

Sujet de Thèse 2025-2028

**UMR ECOlogie fonctionnelle et écotoxicologie des
agroécoSYStèmes, Paris Saclay**
**UR Hydrosystèmes Continentaux Anthropisés –
Ressources, Risques, Restauration, Antony**

Résilience d'un sol en culture de miscanthus vis-à-vis des pesticides : conséquence pour la qualité de la recharge de nappe

Encadrants : Julien Tournebize (HYCAR), Valérie Pot et Pierre Benoit (ECOSYS)

Durée du contrat : 36 mois (financement acquis)

Date de démarrage : à partir d'octobre 2025

Date limite de candidature : 6 juillet 2025

Contacts :

Un CV et une lettre de motivation sont à envoyer à :

Valérie Pot : valerie.pot@inrae.fr

Julien Tournebize : julien.tournebize@inrae.fr

Pierre Benoit : pierre.benoit@inrae.fr

Contexte et objectifs des recherches

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 (AAC) 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->

la science pour la vie, l'humain, la terre

captages.fr/livre-enrichi). Des solutions de préservation des AAC passent par la mise en place de meilleures pratiques de gestion des bassins versants. La mise en place de cultures de miscanthus est notamment évoquée comme une solution. En effet, cette plante herbacée pérenne recycle les nutriments et ne nécessite pas d'apport d'engrais ni de traitement phytosanitaire après sa première année de culture (Strullu et al., 2011 ; Leroy et al., 2022). Elle peut donc servir de tampon en prélevant les nitrates du sol et en réduisant ainsi leur transfert vers les nappes (Ferchaud & Mary, 2016). Hormis l'année de l'implantation, où l'usage d'herbicide peut se révéler nécessaire afin de réussir l'implémentation des rhizomes, la couverture végétale importante ne permet plus aux adventices de se développer (McCalmont et al., 2017). L'utilisation de cette plante dans les AAC pourrait améliorer la qualité de l'eau de recharge et ainsi accélérer la restauration de la potabilité des eaux.

La présence de nombreux résidus de pesticides dans les sols longtemps après leur application et leur théorique dégradation, questionne leur persistance réelle dans les écosystèmes (Chaia-Hernandez et al., 2017 ; Silva et al., 2019 ; Froger et al., 2023). Le risque de lixiviation des pesticides vers la nappe est multi-factoriel car il dépend à la fois des propriétés physico-chimiques des molécules, du type de sol, des conditions climatiques et des pratiques agricoles (Cueff et al., 2020). De plus, ce risque concerne non seulement les molécules mères appliquées mais aussi les produits de transformation (TP), qui sont parfois plus mobiles, plus persistants et peuvent être plus toxiques (Gassmann, 2021 ; Anagnostopoulou et al., 2022 ; Dong, 2024). Les modèles de devenir des pesticides dans le système sol-plante-atmosphère sont des outils utilisés dans le cadre de l'homologation des pesticides en Europe (FOCUS 2000). Ces modèles ne couvrent pas la complexité des réactions de transformation produisant les métabolites ou produits de transformation et la rareté des données issues de suivi in situ mesurant concentrations et flux de ces TP dans les sols et les eaux quittant les parcelles agricoles rend difficile la calibration de ces modèles (Gassmann, 2021).

La thèse a pour objectif général d'évaluer l'impact de la culture de miscanthus sur la résilience d'un sol agricole drainé vis-à-vis de la pollution aux pesticides afin de déterminer la pertinence de l'implantation de cette culture dans les sols agricoles d'AAC.

Travail de thèse :

Vous serez en charge de :

suivre l'évolution temporelle de la qualité de l'eau et du sol ((nitrate, carbone organique dissous, éléments majeurs, résidus de pesticides et TP) au sortir des drains



la science pour la vie, l'humain, la terre

des deux parcelles voisines, une implantée en miscanthus et l'autre avec une rotation de cultures (colza, blé, orge).

Améliorer un modèle mécaniste de transfert d'eau et de solutés réactifs 1D d'INRAE (Lafolie et al., 2014 ; Aslam et al., 2018 ; Benoit et al., 2023) en développant un module de transformation de pesticides en multiples TP. Pour sélectionner et paramétrer le comportement environnemental de ces TP, vous utiliserez des bases de données publiées (EnviPath, Wicker et al., 2015) et des modèles basés sur des approches QSAR (Fenner & Tratnyek, 2017) ou des approches de classification (TyPol, Servien et al., 2014)

Inclure un module de drainage dans le modèle 1D pour utiliser le modèle au contexte de sols agricoles drainés. Vous vous appuyerez sur les concepts développés dans le modèle PESTDRAIN (Branger et al., 2009 ; Henine et al., 2022) et calibrez le modèle avec un jeu de données existant issu d'un suivi long terme en Seine et Marne (Tournebize et al., 2021).

