

**APPEL A PROJETS DE THÈSE 2026
CONCOURS DE L'ED 658 – Sciences du vivant**

Formulaire à compléter et déposer par les porteurs du projet de thèse HDR via l'adresse mail suivante :
ed658@univ-amu.fr OU/ET romane.haddadi@univ-amu.fr

MERCI DE METTRE EN SUJET DU MAIL : Concours ED 658 2026 porteur de projet

Ces dossiers seront publiés pour que les candidats postulent.

au plus tard le 3 mars 2026.

INTITULÉ DU PROJET

Unraveling the Biological Roles of Hydrocarbon Biosynthesis Pathways in Green Microalgae : Comparative Functional Analysis of the FAP and CER1/3 Systems

1- Directrice ou directeur de thèse HDR

NOM	BEISSON	Prénom	Frédéric
Téléphone portable	06 13 96 91 40	Courriel	frederic.beisson@cea.fr

Unité de recherche (UR) de rattachement

Code (acronyme et n°) de l'UR à AMU :	BIAM, UMR 7265
Nom de l'UR :	Institut de Biosciences et Biotechnologies d'Aix-Marseille

Directrice ou directeur de l'UR

Nom	PIGNOL	Prénom	David
-----	--------	--------	-------

2- Codirectrice ou codirecteur de thèse, le cas échéant

NOM		Prénom	
Téléphone portable		Courriel	

Unité de recherche (UR) de rattachement

Code (acronyme et n°) de l'UR à AMU :	
Nom de l'UR :	

Directrice ou directeur de l'UR

Nom		Prénom	
-----	--	--------	--

SPECIALITE : (Rayer les mentions inutiles)

Bio-informatique et Génomique / Biochimie Structurale / ~~Biologie du Cancer~~ / ~~Biologie du Développement~~ /
Biologie Végétale / ~~Biotechnologie~~ / ~~Immunologie~~ / Microbiologie et interactions hôte pathogènes /
~~Neurosciences~~

SOUS JURY POUR LE CONCOURS : (Rayer les mentions inutiles)

JURY 1 : ~~BIOLOGIE CELLULAIRE~~
JURY 2 : MICROBIOLOGIE – GENOMIQUE
JURY 3 : ~~NEUROSCIENCES~~

APPEL A PROJETS DE THÈSE 2026 CONCOURS DE L'ED 658 – Sciences du vivant

Description de la problématique de recherche - Project description

Chez les algues vertes, des hydrocarbures (alcane, alcènes) dont la fonction est inconnue sont formés dans les membranes à partir d'acides gras par deux systèmes enzymatiques qui semblent s'exclure mutuellement. Dans la plupart des espèces, il existe une photoenzyme soluble localisée dans les chloroplastes, appelée acide gras photodécarboxylase (FAP), tandis que quelques espèces possèdent une enzyme membranaire intégrale de type plante, appelée CER1/3, vraisemblablement localisée dans le réticulum endoplasmique. Les rôles des hydrocarbures dans les membranes des algues restent inconnus.

L'objectif général de ce projet de doctorat est de mieux comprendre l'évolution et les rôles biologiques des deux voies de biosynthèse des hydrocarbures chez les microalgues vertes. Les approches s'appuieront à la fois sur des méthodes *in silico* (arbres phylogénétiques, profilage phylogénétique, modélisation structurale, docking...) et expérimentales (transcriptomique, knock-out par insertion ou CRISPR, double hybride chez la levure, lipidomique, etc.). Les deux espèces modèles utilisées pour les approches expérimentales seront *Chlamydomonas reinhardtii* pour le système FAP et *Ostreococcus tauri* pour le système CER1/3. Le profilage phylogénétique et autres études *in silico* seront basées sur la centaine de génomes d'algues vertes qui sont publics.

In green algae, hydrocarbons (alkanes, alkenes) of unknown function are formed in membranes from fatty acids by two enzymatic systems that appear to be mutually exclusive. In most green algae, there is a soluble chloroplast-localized photoenzyme named fatty acid photodecarboxylase (FAP) while a few algal species possess a plant-like integral membrane enzyme called CER1/3 putatively localized in the endoplasmic reticulum. The roles of hydrocarbons in algal membranes remain elusive.

