

AVIS DE SOUTENANCE DE THESE

Le Doyen de la Faculté des Sciences Dhar El Mahraz –Fès – annonce que

Mme **ZOUFRI Imane**
Soutiendra : **le Samedi 07/12/2024 à 10H00**
Lieu : **FSDM – Centre Visioconférence**

Une thèse intitulée :

« Traitement et valorisation des effluents de dinanderies par phytoremédiation »

En vue d'obtenir le Doctorat

FD : Molécules Bioactives Santé et Biotechnologie
Spécialité : Microbiologie, Biotechnologie

Devant le jury composé comme suit :

Nom et prénom	Etablissement	Grade	Qualité
Pr TALEB Mustapha	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, Fès	PES	Président
Pr CHAHLAOUI Abdelkader	Faculté des Sciences, Meknès	PES	Rapporteur & Examineur
Pr AIT BOUGHROUS Ali	Faculté des Sciences Techniques, Errachidia	PES	Rapporteur & Examineur
Pr EL-KARKOURI Abdenbi	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, Fès	MCH	Rapporteur & Examineur
Pr KHALIL Fouad	Faculté des Sciences Techniques, Fès	PES	Examineur
Pr LOUASTE Bouchra	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, Fès	MCH	Examineur
Pr BARI Amina	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, Fès	PES	Co-Directrice de thèse
Pr MERZOUKI Mohammed	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, Fès	PES	Directeur de thèse

Résumé :

Le Maroc fait face à une pénurie d'eau et à une dégradation en qualité des eaux de surface en raison d'une pollution industrielle accrue. À l'échelle régionale, les industries de la ville de Fès, en particulier des dinanderies constituent une problématique majeure pour le fonctionnement de la station d'épuration, à cause de leurs rejets riche en métaux lourds. Pour garantir la dépollution de ces effluents avant leur rejet dans l'environnement, une caractérisation physico-chimique, métallique et microbiologique a été réalisée sur un effluent composite provenant d'une dinanderie. Les résultats ont montré une charge importante en matière organique et métallique (Ag, Cu, et Ni), qui ne respecte pas les normes marocaines de rejet, empêchant ainsi la croissance microbienne dans l'effluent. Les procédés utilisés pour le traitement et la valorisation de cet effluent incluent les zones humides construites à flux vertical plantées avec certaines espèces (*Chrysopogon zizanioides*, *Phragmites australis*, *Typha latifolia*, et *Vitex agnus-castus*), la bioaugmentation, le couplage entre les zones humides construites (CW) plantées, la phytoremédiation bioaugmentée, et enfin la réutilisation de ces eaux usées traitées pour l'irrigation du blé. Le traitement par la CW a été réalisé pendant une période de dix semaines, dans huit zones plantées par différentes plantes et deux zones non plantées (témoin). Ce traitement par CW a révélé que les systèmes plantés présentent une efficacité significative dans l'élimination des polluants. En particulier, les systèmes avec *Ch. zizanioides*, *V. agnus-castus* ont indiqué une réduction plus importante comparativement aux systèmes avec *P. australis*, et *T. latifolia*. Tandis que les matières en suspension et les métaux lourds n'ont pas répondu aux normes en vigueur malgré les taux d'abattement élevés obtenus. Ces plantes ont montré une forte capacité d'accumulation des métaux lourds dans leurs organes souterrains, ainsi qu'une capacité de translocation du Ni vers les organes aériens de *Ch. zizanioides*, de *V. agnus-castus*, et de *T. latifolia*. Cette accumulation et translocation provoquent une réduction des teneurs en chlorophylles totales, et en caroténoïdes, avec une augmentation remarquable des protéines totales, sucres totaux et les polyphénols comme mécanismes de défense des plantes. Quant à la technique de bio-augmentation, les souches ont été isolées à partir des racines des plantes utilisées dans le traitement. Ces quatre isolats bactériens ont montré un fort pouvoir d'élimination d'argent, du cuivre et du nickel, avec des taux qui atteignent respectivement plus de 50%, 40% et 70%, à une concentration bactérienne de 2%. Tandis que, cinq isolats fongiques et deux consortiums ont montré des taux d'abattement dépassant 60%, 90%, et 50%, respectivement pour la DCO, l'Ag, et Ni. La combinaison entre les CW plantées de différentes espèces végétales, a été réalisée dans le but d'éliminer la totalité des polluants. Le couplage à deux CW avec *Ch. zizanioides*, *V. agnus-castus* (CV), le couplage à trois CW avec *Ch. zizanioides*, *V. agnus-castus*, et *P. australis* (CVP), et enfin le couplage à quatre CW avec *Ch. zizanioides*, *V. agnus-castus*, *P. australis*, et *T. latifolia* (CVPT). Ces couplages ont répondu parfaitement aux normes de rejet pour tous les paramètres, avec des taux d'abattement qui atteignent 100%. Par conséquent, ces traitements combinés sont désormais considérés comme le meilleur procédé pour le traitement de cet effluent de dinanderie. Par la suite, une phytoremédiation bioaugmentée a été effectuée, en injectant des souches performantes dans chaque CW plantée. Bien que, les systèmes inoculés ont un effet très significatif sur les taux d'abattement de la DCO de l'Ag, du Cu, et du Ni dont ils ont dépassé 70%, 90%, 86%, et 96%, respectivement. Cela, nous a permis de réutiliser ces eaux traitées dans l'irrigation des graines du blé. Les eaux traitées par deux zones (CV) ont présenté un taux de germination et de croissance important par rapport aux autres eaux. Donc ces résultats remarquables ont permis d'enrichir considérablement ce travail, et nous a permis ainsi de proposer la mise en place d'une station d'épuration pour traiter ces effluents à l'échelle industrielle.

