

Proposition de stage pour M2

Titre : Transport des PFAS médié par les particules lors d'expériences de lixiviation dans des colonnes de sol non perturbées contaminées par des activités de lutte contre le feu

Contexte

Le sujet des substances per- et polyfluoroalkyles (abréviation en anglais : PFAS) est une question d'actualité en raison de sa grande pertinence environnementale (toxicité, persistance et bioaccumulation) et de la détection des PFAS en tant que contaminants dans des compartiments environnementaux tels que les eaux souterraines, les eaux de surface et le sol. Une fois qu'ils sont présents dans le cycle hydrologique de l'eau, les PFAS peuvent contaminer l'eau potable et causer de graves problèmes de santé. Les PFAS pénètrent dans l'environnement par exemple par des voies industrielles, agricoles et ménagères. Depuis 2019, l'acide perfluorooctanoïque (PFOA), un composant de la famille de PFAS, connu pour sa stabilité exceptionnelle due à un groupe de queue perfluoroalkyle, a été évalué comme un produit chimique organique persistant dans le cadre de la Convention de Stockholm et a donc été inclus dans la liste des substances réglementées. Les PFAS restreints ont souvent été remplacés par des molécules similaires de la même famille avec des chaînes de carbone plus courtes, de sorte qu'aujourd'hui on trouve environ 5000 molécules différentes de PFAS. Bien que les PFAS aient été fabriqués par des activités anthropiques depuis les années 1940, la recherche sur le traitement ou le transport de ces produits chimiques dans l'eau et le sol n'est pas encore totalement étudiée. Des études antérieures ont déjà montré que la rétention des PFAS dépend de divers facteurs tels que le type de PFAS (par exemple, la structure et le poids moléculaires) [1] [2], les propriétés du sol (par exemple, la quantité de carbone organique, le pH) [1] [3], ou les conditions de l'eau de porosité (par exemple, le degré de saturation de l'eau, la force ionique) [4] [5]. Par conséquent, différents mécanismes d'adsorption des PFAS sur le sol ont été détectés en fonction des conditions environnementales.

Objectif

Il est essentiel de savoir si l'adsorption des PFAS se produit également pour les particules libérées pendant les expériences d'écoulement avec un sol contaminé par les PFAS, puisque les PFAS sont connus pour leur comportement d'adsorption sur les phases solides [1] [6]. On s'attend à observer une interaction entre les particules colloïdales et le transport des PFAS, car il est connu que les colloïdes naturels du sol peuvent faciliter la mobilité des contaminants qui ont une grande affinité avec les constituants du sol et qui, autrement, seraient peu mobiles [6] [7] [8] [9]. Ainsi, les particules colloïdales naturels du sol peuvent contribuer à la mobilité, par exemple, des PFAS à longue chaîne, qui sont considérés comme peu mobiles dans les sols en raison de leur affinité avec la matière organique supposée immobile [10]. Jusqu'à présent, seules deux études ont travaillé sur le transport des PFAS facilité par les particules colloïdales et les deux ont utilisé des sols perturbés et des solutions dopées avec une seule molécule du groupe PFAS. Dans notre cas, les PFAS à médiation particulaire seront étudiés dans des sols non perturbés, qui ont été précédemment contaminés par des activités humaines (formation à la lutte contre le feu) avec un mélange de composants de PFAS.

Travail prévu

L'étudiant.e en master travaillera en étroite collaboration avec une doctorante et leur travail contribuera au projet IPANEMA financé par l'ADEME. Pendant le stage, l'étudiant.e testera différents scénarios d'écoulement avec l'objectif de définir les tendances sous lesquelles les conditions environnementales la libération de particules augmente/diminue en combinaison avec une augmentation/diminution de la concentration de PFASs.

Ces expériences seront réalisées dans des colonnes de sol qui seront exposées à des événements pluvieux simulés successifs. Pendant ce temps, les effluents seront collectés et leur concentration colloïdale et concentration de PFAS sera déterminée ultérieurement. Une attention particulière sera portée à la séparation des PFAS en phase colloïdale et dissoute afin de pouvoir déterminer indirectement les PFAS adsorbés sur les particules en mesurant la concentration en PFAS dans la

phase liquide de l'effluent. Une précédente étudiante de M2 a déjà développé le protocole pour l'expérience de lixiviation en utilisant le même dispositif expérimental comprenant un simulateur de pluie et les mêmes colonnes de sol non perturbées que celles qui seront utilisées dans la proposition de stage présentée. Grâce à leurs expériences, nous avons déjà pu effectuer les premières analyses de PFAS dans les effluents, dont les résultats montrent qu'il existe des concentrations différentes entre la phase colloïdale et la phase liquide (voir **Figure 1**).

