

Avis de Soutenance

Madame Oumaima AYADI

Biologie

Soutiendra publiquement ses travaux de thèse intitulés

Comportement et mobilité des éléments traces métalliques dans des sols environnant la mine de Tamra : contribution à la phytoremédiation par Casuarina glauca et rôles de la microflore bactérienne

dirigés par Monsieur Sylvain BOURGERIE et Zoubeir BEJAOUI

Ecole doctorale : Santé, Sciences Biologiques et Chimie du Vivant - SSBCV

Unité de recherche : P2E - Physiologie, Ecologie et Environnement

Cotutelle avec l'université "Université de Carthage" (Tunisie)

Soutenance prévue le ***lundi 15 décembre 2025*** à 14h00

Lieu : 5 rue de Carbone, 45100 Orléans

Salle : Amphi de l'IRD

Composition du jury proposé

M. Sylvain BOURGERIE	Université d'Orléans	Directeur de thèse
Mme Chiraz CHAFFEI HAOUARI	Faculté des Sciences de Tunis	Rapporteure
M. Zoubeir BÉJAOUI	Faculté des sciences de Bizerte - Université de Carthage	Directeur de thèse
M. Ammar MLAYAH	Centre de recherche et de technologies de l'eau	Examinateur
M. Štefan Mikael MOTELIČĀ-HEINO	Université d'Orléans	Examinateur
Mme Alexandra COURTIN	Université Paris-Saclay	Rapporteure
Mme Khawla TLILI	Faculté des sciences de Bizerte - Université de Carthage	Invitée

Mots-clés : Biochar d'Eucalyptus, Casuarina glauca, Éléments Traces Métalliques, mobilité, site minier, Phytoremédiation

Résumé :

Cette thèse s'inscrit dans le cadre de l'étude de la réhabilitation des sols contaminés du site minier de Tamra, dernière mine de fer à ciel ouvert encore en activité en Tunisie. L'exploitation prolongée de ce site a entraîné une accumulation significative d'éléments traces métalliques (ETM) - fer (Fe), zinc (Zn), manganèse (Mn), plomb (Pb), cadmium (Cd) et arsenic (As) - à l'origine d'une dégradation marquée des sols, des eaux et des écosystèmes environnants. L'objectif général de cette thèse est d'évaluer l'apport du biochar d'Eucalyptus, associé à la symbiose actinorhizienne de Casuarina glauca-Frankia pour atténuer les effets combinés de la toxicité des ETM et du stress hydrique. La première phase de ce travail a porté sur la caractérisation physico-chimique, minéralogique et biologique des sols miniers du site. Les analyses ont révélé une contamination en ETM élevée, une hétérogénéité spatiale marquée et une altération profonde du fonctionnement biologique. Le plomb, le cadmium et l'arsenic d'origine anthropique constituent les polluants dominants, présentant des risques écologiques et sanitaires majeurs. L'étude des activités enzymatiques du sol, indicatrices de la qualité biologique, a révélé un affaiblissement significatif des fonctions microbiennes, une acidité marquée et un déséquilibre des cycles biogéochimiques, témoignant d'un état de dégradation avancé. La distribution verticale des ETM a montré la migration de certains contaminants vers les horizons profonds, révélant un risque réel de transfert vers les nappes phréatiques. L'étude de la flore endémique du site a permis d'identifier plusieurs espèces tolérantes, notamment *Oxalis pes-caprae* et *Myosotis sicula*, capables de s'adapter à la toxicité métallique et présentant un potentiel de phytoremédiation. Parallèlement, l'analyse du réseau hydrique local a confirmé la contamination des eaux de surface et de source en As, Pb et Cd, indiquant des risques sanitaires accrus pour les populations riveraines. Dans un deuxième volet, la faisabilité d'une phytoremédiation assistée par le biochar d'Eucalyptus, a été testée sur Casuarina glauca cultivée en conditions contrôlées. L'amendement du sol minier contaminé a amélioré significativement la croissance, la photosynthèse et la résilience hydrique des

plants tout en réduisant la biodisponibilité du fer et la toxicité globale du substrat. Le biochar a également stimulé le développement des nodules racinaires symbiotiques, véritables puits de métaux, contribuant à leur immobilisation. Enfin, la sélection et la caractérisation de souches bactériennes tolérantes aux ETM, isolées des sols miniers de Tamra, ont conduit à l'identification de *Pseudomonas* sp. comme bio-inoculant prometteur. Combinée à un extrait aqueux de biochar d'Eucalyptus, cette souche a stimulé la germination et la vigueur des plantules de *C. glauca*, démontrant l'intérêt d'une approche synergique combinant bio-inoculants et amendements organiques pour la réhabilitation des sols miniers. Les résultats obtenus ont démontré l'efficacité d'une approche intégrée associant *C. glauca*, biochar d'Eucalyptus et microflore indigène, comme stratégie de phytoremédiation adaptée aux zones minières dégradées. Cette approche contribue à mieux comprendre les mécanismes de transfert et d'immobilisation des ETM dans les sols miniers et ouvre des perspectives opérationnelles pour la réhabilitation écologique des sites dégradés. Par une démarche multidisciplinaire intégrant écophysiologie, microbiologie et biogéochimie, cette étude apporte une contribution originale à la gestion durable des zones minières contaminées et à la promotion de stratégies de remédiation environnementale efficaces.