

L'Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (INRAE) est un établissement public de recherche rassemblant une communauté de travail de 12 000 personnes, avec plus de 200 unités de recherche et 42 unités expérimentales implantées dans toute la France. INRAE se positionne parmi les tous premiers leaders mondiaux en sciences agricoles et alimentaires, en sciences du végétal et de l'animal. Ses recherches visent à construire des solutions pour des agricultures multi-performantes, une alimentation de qualité et une gestion durable des ressources et des écosystèmes.

#### VOTRE MISSION ET VOS ACTIVITÉS

■ Vous serez accueilli(e) au **centre INRAE de Versailles-Saclay** dans l'**UMR ECOSYS** Ecologie Fonctionnelle et Ecotoxicologie des Agroécosystèmes, INRAE-AgroParisTech-Université Paris-Saclay (Palaiseau)  
<https://ecosys.versailles-saclay.hub.inrae.fr/recherche/equipes-scientifiques/sol-tox>

■ **Sujet : Comparaison des performances analytiques entre échantillonneurs passifs et analyses ponctuelles d'eau collectée dans des drains agricoles pour la quantification de produits de transformation d'herbicides**

■ **Contexte et objectifs** : Les aires d'alimentation de captage d'eau destinée à la consommation humaine font face à des pollutions d'origine agricole. Face à la dégradation de la qualité des eaux potables, près de 8000 aires d'alimentation de captage sur 33000 ont été abandonnées en France entre 1994 et 2013. Ces abandons sont pour grande partie (40%) dus à la pollution diffuse par les nitrates et/ou les pesticides (<https://aires-captages.fr/livre-enrichi>). La présence de produits de transformation de substances actives dont l'usage est encore autorisé aujourd'hui ou interdites depuis plusieurs années questionne sur leur persistance dans les écosystèmes (Chaia-Hernandez et al., 2017 ; Silva et al., 2019 ; Pelosi et al., 2020 ; Froger et al., 2023) tout comme sur leur impacts écotoxicologiques (Margoum et al., 2025). Le risque de lixiviation de ces produits de transformation est difficile à prévoir car il est multi-factoriel et dépend à la fois des propriétés physico-chimiques des molécules, du type de sol, des conditions climatiques et des pratiques agricoles. Les progrès analytiques réalisés dans la dernière décennie notamment dans la surveillance de la qualité des eaux ont permis de montrer une présence généralisée de nombreux produits de transformation, dont une large proportion provient des sols agricoles (Gassmann, 2021 ; Anagnostopoulou et al., 2022 ; Rocco et al., 2022 ; Dong, 2024). Toutefois, les données issues de suivi *in situ* des concentrations et flux de ces produits de transformation dans les sols et les eaux quittant les parcelles agricoles restent rares et ne suffisent pas pour caractériser finement les processus en jeu, et par suite prédire leur dynamique temporelle, qu'elle soit saisonnière ou plurinannuelle (Gassmann, 2021).

Ce stage a pour objectifs d'améliorer les méthodes d'analyse pour quantifier les produits de transformation d'herbicides dans les eaux de drainage lors d'un suivi *in situ* sur des parcelles instrumentées. Réalisé en partenariat avec le Laboratoire de l'Environnement et de l'Alimentation de la Vendée (LEAV 85, basé à la Roche-sur-Yon) qui développe des échantillonneurs passifs (POCIS/SR/DGT) pour la mesure de produits de transformation dans des approches de surveillance environnementale, il vise à évaluer les performances de ces méthodes en les comparant à des analyses directes d'échantillons d'eau. Les molécules ciblées sont des produits de transformation fréquemment retrouvées aux captages comme des produits de transformation d'herbicides de la famille des chloro- et oxy-acétanilides (par exemple metazachlor ESA et OXA, dimetachlor CGA, flufenacet ESA et OXA).

Ce stage s'inscrit dans une étude menée au cours d'une thèse visant à suivre et modéliser les transferts de matières actives et leurs produits de transformation dans les eaux de drainage et les sols. Cette thèse est réalisée dans le cadre du projet ANR MiseauVert dont l'objectif général est d'évaluer l'impact de la culture de miscanthus sur la qualité des eaux drainées afin de déterminer la pertinence de l'implantation de cette culture dans des zones vulnérables d'aires d'alimentation de captage afin de protéger et restaurer la qualité de l'eau. Elle démarre en Novembre 2025.