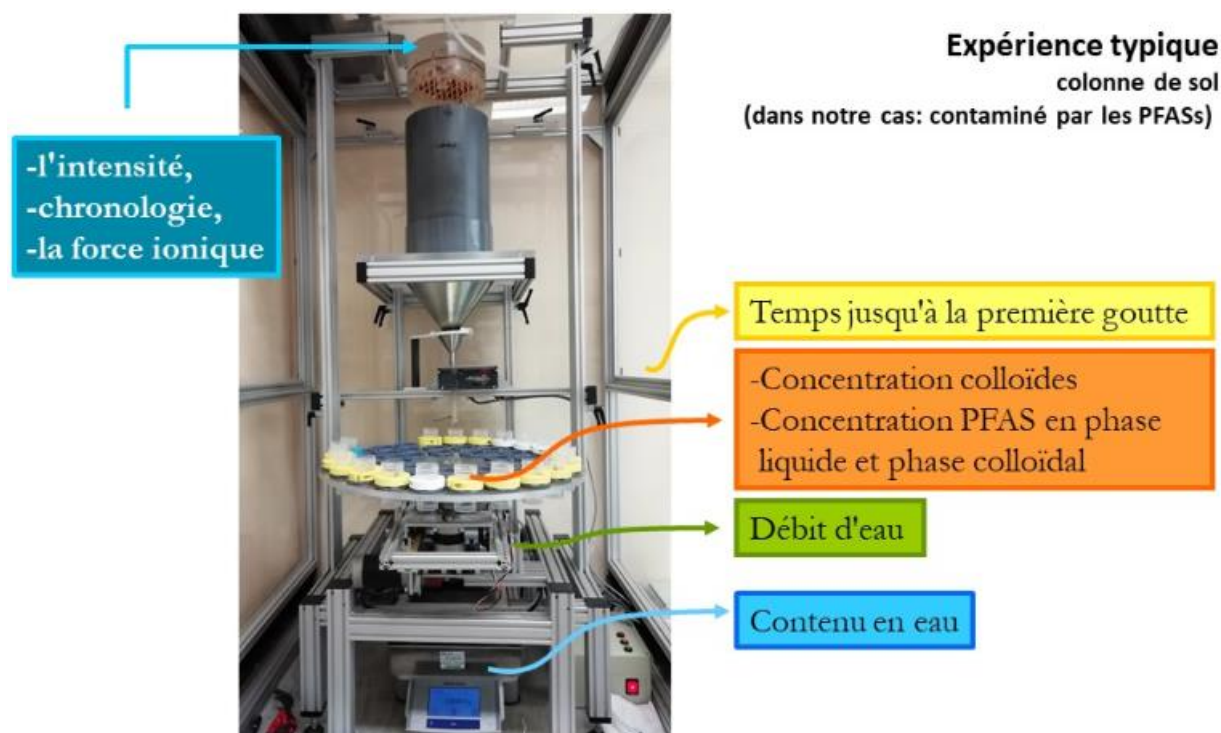


Figure 1 : Mise en place de l'expérience pour l'étude du transport des particules colloïdales et des PFAS dans le sol naturel

Il est prévu de commencer par une étude de la littérature sur les mécanismes de libération et d'adsorption des PFAS par les particules, ce qui aidera à développer des scénarios significatifs de transport des PFAS dans les expériences de lixiviation dans les sols. Plus tard, les scénarios seront exécutés dans des expériences d'écoulement et analysés pour les particules et les PFAS. L'étudiant de Master rédigera un rapport scientifique détaillé comprenant toutes les étapes réalisées pendant le stage de 6 mois.

Profil du candidat

Étudiant.e en Master (M2) ou ingénieur avec un intérêt pour la chimie environnementale et/ou la volonté d'apprendre les questions clés dans ce domaine. La connaissance et/ou l'expérience des expériences de laboratoire et des analyses chimiques est préférable mais pas obligatoire.

