

Stage M2 - Impacts des pesticides sur micro-organismes du sol : croisement des données pesticides, diversité microbienne et activité enzymatiques dans les sols français

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 270 unités de recherche, de service et expérimentales, implantées dans 18 centres sur toute la France. INRAE se positionne parmi les tout premiers leaders mondiaux en sciences agricoles et alimentaires, en sciences du végétal et de l'animal, et en écologie-environnement. 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.

Environnement de travail, missions et activités

Les pesticides ont un rôle majeur dans l'érosion de la biodiversité, leur présence dans les compartiments environnementaux ayant des effets directs et indirects sur la biodiversité terrestres et aquatiques et les oiseaux (Leenhardt et al., 2023).

La contamination généralisée des sols par les résidus de pesticides récemment mise au jour en France (Froger et al., 2023) ou encore en Europe (Silva et al., 2019) pose la question des effets de ces substances sur la biodiversité des sols et les communautés microbiennes. En effet, les impacts des pesticides sur les micro-organismes non ciblés ont été démontrés pour plusieurs molécules comme le glyphosate qui déstabilise les communautés microbiennes (Nguyen et al., 2016) et peut inhiber certaines activités enzymatiques (Sannino et Gianfreda, 2001). Néanmoins, on manque de connaissances de terrain traitant des effets des pesticides sur la diversité des communautés microbiennes, et pas seulement sur la biomasse. Ces effets indésirables des produits phytopharmaceutiques sur les micro-organismes peuvent alors altérer les fonctions des sols et par extension les services écosystémiques qu'ils rendent (Meidl et al., 2023). Les relations entre pesticides et micro-organismes du sol restent donc un front de science à explorer pour pouvoir objectiver l'impact de ces produits en fonction notamment des types de sols, mais aussi des pratiques, des systèmes et des historiques de culture des parcelles sur lesquelles ils sont ou ont été appliqués (Karpouzas et al., 2022).

L'objectif de ce projet de stage de Master 2 est ainsi d'explorer des relations potentielles entre la présence de pesticides dans les sols et la biodiversité microbienne. Pour ce faire le/la stagiaire s'appuiera sur les données nationales issues du réseau de mesures de la qualité des sols (RMQS) qui est le réseau national de surveillance depuis plus de 20 ans (Arrouays et al., 2003). Ce réseau a permis l'acquisition de nombreuses données sur les 2240 sols prélevés entre 2000 et 2008 et la diffusion de connaissances inédites en particulier sur la biodiversité microbienne des sols (Dequiedt et al., 2020). Durant la seconde campagne de mesures qui a débuté en 2016, s'ajoutent aux mesures microbiologiques des mesures d'activités enzymatiques permettant d'approcher des fonctions des sols et des analyses de résidus de 110 pesticides sur 47 sites du RMQS (Froger et al., 2023).

A partir de cet ensemble de données, le/la stagiaire conduira une analyse statistique exploratoire afin d'identifier des liens potentiels entre les teneurs en pesticides, données microbiologiques et activités enzymatiques en utilisant des approches statistiques multivariées (e.g. NMDS (Non-metric MultiDimensional Scaling), ACP) et de la modélisation (SEM (sequential equation modelling)).

Le stage se déroulera dans l'unité de recherche Info&sols du centre INRAE Val de Loire sous la responsabilité de Claire Froger, Nicolas Saby et Antonio Bispo, en collaboration avec les équipes de l'UMR AGROECOLOGIE de Dijon (Pierre-Alain Maron, Samuel Dequiedt et Lionel Ranjard) et l'UMR ECOSYS de Paris-Saclay (Christian Mougin et Pierre Benoit). Il commencera à partir de février 2026 au plus tôt, selon le calendrier des formations des étudiants.

Arrouays, D., Jolivet, C., Boulonne, L., Bodineau, G., Ratié, C., Saby, N., Grolleau, E., 2003. Le Réseau de Mesures de la Qualité des Sols de France (RMQS). *Etude Gest. des Sols* 10, 241–250.

