

Caractérisation hydrodynamique d'un photobioréacteur pour la culture de microalgues encapsulées

Klara WECK¹, Sébastien CALVO¹, Angélique DELAFOSSE¹ et Dominique TOYE¹

¹*Département de Chemical Engineering, Université de Liège, Belgique*

klara.weck@uliege.be

RÉSUMÉ

Les défis énergétiques de ces dernières années poussent aujourd'hui les industriels et les scientifiques à caractériser et intensifier les procédés de culture de microalgues. L'extraction des métabolites d'intérêts qui s'accumulent dans les microalgues est difficile et coûteuse énergétiquement, car il faut isoler les microalgues du milieu de culture et ensuite extraire les métabolites qu'elles contiennent. Le présent projet ValoAlgae vise à développer un procédé de culture de microalgues encapsulées pour produire des métabolites excrétés dans le milieu de culture. L'utilisation de métabolites excrétés permet d'éviter l'étape d'extraction. L'encapsulation, quant à elle, facilite l'étape de séparation microalgues/milieu de culture. Elle permet aussi l'utilisation de réacteurs continus et limite les contaminations [1]. Cependant, la faisabilité industrielle de ce type de procédé est difficile à évaluer étant donné le manque d'études à grande échelle sur les microalgues encapsulées.

L'objectif du projet est de développer un photobioréacteur pour la culture à l'échelle pilote (5 litres) et préindustrielle (20 litres) de microalgues encapsulées. Une souche algale de *Chlamydomonas reinhardtii*, modifiée génétiquement pour excréter de la luciférase, est encapsulée dans des billes de 2 à 3 mm constituées d'un matériau transparent. Elles sont cultivées dans un photobioréacteur rectangulaire à lit fluidisé. La suspension des billes est obtenue par l'injection du milieu de culture à travers une fente de 1 mm d'épaisseur en pied de réacteur (Fig. 1). La fluidisation améliore le transfert du CO₂ et le renouvellement des billes à proximité des parois éclairées. Afin d'optimiser la recirculation des billes et obtenir une dispersion homogène de celles-ci dans le réacteur, une paroi interne verticale et un prisme en pied de réacteur ont été ajoutés.

Afin de modéliser l'ensemble des phénomènes physiques intervenant dans le photobioréacteur, un modèle compartimenté est développé sous Matlab. Dans ce modèle, l'hydrodynamique est décrite sur base de résultats de simulations CFD (ANSYS 19.0), qui sont implémentés dans une géométrie également discrétisée, mais constituée d'éléments (compartiments) dont le volume est nettement plus important que les mailles CFD, ce qui diminue considérablement les temps de calcul. La taille et le nombre des compartiments parfaitement mélangés sont optimisés pour conserver une description suffisamment précise des grandeurs liées à l'écoulement [2]. Ce type de modèle permet donc d'intégrer facilement la description de phénomènes physico-chimiques (circulation des billes, transfert du CO₂, atténuation de la lumière) ou biologiques (croissance de la biomasse, production de métabolites). Le modèle compartimenté prendra en compte l'écoulement liquide et le mouvement des billes en suspension. Les modèles de transfert seront ensuite implémentés. Enfin, la dispersion de la lumière au sein du réacteur sera intégrée et couplée aux informations relatives à la fréquence de passage des billes, et donc des microalgues, au sein des zones d'éclairement du réacteur.

Le modèle CFD décrivant l'écoulement monophasique de liquide a été réalisé (Fig. 2) et validé expérimentalement par Vélocimétrie par Image de Particules (PIV). Le régime laminaire chaotique mis en évidence par PIV au sein du réacteur est ici bien décrit par le modèle CFD. Le modèle diphasique, prenant en compte les interactions solide-liquide, a été développé pour prédire le mouvement des microalgues encapsulées à l'intérieur du photobioréacteur. Le modèle Granular Eulerian est utilisé pour modéliser la phase solide. Ce modèle est en cours de validation sur base de mesures de la répartition spatiale de la fraction solide (billes d'alginate). Ces expériences sont menées sur maquette froide et se basent sur une mesure de l'atténuation de la lumière.

MOTS-CLÉS DU THÈME

Hydrodynamique, CFD, Multi-échelles, Compartimentale.

MOTS-CLÉS LIBRES

Photobioréacteur, microalgues, encapsulation, réacteur à lit fluidisé, scale-up.

