

## Avis de Soutenance

Madame Anastasia SELLIER

CHIMIE

Soutiendra publiquement ses travaux de thèse intitulés

*Devenir et processus de transfert des résidus pharmaceutiques et pesticides en amendement et compostage.*

dirigés par Madame Corinne LE GAL LA SALLE et Monsieur SOMAR KHASKA

Soutenance prévue le **jeudi 29 septembre 2022** à 14h00

Lieu : Université de Nîmes - Site Vauban 5, Rue du Docteur Georges Salan - CS 13019, 30021 Nîmes  
Salle : D014

### Composition du jury proposé

Mme Corinne LE GAL LA SALLE	Université de Nîmes - Equipe d'accueil Risques chroniques et émergents (UPR CHROME)	Directrice de thèse
M. Somar KHASKA	Université de Nîmes - Equipe d'accueil Risques chroniques et émergents (UPR CHROME)	Co-directeur de thèse
Mme Emmanuelle VULLIET	Institut des Sciences Analytiques - UMR 5280, Equipe Traces	Examinatrice
M. Christophe DAGOT	Université de Limoges Groupement de Recherche Eaux, Sol, Environnement (GRESE)	Examineur
Mme Hélène FENET	Université de Montpellier UMR HydroSciences	Examinatrice
M. Eric MICHEL	INRAE - Unité Mixte de Recherche Environnement Méditerranéen et Modélisation des Agro-Hydrosystèmes (EMMAH)	Examineur
Mme Marina COQUERY	INRAE, Unité de recherche RiverLy	Rapporteuse
M. Nicolas CIMETIÈRE	Institut des Sciences chimiques de Rennes – UMR CNRS 6226	Rapporteur

**Mots-clés :** Boue d'épuration, Résidu pharmaceutique, Persistance, Sol amendé, Contamination, Transfert

### Résumé :

En France, le traitement de plus de 5 Gm<sup>3</sup>/an d'eaux résiduaires urbaines entraîne une production de boues d'épuration dépassant 1.1 M de tonnes.an<sup>-1</sup>. Plus de 70% des boues produites sont recyclées chaque année en agriculture, soit 0.9 Mt de matière sèche (ms) sur plus de 29 Mha de surfaces agricoles. Ce faisant, plusieurs centaines de pharmaceutiques, présents dans les eaux usées, manifestent une affinité avec les matières en suspension, faisant des boues un exutoire majeur des contaminants. Ce travail vise à améliorer la connaissance des processus de transfert, par l'évaluation de l'occurrence et du devenir des contaminants organiques des produits résiduaires

organiques aux sols amendés. L'aspect novateur de ces travaux réside dans l'approche holistique adoptée, incluant l'analyse fine de la littérature, le développement analytique, les observations de terrain et de laboratoire. L'analyse bibliographique porte sur l'investigation de 455 résidus pharmaceutiques dont 84 supplémentaires aux revues précédentes montrant l'occurrence de 305 résidus pharmaceutiques, pouvant totaliser plusieurs centaines de mg/kg (ms). L'impact de l'ensemble des teneurs et propriétés physico-chimiques propres aux boues et aux contaminants sur les processus de sorption est étudié. Cette revue a permis d'identifier un large panel de contaminants d'intérêt pour un suivi sur le continuum boues-sols. Afin d'assurer une méthode d'analyse robuste, une étape de développement analytique a été réalisée. Dans ce cadre, un protocole multi résidus, communs aux boues et aux sols amendés, pour 74 contaminants a été mise en place. Des rendements moyens supérieurs à 78% ont été obtenus pour chaque matrice. L'extraction séquentielle assistée par ultrasons, la purification sur cartouche HLB Prime et l'analyse LC-MS<sup>2</sup>, permet d'atteindre des limites de quantification de 0.1 à 10.8 µg/kg (ms) dans les produits résiduels organiques et de 0.02 à 2.53 µg/kg (ms) dans trois types de sols, riches en matière organique. L'analyse de boues activées et déshydratées met en évidence des teneurs jusque 2.5 mg/kg (ms) pour 35 contaminants, dont le cumul peut atteindre 8 mg/kg (ms). Les composts normés affichent des teneurs cumulées moyennes de 2 mg/kg (ms). L'effet de mélange avec les agents structurants est le facteur justifiant en grande partie les teneurs réduites. Certains composts agricoles présentent des teneurs cumulées allant au-delà de 80 mg/kg (ms), recensant 59 contaminants, justifié par un compostage distinct du compostage normé. L'étude de sols amendés sur 15 années, en contexte climatique méditerranéen, rapporte qu'aucun sol n'est exempt de contaminants, et ce jusque 60 cm. 36 contaminants sont identifiés. Leur distribution dépend des profondeurs de prélèvement, de l'historique d'épandage et de la nature des sols. Ainsi, 20 contaminants sont systématiquement quantifiés que ce soit dans des sols argileux, limoneux, ou sableux, à des cumuls de 100 µg/kg (ms), hors caféine. Les teneurs quantifiées individuellement sont inférieures à 5 µg/kg (ms). Ces travaux de thèse mettent en évidence la persistance des contaminants dans les sols amendés à travers l'importance de leurs interactions avec le complexe argilo-humique et les matières organiques. Les contaminants, tels que les antihypertenseurs et les antidépresseurs, sont généralement immobilisés dans la zone d'application des produits. Les résultats ont permis d'approfondir les connaissances actuelles sur le devenir des résidus pharmaceutiques lors de la pratique du retour au sol compte tenu de la diversité des propriétés des contaminants, des sols et de la variabilité des conditions pédo-géo-climatiques. Il serait nécessaire d'examiner les risques environnementaux encourus.