Paramétrer et calibrer le modèle 1D pour prendre en compte la culture de miscanthus. Vous utiliserez les sorties du modèle de culture STICS calibré pour miscanthus (Ferchaud & Mary, 2016).

modéliser les flux d'eau, de pesticides et des TP observés sur la parcelle implantée en miscanthus avec le nouveau modèle 1D sur une période idéale de 3 ans de mesure
construire et réaliser des scénarios de prédiction à plus long terme (5-10 ans) et évaluer le rôle de la culture de miscanthus dans la restauration de la potabilité des eaux drainées.

Produire des incertitudes sur l'occurrence et le niveau de contamination par les TP et les résidus de pesticides dans les eaux de recharge de la nappe

publier vos résultats dans des journaux scientifiques internationaux et présenter vos recherches dans des conférences nationales et internationales

Le développement du modèle pourra s'effectuer en parallèle de l'étude de terrain en dehors des périodes de prélèvement de la saison hydrologique.

Calendrier prévisionnel du programme de travail :

Programme	0-6 mois	6-12 mois	12-18 mois	18-24 mois	24-30 mois	30-36 mois
Prise en main du sujet (biblio)	x x x					
Tâche 1						
Suivi Terrain (recueil eaux drainées durant la saison de drainage)	x x x x x	x x x	x x x x x	x x x	x x x x x	x x x
Suivi Terrain (profils de sol ponctuels, début et fin de saison de drainage)	x	x	x	x	x	x
Mesures pesticides et TP au labo		x x		x	x	x
Tâche 2						
Développement d'un module pesticide et TP sur Vsoil (ciblage des TP, codage)	x x x	x x x x x				
Couplage module drainage (PESTDRAIN) au modèle 1D transfert d'eau (Vsoil) (prise en main du jeu de données, codage, simulation sur jeu de données)		x x x	x x			
Tâche 3						
Modélisation de la quantité et qualité de la recharge sur la parcelle en Miscanthus (calibration et simulation)			x x x x x x	x x x x x x	x x	
Scénarios AAC					x x x x	x x x
Valorisation scientifique						
Article 1 (Suivi terrain)		x x				x x x
Article 2 (Modélisation)				x x	x x	
Article 3 (Scénarios)						x x x x
Manuscrit						x x x
Conférences						
Groupe Français des Pesticides (EGU), Modèle prédiction TP		x		x		

Laboratoires d'accueil :

La thèse se déroulera à l'UMR ECOSYS (Université Paris-Saclay, INRAE, AgroParistech, Palaiseau, France) en collaboration étroite avec l'UR HYCAR (INRAE, Antony, France). Cette thèse est financée par le projet ANR MisEauVert (2024-2028) intitulé «Ecosystem services of miscanthus to restore water quality and soil fertility ». Vous serez amené à participer aux réunions du projet et à y présenter vos résultats.

Contacts :

UMR ECOSYS : Pierre Benoit (pierre.benoit@inrae.fr), Valérie Pot (valerie.pot@inrae.fr)

UR HYCAR : Julien Tournebize (julien.tournebize@inrae.fr)

Moyens mis à disposition

Moyens informatiques

Accès aux codes de la plateforme Vsoil, code Pestdrain

Jeux de données existants (Seine et Marne)

Laboratoire d'analyse des concentrations en pesticides et TP pour les molécules mères ciblées (plateforme chimie organique de l'UMR ECOSYS) et laboratoires en sous-traitance pour les analyses de screening.



la science pour la vie, l'humain, la terre

Compétences recherchées :

Master 2 et/ou diplôme d'ingénieur en agronomie, sciences du sol. Connaissances souhaitées en hydrologie et en programmation. Des compétences en chimie environnementale seront aussi appréciées. Appétence pour les mesures de terrain et la modélisation. Aptitudes recherchées : curiosité, rigueur, travail en équipe. Permis B serait un plus.

