



HAL
open science

Les photo-bioréacteurs à membranes immergées pour la culture de microalgues et l'extraction de leurs composés extracellulaires

Anthony Massé, Rafik Balti, Khadija Samhat, Aleksandra Hajder, Madeleine Charbonnier, Nesrine Gargouch, Delphine Drouin, Helene Marec, Jean-Luc Mouget, Jeremy Pruvost, et al.

► To cite this version:

Anthony Massé, Rafik Balti, Khadija Samhat, Aleksandra Hajder, Madeleine Charbonnier, et al.. Les photo-bioréacteurs à membranes immergées pour la culture de microalgues et l'extraction de leurs composés extracellulaires. CNRIUT 2025 Bayonne - Pays Basque, IUT de Bayonne Pays Basque, Mar 2025, Bayonne, France. <hal-05093372>

HAL Id: hal-05093372

<https://hal.science/hal-05093372v1>

Submitted on 2 Jun 2025

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire HAL, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

Les photo-bioréacteurs à membranes immergées pour la culture de microalgues et l'extraction de leurs composés extracellulaires

Anthony Massé^{1,*}, Rafik Balti², Khadija Samhat¹, Aleksandra Hajder², Madeleine Charbonnier², Nesrine Gargouch¹, Delphine Drouin¹, Hélène Marec¹, Jean-Luc Mouget³, Jeremy Pruvost¹, Elodie Pedron^{1,4}, Réjean Tremblay⁴, Jean-Sébastien Deschênes⁴, Olivier Goncalves¹

¹ GEPEA, CNRS UMR 6144, Nantes Université, Oniris, Saint-Nazaire, France

² Université Paris-Saclay, CentraleSupélec, Laboratoire de Génie des Procédés et Matériaux, Centre Européen de Biotechnologie et de Bioéconomie (CEBB), 3 rue des Rouges Terres 51110 Pomacle, France

³ BiOSSE, Le Mans Université, Le Mans, France

⁴ Institut des sciences de la mer de Rimouski, Université du Québec à Rimouski, Rimouski, Canada

*Anthony Massé (anthony.masse@univ-nantes.fr) : GEPEA Nantes Université, IUT de Saint-Nazaire, Département Génie Chimique – Génie des procédés

Thèmes – Autre : *Génie des procédés*

Résumé – *Les bioréacteurs à membranes sont des technologies relativement éprouvées pour le traitement des eaux, notamment par des bactéries. Cependant, leur utilisation pour de la culture de microalgues et l'extraction in-situ et en continu de composés extracellulaires est moins commune. Deux exemples d'utilisation de photo-bioréacteurs à membranes appliqués aux microalgues sont présentés : un en mode « succion » et l'autre en mode « dialyse ». Dans chacun des cas, les travaux de recherche ont permis de caractériser leur fonctionnement et leurs spécificités, à la fois d'un point de vue Biologique mais également du Génie des Procédés membranaires.*

Mots-Clés – *Photobioréacteur à membranes, Microalgues, Intensification.*

Section(s) CNU pour cet article – 62.

Article présenté à l'oral par un(e) doctorant(e) – NON

1 Introduction

Une membrane de filtration constitue une barrière semi-perméable et donc sélective au passage des composés. Associée à une culture, la membrane de microfiltration ou d'ultrafiltration permet de retenir les microorganismes (levures, bactéries, microalgues) et laisser passer de plus petits composés, notamment ceux sécrétés (extracellulaires) par les cellules vivantes ([1][2][3]). Les membranes peuvent être immergées dans la culture ou placées dans une boucle à l'extérieur du bioréacteur.

Le couplage de membranes de filtration à un photo-bioréacteur utilisé pour la culture de microalgues est relativement novateur, notamment si la membrane y est intégrée (immergée – Figure 1). Ces photo-bioréacteurs à membranes (PBR-M) ont déjà été utilisés pour le traitement d'effluents ([1]) mais très peu en tant que système d'intensification de culture/raffinage de microalgues alors que les productivités en cellules algales et en composés extracellulaires peuvent être supérieures à celles obtenues avec les photo-bioréacteurs classiques. Dans ces systèmes intégrés, les cellules de microalgues mais également les composés extracellulaires extraits peuvent être valorisés. Les PBR-M offrent donc une solution robuste, compacte et intensifiée de culture de microalgues tout en permettant l'extraction simultanée de composés.