■ Vous serez plus particulièrement en charge de :

1. **Réaliser une analyse bibliographique approfondie** sur le développement et l'utilisation d'échantillonneurs passifs pour la mesure de ce type de produits de transformation dans les eaux à partir d'articles scientifiques et de littérature grise (rapport techniques) et sur les protocoles analytiques pour l'analyse ciblée de ces mêmes composés en LC-MS-MS
2. **Tester les performances des méthodes d'échantillonnage passif** développées au LEAV 85 sur différents types d'échantillons d'eau : solutions synthétiques préparées avec des mélanges de certains produits de transformation disponibles commercialement, à différents pH, en présence ou absence de carbone organique dissous, et des échantillons d'eau collectées *in situ*
3. **Optimiser les méthodes LC-MS-MS** à EcoSys pour quantifier ces produits de transformation et **comparer** aux résultats obtenus par l'approche SR/POCIS sur les mêmes solutions d'essais (solutions synthétiques ou échantillons de terrain)

■ Conditions particulières d'activité : Une partie du stage se déroulera au LEAV 85 et l'autre à l'UMR EcoSys.

## LE PROFIL QUE NOUS RECHERCHONS

- Formation recommandée : Master/diplôme d'ingénieur en chimie, avec une spécialisation en chimie analytique
- Compétences recherchées : **Chimie analytique**, maîtrise des bases en chimie analytique organique (chromatographie liquide, préparation d'échantillons).

Concepts de bases en analyse statistique de données (R, Statistica, Excel stat...).

**Autres** : Autonomie et capacité d'initiative ; Esprit critique ; Qualités d'organisation et d'intégration dans un collectif ; Bon niveau d'anglais (indispensable) et capacités rédactionnelles

### ↳ Modalités d'accueil

- INRAE - UMR ECOSYS, 22 place de l'Agronomie, 91120 Palaiseau
- Type de stage : Master 2
- Durée du stage : 6 mois
- Date de démarrage : à partir de Février 2026
- Rémunération : gratification mensuelle env 650 euros/mois

### ↳ Modalités pour postuler

Transmettre une lettre de motivation et un CV à :  
Pierre Benoit / Sylvie Nélieu / Nicolas Morin

- Par e-mail : [pierre.benoit@inrae.fr](mailto:pierre.benoit@inrae.fr) / [sylvie.nelieu@inrae.fr](mailto:sylvie.nelieu@inrae.fr) / [nicolas.morin@vendee.fr](mailto:nicolas.morin@vendee.fr)

✗ Date limite pour postuler : **12/11/25**

## Références

- Anagnostopoulou, K., Nannou, C., Evgenidou, E., Lambropoulou, D., 2022. Overarching issues on relevant pesticide transformation products in the aquatic environment: A review. *Sci. TOTAL Environ.* 815. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152863>
- Chiaia-Hernandez, A. C.; Keller, A.; Wächter, D.; Steinlin, C.; Camenzuli, L.; Hollender, J.; Krauss, M. Long-Term Persistence of Pesticides and TPs in Archived Agricultural Soil Samples and Comparison with Pesticide Application. *Environ. Sci. Technol.* 2017, 51 (18), 10642–10651. <https://doi.org/10.1021/acs.est.7b02529>
- Dong, B., 2024. A comprehensive review on toxicological mechanisms and transformation products of tebuconazole: Insights on pesticide management. *Science of the Total Environment* 908. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.168264>
- Froger, C., Jolivet, C., Budzinski, H., Pierdet, M., Caria, G., et al.. Pesticide Residues in French Soils: Occurrence, Risks, and Persistence. *Environmental Science and Technology*, 2023, 57 (20), pp.7818-7827. <https://doi.org/10.1021/acs.est.2c09591>
- Gassmann, M., 2021. Modelling the Fate of Pesticide Transformation Products From Plot to Catchment Scale-State of Knowledge and Future Challenges. *Front. Environ. Sci.* 9. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.717738>
- Pelosi, C., Bertrand, C., Daniele, G., Coeurdassier, M., Benoit, P., Nélieu, S., Lafay, F., Bretagnolle, V., Gaba, S., Vulliet, E., Fritsch, C., 2021. Residues of currently used pesticides in soils and earthworms: a silent threat? *Agric. Ecosyst. Environ.* 305, 107167. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.107167>
- Margoum C, Artigas J., Benoit P., Chaumot A., Coquery M., et al. 2025. Mieux identifier les produits de transformation des pesticides et évaluer leur écotoxicité pour les organismes aquatiques. *Innovations Agronomiques*, 2025, 105, pp.36-49. [10.17180/ciag-2025-vol105-art04](https://doi.org/10.17180/ciag-2025-vol105-art04)
- Rocco, K., C. Margoum, L. Richard, M. Coquery, 2022. Enhanced database creation with in silico workflows for suspect screening of unknown tebuconazole transformation products in environmental samples by uhplc-hrms. *Journal of Hazardous Materials*, 440: 129706. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2022.129706>
- Silva, V.; Mol, H. G. J.; Zomer, P.; Tienstra, M.; Ritsema, C. J.; Geissen, V. Pesticide Residues in European Agricultural Soils – A Hidden Reality Unfolded. *Sci. Total Environ.* 2019, 653, 1532–1545. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.441>