

THESE DE DOCTORAT DE

NANTES UNIVERSITÉ

ECOLE DOCTORALE N° 642

Ecole doctorale Végétal, Animal, Aliment, Mer, Environnement

Spécialité : Biologie et écologie marine

Par

Nadeeshani DEHEL GAMAGE

Microbiome engineering in microalgal biofilms for enhanced eco-physiology and lipid production: A case study of *Amphora* sp.

Thèse présentée et soutenue à Nantes, le 12 décembre 2025

Unité de recherche : ISOMer - UR 2160

Rapporteurs avant soutenance :

Olivier Pringault
Philippe Soudant

Directeur du Département Océans, Climat et Ressources
Directeur de Recherche CNRS

Composition du Jury :

Examineurs : Cédric Hubas
Examineurs : Koen Sabbe

Professeur, Muséum National d'Histoire Naturelle
Professeur, Ghent Université

Dir. de thèse : Vona Méléder
Co-dir. de thèse : Gaëtane Wielgosz-Collin
Co-dir. de thèse : Aurélie Mossion

Professeure, Nantes Université et Institut universitaire de France
Professeure, Nantes Université
MCU, Nantes Université

Invité(s)

Co-encadrante Thierry Lebeau

Professeur, Nantes Université

Titre : Ingénierie du microbiome dans les biofilms microalgaux pour améliorer l'écophysiologie et la production de lipides: étude de cas d'*Amphora* sp.

Mots clés : Bactéries, biofilms microalgaux, biomasse, Diatomées benthiques, lipides, photobioréacteur à substrat poreux (PSBR)

Résumé : L'ingénierie du microbiome dans les biofilms microalgaux reste largement négligée en biotechnologie microalgale par rapport aux cultures en suspension. Pour combler cette lacune, la diatomée benthique marine oléagineuse, productrice de biofilm naturel, *Amphora* sp., a été étudiée en co-culture avec deux bactéries associées à la phycosphère, *Nitratireductor* sp. et *Sulfitobacter* sp., dans un photobioréacteur à biofilm sur substrat poreux (PSBR) à l'échelle de laboratoire, suivi d'une étude des interactions métaboliques. De plus, la succession bactérienne chez *Amphora* sp. non axénique, au cours de sa phase exponentielle dans le PSBR, a été examinée afin d'identifier les membres du microbiome susceptibles de soutenir la stabilité et la productivité globales du biofilm.

Les résultats ont montré que, dans les premiers jours de la culture en PSBR, *Amphora* sp. présentait un rendement lipidique plus élevé en co-culture avec *Sulfitobacter* sp. ($1,51 \pm 0,31 \text{ g. m}^{-2}$; $67,03 \pm 17,80 \%$ DW, jour 3), tandis que la co-culture *Amphora*–*Nitratireductor* produisait la biomasse de surface la plus élevée ($2,54 \pm 0,39 \text{ g. m}^{-2}$ au jour 3; $7,27 \pm 1,31 \text{ g. m}^{-2}$ au jour 6). Le biofilm d'*Amphora* sp. était principalement composé des genres bactériens *Marivita*, *Polaribacter*, *Sulfitobacter* et *Rhodopirellula*, dont la dynamique a entraîné des changements significatifs dans la composition de la communauté au cours de la phase exponentielle. Cette recherche met en évidence que l'ingénierie du microbiome dans les biofilms microalgaux pourrait offrir une approche écologiquement durable pour des applications biotechnologiques basées sur les lipides.

Title : Microbiome engineering in microalgal biofilms for enhanced eco-physiology and lipid production :
A case study of *Amphora* sp.

Keywords : Bacteria, Benthic diatoms, biomass, microalgal biofilms, lipids, porous substrate photobioreactor (PSBR)

Abstract : Microbiome engineering in microalgal biofilms remains largely overlooked in microalgal biotechnology compared with suspension cultures. To address this knowledge gap, the natural biofilm-forming oleaginous marine benthic diatom, *Amphora* sp. was studied by co-cultivating with two phycosphere-associated bacteria, *Nitratireductor* sp. and *Sulfitobacter* sp., in a laboratory-scale porous substrate biofilm photobioreactor (PSBR) followed by a study of metabolite interactions. Additionally, bacterial succession in non-axenic *Amphora* sp. during its exponential phase in the PSBR was examined to identify microbiome members that may support overall biofilm stability and productivity.

Results showed that in the early days of PSBR cultivation, *Amphora* sp. achieved higher lipid yield in co-culture with *Sulfitobacter* sp. ($1.51 \pm 0.31 \text{ g. m}^{-2}$; $67.03 \pm 17.80\%$ DW, day 3), while the *Amphora*–*Nitratireductor* co-culture produced the highest surface biomass ($2.54 \pm 0.39 \text{ g. m}^{-2}$ on day 3, $7.27 \pm 1.31 \text{ g. m}^{-2}$ on day 6). The *Amphora* sp. biofilm was mainly composed of the bacterial genera *Marivita*, *Polaribacter*, *Sulfitobacter*, and *Rhodopirellula*, whose dynamics drove significant changes in community composition during the exponential phase. This research highlights that microbiome engineering in microalgal biofilms could provide an environmentally sustainable approach for lipid-based biotechnological applications.