Figure 1 : Photobioréacteur à membranes pour la culture de *Haslea ostrearia* (Gargouch *et al.* 2022)

Deux travaux de recherches ont été menés sur les PBR-M appliqués aux microalgues, qui montrent l'intérêt que peut représenter la mise en place de tels systèmes membranaires pour la culture et le raffinage de microalgues.

2 Résultats

Le premier exemple concerne la culture en PBR-M de la diatomée *Haslea ostrearia* ([2],[3]) appartenant à la famille des *Naviculaceae*. La mise en place d'un PBR-M de 1 L (Membrane PVDF; 0,05 μm ; 0,04 m^2) a permis de récupérer, dans le perméat de filtration, la marennine qu'elle sécrète (pigment à haute valeur ajoutée), tout en permettant la croissance de la microalgue à de fortes

concentrations cellulaires ($\sim 561 \times 10^6$ Cellules.L⁻¹ pour le PBR-M contre 210×10^6 Cellules.L⁻¹ pour le PBR classique fonctionnant tous les deux avec un taux de renouvellement du volume de culture, égal à $10\% \cdot \text{j}^{-1}$). Contrairement au PBR classique, le PBR-M a permis de travailler à des taux de renouvellement élevés sans perte (lessivage) de biomasse (Figure 2).

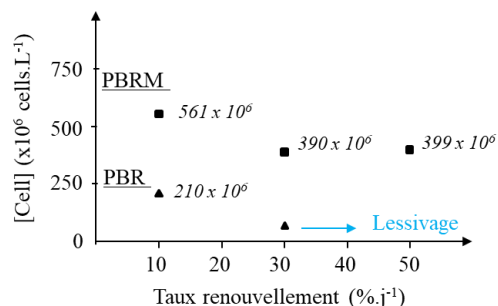


Figure 2 : Influence du taux de renouvellement d'une culture d'*Haslea ostrearia* sur la densité cellulaire

La concentration en marennine extracellulaire dans le PBR-M, ainsi que sa productivité, ont atteint des valeurs plus élevées (36 mg.L^{-1} et $7.20 \text{ mg.L}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$ respectivement) que celles référencées dans la littérature pour des PBR classiques (Figure 3).

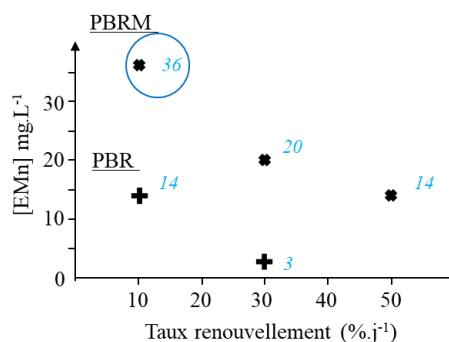


Figure 3 : Influence du taux de renouvellement d'une culture d'*Haslea ostrearia* sur la concentration en Marennine (EMn) extracellulaire

Il a également été démontré que la qualité des extraits riches en marennine, obtenus à partir des perméats, varie suivant l'état physiologique des micro-algues (phase de croissance exponentielle, stationnaire, sénescence), notamment leurs propriétés anti-oxydantes et anti-bactériennes ([4]).

Sur la base de ces premiers résultats, différentes stratégies de conduite du PBR-M pourraient être mises en place :
① Fonctionner à de faibles taux de renouvellement (type $10\% \cdot \text{j}^{-1}$) et récolter, en une seule fois (au bout de 10 jours – Figure 4), une culture très concentrée en biomasse et en marennine ;
② Fonctionner à de forts taux de renouvellement (type $50\% \cdot \text{j}^{-1}$) et privilégier le fait d'obtenir de la marennine en continu mais diluée.

