

LABO - Axe ou Équipe : Institut Pascal - GePEB

Directeur de thèse : Prénom Nom (fonction), email : Samir Taha (PR), samir.taha@uca.fr

Co-encadrants : Prénom Nom (fonction), email : Jean-Sébastien Guez (IGR), j-sebastien.guez@uca.fr

Prénom Nom (fonction), email : Christophe Vial (PR), christophe.vial@uca.fr

Titre du sujet de thèse : Mise en œuvre en bioprocédé du potentiel biologique de production en biohydrogène à partir des résidus organiques industriels : conception, cinétique, optimisation

Résumé du sujet de thèse :

La problématique environnementale engendrée par l'accumulation des déchets organiques industriels a instauré un impératif de solutions durables dans un objectif d'économie circulaire. Dans cette perspective, la production d'hydrogène émerge comme une alternative cruciale, présentant des avantages considérables en tant que vecteur énergétique propre et renouvelable. Une analyse approfondie du corpus scientifique existant révèle des avancées substantielles dans la recherche sur la production d'hydrogène à partir de ces déchets. Cependant, des lacunes substantielles subsistent, notamment sur le volet modélisation, incitant à une exploration plus poussée. En parallèle, les dernières percées technologiques hybrides en Génie des Procédés suscitent un intérêt particulier, définissant ainsi le cadre novateur de cette recherche.

L'objectif prééminent de cette recherche consiste à développer, par le biais de procédés biotechnologiques avancés, le potentiel biologique inhérent à la production de biohydrogène à partir des effluents liquides agroalimentaires, modèles puis réels (jus, effluent laitiers...) par rapport aux solutions alternatives existantes (épandage, dégradation en station d'épuration, méthanisation, etc.). Cette démarche ambitionne une résonance significative dans la transition vers des méthodes durables de production d'hydrogène en combinant un volet expérimental à un volet modélisation. Les objectifs spécifiques détaillent la quête d'identification minutieuse de microorganismes aptes à catalyser la production de biohydrogène, tout en visant l'optimisation des conditions et des paramètres de culture.

La production d'hydrogène biologique implique l'utilisation de microorganismes spécialisés (*Clostridium* et *Rhodobacter*) dans un bioréacteur. Selon la voie de fermentation choisie, la production d'hydrogène varie considérablement en ce qui concerne les espèces bactériennes telles que les Entérobactéries, *Bacillus* et *Clostridium* et les diverses formes de glucides préférés en tant que substrats. Sur un substrat complexe, la fermentation sombre apparaît comme la première étape la plus efficace. Nous proposons de prendre en compte la conception et la configuration du réacteur de fermentation (colonne ou cuve agitée, avec ou sans phase solide), la sélection et la combinaison des bactéries spécialisées en biohydrogène (culture pure ou mixte), le mode de fonctionnement (discontinu, fed-batch ou continu) et l'optimisation des conditions environnementales (pH, HRT, ORP, etc.) qui sont les facteurs les plus importants pour améliorer les rendements de production. La mesure des cinétiques expérimentales, notamment sur un substrat modèle comme un lactosérum reconstitué, combinée à un modèle de réacteur permettra de sélectionner rationnellement les meilleures conditions et configurations. En fonction des sous-produits et des résultats obtenus en termes de mode de culture et de bioréacteur, une optimisation de la mise en œuvre d'une technologie séquentielle (multi-étape) ou combinée (mono-étape) de fermentation sombre et de photo-fermentation sera envisagée comme approche la plus efficace pour fournir de l'énergie propre et durable en fournissant un rendement en hydrogène le plus élevé. Le procédé optimisé sera finalement testé avec du lactosérum issu des industries laitières.

L'approche méthodologique s'appuie sur la synthèse synergique du génie de procédés et de la biotechnologie. Elle englobe l'ensemble des étapes, depuis l'identification des microorganismes jusqu'à l'optimisation des conditions de culture, assurant ainsi une intégration holistique des processus impliqués dans la production de biohydrogène. Les techniques expérimentales englobent des méthodes avancées de caractérisation microbienne et d'analyse chimique des phases gaz et liquide couplées à des approches de modélisation prédictive. L'utilisation judicieuse de ces techniques vise à assurer la précision et la robustesse des résultats, tout en permettant une compréhension approfondie des mécanismes biologiques sous-jacents. Les résultats attendus envisagent une production significative de biohydrogène, attestant de l'efficacité des procédés biotechnologiques implémentés. Ces avancées, en alignement avec les objectifs fixés, promettent des retombées substantielles pour la transition énergétique et la gestion durable des déchets.