

OFFRE DE THESE

IMT Mines Alès – Centre CREER

Etablissement : IMT Mines Alès (Ecole nationale supérieure des mines d'Alès)

Centre de recherche et d'enseignement : Centre de Recherche et d'Enseignement en Environnement et Risques (CREER).

Localisation : Alès

Type de contrat : Contrat de Droit Public 36 mois / Temps plein

Date de prise de poste : 1^{er} février 2023

1. Présentation de notre établissement et du centre CREER

L'institut Mines-Télécom (IMT) est un grand établissement public dédié à l'enseignement supérieur et la recherche pour l'innovation ; c'est le premier groupe d'écoles d'ingénieurs en France. Acteur majeur du croisement entre les sciences et les technologies du numérique et de l'ingénieur, l'IMT met les compétences de ses écoles en perspective dans les grands champs des transformations numériques, industrielles, énergétiques et éducatives. L'IMT fédère 11 écoles d'ingénieur publiques réparties sur le territoire national, qui forment 13 500 ingénieurs et docteurs. L'IMT emploie 4500 femmes et hommes et dispose d'un budget annuel de 400M€ dont 40% de ressources propres. L'IMT comporte 2 instituts Carnot, 35 chaires industrielles, produit annuellement 2100 publications de rang A, 60 brevets et réalise 110M€ de recherche contractuelle au sein de 55 centres de recherche rattachés à ses écoles.

IMT Mines Alès est une des écoles de l'IMT. Forte de 180 ans d'histoire au service de la science et des entreprises, l'école dispose d'une solide culture scientifique et technique qu'elle met au service de l'enseignement, de la recherche et du transfert technologique. L'école emploie 350 personnes et forme plus de 1200 élèves ingénieurs et chercheurs. Ses 3 centres de recherche développent une activité de haut niveau scientifique en partenariat avec les entreprises, dans les domaines de l'environnement, des risques, des matériaux, du génie civil, de l'intelligence artificielle et du génie industriel et numérique. Les valeurs promues à l'école sont l'audace, l'engagement, le partage et l'excellence.

Le Centre de Recherche et d'Enseignement en Environnement et en Risques (CREER) héberge des activités de recherches axées sur deux thématiques dans les domaines de l'environnement et du risque. Chacune des thématiques est portée par un Laboratoire de recherche :

- HSM (HydroSciences Montpellier) pour les activités dans le Domaine de l'eau
- LSR (Laboratoire des Sciences du risque), pour les recherches sur les risques et la qualité de l'Air.

L'équipe de recherche ERT travaille sur la gestion intégrée de l'eau à l'aide d'une large palette de compétences capitalisant sur des savoir-faire de recherche en biologie, chimie, mesure et développement de capteurs, écologie industrielle, géologie, géostatistique, statistique et modélisations hydro(géo)logique et statistique.

La variété de ces disciplines permet de relever les grands défis liés à l'eau qui nécessitent des compétences variées (surveillance, déploiement de réseaux de capteurs, modélisation, gestion...) permettant à l'équipe de s'intégrer dans des projets pluridisciplinaires et de s'impliquer dans plusieurs cercles et communautés, amplifiant ainsi son rayonnement.

L'équipe ERT est forte de 11 enseignants chercheurs dont 5 HDR, 3 techniciennes et ingénieure, 1 post-doc et 9 doctorants. Elle atteint ainsi une taille permettant d'avoir une dynamique scientifique riche

et un rayonnement aux niveaux régional, national et international, notamment dans le cadre de contrats doctoraux en cotutelle. L'équipe ERT est intégrée depuis janvier 2021 dans l'UMR HydroSciences Montpellier (HSM), (Université de Montpellier, IRD, CNRS). La recherche du personnel d'ERT se déroule au sein de cinq des six équipes de l'UMR HSM. Cette UMR est très impliquée dans des chantiers et observatoires dont certains sont implantés dans les pays du Sud (Tunisie, Côte d'Ivoire par exemple). La personne recrutée contribuera notamment aux activités de recherche conduites par l'équipe ConTem (contaminants émergents) et développées au sein du thème transversal « Enjeux Environnementaux et Sanitaires ».