Froger, C., Jolivet, C., Budzinski, H., Pierdet, M., Caria, G., Saby, N.P.A., Arrouays, D., Bispo, A., 2023. Pesticide Residues in French Soils: Occurrence, Risks, and Persistence. *Environ. Sci. Technol.* 57, 7818-7827. <https://doi.org/10.1021/acs.est.2c09591>

Karpouzias, D.G., Vryzas, Z., Martin-Laurent, F., 2022. Pesticide soil microbial toxicity: setting the scene for a new pesticide risk assessment for soil microorganisms (IUPAC Technical Report). *Pure Appl. Chem.* 94, 1161-1194. <https://doi.org/10.1515/pac-2022-0201>

Leenhardt, S., Mamy, L., Pesce, S., Sanchez, W., 2023. Impacts des produits phytopharmaceutiques sur la biodiversité et les services écosystémiques. éditions Quae. <https://doi.org/10.35690/978-2-7592-3657-2>

Meidl, P., Lehmann, A., Bi, M., Breitenreiter, C., Benkrama, J., Li, E., Riedo, J., Rillig, M.C., 2024. Combined application of up to ten pesticides decreases key soil processes. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 31, 11995-12004. <https://doi.org/10.1007/s11356-024-31836-x>

Nguyen, D.B., Rose, M.T., Rose, T.J., Morris, S.G., van Zwieten, L., 2016. Impact of glyphosate on soil microbial biomass and respiration: A meta-analysis. *Soil Biol. Biochem.* 92, 50-57. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2015.09.014>

Sannino, F., Gianfreda, L., 2001. Pesticide influence on soil enzymatic activities. *Chemosphere* 45, 417-425. [https://doi.org/10.1016/S0045-6535\(01\)00045-5](https://doi.org/10.1016/S0045-6535(01)00045-5)

Silva, V., Mol, H.G.J., Zomer, P., Tienstra, M., Ritsema, C.J., Geissen, V., 2019. Pesticide residues in European agricultural soils – A hidden reality unfolded. *Sci. Total Environ.* 653, 1532-1545. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.441>

Formation et compétences recherchées

Formation recommandée : Master 2

- Formation en sciences de l'environnement, agronomie, sciences de l'ingénieur

Connaissances souhaitées et aptitudes recherchées :

- Connaissances en agronomie et environnement. Des connaissances en sciences du sol seraient un plus.
- Intérêt pour l'analyse statistique et la modélisation, connaissances du logiciel R
- Anglais lu, parlé, écrit
- Capacité à travailler en équipe

Votre qualité de vie à INRAE

En rejoignant INRAE, vous pourrez bénéficier selon le type de contrat :

- jusqu'à 30 jours de congés + 15 RTT par an (pour un temps plein)
- d'un soutien à la parentalité : CESU garde d'enfants, prestations pour les loisirs ;
- de dispositifs de développement des compétences : formation, conseil en orientation professionnelle ;
- d'un accompagnement social : conseil et écoute, aides et prêts sociaux ;
- de prestations vacances et loisirs : chèque-vacances, hébergements à tarif préférentiel ;
- d'activités sportives et culturelles ;
- d'une restauration collective.

Modalités d'accueil

- Nom de l'unité d'accueil : Info&Sols
- Code postal + ville du lieu d'exercice : 45000 Orléans
- Type de contrat : Stage M2
- Durée du contrat : 6 mois
- Date d'entrée en fonction : 1^{er} Février 2026
- Rémunération : Gratification de stage de 4,35 € de l'heure, sur la base de 35 h par semaine.

Modalités pour postuler

Merci de transmettre une lettre de motivation et un CV.

Par e-mail :

Claire Froger

claire.froger@inrae.fr

Pierre-Alain Maron

pierre-alain.maron@inrae.fr

✗ Date limite pour postuler : 15 janvier 2025

Les personnes accueillies à INRAE, établissement public de recherche, sont soumises aux dispositions du Code de la fonction publique notamment en ce qui concerne l'obligation de neutralité et le respect du principe de laïcité. A ce titre, dans l'exercice de leurs fonctions, qu'elles soient ou non au contact du public, elles ne doivent pas manifester leurs convictions, par leur comportement ou leur tenue, qu'elles soient religieuses, philosophiques ou politiques. > En savoir plus : site fonction publique.gouv.fr