

Effet de l'hydrodynamique sur l'élimination des polluants en utilisant des floes de microalgues-bactéries (floes-MaB)

Rana SAADLI⁽¹⁾, Thierry SALMON, Faten KACHOURI, Moktar HAMDY, Dominique TOYE

Université Liège Department of Chemical Engineering PEPs – Products, Environment, and Processes
Université Carthage. INSAT - ESIAT, LETMi Lab, LIVIAD.

saadlirana@gmail.com

Résumé

L'utilisation des floes microalgues-bactéries (Mab-floes) représente une nouvelle approche pour l'élimination durable des polluants présents dans les eaux usées urbaines. Le présent travail a été réalisé dans le but d'étudier l'effet des paramètres hydrodynamiques sur les performances d'un réacteur multi-trophique tubulaire à air-lift pour le traitement d'eaux usées synthétiques. Des floes de microalgues-bactéries ont été obtenus en cultivant des boues de station d'épuration diluées en présence de lumière et en milieu fermé. L'activité photosynthétique des microalgues permet de supprimer l'apport d'O₂ et d'éviter le dégagement de CO₂. Les gaz produits en cours de culture sont également utilisés pour assurer la circulation de l'eau dans le réacteur tubulaire air-lift. Deux débits ont été testés : 800 et 1000 Nml/min pour évaluer les performances d'épuration sur une eau contenant initialement 990 mg/L de DCO. Avec le débit le plus élevé (1000 Nml/min), le procédé permet de réduire les teneurs en DCO, azote total et phosphate respectivement de 81 %, 83 % et 94 %. Ce débit conduit également à un meilleur développement des floes MaB.

Mots clés : floes microalgues-bactéries; hydrodynamique; réacteur multi-trophique réacteur tubulaire à air-lift ; élimination durable des polluants.

INTRODUCTION

Les procédés de traitement des eaux usées ne sont pas toujours efficaces pour réduire les émissions de carbone en raison de leur forte consommation d'énergie et de leur rejet de dioxyde de carbone (CO₂) (Pacheco et al., 2015). La bioséquestration du CO₂ au moyen liée à la culture de microalgues photosynthétiques a été proposée comme technologie durable de captage et de stockage du carbone (CSC) (Lam et al., 2012). Dans cette approche de phycoremédiation (Bawiec et al., 2018), la biomasse formée de floes microalgues-bactéries (MaB-floes) contribue à restaurer l'écosystème et à promouvoir la technologie verte pour le traitement biologique des eaux usées dans le cadre de l'économie circulaire (zéro décharge) (Chisti et al., 2007 ; Rawat et al., 2011). La présente étude porte sur l'évaluation de l'efficacité d'un photobioréacteur multi-trophique pour l'élimination des polluants sans apport d'O₂.

La faisabilité de la culture de floes MaB a été étudiée avec deux débits de gaz. Pour évaluer le potentiel de la culture multi-trophique de floes MaB dans le traitement des eaux usées, l'élimination simultanée des nutriments (ammonium et phosphore) et de la DCO a été évaluée. De plus, l'évolution morphologique des floes MaB au cours de différentes périodes de traitement des eaux usées a été examinée. Le présent travail peut fournir de nouvelles informations sur les applications multi-échelles des interactions multi-trophiques des floes microalgues-bactériens (floes MaB) pour la phycoremédiation durable.

MATERIELS ET METHODES

1-1 Préparation de floes microalgues-bactériens (floes MaB)

Les floes de MaB ont été cultivés dans un réacteur (Figure 1) sans apport d'O₂ ni dégagement de CO₂. Le réacteur a été rempli de 0.72 L de boues activées collectées à partir d'un décanteur d'une

station d'épuration dans la ville de Liège, en Belgique. Les eaux usées synthétiques, dont la composition a été décrite par Zhu et al.(2019), ont été ajoutées pour obtenir un volume de travail de 14.57 L. L'homogénéisation de la culture a été réalisée par une recirculation externe de gaz avec un débit de 800 Nml/min ou de 1000 Nml/min. Le gaz recirculé est celui qui sortant en tête de réacteur. Il est réinjecté au pied du réacteur sans ajout d'oxygène. L'illumination est assurée par 6 néons de type PHITL554W965 MASTER TL5 HO 90 DE LUXE. Elle a été maintenue allumée en permanence pendant toute la durée des essais. La température dans le réacteur a été maintenue à 27°C.

