

DIPLÔME NATIONAL DE DOCTORAT

(Arrêté du 25 mai 2016)

Date de la soutenance : **15 mai 2025**

Nom de famille et prénom de l'auteur. e : **Mme Marie Norbertine KAMDJOU DOUMA**

Titre de la thèse : Investigation de l'Energie des Bio Piles et leur Utilisation pour l'Alimentation des Appareils Faible Puissance

Résumé



La production d'énergie à partir de biodéchets a été à la tête de la recherche, compte tenu à la fois de son potentiel de contribution au processus de décarbonisation et de sa nature renouvelable. Cependant, les techniques utilisées restent complexes et non portables, ce qui ralentit l'adoption de la production de bioénergie. La pile à combustible microbienne (PACM) ou biopile est une technologie qui génère de l'énergie électrique directement à partir de déchets biodégradables. Cette technologie utilise le principe des cellules électriques conventionnelles. Les micro-organismes présents dans la chambre anodique décomposent les déchets et génèrent des électrons et des protons. Les électrons se fixent à l'électrode d'anode pour former un biofilm, tandis que les protons traversent la membrane pour rejoindre le compartiment cathodique où un oxydant et l'électrode cathodique sont présents. Une fois qu'un fil conducteur relie les deux électrodes ensemble, les électrons commencent à circuler pour rejoindre les protons présents dans la chambre cathodique, et ce mouvement des porteurs de charge génère de l'électricité. Cette méthode de production d'électricité attire de plus en plus les chercheurs, et les efforts déployés avec cette technologie restent principalement limités à l'échelle du laboratoire, restreignant ainsi son intérêt et son utilisation pour la génération d'énergie électrique. Il est important de trouver des moyens d'augmenter la production d'énergie de la PACM afin de couvrir des applications telles que l'alimentation d'appareils à faible puissance, comme ceux généralement utilisés dans les réseaux de capteurs sans fil (WSN), et l'éclairage dans les zones reculées des pays en développement où les communautés locales n'ont pas accès à l'électricité conventionnelle. L'objectif principal de ce projet de recherche est de proposer un système de production d'énergie de PACM performant, économique et stable, avec un processus de fabrication simple. Ce travail se concentre d'abord sur l'étude du potentiel des excréments (animaux et humains) pour produire de l'électricité grâce à la technologie des piles à combustible microbiennes, tout en tenant compte des facteurs influençant le rendement de production des PACMs afin d'améliorer la production et d'obtenir des résultats optimaux. Deux types de déchets sont spécifiquement choisis à cet effet : la bouse de vache et les excréments humains. Les réacteurs (cuves utilisées pour réaliser des réactions chimiques) sont

imprimés en 3D à l'aide de matériau en acide polylactique (PLA) pour garantir la similitude, l'étanchéité et la reproductibilité des résultats. Après diverses caractérisations, la bouse de vache a montré un meilleur potentiel de production d'électricité à travers la technologie des PACMs par rapport aux excréments humains. Pour augmenter l'énergie produite par les PACMs, des configurations en « stack » sont expérimentées avec de la bouse de vache. L'étude examine différentes configurations (série, parallèle, série-parallèle, parallèle-série) pour minimiser l'inversion de tension, source de pertes d'efficacité. Les résultats indiquent que la configuration parallèle-série réduit les pertes et augmente la puissance totale, ce qui la rend adaptée aux PACMs à petite échelle, tout en évitant l'utilisation de circuits de protection contre le retour de tension. Pour réduire les coûts d'implémentation et favoriser la production locale des PACMs, des réacteurs en béton sont utilisés. Ces réacteurs ont montré leur faisabilité avec une densité de puissance maximale de 20,21 mW/m², surpassant les 14,1 mW/m² des réacteurs imprimés en 3D de la première expérience. De plus, la fabrication d'un réacteur à béton à double chambre est 5,17 fois moins coûteuse que celle d'un réacteur à chambre unique en plastique PLA.

Mots-clés : Pile à combustible microbienne, production d'électricité, déchets biodégradables, réacteurs imprimés en 3D à l'acide polylactique, réacteurs à base de béton, mise en stack des biopiles,