

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

Klara WECK ^{1*}, Sébastien CALVO ¹, Angélique DELAFOSSE ¹, Dominique TOYE ¹

¹Département de Chemical Engineering, Université de Liège, Belgique

* (auteur correspondant : klara.weck@uliege.be)

Mots-clés: *Photobioréacteur, encapsulation, scale-up, CFD*

Le présent projet ValoAlgue vise à développer un procédé de culture de microalgues encapsulées pour produire des métabolites à haute valeur ajoutée. L'utilisation de métabolites excrétés dans le milieu de culture permet d'éviter une 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. 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 2,8 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 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. 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.

Un 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.

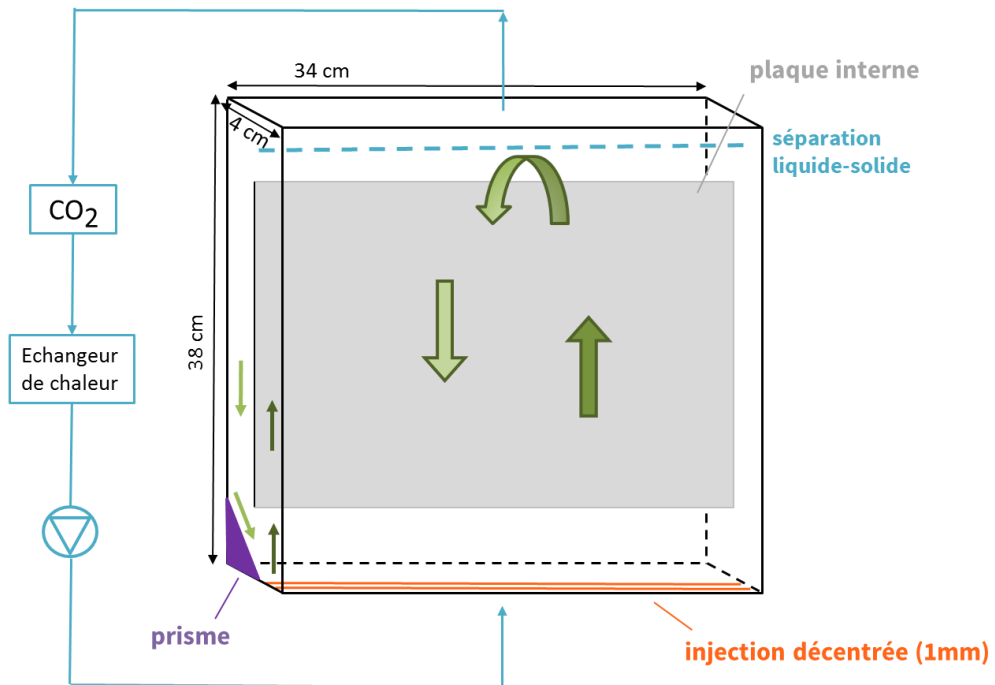


Figure 1: Fonctionnement du photobioréacteur de 5 litres

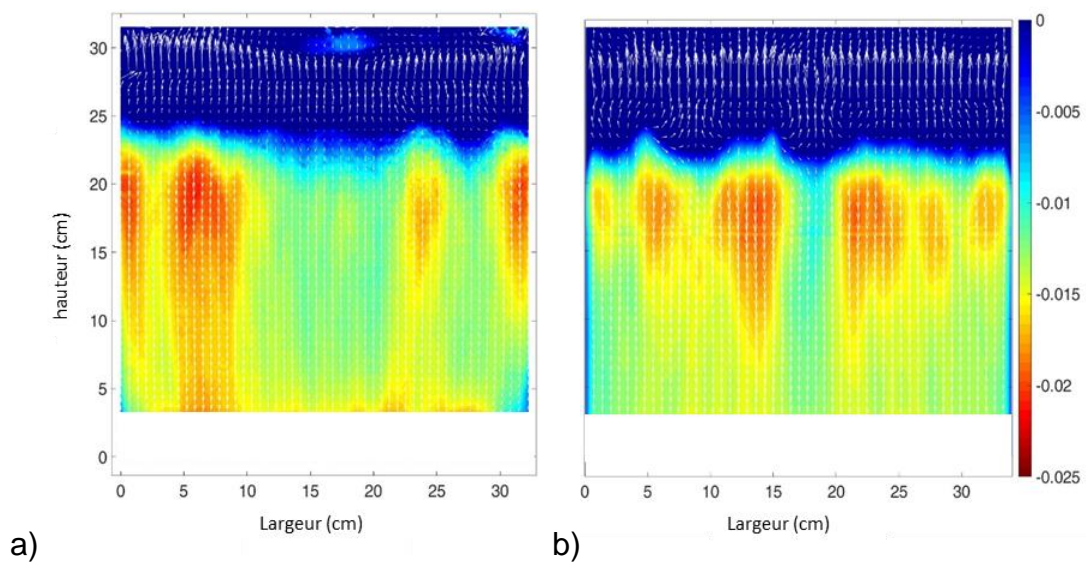


Figure 2: Comparaison des champs de vitesses axiaux (m/s) en PIV (a) et CFD (b) dans un plan d'écoulement descendant du réacteur. Moyenne de 500 images sur une période de 100 secondes.