

Sujet de thèse au LGC à Toulouse

Conception d'électrodes innovantes pour l'optimisation des interactions microorganismes/électrode dans les procédés électro-microbiens.

Démarrage : 1^{er} octobre 2024

Durée : 3 ans

Financement : Toulouse INP (PEPR B-Best)

Ecole doctorale : Mécanique, énergétique, génie civil, procédés (MEGEP)

Mots clés : *procédés électro-microbiens, microorganismes, biofilms, électrochimie, bioéconomie*

Ce projet de thèse s'inscrit dans le cadre du programme et équipement prioritaire de recherche ([PEPR B-BEST](#) qui fait partie intégrante de la stratégie française d'accélération « produits biosourcés, biotechnologies industrielles – carburants durables ». Le PEPR est l'instrument dédié à la recherche pour « préparer les technologies de conversion de biomasse de demain » dans la plage de « technology readiness level » (TRL) de 1 à 4. La stratégie vise à concentrer la recherche et l'innovation sur les défis clés liés à la conversion de la biomasse en produits bio-sourcés pour une transition durable vers la bioéconomie et l'économie circulaire.

Dans ce contexte de bioéconomie, les procédés électro-microbiens sont des technologies émergentes, à bas TRL, qui permettent de valoriser la biomasse « déchets » (eaux usées, biodéchets, déchets agro-industriels...). Ceux-ci reposent sur la capacité de microorganismes naturellement présents dans l'environnement à oxyder la biomasse à la surface de matériaux conducteurs (électrodes) en se développant sous forme de biofilms électroactifs, générant ainsi un courant électrique (flux d'électrons). Le flux d'électrons de cette oxydation peut alors être utilisé pour la production de composés à valeur ajoutée comme de l'hydrogène, du méthane, ou des molécules « plateformes » pour l'industrie chimique. Cependant, l'industrialisation des technologies électro-microbiennes est encore limitée par de nombreux verrous, notamment les faibles performances de ces ensembles biofilms électroactifs/électrodes appelés « bioanodes ».

L'objectif de cette thèse est de développer de **nouvelles architectures d'électrodes tridimensionnelles (3D)** qui permettront d'augmenter sensiblement les performances (courant électrique et stabilité) des bioanodes traitant en continu de la biomasse (« déchets »). Le challenge principal sera de définir un ou des design(s) d'électrodes **favorisant des interactions pérennes avec les biofilms électroactifs**, et autorisant une distribution homogène et non obstruante du flux de biomasse « déchets » à traiter. La thèse combinera une approche expérimentale qui constituera le cœur du projet, et une approche théorique complémentaire de simulation numérique multi-échelle des procédés électro-microbiens. Sur le plan expérimental, le/la futur(e) doctorant(e) aura d'abord en charge de valider les performances de ces nouvelles architectures d'électrodes 3D qui seront conçues à partir de matériaux aux propriétés capacitives ou à partir de matériaux innovants. Au cours de la thèse, il/elle devra également évaluer la croissance et les performances électrochimiques des biofilms microbiens sous l'influence d'un champ électrique externe. Ce travail se fera à l'échelle d'un procédé électro-microbien traitant en continu de la biomasse « déchets » réelle, prétraitée et fournie par les partenaires du projet. La simulation numérique sera utilisée pour la conception de ces électrodes 3D à architectures optimisées qui seront élaborées par fabrication additive (impression 3D).

La thèse sera réalisée au Laboratoire de Génie Chimique (LGC, site de l'ENSIACET) dans l'équipe ingénierie des biofilms du département bioprocédés et systèmes microbiens ([BioSyM](#)). L'équipe ingénierie des biofilms est spécialisée dans la recherche fondamentale et appliquée sur les procédés électro-microbiens pour l'environnement depuis près de 20 ans et dispose de tous les moyens analytiques et expérimentaux pour la réalisation de ce projet.

Profil : Bac+5 (niveau Master ou Ingénieur) en génie chimique/procédés/environnement, ou matériaux avec une appétence pour l'électrochimie et/ou les biotechnologies. Qualités indispensables : curiosité, autonomie, envie d'apprendre et d'entreprendre, travailleur.