2. Description de l'emploi

Contexte

La gestion des ressources en eau représente un enjeu sociétal majeur afin de garantir l'accès des populations à l'eau potable, l'utilisation pour les besoins agricoles et industriels et de préserver la biodiversité. Dans le cadre du contrôle et de la préservation de la qualité des eaux, des textes réglementaires ont par conséquent été mis en place tant au niveau européen que français. Ainsi, la Directive Cadre sur l'Eau (DCE), introduite en 2000 (Directive 200/60CE, 2000) et régulièrement révisée, a défini des objectifs pour atteindre le bon état écologique et chimique des masses d'eaux. Une liste de polluants, dit prioritaires a été établie comprenant des substances de natures et usages diverses (métaux, pesticides, retardateurs de flamme, ...) et pour lesquels une toxicité envers les organismes évoluant dans les milieux aquatiques est avérée. La liste initiale comprenait 33 substances (ou familles de substances) puis elle a été élargie à 45 lors de sa révision en 2013 (Directive 2013/39/UE, 2013). Cette nouvelle liste a notamment introduit une substance de la famille des composés perfluorés (PFAS), l'acide perfluorooctanesulfonique (PFOS) dans la surveillance régulière des milieux. Il a été également démontré que les composés perfluorés sont fréquemment retrouvés dans les eaux de surface (Munoz et al., 2015, 2016, 2017, Assoumani et al., 2020). Au niveau Français, suite à une campagne prospective menée en 2014 (Botta & Dulio, 2014), 6 autres PFAS ont ainsi été classés comme substances pertinentes à surveiller et font partie de la surveillance régulière des milieux aquatiques depuis 2015 (Arrêté du 07 Aout 2015, 2015). La réglementation REACH considère également les PFAS comme des substances préoccupantes avec des demandes de restriction en cours (European Commission, 2020).

Les PFAS sont utilisés dans de très nombreuses applications industrielles, par exemple en tant qu'aides à la polymérisation dans les polymères fluorés, tensioactifs dans les mousses anti-incendies, agents anti-buées dans le chromage, hydrofuges et oléofuges dans les textiles, le cuir, les matériaux de contact alimentaire et les cosmétiques.... Globalement, alors que la plupart des efforts de recherche et de réglementation se sont principalement concentrés sur le PFOS et le PFOA, il est important de réaliser que des centaines à des milliers de composés polyfluorés différents sont en cours d'utilisation (Lindstrom et al., 2011).

Les PFAS sont amphiphiles et donc généralement constitués d'une chaîne hydrophobe constituée de liaisons carbone-fluor et d'une tête hydrophile qui peut être de nature acide (carboxylique ou sulfonique comme dans le cas du PFOS). Cette combinaison leur confère des propriétés tensio-actives. Ils sont également extrêmement persistants et mobiles dans les milieux aquatiques. Les PFAS sont ainsi classés par la communauté scientifique dans la catégorie des substances PMT (Persistant, Mobile, Toxique) ce qui les rend particulièrement préoccupants.

Le rejet des PFAS dans l'environnement et les milieux aquatiques en particulier s'effectue principalement à partir des eaux usées industrielles et municipales, puis par les usines de traitement, les décharges, les usines de recyclage et d'incinération et de la réutilisation des boues d'épuration. Le nombre de sites potentiellement émetteurs de PFAS a été estimé à environ 100 000 en Europe (European Commission, 2020).

La norme de qualité environnementale de la DCE du PFOS a été établie pour la moyenne annuelle dans les eaux de surface intérieures à 0,65 ng/L (Directive 200/60CE, 2000). Pour la surveillance régulière des composés perfluorés dans les eaux de surface françaises, un objectif de niveau de suivi a été fixé

dans l'avis agrément à 2 ng/L (Avis agrément, 2019). Ces niveaux de concentration à atteindre, très bas, représentent ainsi une difficulté métrologique.