FIGURES

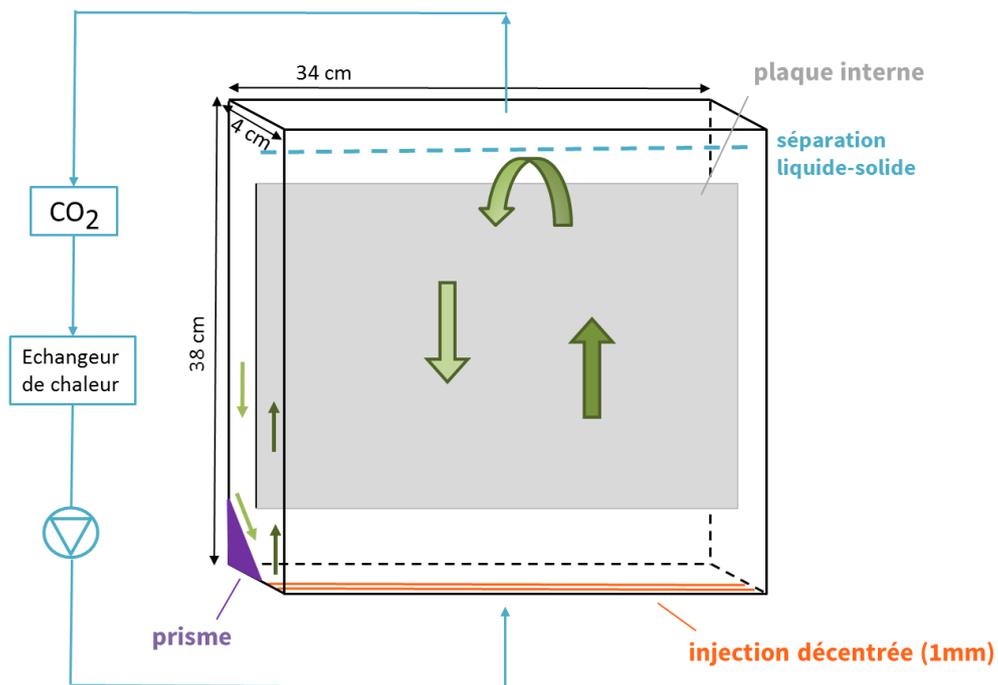


Fig. 1. Fonctionnement du photobioréacteur de 5 litres

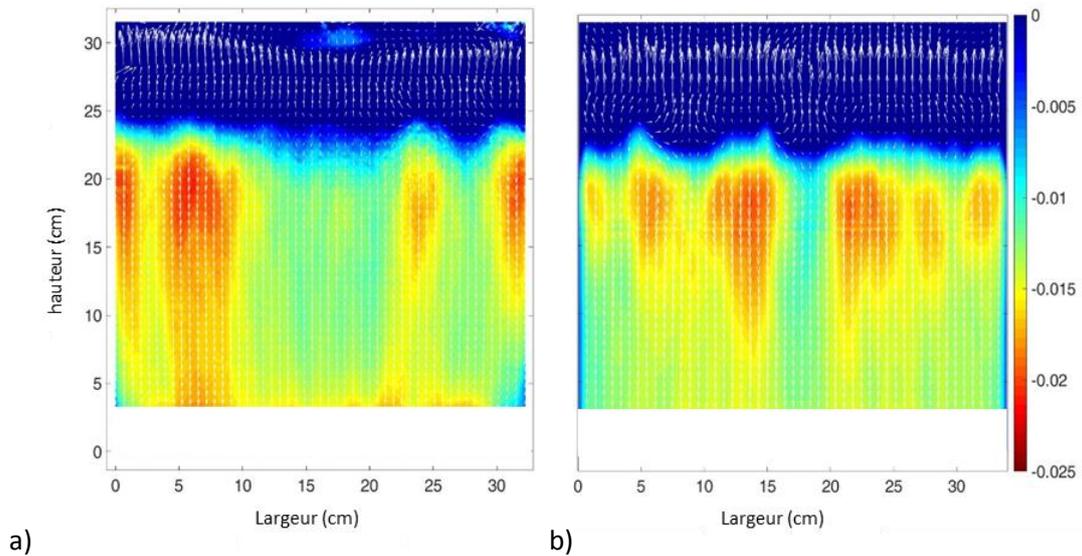


Fig. 2. Comparaison des champs de vitesses axiaux (m/s) en PIV (a) et CFD (b) dans un plan d'écoulement descendant du réacteur. Moyenne de 500 images sur une période de 100 secondes.

RÉFÉRENCES

- [1] Vilchez, C. (1997) Microalgae-mediated chemicals production and wastes removal. *Enzyme and Microbial Technology*, 562-572.
- [2] Delafosse, A. et al (2014) CFD-based compartment model for description of mixing in bioreactors. *Chemical Engineering Science*, 76-85.