sewage treatment plants", *Water Research* 43(9), 2399-2408.
- [8] RENNER R., (2001): "Growing – Concern over perfluorinated chemicals", *Environ. Sci. Technol.*, 35 (7), pp 154A–160A.
- [9] Minnesota Department of Health (2008): "MDH Evaluation of Point-of-Use Water Treatment Devices for Perfluorochemical Removal", final report.
- [10] KINANI S., AGUERRE-CHARIOL O., STRUB M., Rapport d'étude N° DRC-09-95687-05202B, Convention INERIS-ONEMA 2008, Proposition de position française concernant un protocole analytique pour les composés perfluorés.
- [11] PREVEDOUROS K., COUSINS I.T., BUCK R.C., KORZENIOWSKI S.H., (2006): Source, Fate and Transport of Perfluorocarboxylates, *Environ. Sci. Technol.* 40 (1).
- [12] Norme AFNOR ISO 25101 :2009 : Water quality – Determination of perfluorooctanesulfonate (PFOS) and perfluorooctanoate (PFOA) – Method for unfiltered samples using solid phase extraction and liquid chromatography/mass spectrometry.
- [13] YOO H., WASHINGTON J.W., JENKINS T.M., LIBELO E.L., (2009): Analysis of perfluorinated chemicals in sludge: Method development and initial results, *J. Chromatogr. A*, 1216(45):7831-9.
- [14] BECKER A.M., GERSTMANN S., FRANK H., (2008): "Perfluorooctane surfactants in waste waters, the major source of river pollution", *Chemosphere*, 72 115-121.