

Communiqué

7 Avril 2021

Bioélectrodes abiotiques pour biopiles à glucose implantables

Le 26 mars 2021, Myriam Ghodhbane a soutenu une thèse de doctorat de l'Université Grenoble Alpes préparée sous la direction du Professeur Naceur Belgacem (Grenoble INP-Pagora/LGP2). Elle a présenté les résultats de sa recherche intitulée *Fabrication et optimisation de bioélectrodes abiotiques pour biopiles à glucose implantables*. Objectif : optimiser la fabrication de bioélectrodes pour biopiles à glucose implantables en utilisant différents procédés d'impression.

Un catalyseur abiotique composé de graphène dopé au fer et à l'azote a été utilisé pour fabriquer des biocathodes. Deux méthodes de dépôt ont permis de fabriquer des biocathodes en deux dimensions : la pulvérisation ultrasonique et le dépôt par enduction.

Les biocathodes réalisées par pulvérisation ultrasonique ont présenté de faibles densités de courant ($0.52 \mu\text{A}/\text{cm}^2$) en raison des petites quantités de matière active déposées. Les biocathodes réalisées par enduction – cette méthode permet de déposer des quantités de matière plus importantes – ont délivré des densités de courant de $70 \mu\text{A}/\text{cm}^2$. Ces biocathodes ont fait preuve d'une stabilité *in vitro* durant deux ans. Elles ont aussi été implantées *in vivo* dans un rat : une quasi-absence de réaction inflammatoire et une capacité à électro-catalyser l'oxygène ont été constatées après cinq mois d'implantation.

L'étude a ensuite porté sur la fabrication de bioélectrodes en trois dimensions. Des biocathodes abiotiques ont été réalisées par impression 3D, dotées d'une macroporosité contrôlée facilitant la diffusion du substrat au sein de l'électrode. Deux méthodes ont été appliquées : l'utilisation de la matière active directement dans la formulation initiale et la création de sites catalytiques *in situ* dans la forme en 3D. Pour mener à bien cette approche, la formulation de l'encre et les paramètres d'impression ont été optimisés.

Des densités de courant maximales de l'ordre de $400 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ ont été obtenues *via* la première méthode. La deuxième méthode a permis d'améliorer les performances électrochimiques (facteur 1.5). Cela peut s'expliquer par l'augmentation de la conductivité ainsi que de la porosité des bioélectrodes grâce à l'étape de pyrolyse. Les biocathodes issues de la première méthode ont fait l'objet d'implantation de biopiles hybrides dans la région intra-abdominale de rats. Ces dernières sont

Grenoble INP-Pagora, École internationale du papier, de la communication imprimée et des biomatériaux Certifiée Qualité Sécurité Environnement, elle fait partie de Grenoble INP, Institut d'ingénierie et de management dont l'objectif est de former des « ingénieurs créatifs, responsables, engagés pour un monde durable ». L'école forme des ingénieurs pour les secteurs liés à la chimie verte, au papier, à l'impression, à l'emballage, aux biomatériaux et à l'électronique imprimée. Son large éventail d'enseignements, sa maîtrise de l'apprentissage et son partenariat fort avec les entreprises permettent d'adapter en permanence ses formations aux besoins des industries et, à ses 60 diplômés par an, d'accéder à des carrières motivantes en France et à l'international. En collaboration avec des universités européennes, Grenoble INP-Pagora développe également une formation internationale : elle propose une 2^e année du cursus ingénieur, des semestres internationaux et un Master *Biorefinery & Biomaterials* dispensés en anglais. La recherche innovante menée par son laboratoire, le LGP2, contribue à l'amélioration des procédés et à la création de produits répondant aux nouveaux besoins notamment environnementaux. L'ensemble de ces activités garantit un enseignement à la pointe des évolutions scientifiques et techniques.
pagora.grenoble-inp.fr

Le Laboratoire Génie des Procédés Papetiers (LGP2) est une unité mixte de recherche (UMR 5518) associant le CNRS, Grenoble INP et l'Agefpi et menant ses activités scientifiques en lien avec la communauté académique Université Grenoble Alpes. Le LGP2 comprend trois équipes : *Bioraffinerie : chimie et éco-procédés – Matériaux biosourcés multi-échelles – Fonctionnalisation de surface par procédés d'impression*. Leurs travaux de recherche visent à répondre aux attentes sociétales quant au développement durable (chimie verte, bioraffinerie, procédés propres, recyclage, matériaux biosourcés, énergies renouvelables) et à la traçabilité & la sécurité (matériaux fonctionnels, papiers et emballages intelligents).
pagora.grenoble-inp.fr/lgp2

Contactpresse.pagora@grenoble-inp.fr**Web**<https://pagora.grenoble-inp.fr/fr/media>

restées fonctionnelles même après une durée d'implantation de trois mois. Sur cette même période, une quasi-absence de réaction inflammatoire a été constatée mettant en évidence la biocompatibilité des biocathodes élaborées.

Enfin, une étude comparant deux anodes enzymatiques fabriquées à base de microfibrilles de cellulose (MFC) et de chitosan a démontré que la substitution du chitosan par des MFC permet d'améliorer les performances électrochimiques et les constantes cinétiques des anodes.

Contact LGP2 Naceur.Belgacem@grenoble-inp.fr - **Logo** logo-lgp2.eps

Grenoble INP-Pagora, École internationale du papier, de la communication imprimée et des biomatériaux Certifiée Qualité Sécurité Environnement, elle fait partie de Grenoble INP, Institut d'ingénierie et de management dont l'objectif est de former des « *ingénieurs créatifs, responsables, engagés pour un monde durable* ». L'école forme des ingénieurs pour les secteurs liés à la chimie verte, au papier, à l'impression, à l'emballage, aux biomatériaux et à l'électronique imprimée. Son large éventail d'enseignements, sa maîtrise de l'apprentissage et son partenariat fort avec les entreprises permettent d'adapter en permanence ses formations aux besoins des industries et, à ses 60 diplômés par an, d'accéder à des carrières motivantes en France et à l'international. En collaboration avec des universités européennes, Grenoble INP-Pagora développe également une formation internationale : elle propose une 2^e année du cursus ingénieur, des semestres internationaux et un Master *Biorefinery & Biomaterials* dispensés en anglais. La recherche innovante menée par son laboratoire, le LGP2, contribue à l'amélioration des procédés et à la création de produits répondant aux nouveaux besoins notamment environnementaux. L'ensemble de ces activités garantit un enseignement à la pointe des évolutions scientifiques et techniques.
pagora.grenoble-inp.fr

Le Laboratoire Génie des Procédés Papetiers (LGP2) est une unité mixte de recherche (UMR 5518) associant le CNRS, Grenoble INP et l'Agefpi et menant ses activités scientifiques en lien avec la communauté académique Université Grenoble Alpes. Le LGP2 comprend trois équipes : *Bioraffinerie : chimie et éco-procédés – Matériaux biosourcés multi-échelles – Fonctionnalisation de surface par procédés d'impression*. Leurs travaux de recherche visent à répondre aux attentes sociétales quant au développement durable (chimie verte, bioraffinerie, procédés propres, recyclage, matériaux biosourcés, énergies renouvelables) et à la traçabilité & la sécurité (matériaux fonctionnels, papiers et emballages intelligents).
pagora.grenoble-inp.fr/lgp2