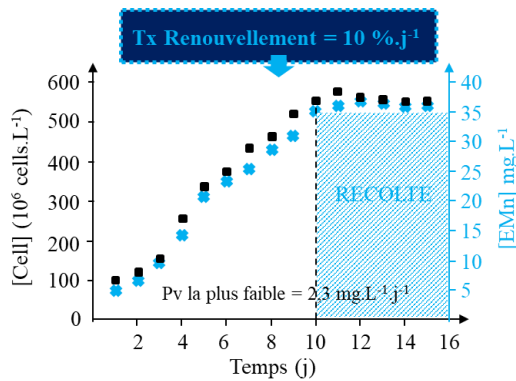


Figure 4 : Stratégie de conduite d'un PBR-M

Un PBR-M a également été utilisé pour la culture sous dialyse d'une *Chlorellacée* et l'extraction de ses composés extracellulaires. Les performances du système équipé de différentes membranes de dialyse (microfiltration) ont été comparées dans des tests de diffusion. La culture a été réalisée en mode discontinu. Les cinétiques de croissance de la biomasse ont été suivies ainsi que celles de consommation/transfert des ions (nitrates, phosphates et sulfates) et des composés extracellulaires. Les résultats ont montré que la membrane ayant les diamètres de pores les plus gros, permettait une meilleure extraction des composés extracellulaires. En revanche, la croissance algale était favorisée avec les membranes de plus petits diamètres de pores (Figure 5) ; des concentrations en matière sèche de l'ordre de 1,1 g.L⁻¹ étaient alors obtenues après 14 jours de culture.

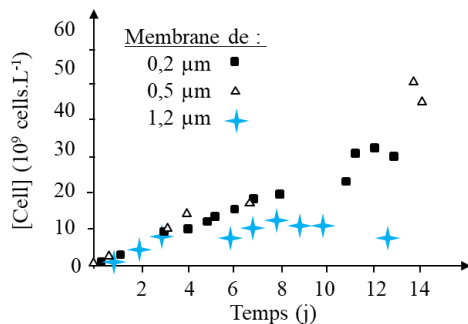


Figure 5 : Croissance algale dans le PBR-M en mode dialyse

La vitesse d'épuisement des nutriments, en particulier des nitrates, a été régulière ; la totalité des nitrates a été consommée après une semaine de culture.

3 Conclusion

Les deux exemples décrits précédemment, d'utilisation de PBR-M pour la culture de microalgues et l'extraction de composés extracellulaires, montrent l'intérêt que peuvent avoir ces systèmes dans l'intensification de la culture et du raffinage de microalgues.

4 Remerciements

Les résultats présentés sont issus de travaux financés par des fonds Européens (Union's Horizon 2020 research and innovation program under grant agreement N° 734708/GHaNA/H2020-MSCA-RISE-2016), de l'Institut France-Québec pour la coopération scientifique en appui au secteur maritime (IFQM), de Nantes Université, de la SATT-Ouest Valorisation [DV3638 – projet VALDEMAR] et du programme de prématuration CNRS PHOTOCOM-BIOEXTRA.

Références

- [1] Massé A., Spérandio M., Cabassud C., *Comparison of sludge characteristics and performances of a submerged membrane bioreactor and an activated sludge process at high solids retention time*, Water Research, 2006, 40 (12), p. 2405-2415
- [2] Gargouch N., Touchard R., Marec H., Mouget J.L., Pruvost J., Masse A., *Submerged membrane photobioreactor for the cultivation of Haslea ostrearia and the continuous extraction of extracellular marennine*, Bioresource Technology, 2022, 350, 126922,
- [3] Pedron E., Gargouch N., Mouget J.-L., Tremblay R., Deschenes J.-S., Massé A., Goncalves O., *Hybrid photobioreactor operation for the intensified production of Haslea ostrearia and marennine in function of strain variability*, Algal Research, 2023, 75, 103285
- [4] Pedron E., Mouget J.-L., Dupertuy M., Mathieu-Denoncourt A., Laroche C., Tremblay R., Deschênes J.-S., Goncalves O., Massé A., *Temporal variation of blue pigment extract production and quality in a fed-batch culture of Haslea ostrearia* (Soumis).