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>

Aslam, S, Iqbal, A, Lafolie, F, Recous, S, Benoit, P, Garnier, P, 2018. Mulch of plant residues at the soil surface impact the leaching and persistence of pesticides: A modelling study from soil columns. *Journal of Contaminant Hydrology* 214, 54-64. <https://doi.org/10.1016/j.jconhyd.2018.05.008>

Benoit, P, Dollinger, J, Lafolie, F, Chabauty, F, Pot, Valérie, 2023. Assessing the multiple effects of dissolved organic matter on the transport of organic pollutants in subsoil horizons through a modular modeling approach. *EGU General Assembly 2023* EGU2023-12446. <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu23-12446>

Branger, F, Tournebize, J, Carluer, N, Kao, C, Braud, I, Vauclin, M, 2009. A simplified modelling approach for pesticide transport in a tile-drained field: The PESTDRAIN model. *Agricultural Water Management* 96, 415-428. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2008.09.005>

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.

Cueff, S., Alletto, L., Bourdat-Deschamps, M., Benoit, P., Pot, V., 2020. Water and pesticide transfers in undisturbed soil columns sampled from a Stagnic Luvisol and a Vermic Umbrisol both cultivated under conventional and conservation agriculture. *Geoderma* 377. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2020.114590>

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>

Esher, BI, Fenner, K, 2011. Recent Advances in Environmental Risk Assessment of Transformation Products. *Environ. Sci. Technol.* 2011, 45, 3835-3847. <https://dx.doi.org/10.1021/es1030799>

Fenner, K, Tratnyek, PG, 2017. QSARs and computational chemistry methods in environmental chemical sciences. *Environ. Sci.: Processes Impacts*, 2017, 19, 185

Ferchaud, F., Mary, B., 2016. Drainage and Nitrate Leaching Assessed During 7 Years Under Perennial and Annual Bioenergy Crops. *BIOENERGY Res.* 9, 656-670. <https://doi.org/10.1007/s12155-015-9710-2>



la science pour la vie, l'humain, la terre

FOCUS (2000) "FOCUS groundwater scenarios in the EU review of active substances" Report of the FOCUS Groundwater Scenarios Workgroup, EC Document Reference Sanco/321/2000 rev.2, 202pp

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>

Henine, H, Jeantet, A, Chaumont C, Chelil, S, Lauvernet, C, 2022. Coupling of a subsurface drainage model with a soil reservoir model to simulate drainage discharge and drain flow start. *Agricultural Water Management* 262, 107318. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.107318>

Lafolie, F, Cousin, I, Marron, PA, Pot, V, Moitrier, N, Moitrier, N, Nouguier, C, 2014. The « VSOIL » modeling platform . *Revue Forestière française*, 66, 10.4267/2042/56287. hal-01192536

Leroy, J., Ferchaud, F., Giauffret, C., Mary, B., Fingar, L., Mignot, E., Arnoult, S., Lenoir, S., Martin, D., Brancourt-Hulmel, M., Zapater, M., 2022. *Miscanthus Sinensis* is as Efficient as *Miscanthus × Giganteus* for Nitrogen Recycling in spite of Smaller Nitrogen Fluxes. *BioEnergy Res.* <https://doi.org/10.1007/s12155-022-10408-2>

McCalmont, J.P., Hastings, A., McNamara, N.P., Richter, G.M., Robson, P., Donnison, I.S., Clifton-Brown, J., 2017. Environmental costs and benefits of growing *Miscanthus* for bioenergy in the UK. *GCB Bioenergy* 9, 489–507. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12294>

Servien R., Mamy L., Li Z., Rossard V., Latrille E., Bessac F., Patureau D., Benoit P. 2014. TyPol – A new methodology for organic compounds clustering based on their molecular characteristics and environmental behavior. *Chemosphere*, 111, 613-622. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2014.05.020>

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.

Strullu, L., Cadoux, S., Preudhomme, M., Jeuffroy, M.H., Beaudoin, N., 2011. Biomass production and nitrogen accumulation and remobilisation by *Miscanthus×giganteus* as influenced by nitrogen stocks in belowground organs. *Field Crops Res.* 121, 381–391. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2011.01.005>

Wicker J, Lorsbach, T, Gütlein, M, Schmid, E, Latino, D, Kramer, S, Fenner, K, 2015. *enviPath* – The environmental contaminant biotransformation pathway resource. *Nucleic Acids Research*, 2016, Vol. 44, Database issue D502-D508.