



2016

# Journées Nationales sur l'Énergie Solaire

28 au 30 juin 2016 Campus université Perpignan

## APPORTS DE L'ENVIRONNEMENT EDSTAR ET DE LA FORMULATION INTEGRALE DANS LA CONCEPTION OPTIMALE DE PHOTOBIORÉACTEURS À DILUTION DU RAYONNEMENT

Jérémi DAUCHET <sup>a,c</sup>, Vincent EYMET <sup>d</sup>, Fabrice GROS <sup>a,c</sup>, Vincent ROCHATTE <sup>b,c</sup>, Matthieu ROUDET <sup>a,c</sup>, Jean-François CORNET <sup>a,b</sup>

<sup>a</sup> Université Clermont Auvergne, SIGMA Clermont, Institut Pascal, BP 10448, F-63000 Clermont-Ferrand

<sup>b</sup> Université Clermont Auvergne, Université Blaise Pascal, Institut Pascal, BP 10448, F-63000 Clermont-Ferrand

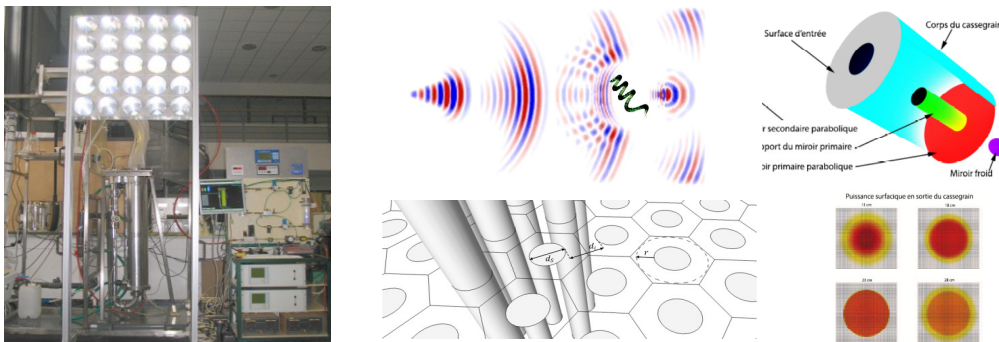
<sup>c</sup> CNRS, UMR 6602, Institut Pascal, F-63178 Aubière

<sup>d</sup> Meso-Star SAS, 8 rue des pêcheurs, 31410 Longages, France

Contact e-mail : jeremi.dauchet@sigma-clermont.fr

### RÉSUMÉ

La conversion de l'énergie solaire en biomasse microalgale, qui pourrait constituer à terme une ressource renouvelable en remplacement du pétrole par bioraffinage (biocarburants, molécules plateforme, bioplastiques, biomatériaux, protéines, molécules à valeur ajoutée...), requiert la mise au point de photo-procédés à haute efficacité énergétique pour minimiser les surfaces mobilisées, en concurrence avec d'autres technologies solaires produisant de l'électricité essentiellement. L'efficacité de la photosynthèse, optimisée par la nature à travers une longue évolution étant une donnée intangible, les gains de performances ne pourront donc être obtenus que par l'ingénierie. Une approche novatrice consiste pour cela à développer des modèles de connaissance, par nature multi-échelles, qui sont les seuls capables d'atteindre une généralité et un caractère suffisamment prédictif pour être utilisés en conception optimale de procédés et en commande avancée par modèle. Ce travail, mené depuis 20 ans à l'Institut Pascal, a permis de faire naître le concept de photobioréacteur à dilution contrôlée du flux lumineux en volume (DiCoFluV) dont un premier démonstrateur de 30 L a été réalisé (Figure 1). Le design est issu d'un modèle prédictif incluant la description des différentes étapes contrôlant le procédé (propriétés optiques et radiatives aux échelles micro, résolution du transport de photons aux échelles méso, vitesses de réaction aux échelles macro et finalement performances volumique, surfacique et énergétique à l'échelle du réacteur, voir Figure 1).



*Figure 1 : Photo du démonstrateur à dilution du rayonnement (Institut Pascal, 30 L) avec captation solaire par 25 lentilles de Fresnel et exemples de géométries complexes multi-échelles (du micromètre au mètre) impliquées dans la modélisation des photobioréacteurs hybrides à dilution. La formulation intégrale du modèle est résolue par la méthode de Monte Carlo dans l'environnement EDStar.*

Nous présenterons comment les avancées récentes de l'ingénierie informatique permettent de résoudre les modèles de photo-procédés quelle que soit la complexité géométrique rencontrée à chaque échelle décrite. Nous illustrerons la construction d'algorithmes de Monte Carlo basés sur la formulation intégrale du modèle et leur implémentation dans l'environnement EDStar qui assure l'orthogonalité des données géométriques et des algorithmes. Nous nous appuierons sur une application à laquelle nous travaillons aujourd'hui : le développement de procédés hybrides qui fourniront l'énergie des utilisations par la conversion de la part infrarouge du spectre solaire. Cette étude nécessite la description de nouvelles échelles (et leur complexité géométrique) lors des étapes de captation, concentration, séparation spectrale et dilution du rayonnement solaire (Figure 1). De tels procédés hybrides pourraient un jour produire de la biomasse microalgale avec une efficacité globale atteignant 20%, soit dix fois plus que ce que l'on obtient au mieux aujourd'hui avec une captation directe.

**Mots Clés :** Transfert de rayonnement – Photobioréacteurs – Modèle de connaissance prédictif – Monte Carlo – EDStar.