

Optimisation de la récupération de ressources des eaux usées par chenal à haut rendement algal

Mots-clés : azote, phosphore, microalgues, biogaz, biocarburants, composés à haute valeur ajoutée

1. Contexte

Ce sujet de thèse porte sur les technologies de récupération de ressources des eaux usées utilisant des microalgues. Une thèse précédemment menée au laboratoire [1,2] a permis de démontrer les performances de traitement et de développer un modèle numérique d'un chenal à haut rendement algal de type « raceway ».

La présente étude s'inscrit dans la continuité de ces travaux. Un réacteur pilote est déjà présent au laboratoire (Figure 1).

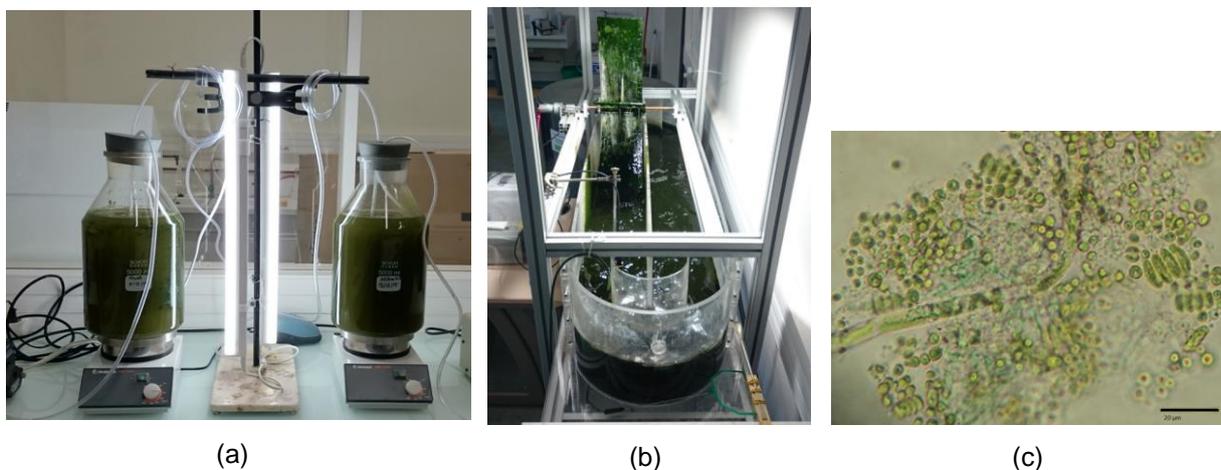


Figure 1 - Culture de microalgues au laboratoire ICube (a) réacteurs fermés de culture (b) réacteur de type raceway (c) observation microscopique de la biomasse produite

L'utilisation des procédés couplant microalgues et bactéries présente un potentiel très intéressant. En effet, via la photosynthèse, les algues utilisent la lumière du soleil pour convertir le carbone minéral (CO_2) et les nutriments contenus dans l'eau (azote, phosphore) en biomasse et en dioxygène (O_2). Dans le même temps, les bactéries utilisent l'oxygène produits par les algues pour leur métabolisme conduisant à la dégradation des composés organiques et à l'oxydation de l'azote ammoniacal, tout en produisant les nitrates et le CO_2 nécessaires aux algues (Figure 2).

Ce processus naturel ne nécessite pas d'apport d'énergie additionnel. De plus, le contenu des microalgues produites, riche en nutriment et en matière organique (lipides notamment), est valorisable comme biocarburant, fertilisant, etc. [3,4].

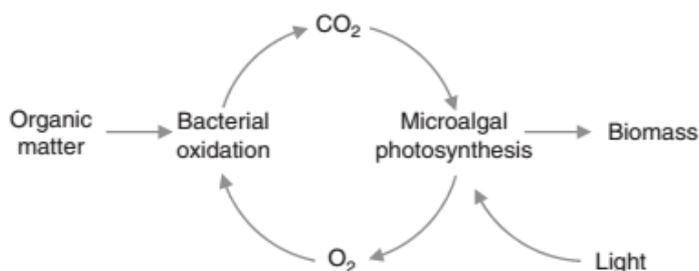


Figure 2 - Concept de "respiration photosynthétique"

La lagune à haut rendement algal (LHRA) est un procédé mettant en œuvre ce consortium d'algues et de bactéries [5,6]. Elle consiste en un chenal oblong ouvert d'une profondeur de 0,2 à 1 m [5]. Le mélange est réalisé via une roue à aubes assurant une vitesse de circulation horizontale de 0,15 à 0,3 m/s. Des études précédentes ont montré que les LHRA peuvent éliminer plus de 90% de la Demande Chimique en Oxygène (DCO), 79% de l'azote total, plus de 90% de l'azote ammoniacal et 57% du phosphore total [7-9].