Par conséquent, le premier objectif du projet sera de développer des méthodes analytiques performantes afin de pouvoir déterminer la nature et concentration des PFAS dans les milieux aquatiques.

De plus, les niveaux de présence des polluants organiques dans les milieux aquatiques peuvent varier selon des épisodes climatiques, d'usage ou de saisonnalité. Des prélèvements ponctuels d'échantillons sont effectués dans le cadre de la surveillance régulière mais ne sont représentatifs que du moment où le prélèvement est effectué, ne tenant pas en compte des variations temporelles. Des techniques de prélèvement alternatif, par échantillonnage passif, ont ainsi été développées afin de pouvoir refléter une fenêtre d'exposition moyenne des milieux. Parce qu'ils préconcentrent sur un support de sorption les polluants pour une longue période, ils permettent également généralement d'obtenir une meilleure sensibilité analytique (de meilleures limites de détection) que les analyses à partir d'échantillonnage ponctuel.

Les échantillonneurs passifs ont été utilisés pour l'analyse de nombreuses substances tel que les métaux, pesticides ou composés pharmaceutiques. En 2019, un exercice national a été mis en œuvre afin de montrer la faisabilité de l'utilisation des échantillonneurs passifs pour la surveillance régulière des milieux aquatiques (Mathon et al., 2020). Cette étude a considéré principalement les polluants prioritaires de la DCE, cependant, le PFOS n'a pas été inclus. En effet, pour les composés perfluorés, leurs propriétés tensio-actives entraînent une difficulté à pouvoir les inclure dans des méthodes multirésidus (avec les autres composés organiques), de prélèvement comme les échantillonneurs passifs ou d'analyse. Des méthodologies spécifiques doivent donc être développées. De plus, étant couramment présents dans le matériel utilisé dans les laboratoires d'analyses, des pratiques et matériaux adaptés doivent être considérés afin de réduire le niveau de contamination analytique.

Le second objectif du projet visera à améliorer l'analyse de composés perfluorés (PFAS) dans les eaux de surfaces et eaux de rejets en appliquant des techniques d'échantillonnage passifs pour la réalisation d'une cartographie de la pollution au niveau d'un bassin versant.

Méthodologies

Plusieurs types d'échantillonneurs passifs seront considérés et évalués dans la cadre de cette étude :

- Echantillonnage passif basé sur le développement et mesure du biofilm :

Les milieux aquatiques (de surface ou de rejets) produisent naturellement et continuellement du biofilm. Si l'analyse de biofilm est uniquement à finalité qualitative, sa propension pour pouvoir accumuler une large gamme de polluants, a été démontrée dans le cadre du projet LUMIEAU-STRA avec le suivi de des métaux ou des composés plutôt hydrophobes (de type HAP, PBDE) ou avec des composés semi-polaires comme des résidus médicamenteux (Zind et al. (2020)). Cette matrice n'a pas encore fait l'objet d'évaluation dans la mesure des PFAS. Cependant, elle semble particulièrement intéressante dans l'optique du prélèvement des PFAS, les composés perfluorés pouvant avoir une très large gamme de propriétés physico-chimiques notamment en termes de polarité. Ainsi, des supports favorisant le développement de biofilm, notamment à base de mousse en polyester, seront développés et testés au cours du projet. Il pourra également être évalué des systèmes commerciaux déjà utilisés dans le cadre de la surveillance des eaux de rejets, notamment dans le cadre du projet LUMIEAU-STRA, pour favoriser la production et le recueil du biofilm.

