

Titre en français : Conception, dimensionnement et caractérisation fonctionnelle d'un bioréacteur à biofilm fongique pour la bioremédiation d'effluents d'élevage contaminés par des antibiotiques

Titre en anglais : Design, dimensioning and functional characterization of a fungal biofilm bioreactor for the bioremediation of antibiotic-contaminated livestock effluents.

Nom du directeur de thèse : Cristian Barca MdC HDR AMU

Co-encadrant de thèse : Emmanuel Bertrand MdC AMU

Tel : +33(0)4 13 94 66 44

E-Mail : cristian.barca@univ-amu.fr ; emmanuel.bertrand@univ-amu.fr

Laboratoire : M2P2 UMR7340, Aix-Marseille Université, CNRS, École Centrale Méditerranée

Financement : acquis et demandé

Type de financement : demandé (bourse de thèse du ministère), acquis (équipement, projet Europe Prima Funzybio).

Résumé en français : Ce projet de thèse vise à contribuer au développement de réacteurs à biofilm fongique destinés au traitement d'effluents d'élevage (e.g. lisiers de bétail) contaminés par des antibiotiques. L'objectif est de permettre une réutilisation sûre de l'eau et des nutriments des lisiers (e.g. phosphore, azote, potassium) pour l'agriculture, et limiter les effets environnementaux négatifs tels que l'augmentation de la propagation des gènes de résistances aux antibiotiques dans les populations bactériennes de l'environnement. Le projet bénéficiera des connaissances acquises par l'équipe Traitement des Eaux et Déchets (TED) du laboratoire M2P2 dans le domaine du traitement et de la valorisation d'effluents d'élevage (thèse de Carolina Ochoa, 2021-2024), et des avancées du projet européen Prima Funzybio (2023-2026) dans lequel l'équipe TED est partenaire, en ce qui concerne l'identification des souches fongiques les plus prometteuses en termes de capacité de dégradation des antibiotiques ciblés. Cette étude ciblera principalement 4 classes d'antibiotiques solubles : Fluoroquinolones, Sulfonamides, Tétracyclines et Macrolides.

Le travail de thèse portera plus spécifiquement sur les aspects d'ingénierie et d'intensification du bioprocédé. Les principaux objectifs scientifiques et technologiques consistent dans l'identification et la compréhension des paramètres de fonctionnement critiques d'un bioréacteur fongique destiné au traitement des antibiotiques des effluents d'élevage. La méthodologie portera sur une série d'expériences conduites en réacteur pilote continu et discontinu (2 L de volume utile), en utilisant des effluents synthétiques et réels. L'effet de différents paramètres de fonctionnement (e.g. température, pH, oxygène dissous, temps de séjour) ainsi que l'ajout de substrats et de nutriments sur la stabilité et la performance globale du réacteur sera évalué en contrôlant en temps réel les paramètres d'entrée et de sortie du réacteur. Les mécanismes de biodégradation et de sorption des antibiotiques par les biofilms fongiques seront évalués par des procédures d'extraction séquentielles et l'activité résiduelle des antibiotiques, ainsi que la formation éventuelle de sous-produits toxiques issus de la dégradation partielle de ces derniers sera également évaluée (e.g. biotox tests). Cette étude permettra d'obtenir des données fondamentales qui seront cruciales en vue du changement d'échelle et l'industrialisation du procédé. L'ensemble des méthodes développées au sein de l'équipe TED de microcalorimétrie, d'analyse énergétique, de caractérisation de la rhéologie des boues, ainsi que le dimensionnement de l'aération/micro-aération des réacteurs, seront mises à contribution afin d'établir la conception de réacteur la plus appropriée selon les besoins physiologiques des souches fongiques sélectionnées. Deux types de technologies de bioréacteurs seront comparées, à lit fixe et à

lit fluidisé, en ce qui concerne leur capacité à améliorer les conditions du transfert de matière tout en limitant les contraintes de cisaillements excessives néfastes pour la physiologie des champignons.

Résumé en anglais : This PhD thesis aims to contribute to the development of fungal biofilm reactors intended for the treatment of livestock effluents contaminated by antibiotics. The objective is to allow safe reuse of water and nutrients from livestock effluents (e.g. phosphorus, nitrogen, potassium) for agriculture, while limiting negative environmental effects such as the spread of antibiotic resistance genes in environmental bacterial populations. The PhD will benefit from the knowledge acquired by the Waste and Wastewater Treatment (TED) team of M2P2 laboratory in the field of treatment and valorization of livestock effluents (PhD of Carolina Ochoa, 2021-2024), and from advances in the European project Prima Funzybio (2023-2026) in which the TED team is a partner, regarding the identification of the most promising fungal strains in terms of degradation capacity of targeted antibiotics. This PhD thesis will focus more specifically on the engineering and intensification aspects of the bioprocess. The main scientific and technological objectives consist in the identification and understanding of the critical operating parameters of a fungal bioreactor intended for the treatment of antibiotics from livestock effluents. The methodology will involve a series of experiments carried out in a pilot reactor (2 L useful volume) under continuous and discontinuous mode, using synthetic and real effluents. The effect of different operating parameters (e.g. temperature, pH, dissolved oxygen, residence time) as well as the addition of substrates and nutrients on the stability and performance of the reactor will be evaluated by monitoring inlet and outlet reactor parameters in real time. The mechanisms of biodegradation and sorption of antibiotics by fungal biofilms will be evaluated by sequential extraction procedures and by the residual activity of the antibiotics, as well as the possible formation of toxic by-products resulting from the partial degradation of antibiotics will also be evaluated (e.g. biotox tests). This study will provide fundamental data which will be crucial for scaling up and industrializing the process. All the methods developed within the TED team, including microcalorimetry, energy analysis, characterization of sludge rheology, and characterization and sizing of aeration/micro-aeration of reactors, will be used to establish the most appropriate reactor design according to the physiological needs of the selected fungal strains. Two types of bioreactor technologies will be considered, fixed and fluidized bed, with regard to their ability to improve mass transfer conditions while limiting excessive shear stresses harmful to the physiology of fungi.

Profil du candidat recherché : titulaire d'un master 2 ou diplôme d'école d'ingénieurs, spécialisé en génie des procédés et bioprocédés, ou en génie chimique

Publications sur le sujet :

- Barca, C., Scanu, D., Podda, N et al. (2021). Phosphorus removal from wastewater by carbonated bauxite residue under aerobic and anoxic conditions. *Journal of Water Process Engineering* 36: 101757
- Barca, C., Ranava, D, Bauzan, M, et al (2016). Fermentative hydrogen production in an up-flow anaerobic biofilm reactor inoculated with a co-culture of *Clostridium acetobutylicum* and *Desulfovibrio vulgaris*. *Bioresource Technology*
- Ben Ayed, A., Akrouf, I., Staita, K. et al. (2024). Genome sequencing of *Porostereum spadiceum* to study the degradation of levofloxacin. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 270, 115808.
- Ben Ayed, A., Akrouf, I., Albert, et al. (2022). Biotransformation of the Fluoroquinolone, Levofloxacin, by the White-Rot Fungus *Coriolopsis gallica*. *Journal of Fungi*, 8(9), 965.
- Leonard, C, Ferrasse JH, Lefevre, S, Viand, A & Boutin O (2021). Bubble rising velocity and bubble size distribution in columns at high pressure and temperature: From lab scale experiments to design parameters. *Chemical Engineering Research and Design* 173: 108

Insertion professionnelle après thèse : recherche académique ou privée, industrie

Date limite de dépôt des candidatures : 15 avril 2024

Date de démarrage : 1^{er} octobre 2024