Supervision

Eric Michel (eric.michel@inrae.fr) et Elisabeth Fries (elisabeth.fries@inrae.fr)

Localisation

Laboratoire Environnement méditerranéen et modélisation des agroécosystèmes (EMMAH), INRAE campus Avignon, Domaine Saint Paul, 228 route de l'Aérodrome, Site Agroparc - CS 40509, 84914 Avignon Cedex 9

Durée

6 mois à partir du 01.02.2023 (durée et date de début à ajuster en fonction de la disponibilité du candidat)

Formulaire de candidature

CV, lettre de motivation et extrait de cours de Master à envoyer à Eric Michel (eric.michel@inrae.fr) et Elisabeth Fries (elisabeth.fries@inrae.fr)

Références

- [1] Higgins, C. P., & Luthy, R. G. (2006). Sorption of perfluorinated surfactants on sediments. *Environmental Science and Technology*, 40(23), 7251–7256. <https://doi.org/10.1021/es061000n>
- [2] Nguyen, T. M. H., Bräunig, J., Thompson, K., Thompson, J., Kabiri, S., Navarro, D. A., Kookana, R. S., Grimison, C., Barnes, C. M., Higgins, C. P., Mclaughlin, M. J., & Mueller, J. F. (2020). Influences of Chemical Properties, Soil Properties, and Solution pH on Soil-Water Partitioning Coefficients of Per- And Polyfluoroalkyl Substances (PFASs). *Environmental Science and Technology*, 54(24), 15883–15892. <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c05705>
- [3] Zhang, Q., Deng, S., Yu, G., & Huang, J. (2011). Removal of perfluorooctane sulfonate from aqueous solution by crosslinked chitosan beads: Sorption kinetics and uptake mechanism. *Bioresource Technology*, 102(3), 2265–2271. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2010.10.040>
- [4] Ji, Y., Yan, N., Brusseau, M. L., Guo, B., Zheng, X., Dai, M., Liu, H., & Li, X. (2021). Impact of a Hydrocarbon Surfactant on the Retention and Transport of Perfluorooctanoic Acid in Saturated and Unsaturated Porous Media. *Environmental Science & Technology*, 55(15), 10480–10490. <https://doi.org/10.1021/acs.est.1c01919>
- [5] Li, Z., Lyu, X., Gao, B., Xu, H., Wu, J., & Sun, Y. (2021). Effects of ionic strength and cation type on the transport of perfluorooctanoic acid (PFOA) in unsaturated sand porous media. *Journal of Hazardous Materials*, 403, 123688. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.123688>
- [6] Borthakur, A., Cranmer, B. K., Dooley, G. P., Blotevogel, J., Mahendra, S., & Mohanty, S. K. (2021). Release of soil colloids during flow interruption increases the pore-water PFAS concentration in saturated soil. *Environmental Pollution*, 286(April), 117297. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117297>
- [7] John, J., McCarthy, M., & Zachara, J. M. (1989). Subsurface Transport of Contaminants: Mobile colloids in the subsurface environment may alter the transport of contaminants. *Environmental Science and Technology*, 23(5). <https://doi.org/10.1021/es00065a001>
- [8] Majdalani, S., Michel, E., Di-Pietro, L., & Angulo-Jaramillo, R. (2008). Effects of wetting and drying cycles on in situ soil particle mobilization. *European Journal of Soil Science*, 59(2), 147–155. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.2007.00964.x>
- [9] Michel, E., Majdalani, S., & Di-Pietro, L. (2014). A novel conceptual framework for long-term leaching of autochthonous soil particles during transient flow. *European Journal of Soil Science*, 65(3), 336–347. <https://doi.org/10.1111/ejss.12135>
- [10] Naidu, R., Nadebaum, P., Fang, C., Cousins, I., Pennell, K., Conder, J., Newell, C. J., Longpré, D., Warner, S., Crosbie, N. D., Surapaneni, A., Bekele, D., Spiese, R., Bradshaw, T., Slee, D., Liu, Y., Qi, F., Mallavarapu, M., Duan, L., ... Nathanail, P. (2020). Per- and poly-fluoroalkyl substances (PFAS): Current status and research needs. *Environmental Technology and Innovation*, 19(100915). <https://doi.org/10.1016/j.eti.2020.100915>