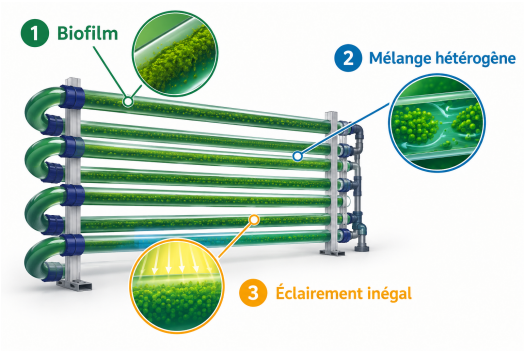
Intensification des photobioréacteurs tubulaires pour la culture de microalgues : étude hydrodynamique et rhéologique d'une nouvelle architecture

Contexte : Face à l'urgence de la transition écologique et énergétique, la bioconversion du CO_2 par des microorganismes photosynthétiques permet de produire des composés biosourcés (protéines, pigments, lipides) en substitution de ressources fossiles ou agricoles conventionnelles. Aujourd'hui, cette valorisation se concentre sur des marchés à forte valeur ajoutée (alimentation, cosmétique, santé). Le bénéfice environnemental de la filière dépend toutefois de la sobriété énergétique des photobioréacteurs (PBR), dont la productivité est limitée par la lumière.



Réduire l'épaisseur de la culture augmente la surface éclairée et permet de travailler à haute concentration cellulaire. Cependant, l'augmentation de la concentration en biomasse modifie les propriétés rhéologiques du milieu et peut dégrader le mélange, homogénéité de l'éclairement et transferts gazeux. La formation de biofilm sur les parois constitue une difficulté supplémentaire, en réduisant la lumière disponible et en perturbant le fonctionnement du réacteur. Le verrou est donc d'améliorer le mélange et le renouvellement de l'exposition lumineuse, tout en limitant la consommation énergétique et les contraintes de cisaillement imposées aux cellules. L'advection chaotique, fondée sur l'étirement et le repliement répétés du fluide, constitue une piste prometteuse pour intensifier le mélange en régime laminaire. Son application à une nouvelle architecture de photobioréacteur tubulaire pourrait également contribuer à limiter la formation de biofilm. Ce projet, mené en lien avec la société Green Fusyon, spécialisée dans la culture de Chlorella en photobioréacteur fermé, vise à étudier la faisabilité de cette approche.

Objectifs : Étudier l'architecture innovante de photobioréacteur tubulaire en circuit fermé fondée sur l'advection chaotique, afin de :

1. évaluer son potentiel pour améliorer le mélange et homogénéiser l'exposition lumineuse des cellules à forte concentration.
2. examiner son intérêt pour limiter la formation de biofilm et réduire l'énergie de mélange tout en maîtrisant le cisaillement.
3. caractériser la rhéologie de cultures de microalgues à différentes concentrations et, si possible, à différents stades de croissance.
4. développer des fluides modèles analogues reproduisant les propriétés rhéologiques pertinentes des cultures, en vue d'études hydrodynamiques ultérieures.

Profil recherché : Le stage s'adresse à un(e) étudiant(e) de Master ou d'école d'ingénieur, motivé(e) par la recherche scientifique. Une solide formation en physique, mécanique des fluides, rhéologie et/ou génie des procédés est attendue, ainsi que l'envie de s'investir dans un projet allant de la recherche fondamentale à l'application. Le ou la candidat(e) doit avoir de bonnes capacités d'analyse, d'organisation et de communication, ainsi qu'une bonne maîtrise de l'anglais. Un goût marqué et une réelle aptitude pour le travail expérimental sont indispensables.

Informations pratiques

- **Lieu du stage :** Le stage se déroulera à Douai, au sein du laboratoire Complex Fluid Flow du CERI EE à IMT Nord Europe, en collaboration avec GREEN Fusyon Co
- **Durée et date de début :** 6 mois, à partir de février 2027, selon les disponibilités du candidat.
- **Procédure de candidature :** Envoyer un CV détaillé et les relevés de notes les plus récents à l'adresse suivante : amir.bahrani@imt-nord-europe.fr
- **Poursuite en doctorat :** Une poursuite en doctorat est envisagée, avec des possibilités de financement à explorer selon le profil du candidat.