Proposition sujet de stage niveau Master

Titre

Développement d'une méthode d'analyse dédiée aux substances per- et polyfluoroalkylées (PFAS) dans les phanères (poils et griffes) et le foie du ragondin (*Myocastor coypus*) par chromatographie liquide couplée à la spectrométrie de masse : vers une biosurveillance non invasive de l'exposition environnementale

Unité d'accueil

LABoratoire d'Étude des Résidus et Contaminants dans les Aliments (**LABERCA**), École Nationale Vétérinaire, Agroalimentaire et de l'Alimentation Nantes Atlantique (**ONIRIS**), 101 route de Gachet, Nantes, France.

Le Laboratoire d'étude des résidus et contaminants dans les aliments (LABERCA) est une Unité mixte de recherche de l'École nationale vétérinaire, agroalimentaire et de l'alimentation Nantes atlantique (Oniris VetAgroBio), dépendant du Ministère de l'agriculture et de la souveraineté alimentaire. Placé sous la tutelle de la Direction générale de l'enseignement et de la recherche (DGER) et de l'Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (INRAE, département AlimH), il est par ailleurs le Laboratoire National de Référence (LNR) de la Direction générale de l'alimentation (DGAl) en ce qui concerne l'analyse de contaminants chimiques et résidus de promoteurs de croissance interdits dans les denrées alimentaires. Du point de vue scientifique, le domaine d'activité général du laboratoire est celui de la caractérisation de l'exposition de l'Humain aux dangers chimiques, dans une démarche globale d'appréciation du risque depuis l'agrofourniture jusqu'à l'Humain et sa descendance. Le LABERCA s'attache en effet à générer des données et des connaissances relatives aux sources, transfert et métabolisme des composés étudiés, afin de caractériser à la fois l'exposition (occurrence dans les denrées) et l'imprégnation (occurrence dans les fluides et tissus biologiques) des consommateurs vis-à-vis de ces polluants chimiques. Du point de vue analytique, les trois principaux domaines de compétence et de reconnaissance du LABERCA sont (i) le traitement des échantillons biologiques complexes en vue de l'isolement des substances étudiées présentes au sein de ces matrices à l'état de trace, (ii) la mesure fine de ces composés par diverses techniques et couplages basés sur la spectrométrie de masse et (iii) le traitement post-acquisition de données massives par scripts bio-informatiques en vue de leur interprétation. La reconnaissance de ce savoir-faire dans le domaine de l'analyse de polluants chimiques par des méthodes spécifiques de confirmation est aujourd'hui attestée par les nombreux projets de recherche auxquels celui-ci participe aux plans national (DGAl, Anses, INRAE) et international (dont UE avec les programmes H2020 et Horizon Europe). Le parc instrumental du laboratoire constitue l'un des plus remarquables en Europe dans le domaine de la spectrométrie de masse. Celui-ci regroupe ainsi des couplages de type GC-MS (Q), GC-MS/MS (QqQ), GC-C-IRMS, GC×GC-TOFMS, GC-HRMS (secteur électromagnétique, Orbitrap), LC-MS/MS (QqQ), LC-HRMS (Orbitrap) et LC-IMS-QTOF. L'ensemble des activités du laboratoire est conduit sous un système de management de la qualité associant une accréditation selon le référentiel ISO 17025 (portée flexible de niveau 3) et une certification selon le référentiel ISO 9001:2015 pour la conception, conduite et valorisation de projets de recherche.

Contexte

Le LABERCA œuvre depuis sa création dans le domaine de la sécurité chimique des aliments. Il s'intéresse par conséquent aux principales familles de polluants chimiques depuis leurs sources, leur présence et leur devenir le long de la chaine alimentaire, jusqu'à l'imprégnation de l'homme et sa descendance. Par son statut de LNR pour un certain nombre de substances de type résidus de substances hormonales ou contaminants environnementaux, le LABERCA mène donc un ensemble de projets de recherche orientés tant sur le plan méthodologique que sur le plan fondamental. Parmi les familles de substances chimiques d'intérêt, les substances per- et polyfluoroalkylées (PFAS) font l'objet d'une attention particulière.

Les PFAS représentent plusieurs milliers de molécules anthropiques massivement produites depuis les années 1950. Ces molécules hautement fluorées sont très stables chimiquement et thermiquement. Les travaux menés

depuis le début des années 2000 ont mis en évidence leur caractère très persistant et toxique, ainsi qu'un risque pour les populations, majoritairement exposées *via* l'alimentation. Parmi les PFAS existants, seule une poignée sont réglementés en termes d'usage et de production.