Candidature : **Pour candidater à cette offre, merci d'envoyer une lettre de motivation ainsi qu'un CV détaillé aux contacts suivants avant le 12 avril 2024.**

Contacts : Benjamin Erable, Directeur de Recherche CNRS

✉ benjamin.erable@toulouse-inp.fr, ☎ : +33 5 34 32 36 23

Jean-Marie Fontmorin, Chargé de Recherche CNRS

✉ jeanmarie.fontmorin@toulouse-inp.fr, ☎ : +33 5 34 32 37 29

PhD position at LGC Toulouse, France

Design of innovative electrodes to optimise the interactions between microorganisms and electrodes in bioelectrochemical systems.

Starting date: 1st October 2024

Contract duration : 3 years

Funding : INP Toulouse (B-Best PEPR)

Doctoral school : Mécanique, énergétique, génie civil, procédés (MEGEP)

Keywords : *bioelectrochemical systems, microorganisms, biofilms, electrochemistry, bioeconomy*

This thesis project is part of the [B-BEST](#) priority research programme and equipment (PEPR), which is an integral part of France's "bio-based products, industrial biotechnologies - sustainable fuels" acceleration strategy. The PEPR is a funding instrument dedicated to research to "prepare the biomass conversion technologies of tomorrow" at low technology readiness levels (TRL) ranging from 1 to 4. The aim of this strategy is to focus on the key challenges related to the conversion of biomass into bio-based products for a sustainable transition to the bioeconomy and circular economy. In this context, bioelectrochemical systems (BES) are emerging, low TRL technologies that can be used to recover "waste" biomass (wastewater, bio-waste, agro-industrial waste, etc.). BES are based on the ability of microorganisms naturally present in the environment to oxidise biomass on the surface of conductive materials (electrodes) by developing electroactive biofilms, thereby generating an electric current (flow of electrons). This electric current can then be used at the cathode to produce value-added compounds such as hydrogen, methane or 'platform' molecules for the chemical industry. However, the industrialisation of BES is still limited by a number of bottlenecks, in particular the poor performance of these electroactive biofilm/electrode assemblies known as "bioanodes".

The aim of this thesis is to develop novel three-dimensional (3D) electrode architectures that will significantly increase the performance (electrical current and stability) of bioanodes continuously treating biomass ("waste"). The main challenge will be to define one or more electrode designs that favour long-term interactions with the electroactive biofilms while allowing homogeneous, non-obstructive distribution of the waste flow to be treated. The thesis will combine an experimental approach that will be the core of the project, with a complementary theoretical approach involving multi-scale numerical simulation of BES. On the experimental side, the PhD candidate will first be responsible for validating the performance of these new 3D electrode architectures, which will be designed using materials with capacitive properties or innovative materials. During the thesis, he/she will also evaluate the growth and electrochemical performance of microbial biofilms under the influence of an external electric field. This work will be carried out on the scale of a BES continuously treating real 'waste' biomass, pre-treated and supplied by the project partners. Numerical simulation will be used to design these 3D electrodes with optimised architectures, which will be produced by additive manufacturing (3D printing).

The thesis will be carried out at the Chemical Engineering Laboratory (LGC, ENSIACET site) in the biofilm engineering team of the Bioprocesses and Microbial Systems department ([BioSyM](#)). The biofilm engineering team is specialised in fundamental and applied research on BES for the environment for nearly 20 years and will provide all the analytical and experimental resources needed to carry out the project.

Profil : Masters level or equivalent in chemical/process/environmental engineering or materials with a strong interest for electrochemistry and/or biotechnologies. Essential qualities: curiosity, autonomy, willingness to learn and to take risks, hard-working.

Application: To apply for this position, please send a cover letter along with a detailed CV to the contacts below before April 12th 2024. **Contacts :**

Benjamin Erable, Research Director, CNRS

✉ benjamin.erable@toulouse-inp.fr , ☎ : +33 5 34 32 36 23

Jean-Marie Fontmorin, Researcher, CNRS

✉ jeanmarie.fontmorin@toulouse-inp.fr , ☎ : +33 5 34 32 37 29