- Echantillonnage passif basé sur des processus d'adsorption.
 - o Les échantillonneurs passifs les plus utilisés pour la mesure des polluants organiques sont les POCIS (Polar Organic Chemical Integrative Samplers). Les composés perfluorés présentant une nature amphiphile, ces échantillonneurs seront testés sur les substances considérées afin d'évaluer leur gamme d'application et particulièrement ceux basés sur un polymère à échange d'ions de type WAX. Les analyses de composés perfluorés sont en effet généralement réalisées par pré-concentration par extraction sur phase solide de cartouche constituée de polymère par échange

d'anion de type WAX (weak anion exchange). Ainsi, les échantillonnages passifs de ces composés sont dans la grande majorité des cas réalisés sur des échantillonneurs de type POCIS à base de cette phase (Lai et al., 2019 ; Kaserzon et al., 2014 ; Wang et al., 2021, Gobelius et al., 2019). Ce type d'échantillonneur passif sera donc testé pour évaluation des composés considérés dans ces travaux et notamment par rapport à certains composés perfluorés n'ayant pas fait l'objet d'études à base d'échantillonneurs passifs.

- D'autres formats d'échantillonneur passif pourront être évalués, comme de type PACSIR (mélange de POCIS et de silicone) développé dans le cadre de travaux de thèse pour viser l'échantillonnage d'une large gamme de polluants (Martin, 2016). Pour les eaux de rejets, des formats de mini-POCIS, spécialement développés pour ce type de matrice (Dufour, 2017), pourront aussi être évalués dans le cadre de la mesure des PFAS.

Matrices et sites suivis : Les eaux de surface considérées seront situées dans le bassin versant du gardon d'Alès notamment dans le cadre de continuum urbain/agricole (et incluant l'Avène soumise à des pollutions industrielles) et de la corrélation avec la station d'épuration environnante (situé en sortie de l'agglomération alésienne). Des essais seront également effectués sur le site de la station d'épuration de Murviel les Montpellier et dans les cours d'eaux environnants. D'autres sites d'intérêt, pourront, le cas échéant, être considérés.

Travaux envisagés

1. Screening environnemental et développement d'une méthode analytique des PFAS

Un exercice de screening par chromatographie en phase liquide couplée à un spectromètre de masse haute résolution (LC/HRMS) sera d'abord mis en œuvre sur un nombre réduit des sites investigués d'eaux de surface et d'eaux de rejets par des échantillonnages ponctuels par analyse par « suspect screening » sur une liste élargie de composés perfluorés (liste disponible notamment sur le site de l'association Norman ou issue de la littérature). Cet exercice permettra éventuellement de mettre en évidence d'autres composés perfluorés non initialement considérés pour l'étude et de les inclure, si des étalons analytiques sont disponibles, dans les campagnes d'évaluation des échantillonneurs passifs pour un suivi par analyse ciblée.

2. Etude de caractérisation en laboratoire des échantillonneurs passifs

L'utilisation du pilote du laboratoire permettra de définir en milieu contrôlé les cinétiques d'accumulation et si les échantillonneurs passifs sont adaptés pour cela, les constantes (taux) d'échantillonnage à des fins quantitatives.

3. Campagne sur site et cartographie de la pollution en PFAS

Les outils évalués comme les plus performants seront testés sur site lors d'une campagne de mesure. Les échantillonneurs seront déployés sur les sites décrits précédemment. Les résultats obtenus pour les échantillonneurs passifs permettront de déterminer la présence (pour les échantillonneurs de type qualitatif comme le biofilm) ou les concentrations des PFAS déterminées dans les différents sites. Une comparaison avec les résultats obtenus par échantillonnage ponctuel sur les mêmes sites sera effectuée. Une cartographie sur la présence des PFAS pourra ainsi être établie sur le bassin versant étudié.

Des analyses non-ciblées pourront également être mises en œuvre avec les échantillonneurs passifs sélectionnés sur un nombre réduit de sites afin de pouvoir identifier des substances éventuellement non détectées avec les échantillonnages ponctuels.

Globalement, les résultats obtenus devraient permettre d'améliorer les connaissances sur l'utilisation d'échantillonneurs passifs pour la mesure des PFAS et par conséquent sur la caractérisation des composés perfluorés dans les milieux aquatiques.

