

Proposition de stage : Ingénieur 5A - M2

Dans le cadre du projet Toubkal France - Maroc

Durée du stage : 4 à 6 mois, à partir du 1^{er} semestre 2026

Financier (via contrat de recherche) : AVRUL (Agence de Valorisation de la Recherche de l'Université de Limoges) – Contrat de recherche

Laboratoire de recherche de rattachement :

Laboratoire E2Lim, Eau & Environnement Limoges, UR 24133
ENSIL-ENSCI, Bâtiment A
16 rue Atlantis, 87280 Limoges

Equipe encadrante :

Responsables stage M2R :
Màxim Gibert-Vilas, Maitre de Conférences, maxim.gibert-vilas@unilim.fr
Geneviève Feuillade, Professeur des Universités, E2Lim, genevieve.feuilleade@unilim.fr

Virginie Pallier, Maitre de Conférences-HDR, E2Lim, virginie.pallier@unilim.fr
Marilia Camotti Bastos, Maitre de Conférences, marilia.camotti-bastos@unilim.fr

Collaboration institutionnelle :

IFCE, plateau technique de Chamberet (Corrèze, France)

Sujet de recherche : Optimisation d'un procédé de traitement d'effluents agricoles issus d'une exploitation agricole par couplage électrocoagulation-adsorption ou électrocoagulation-séparation membranaire.

Résumé : Ce stage offre l'opportunité de contribuer à la mise en place d'un procédé de traitement des effluents agricoles, en associant un **procédé d'électrocoagulation** à des **procédés physico-chimiques d'adsorption** sur des matériaux divers (charbon actif, matériau biosourcé...) ou de **séparation membranaire** sur membranes céramiques, pour l'élimination de la pollution chimique globale et des micropolluants organiques de type molécules vétérinaires. Le candidat aura également l'occasion de développer des compétences en chimie analytique, en développement de méthodes de dosage par HPLC-UV.

Contexte : Ce sujet s'inscrit dans une problématique émergente et présente un fort impact scientifique dans le traitement des pollutions diffuses des milieux aquatiques par les rejets d'élevage et les micropolluants organiques de type substances pharmaceutiques vétérinaires ; contrôle d'autant plus pertinent compte tenu des pressions quantitative et qualitative actuelles sur les ressources en eau. L'intérêt du sujet réside aussi dans l'opportunité de travailler en collaboration avec le plateau technique de l'IFCE situé à Chamberet (19) France, au cœur de la recherche équine en élevage, et de mettre en place une méthodologie d'étude rigoureuse avec pour objectif de l'étendre à d'autres filières telles que la filière bovine.

L'objet de ce travail de recherche est de tester des solutions innovantes et couplées de traitement d'effluents d'élevage, tout en validant l'efficacité des traitements physico-chimiques vis-à-vis de ces effluents et vis à vis du résiduel en substances vétérinaires médicamenteuses. Les études documentées dans la littérature s'intéressent plus particulièrement à une classe thérapeutique, les antibiotiques. Ces molécules, largement utilisées de manière automatique, sont responsables du développement de l'antibiorésistance réduisant ainsi leur efficacité d'action. La molécule « traceur » qui sera choisie pour valider les performances des traitements des effluents ne sera pas spécifique aux

équins, l'objectif étant, dans des projets futurs, de pouvoir l'adapter à d'autres types d'élevages (bovins, ovins, caprins...). L'optimisation et le dimensionnement d'un procédé hybride de traitement des rejets d'élevage doit permettre d'adapter le traitement aux contraintes techniques du site ou des futurs sites d'étude. Dans ce travail l'étude sera réalisée en laboratoire. La méthodologie choisie avec une approche multi-échelle permet de tester différents traitements au laboratoire avant de transposer les conditions optimales à l'échelle semi-industrielle et *in situ*.

Approche scientifique : Afin de répondre aux objectifs scientifiques du sujet, la méthodologie proposée combine des essais de traitement des effluents sur d'une part un pilote laboratoire d'électrocoagulation, et d'autre part sur des étapes de filtration (membranes céramiques) ou adsorption (charbons actifs) couplées au pilote. L'efficacité des procédés de traitement optimisés et de leur couplage sera évaluée par le suivi des paramètres globaux, par la quantification des molécules vétérinaires par HPLC-QQQ et HPLC-UV et par comparaison du caractère toxique des effluents agricoles avant et après traitement.

Ce travail de recherche doit donc répondre aux **objectifs** suivants :

- Mise en place et optimisation d'un système de traitement combinant électrocoagulation et traitements physico-chimique : réflexion sur les protocoles et les paramètres d'intérêt à tester, optimisation des conditions opératoires de fonctionnement, tests de différents matériaux adsorbants...
- Suivi analytique des traitements : pH, conductivité, T°, DCO, MES/MVS, COD, espèces azotées et phosphorées, charge ionique...
- Analyse spécifique de la matière organique par fluorescence 3D
- Développement d'une méthode de quantification de molécules vétérinaires ciblées par HPLC-UV et analyse des molécules vétérinaires par HPLC-QQQ et HPLC-UV
- Evaluation du caractère toxique des effluents après traitement et corrélation aux sous-produits de dégradation des molécules vétérinaires (tests daphnies, tests Microtox®, tests de germination ...).

Le travail expérimental en laboratoire s'accompagnera d'un travail de synthèse des résultats et d'un travail de rédaction de rapports scientifiques.

Références : [1] F.E. Titchou, H. Zazou, H. Afanga, J. El Gaayda, R.A. Akbour, M. Hamdani, Removal of Persistent Organic Pollutants (POPs) from water and wastewater by adsorption and electrocoagulation process, Groundwater for Sustainable Development 13 (2021) 100575. <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2021.100575>.

[2] V. Pallier, G. Feuillade-Cathalifaud, B. Serpaud, Influence of organic matter on arsenic removal by continuous flow electrocoagulation treatment of weakly mineralized waters, Chemosphere 83 (2011) 21–28. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2011.01.038>.

Profil recherché : Le candidat doit être inscrit en dernière année d'un diplôme d'ingénieur ou en deuxième année de Master avec une spécialisation en chimie de l'eau & environnement. Il doit disposer de solides connaissances en génie des procédés et en traitement des eaux ainsi qu'en caractérisation chimique et physico-chimique des effluents. Une expérience en chimie analytique et/ou en écotoxicité serait un atout. Le candidat devra être capable d'analyser et d'interpréter des données expérimentales tout en respectant les règles d'hygiène et de sécurité. Un intérêt pour la recherche scientifique serait fortement apprécié.

Le candidat doit être ingénieux, rigoureux, autonome et il devra faire preuve d'adaptabilité scientifique et humaine et d'une forte capacité d'intégration.

Merci d'envoyer CV + LM à l'équipe encadrante