Caractériser la fraction des PFAS réellement biodisponible dans l'environnement, et donc susceptible d'être transférée le long des chaînes alimentaires, nécessite des outils de biosurveillance adaptés. Le projet PFAnères, conduit au LABERCA en articulation avec le projet de thèse LIGER-EXPO, tous deux financés par la Région Pays de la Loire, propose d'explorer le ragondin comme espèce sentinelle. Ce rongeur semi-aquatique invasif, largement répandu en Loire-Atlantique, vit au contact direct de l'eau et des sédiments et fait l'objet d'une régulation par piégeage, ce qui permet de disposer d'individus sans prélèvement dédié. Deux collections seront constituées grâce au réseau de piégeurs d'un partenaire, POLLENIZ, sur deux zones contrastées : un site naturel protégé (Natura 2000) et une zone potentiellement exposée à des rejets de PFAS. Le foie y constitue la matrice de référence de l'imprégnation interne ; les phanères (poils, griffes), faciles à prélever et à conserver, pourraient constituer des matrices alternatives non invasives et de ce fait plus facilement déployables pour la biosurveillance. L'analyse des PFAS dans le poil a récemment été proposée comme outil non invasif d'évaluation de l'exposition de la faune sauvage (Picone et al., 2025 ; Gonkowski et al., 2026), mais aucune donnée n'est à ce jour disponible chez le ragondin.

L'objectif principal de ce stage sera de développer et de caractériser une méthode d'analyse ciblée des PFAS dans les poils et les griffes de ragondin, en s'appuyant sur la LC-HRMS. L'étudiant·e participera également aux analyses de foie, matrice de référence de l'imprégnation interne, puis appliquera les deux méthodes aux échantillons collectés afin d'évaluer la pertinence des phanères comme matrices de biosurveillance. Une importance particulière sera accordée à la distinction entre contamination externe et PFAS effectivement incorporés dans la matrice. Le stage sera co-encadré par le ou la doctorant·e recruté·e sur le projet LIGER-EXPO, dans un environnement pluridisciplinaire (chimie analytique, écotoxicologie, santé environnementale).

Objectifs

- Réaliser une revue bibliographique sur l'analyse des PFAS dans les matrices kératinisées (poils, plumes, griffes, ongles) et leur intérêt en biosurveillance

- Optimiser la préparation des échantillons de phanères (lavage, broyage, extraction, purification) à partir de la méthode développée sur foie

- Caractériser la méthode (linéarité, limites de quantification, justesse, répétabilité, effets matrice)

- Participer aux analyses de foie et appliquer la méthode aux échantillons collectés sur les deux zones d'étude contrastées

- Comparer les profils et niveaux de PFAS entre phanères et foie afin d'évaluer la capacité des phanères à refléter l'imprégnation interne

- Contribuer à la valorisation des résultats (communication, publication) et aux actions de médiation scientifique du projet

Compétences requises

Étudiant·e en Master 2 de chimie analytique, de chimie de l'environnement ou formation équivalente (école d'ingénieur, sciences pharmaceutiques). Des connaissances en préparation d'échantillons, en chromatographie liquide et en spectrométrie de masse sont attendues. Des notions de validation de méthodes et de quantification par spectrométrie de masse seraient appréciées, ainsi qu'un intérêt pour l'écotoxicologie et l'approche « Une seule santé ». L'étudiant·e devra faire preuve de curiosité et de rigueur pour travailler en laboratoire sur l'analyse de composés à l'état de traces, et apprécier le travail en équipe pluridisciplinaire.

Gratification de stage

Selon barème en vigueur.

Durée

Six mois, avec un démarrage flexible vers février ou mars 2027.

Calendrier de recrutement

Date limite de réception des candidatures : 8 novembre 2026. Entretiens entre le 9 et le 13 novembre 2026.

Contacts

Candidatures contenant *a minima* une lettre de motivation, un CV et les relevés de notes de Master 1 à adresser à :

- Dr Ronan Cariou, UMR LABERCA, ronan.cariou@oniris-nantes.fr
- Dr Meg-Anne Moriceau, maître de conférences, UMR LABERCA, meg-anne.moriceau@oniris-nantes.fr

Références :

Gonkowski, S., Menozzi, A., Petrini, A., Cocco, A., Cantelmi, M.C., Mikołajczyk, S., Makowska, K., Merola, C., 2026. The differences in levels of poly- and perfluoroalkyl substances (PFASs) in the hair of wild terrestrial mammals with various feeding behaviour. *Scientific Reports*. https://doi.org/10.1038/s41598-026-39984-5.

Picone, M., Marangoni, S., Silan, G., Volpi Ghirardini, A., Piazza, R., Bonato, T., 2025. Hair analysis as a non-invasive method for assessing the exposure of wildlife to per- and poly-fluoroalkyl substances (PFAS). *Environmental Pollution*. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2025.126443.