Références

- Arrêté du 7 août 2015 modifiant l'arrêté du 25 janvier 2010 établissant le programme de surveillance de l'état des eaux en application de l'article R. 212-22 du code de l'environnement
- Assoumani A., Substances Pertinentes à Surveiller (SPAS) dans les eaux de surface : Bilan des données de surveillance acquises de 2016 à 2018 pour l'eau et le sédiment, Rapport INERIS, 2020, Ineris - 181881 – 2331284
- Avis relatif aux limites de quantification des couples « paramètre-matrice » de l'agrément des laboratoires effectuant des analyses dans le domaine de l'eau et des milieux aquatique, 2019
- Babut M., Ferrari B.J. D., Jame P., Assoumani A., Lestremau F., Hette-Tronquart N., Miege C., Perceval O., Monitoring priority substances in biota under the Water Framework Directive: how effective is a tiered approach based on caged invertebrates? A proof-of-concept study targeting PFOS in French rivers, Environmental Sciences Europe, 2020, 32
- Beaumont J., El-Masri A., Lestremau F., Fiche méthode AQUAREF MA-74, Composés Perfluorés PFCs - Méthode d'analyse dans l'eau brute, 2018
- Botta F., Dulio V., Résultats de l'étude prospective 2012 sur les contaminants émergents dans les eaux de surface continentales de la métropole et des DOM. Rapport Final, 2014, DRC-13-136939-12927A
- Directive 2000/60/CE du Parlement européen et du Conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau.
- Directive 2013/39/UE du parlement européen et du conseil du 12 août 2013 modifiant les directives 2000/60/CE et 2008/105/CE en ce qui concerne les substances prioritaires pour la politique dans le domaine de l'eau
- Dufour V., Identification des sources en pesticides en contexte urbain et développements d'échantillonneurs passifs de type POCIS : application à la métropole bordelaise. Université de Bordeaux, 2017.
- European Commission - commission staff working document - Poly- and perfluoroalkyl substances (PFAS) Accompanying the document communication to the commission from the commission to the European parliament, the council, the European economic and social committee and the committee of the regions - 2020
- Gobelius L., Persson C., Wiberg K., Ahrens L., Calibration and application of passive sampling for per- and polyfluoroalkyl substances in a drinking water treatment plant, Journal of Hazardous Materials. 362 (2019) 230
- Kaserzon S.L., Hawker D.W., Booij K., O'Brien D.S., Kennedy K., Vermeirssen E.L.M., Mueller J.F., Passive sampling of perfluorinated chemicals in water: In-situ calibration, Environmental Pollution. 186 (2014) 98
- Lai F.Y., Rauert C., Gobelius L., Ahrens L., A critical review on passive sampling in air and water for per- and polyfluoroalkyl substances (PFASs), TrAC - Trends in Analytical Chemistry. 121 (2019).
- Lindstrom A.B., Strynar M.J., Libelo E.L., Polyfluorinated compounds: Past, present, and future, Environmental Science and Technology. 45 (2011) 7954
- LUMIEAU-STRA - https://www.strasbourg.eu/documents/976405/1622812/LUMIEAU-Bilan_vf.pdf/fb0f95df-5bd4-cc7a-ca25-d2939fc13260?t=1583249073308
- Martin A., Développement de matériaux innovants à base d'élastomère de silicone pour l'échantillonnage passif de pesticides dans les eaux de surface et de subsurface. Etudes de l'environnement. Université de Lyon, 2016.
- Mathon B., Dabrin A., Allan I., Lardy-Fontan S., Togola A., Ghestem J-P., Tixier C., Gonzalez J-L., Ferreol M., Dherret L., Yari A., Richard L., Moreira A., Eon M., Delest B., Noel-Chery E., El Mossaoui M., Alasonati E., Staub P-F., Mazzella N., Miège C., Surveillance prospective – évaluation de la pertinence des échantillonneurs intégratifs passifs (EIP) pour la surveillance réglementaire des milieux aquatiques - Rapport AQUAREF 2020.
- Munoz G., Giraudel J-L., Botta F., Lestremau F., Dévier M-H., Budzinski H., Labadie P., Spatial distribution and partitioning behavior of selected poly- and perfluoroalkyl substances in freshwater ecosystems: A French nationwide survey, Science of The Total Environment, 2015, 517, 48
- Munoz G., Vo Duy S., Labadie P., Botta F., Budzinski H., Lestremau F., Liu J., Sauvé S., Analysis of Zwitterionic, Cationic, and Anionic Poly and Perfluoroalkyl Surfactants in Sediments by Liquid Chromatography Polarity-Switching Electrospray Ionization coupled to Orbitrap Mass Spectrometry, Talanta, 2016, 152, 447
- Munoz G., Labadie P., Botta F., Lestremau F., Lopez B., Geneste E., Pardon P., Devier M.H., Budzinski H., Occurrence survey and spatial distribution of perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl surfactants in groundwater, surface water, and sediments from tropical environments, Science of The Total Environment, 2017, 607, 243
- Note technique du 12 août 2016 relative à la recherche de micropolluants dans les eaux brutes et dans les eaux usées traitées de stations de traitement des eaux usées et à leur réduction
- Wang P., Challis J.K., Luong K.H., Vera T.C., Wong C.S., Calibration of organic-diffusive gradients in thin films (o-DGT) passive samplers for perfluorinated alkyl acids in water, Chemosphere. 263 (2021).
- Zind H., Badany M., Matviichuk O., Paranhos J., de Vargas R., Remaury A., Karpel Vel Leitner N., Mondamert L., Labanowskiet J., Occurrence des produits de dégradation de médicaments dans les biofilms de deux cours d'eau français. Journées Information Eaux 24ème édition, Oct 2020, Poitiers, France.

