

THESE DE DOCTORAT

NANTES UNIVERSITE

ECOLE DOCTORALE N° 602

Sciences de l'Ingénierie et des Systèmes

Spécialité : Génie des Procédés et Bioprocédés

Par

Wiviane WIESER

Suivi en ligne de la production algale dans un photobioréacteur par méthodes spectrales

Thèse présentée et soutenue à La Roche-sur-Yon, le 05 avril 2024

Unité de recherche : UMR CNRS 6144 GEPEA

Rapporteurs avant soutenance :

Jean-Philippe STEYER

Professeur, INRAE Narbonne

Cécile LEVASSEUR

Maître de conférences, HDR, INPT PURPAN

Composition du Jury :

Président :	Prénom Nom	Fonction et établissement d'exercice (8)(à préciser après la soutenance)
Examineurs :	Filipa LOPES	Professeur, Centrale Supélec
	Aurore ZALOUK-VERGNOUX	Professeur, Nantes Université
Dir. de thèse :	Gérald THOUAND	Professeur, Nantes Université
Co-enc. de thèse :	Antony Ali ASSAF	Maître de conférences, Nantes Université

Invité

Docteur-Ingénieur représentant de la société Tronico Alcen

Titre : Suivi en ligne de la production algale dans un photobioréacteur par méthodes spectrales

Mots clés : Spectroscopie Raman ; microalgues ; échelle pilote ; suivi en ligne

Résumé : Les microalgues sont une source importante de biocomposants offrant de nombreux avantages économiques et environnementaux. Actuellement, le contrôle de la production de microalgues repose principalement sur l'utilisation de différents capteurs et méthodes analytiques, qui, bien que très puissants, sont limités à des utilisateurs qualifiés. La spectroscopie Raman pourrait être un outil prometteur pour optimiser le suivi en ligne de la bioproduction de microalgues. Cependant, aucune étude n'a été trouvée concernant l'adaptation de la spectroscopie Raman à l'environnement industriel. Cette étude vise à développer une approche de mesure prometteuse basée sur la spectroscopie Raman afin de suivre la production de microalgues dans des conditions industrielles. À cette fin, un prototype basé sur la spectroscopie Raman en approche *in situ*, doté d'une station d'échantillonnage, a été

développé et optimisé jusqu'à la construction d'un prototype automatisé avec une interface de contrôle. Cette approche a été évaluée sur *Parachlorella kessleri* dans différentes conditions de culture, tant en laboratoire qu'à l'échelle pilote, jusqu'à un bassin de type *Raceway*, reproduisant des conditions proches de la réalité. Les spectres obtenus, analysés à l'aide de méthodes statistiques, reflètent l'état physiologique des cellules et démontrent la capacité de l'approche développée à suivre la physiologie des cellules d'algues et les molécules intracellulaires d'intérêt dans un environnement de production complexe.

Title: Online monitoring of algal production in a photobioreactor using spectral methods

Keywords: Raman spectroscopy; microalgae; pilot scale; online monitoring

Abstract: Microalgae are a significant source of biocomponents, providing numerous economic and environmental benefits. Currently, the control of microalgae production largely depends on the use of various sensors and analytical methods. While these are highly effective, their usage is limited to skilled users. Raman spectroscopy could be a promising tool for optimizing online monitoring of microalgae bioproduction. However, no studies have been found regarding adapting Raman spectroscopy to the industrial environment. This study aims to develop a promising measurement approach based on Raman spectroscopy to monitor microalgae production under industrial conditions. To this end, an in-situ approach Raman spectroscopy prototype, equipped with a sampling station, was developed and optimized

up to the construction of an automated prototype with a control interface. This approach was assessed on *Parachlorella kessleri* under various cultivation conditions, both in the lab and at pilot scale, up to a *Raceway*-type Pond, simulating conditions close to reality. The obtained spectra, analyzed using statistical methods, reflect the physiological state of the cells and demonstrate the ability of the developed approach to track the physiology of algal cells and intracellular molecules of interest in a complex production environment.