2. Objectifs de la thèse

Un premier objectif sera de développer et fiabiliser le procédé pour faire face aux variations des conditions opératoires : temps de séjour hydraulique, intensité lumineuse, charge en nutriments et impact de la nitrification, recyclage de la biomasse, etc. Il s'agira de proposer une/des stratégie(s) pour maintenir la stabilité de la biomasse au sein du réacteur et les performances. Cela passe par une compréhension fine des processus biologiques et chimiques gouvernant la dynamique des microalgues et bactéries présentes dans le système : analyses physico-chimiques, tests respirométriques, identification des souches présentes, analyse de scénarios utilisant le modèle numérique.

Le deuxième objectif sera l'étude du potentiel de valorisation de la biomasse produite en fonction de différentes hypothèses de fonctionnement. Différentes pistes seront explorées : méthanisation, production de biodiesel par transestérification, nutriments (N, P), composés à haute valeur ajoutée.

3. Chercheurs impliqués

La thèse sera dirigée par Julien LAURENT, Maître de Conférences à l'Ecole Nationale du Génie de l'Eau et de l'Environnement de Strasbourg (ENGEES) et au laboratoire ICube. Le doctorant sera rattaché à l'équipe MecaFlu du laboratoire.

Suivant les évolutions des travaux et les opportunités, des collaborations seront envisagées avec l'Université de Sciences et Technologies de Hanoï (USTH) pour l'application du procédé en conditions réelles dans un pays en voie de développement ainsi qu'avec l'Institut de Biologie Moléculaire des Plantes (IBMP) pour l'identification par spectrométrie de masse des composés potentiellement valorisables au sein des algues produites.

4. Compétences recherchées

- Génie des procédés
- Traitement des eaux usées
- Manipulations au laboratoire (physico-chimie des eaux usées, etc.)
- Compétences en informatique

5. Contact

- Julien LAURENT
Laboratoire des Sciences de l'Ingénieur, de l'Informatique et de l'Imagerie (ICUBE)
Département Mécanique
Equipe Mécanique des Fluides
2 rue Boussingault, 67000 STRASBOURG, FRANCE
julien.laurent@icube.unistra.fr
+33 (0)3 88 24 82 89

6. References

- [1] L.A. Pham, Consortium algues-bactéries des lagunes à haut rendement algal: évaluation des performances, devenir des nutriments des eaux usées et conception à base de modèles expérimentaux et numériques, Thèse de Doctorat, Université de Strasbourg, 2018.
- [2] L.A. Pham, J. Laurent, P. Bois, A. Wanko, Impacts of operational conditions on oxygen transfer rate, mixing characteristics and residence time distribution in a pilot scale high rate algal pond, *Water Sci. Technol.* 78 (2018) 1782–1791. doi:10.2166/wst.2018.461.
- [3] R. Muñoz, B. Guieysse, Algal–bacterial processes for the treatment of hazardous contaminants: A review, *Water Res.* 40 (2006) 2799–2815. doi:10.1016/j.watres.2006.06.011.
- [4] L. Christenson, R. Sims, Production and harvesting of microalgae for wastewater treatment, biofuels, and bioproducts, *Biotechnol. Adv.* 29 (2011) 686–702. doi:10.1016/j.biotechadv.2011.05.015.
- [5] J.B.K. Park, R.J. Craggs, A.N. Shilton, Wastewater treatment high rate algal ponds for biofuel production, *Bioresour. Technol.* 102 (2010) 35–42. doi:10.1016/j.biortech.2010.06.158.
- [6] D.L. Sutherland, C. Howard-Williams, M.H. Turnbull, P.A. Broady, R.J. Craggs, Enhancing microalgal photosynthesis and productivity in wastewater treatment high rate algal ponds for biofuel production, *Bioresour. Technol.* 184 (2015) 222–229. doi:10.1016/j.biortech.2014.10.074.
- [7] E. Posadas, M. del Mar Morales, C. Gomez, F.G. Acién, R. Muñoz, Influence of pH and CO₂ source on the performance of microalgae-based secondary domestic wastewater treatment in outdoors pilot raceways, *Chem. Eng. J.* 265 (2015) 239–248.
- [8] P. Aguirre, E. Álvarez, I. Ferrer, J. García, Treatment of piggery wastewater in experimental high rate algal ponds, *Rev Latinoam Biotechnol Amb Algal.* 2 (2011) 57–66.
- [9] B. Picot, H. El Halouani, C. Casellas, S. Moersidik, J. Bontoux, Nutrient removal by high rate pond system in a Mediterranean climate (France), *Water Sci. Technol.* 23 (1991) 1535–1541.