3. Profil et candidature

3.1. Profil recherché et critères généraux d'évaluation

Le (la) candidat(e) aura de solides connaissances en chimie analytique. Une expérience en métrologie environnementale, notamment avec l'utilisation d'échantillonneurs passifs, serait un plus. Le candidat possédera un niveau d'anglais opérationnel (lu, écrit et parlé).

Mener à bien ce projet, en étant force de proposition, nécessitera de bonnes qualités de curiosité, d'analyse, de synthèse et d'organisation, des aptitudes au travail en équipe, une bonne autonomie et des facilités en matière d'aisance décisionnelle et rédactionnelle.

3.2. Conditions administratives de candidature

Le (la) candidat(e) sera titulaire d'un diplôme de Master 2 (ou équivalent pour un diplôme étranger).

Le poste s'inscrit dans le cadre du concours de l'école doctorale GAIA. Le processus de recrutement inclura une présentation (par visioconférence ou en présentiel selon possibilité) par le ou les candidats présélectionnés devant un jury composé par des représentants d'IMT Mines Alès et de l'école doctorale.

Le poste proposé par l'IMT Mines Alès est un contrat à durée déterminée de 36 mois, à temps plein, contrat de droit public relevant des dispositions du cadre de gestion de l'Institut Mines-Télécom, Salaire brut mensuel : 2 110,90 €

3.3. Modalités de candidature

Les candidatures (lettre de motivation, CV et notes de master2) sont à transmettre par mail à francois.lestremau@mines-ales.fr, et anne-catherine.denni@mines-ales.fr avant le 30 novembre 2022 23h59 heure de Paris, au plus tard.

3.4. Personnes à contacter

Sur le contenu du poste :

✓ Francois LESTREMAU, enseignant-chercheur
francois.lestremau@mines-ales.fr - Tél : 04 66 78 27 48

✓ André SAUVETRE, enseignant-chercheur
andre.sauvetre@mines-ales.fr - Tél : 04 66 78 27 65