

# Modélisation, analyse et contrôle pour les microalgues en photobioréacteur

Walid Djema, Équipes Biocore & McTao, Inria Sophia Antipolis Méditerranée

Olivier Bernard, Équipe Biocore, Inria Sophia Antipolis Méditerranée

Laëtitia Girdali, Équipe McTao, Inria Sophia Antipolis Méditerranée

**Mots-clés :** Modélisation et contrôle des bioprocédés, Microalgues, Photobioréacteurs, Contrôle optimal, Pontryagin.

La modélisation et l'analyse des bioprocédés servent à contrôler les photobioréacteurs et à optimiser certains critères comme la sélection de microalgues ayant de bonnes propriétés (par exemple riches en lipides, à forte croissance, résistantes aux organismes parasites, adaptées à la cultivation locale, etc.). Dans cet exposé, nous abordons quelques thématiques relatives à la modélisation et au contrôle des photobioréacteurs et des microalgues. Nous utilisons des EDOs non-linéaires (modèles de Droop) pour décrire l'évolution, la croissance et la coexistence entre microalgues dans un photobioréacteur. Les objectifs d'optimisation sont formulés dans le cadre d'un problème de contrôle optimal, où la cible est de faire émerger une espèce particulière sur un horizon de temps fini, les variables de contrôle étant le taux de dilution ([1, 2]) et l'intensité lumineuse ([3]) du photobioréacteur. À l'aide du principe de Pontryagin, et par l'analyse des propriétés du problème d'optimisation, nous parvenons à élaborer la stratégie de contrôle qui sépare deux espèces de microalgues en un temps minimal. De plus, la technique de contrôle est validée par des outils d'optimisation numérique, basés sur des méthodes directes (Bocop). Nos résultats montrent que le modèle de Droop, associé aux problèmes de contrôle optimal qui nous intéressent, exhibe une dynamique riche, avec notamment des stratégies associant à la fois des *bangs* et arcs singuliers. Notre analyse révèle également l'existence d'autres comportements notables, de type *turnpike*, qui caractérisent les trajectoires optimales. Plusieurs illustrations numériques seront présentées au cours de cet exposé.

## Références

- [1] DJEMA, W., GIRALDI, L., BERNARD, O., *An Optimal Control Strategy Separating Two Species of Microalgae in Photobioreactors*, (to appear) IFAC Dycops Conference, (2019).
- [2] DJEMA, W., BERNARD, O., GIRALDI, L., *Optimal Separation of Microalgae in Photobioreactors*, (in preparation, preprint), (2019).
- [3] DJEMA, W., BERNARD, O., GIRALDI, L., *Modeling and Optimization of Microalgae in Photobioreactors: Optimal selection of Strains through the Regulation of Light Irradiance*, (in preparation, preprint submitted to CDC), (2019).

Walid Djema, Chercheur-postdoctoral au sein des équipes Biocore et McTao, Inria Sophia Antipolis Méditerranée, Université Côte d'Azur (UCA).

[walid.djema@inria.fr](mailto:walid.djema@inria.fr)