

## AVIS DE SOUTENANCE DE THÈSE

**Monsieur Alex GOUPIL**

Candidat au Doctorat de Chimie analytique,  
de l'Université de Pau et des Pays de l'Adour

Soutiendra publiquement sa thèse intitulée :

*Développement d'outils analytiques en vue de la compréhension des mécanismes de mobilisation et d'absorption des métaux toxiques par les plantes.*

Dirigée par Monsieur RYSZARD LOBINSKI et Monsieur LAURENT OUERDANE

le 16 janvier 2024 à 14h30

Lieu : IPREM, Technopôle Helioparc, 2 Av. du Président Pierre Angot, 64053 Pau Cedex 9

Salle : Amphithéâtre IPREM

### Composition du jury :

M. Ryszard LOBINSKI, Directeur de recherche CNRS	Université de Pau et des Pays de l'Adour	Directeur de thèse
M. Laurent OUERDANE, Maître de conférences HDR	Université de Pau et des Pays de l'Adour	Co-directeur de thèse
M. Pascal ARNOUX, Directeur de recherche	CEA - Cadarache	Rapporteur
Mme Rosa RODRÍGUEZ MARTÍN-DOIMEADIOS, Professeur	Université de Castilla-La Mancha	Rapporteuse
M. Jean-Yves CORNU, Chargé de recherche INRAE	INRAE	Examineur
Mme Sylvie MAZURIER, Chargé de recherche INRAE	INRAE	Examinatrice
Mme Florence PANNIER, Professeur des universités	Université de Pau et des Pays de l'Adour	Examinatrice

## Résumé :

La contamination métallique, issue d'activités humaines telles que l'industrie minière ou l'agriculture intensive, a des conséquences graves sur les écosystèmes terrestres et aquatiques. Les métaux comme le plomb, le cuivre, le mercure ou le cadmium, relâchés dans l'environnement, s'accumulent dans les eaux et les sols, et menacent la santé des êtres vivants. Ces effets nocifs peuvent être étendus : impact sur la biodiversité, les cycles biogéochimiques, la qualité de l'eau et des sols. Pour les microorganismes, une exposition excessive aux métaux entraîne une inhibition de leur développement, des dommages cellulaires et une réduction de leur diversité. Les végétaux subissent également des effets néfastes, perturbation de l'absorption des nutriments essentiels, altération de leurs capacités de photosynthèse et de leurs processus métaboliques. Dans le cadre de cette thèse, deux contaminants métalliques ont été étudiés, le cuivre et les terres rares. Le cuivre est un métal majoritairement utilisé dans le domaine de l'agriculture en tant que fongicides, notamment sous la forme de sulfate de cuivre (Bouillie Bordelaise). Il est le seul fongicide autorisé en Agriculture Biologique. Solubilisé par l'eau de pluie, il se retrouve dans les sols où sa concentration ne cesse d'augmenter, entraînant indéniablement un risque d'intoxication pour les plantes et les microorganismes. D'un autre côté, les terres rares sont une famille de métaux appartenant à la famille du lanthane, ces métaux sont retrouvés dans tous les objets de notre quotidien, batteries d'accumulateur, composants électroniques, médicaments. Cette demande massive générée par les processus industriels et par nos habitudes de consommation, est assurée par l'extraction minière, ce qui entraîne inévitablement une augmentation de leur concentration dans les différents compartiments environnementaux : eaux de surface, sédiments, sols, atmosphère. Les objectifs de ce travail ont été de comprendre comment ces métaux sont mobilisés et adsorbés par les microorganismes et par les plantes. Microorganismes et végétaux sont extrêmement complémentaires : les microorganismes impliqués dans les échanges rhizosphériques permettent de maintenir le matériel végétal en bonne santé, quant aux plantes, elles assurent un habitat et une source de nutriments pour un grand nombre d'espèces bactériennes. Les résultats obtenus ont permis de montrer qu'après amendement d'une solution de surnageant bactérien, la concentration des métaux essentiels présents dans le sol (Mn, Fe, Zn) s'est retrouvée augmentée. La première étape de ce travail a ainsi été de déterminer les processus impliqués dans l'augmentation de la biodisponibilité des métaux et de caractériser les espèces métalliques en présence. Plusieurs espèces spécifiques des métaux trivalents et divalents ont pu être identifiées. La seconde étape de ce travail a été de comprendre l'interaction des terres rares avec les plantes. Pour ce faire, plusieurs matrices ont dû être analysées : sève montante (xylème), exsudats racinaires, sols. Les résultats obtenus ont permis de montrer que les terres rares se retrouvent principalement liées à des polysaccharides, et sont concentrées dans les parenchymes, tissus permettant la communication intercellulaire et la circulation des substances au sein de la plante. La dernière étape a été de caractériser les métalophores (molécules permettant la récupération des métaux pour les bactéries) dans plusieurs souches bactériennes issues du genre *Pseudomonas* (espèce majoritairement présente dans la rhizosphère), dans le but de déterminer les structures des molécules impliquées. Pour faire face à ces enjeux, des méthodes analytiques de pointe ont été développées, reposant sur l'utilisation de techniques de chromatographie liquide (interaction hydrophile, exclusion stérique) couplée à la spectrométrie de masse élémentaire, pour la détection des molécules métalliques, et moléculaire pour leur caractérisation.