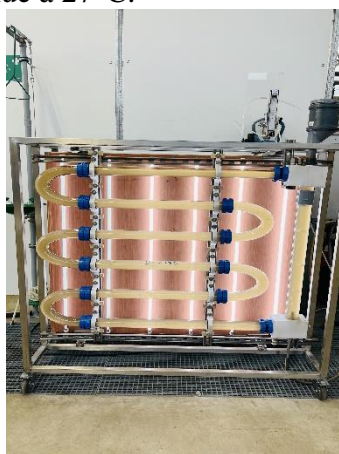


Figure 1: P photobioréacteur tubulaire de type « airlift »

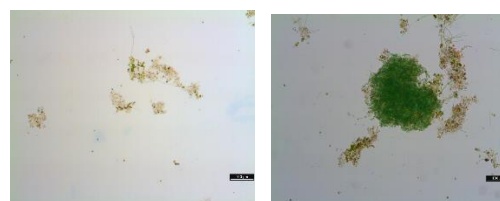
1-2 Techniques analytiques

Tous les deux jours, les concentrations en DCO, phosphore et d'azote total ont été mesurées. Les méthodes HACH (HACH-LANGE GmbH, Allemagne), sur un spectrophotomètre HACH DR3900 ont été utilisées. La chlorophylle (a) a été extraite à travers une solution d'acétone et sa concentration totale mesurée à l'aide d'un spectrophotomètre à 664 nm, 647 nm et 630 nm (Trichromatic method APHA 2017) :
 $\text{Chlorophylle(a)} = 11.85 A_{664} - 1.54 A_{647} - 0.08 A_{630}$ (1)

Le pH et la concentration en oxygène dissous ont été mesurés à l'aide de deux sondes. La croissance et la morphologie des floccs de MaB ont été mesurées à l'aide d'un microscope optique.

RESULTATS ET DISCUSSION

L'utilisation d'un débit de gaz plus élevé a permis d'obtenir des vitesses d'élimination des nutriments d'environ 1.42 mg/l/jour (azote total), 1.45 mg/l/jour (phosphore) et 50 mg/l/jour (matière organique) après 17 jours de traitement. Pour le même débit, la taille des floccs d'algues a évolué depuis de très petites colonies en début de procédé jusqu'à des floccs d'un diamètre supérieur à 200 µm en fin de traitement (figure 2). La vitesse de production de chlorophylle (a) atteint 0,38 mg/l/jour (tableau 1). Ces performances sont meilleures que celles observées pour un débit de gaz plus faible (800 Nml/min) (tableau 1).



(a)

(b)

Figure 2: Observation microscopique des Mab-floccs : (a): jour 1, (b) : jour 26.

Tableau 1 : Tableau récapitulatif des vitesses d'élimination des polluants et de production de chlorophylle (a)

	vitesse d'élimination d'azote total mg/l/jour	vitesse d'élimination de phosphore mg/l/jour	vitesse d'élimination de la matière organique mg/l/jour	Vitesse de production de chlorophylle (a) mg/l/jour
Débit 1 800 Nml/ min	0.71	0.68	32.6	0.35
Débit 2 1000 Nml/ min	1.42	1.45	50	.039

CONCLUSION

Cette étude confirme le potentiel du procédé multi-trophique pour le traitement

durable des eaux usées. Elle montre aussi la possibilité d'optimiser ses performances en termes de production de floes MaB et d'élimination des polluants, grâce à un ajustement des paramètres de fonctionnement, en vue d'une extrapolation à grande échelle.

REFERENCES

- APHA (2017). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (23rd ed.). Washington DC: American Public Health Association.
- Bawiec A. (2018). Efficiency of nitrogen and phosphorus compounds removal in hydroponic wastewater treatment plant. *Environmental Technology*, 1-11.
- Chisti Y. (2007). Biodiesel from microalgae. *Biotechnology Advance*, 25:249–306.
- Lam MK, Lee KT, Mohamed AR. (2012). Current status and challenges on microalgae-based carbon capture. *International Journal of Greenhouse Gas Control*, 10, 456–469.
- Pacheco, M.M., Hoeltz, M., Moraes, M.S., Schneider, R. C. (2015). Microalgae: cultivation techniques and wastewater phycoremediation. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 50, 585-601.
- Rawat, I., Kumar, R.R., Mutanda, T., Bux, F. (2011). Dual role of microalgae: phycoremediation of domestic wastewater and biomass production for sustainable biofuels 579 production. *Applied Energy*, 88, 3411–3424.
- Zhu W, et al. (2019) Expression, purification and crystallization of the complex of RNA polymerase II carboxyl-terminal repeat domain kinase subunits CTK2-CTK3 from *Saccharomyces cerevisiae*. *Protein Expr Purif* 154:112-117