Mots clés : Effluents de dinanderie ; métaux lourds ; zones humides construites (CW); bioaugmentation; couplage des zones humides, valorisation.



Treatment and Valorization of Brassware Effluents through Phytoremediation

Abstract :

Morocco faces water scarcity and declining surface water quality due to increasing industrial pollution. In particular, industries in the city of Fez, especially the brassware industry, pose a major problem for the operation of the wastewater treatment plant due to their heavy metal- rich discharges. Depollution of these effluents is necessary before they can be discharged into the environment. To address this issue, a physicochemical, metallic, and microbiological characterization was first performed on a composite effluent from a brassware industry. The results of this characterization revealed significant levels of organic and metallic matter (Ag, Cu, and Ni) in the effluent, which did not meet Moroccan discharge standards. This contamination hindered microbial growth in the effluent.

The study then explored treatment and valorization processes, including constructed wetlands (CW) planted with specific species (*Chrysopogon zizanioides*, *Typha latifolia*, *Phragmites australis*, *Vitex agnus-castus*), bioaugmentation, the coupling of planted CW systems, and the reuse of treated wastewater for wheat irrigation. The CW treatment was conducted over ten weeks, with eight zones planted with different plants and two zones left unplanted as controls. The CW systems demonstrated significant efficiency in pollutant removal, particularly in systems with *Ch. zizanioides* and *V. agnus-castus*, which showed greater reductions compared to systems with *P. australis* and *T. latifolia*. Although the removal rates for suspended solids and heavy metals were high, they did not meet current standards. Nonetheless, the plants showed a strong capacity for heavy metal accumulation in their underground organs and the ability to translocate nickel to the aerial organs in *Ch. zizanioides*, *V. agnus-castus*, and *T. latifolia*. This accumulation and translocation resulted in a reduction in total chlorophyll and carotenoid levels, alongside a notable increase in total proteins, sugars, and polyphenols as plant defense mechanisms.

Regarding bioaugmentation, bacterial strains were isolated from the roots of the plants used in the treatment. These four bacterial isolates demonstrated strong removal capabilities for silver, copper, and nickel, with removal rates exceeding 50%, 40%, and 70%, respectively, at a bacterial concentration of 2%. Additionally, five fungal isolates and two consortia achieved removal rates over 60%, 90%, and 50% for COD, silver, and nickel, respectively. The combination of planted CWs with different plant species was designed to eliminate all pollutants. The coupling of two CWs with *Ch. zizanioides* and *V. agnus-castus* (CV), three CWs with *Ch. zizanioides*, *V. agnus-castus*, and *P. australis* (CVP), and four CWs with *Ch. zizanioides*, *V. agnus-castus*, *P. australis*, and *T. latifolia* (CVPT) all perfectly met discharge standards for all parameters, with removal rates reaching 100%. Consequently, these combined treatments are now considered the best method for treating this brassware effluent. Subsequently, bioaugmented phytoremediation was performed by injecting high-performing strains into each planted CW. The inoculated systems significantly affected COD, Ag, Cu, and Ni removal rates, exceeding 70%, 90%, 86%, and 96%, allowing the treated water to be reused for wheat seed irrigation. Water treated by the CV zones exhibited high germination and growth rates compared to other waters. These remarkable results significantly enrich this work and support the proposal to establish a wastewater treatment plant for the industrial-scale treatment of these effluents.

Keywords: Brassware effluents; heavy metals; constructed wetlands (CW); plants; bioaugmentation; valorization.