The overarching goal of this PhD project is to gain insights into the evolution and the current biological roles of the two hydrocarbon biosynthesis pathways in green microalgae. Approaches will rely on both *in silico* approaches (phylogenetic trees, phylogenetic profiling, structural modeling, docking...) and experimental ones (transcriptomics, insertional or CRISPR-based knockouts, yeast two hybrid, lipidomics, etc.). The two model species used for experimental approaches will be *Chlamydomonas reinhardtii* for the FAP system and *Ostreococcus tauri* for the CER1/3 system. The phylogenetic profiling and other *in silico* studies will be based on the hundred or so green algae genomes that are publicly available.

Mots clés – Keywords

Membranes, Enzymes, Hydrocarbures, Algues, Evolution, Profilage phylogénétique, Modélisation structurale

Membranes, Enzymes, Hydrocarbons, Algae, Evolution, Phylogenetic profiling, Structural Modeling

APPEL A PROJETS DE THÈSE 2026 CONCOURS DE L'ED 658 – Sciences du vivant

Thématique / Domaine / Contexte - Theme / Field / Context

Evolution des voies métaboliques / Biochimie

Les microalgues vertes synthétisent une grande variété d'hydrocarbures (alcanes et alcènes) dont les fonctions biologiques restent énigmatiques. Ces hydrocarbures sont dérivés d'acides gras à longue chaîne (C16-C18) ou à très longue chaîne (>C20) via deux systèmes enzymatiques distincts, apparemment mutuellement exclusifs :

- L'acide gras photodécarboxylase (FAP) : une enzyme soluble, localisée dans les chloroplastes et dépendante de la lumière (photoenzyme) présente dans la plupart des algues vertes, qui convertit directement les acides gras en alcanes/alcènes lorsqu'elle est exposée à la lumière bleue ou UV (Sorigué et al. Plant Physiology 2016, Sorigué et al. Science 2017). La spécificité du substrat in vitro, le mécanisme de réaction et l'utilisation biotechnologique de la FAP ont été bien étudiés par le laboratoire hôte (Moulin et al. Scientific Reports 2019, Sorigué et al. Science 2021, Aselmeyer et al. Biochemistry 2021, Samire et al. Science Advances 2023, Baca-Porcel et al. Biofuel Research Journal 2025). Il a également été démontré que la FAP est une enzyme interfaciale et qu'elle est donc capable de se lier aux membranes (Aselmeyer et al. Biochemistry 2021). Dans la microalgue modèle *Chlamydomonas reinhardtii*, il a été démontré que la plupart des hydrocarbures se trouvent dans la fraction thylakoïde. Dans un mutant knock-out pour la FAP (ne présentant aucun hydrocarbure), il a été observé que l'activité photosynthétique est réduite sous l'effet du stress froid et d'une lumière variable, mais le rôle exact des hydrocarbures produits par la FAP reste incertain (Moulin et al. Plant Physiology 2021).

- CER1/3 : protéine membranaire intégrale, vraisemblablement localisée dans le réticulum endoplasmique (RE), homologue de l'enzyme de biosynthèse des alcanes cuticulaires des plantes, et présente dans seulement quelques espèces d'algues. L'activité de formation d'hydrocarbures de la protéine CER1/3 provenant de quelques algues, dont la picoalgue *Ostreococcus tauri*, a été caractérisée par expression hétérologue dans la levure et un mutant knock-out basé sur CRISPR dépourvu d'hydrocarbures a été obtenu par le laboratoire hôte (Baca-Porcel et al. 2025 Prépublication). Le rôle physiologique des hydrocarbures produits par CER1/3 reste inconnu.

La coexistence de ces deux systèmes dans la lignée verte, leur exclusivité mutuelle et les rôles physiologiques peu ou pas connus des hydrocarbures qui en résultent constituent une énigme évolutive et fonctionnelle intéressante.

Evolution of metabolic pathways / Biochemistry

Green microalgae synthesize a diverse array of hydrocarbons (alkanes and alkenes), whose biological functions remain enigmatic. These hydrocarbons are derived from long-chain (C16-C18) or very-long-chain (>C20) fatty acids via two distinct, apparently mutually exclusive enzymatic systems:

-Fatty Acid Photodecarboxylase (FAP): A soluble, chloroplast-localized light-dependent enzyme (photoenzyme) found in most green algae, which directly converts fatty acids into alkanes/alkenes upon blue or UV light exposure. (Sorigué et al. Plant Physiology 2016, Sorigué et al. Science 2017). The in vitro substrate specificity, reaction mechanism and biotechnological use of FAP have been well studied by the host laboratory (Moulin et al. Scientific Reports 2019, Sorigué et al. Science 2021, Aselmeyer et al. Biochemistry 2021, Samire et al. Science Advances 2023, Baca-Porcel et al. Biofuel Research Journal 2025). FAP has also been shown to be an interfacial enzyme and is thus able to bind membranes (Aselmeyer et al. Biochemistry 2021). In the model microalgae *Chlamydomonas reinhardtii*, most of the hydrocarbons have been shown to be located in the thylakoid fraction. In a KO mutant for FAP (showing no hydrocarbons), it was observed that the photosynthetic activity is reduced under cold stress and varying light but the exact role of the hydrocarbons produced by FAP remains unclear (Moulin et al. Plant Physiology 2021).

-CER1/3: An integral membrane protein, putatively localized in the endoplasmic reticulum (ER), homologous to the plant biosynthesis enzyme of cuticular alkanes, and present in only a few algal species. The hydrocarbon-

**APPEL A PROJETS DE THÈSE 2026
CONCOURS DE L'ED 658 – Sciences du vivant**

forming activity of the CER1/3 protein from a few algae, including the picoalga *Ostreococcus tauri*, has been characterized by heterologous expression in yeast and a CRISPR-based knock-out mutant devoid of hydrocarbons has been reported by the host laboratory (Baca-Porcel et al. Preprint). The physiological role of the hydrocarbons produced by CER1/3 remains unknown.

The coexistence of these two systems in the green lineage, their mutual exclusivity, and the elusive physiological roles of the resulting hydrocarbons present an interesting evolutionary and functional puzzle.

Objectifs

L'objectif général de ce projet de doctorat est de mieux comprendre chez les microalgues vertes (Chlorophytes) les rôles biologiques des deux voies de biosynthèse des hydrocarbures ainsi que leur l'importance évolutive et/ou écologique.

The overarching goal of this PhD project is to gain insights into the biological roles of the two hydrocarbon biosynthesis pathways as well as their evolutionary and/or ecological significance in green microalgae (Chlorophytes).

Méthodes – Methods

Phylogénie moléculaire, profilage phylogénétique, modélisation structurale, levure double hybride, expression hétérologue, biochimie des protéines et des lipides, physiologie, etc.

Molecular phylogenetics, phylogenetic profiling, structural modeling, yeast two-hybrid, heterologous expression, protein and lipid biochemistry, physiology, etc.

APPEL A PROJETS DE THÈSE 2026 CONCOURS DE L'ED 658 – Sciences du vivant

Références bibliographiques

Aselmeyer C, Légeret B, Bénarouche A, Sorigué D, Parsiegla G, Beisson F, Carrière F. Fatty Acid Photodecarboxylase Is an Interfacial Enzyme That Binds to Lipid-Water Interfaces to Access Its Insoluble Substrate. *Biochemistry* 2021 Oct 26;60(42):3200-3212. doi: 10.1021/acs.biochem.1c00317.

Baca-Porcel A, Légeret B, Auroy-Tarrago P, Veillet F, Giacalone C, Cuiné S, Samire PP, Moulin SLY, Li-Beisson Y, Beisson F, Sorigué D (2024) Microbial photoproduction of *n*-heptane. *Biofuel Research Journal* 12: 2470-2486. doi: 10.18331/BRJ2025.12.3.3

Baca-Porcel, A, Légeret, B, Cabanel, M, Le-Cossec, M, Sorigue, D, Li-Beisson, Y, Veillet, F, Beisson, F. Algal homologs of the plant cer1 and cer3 proteins are functional hydrocarbon-forming enzymes. *Bioarchives* doi: <https://doi.org/10.1101/2025.10.28.685152>

Moulin SLY, Beyly-Adriano A, Cuiné S, Blangy S, Légeret B, Floriani M, Burlacot A, Sorigué D, Samire PP, Li-Beisson Y, Peltier G, Beisson F. Fatty acid photodecarboxylase is an ancient photoenzyme that forms hydrocarbons in the thylakoids of algae. *Plant Physiology* 2021 Jul 6;186(3):1455-1472. doi: 10.1093/plphys/kiab168.

Moulin S, Légeret B, Blangy S, Sorigué D, Burlacot A, Auroy P, Li-Beisson Y, Peltier G, Beisson F. Continuous photoproduction of hydrocarbon drop-in fuel by microbial cell factories. *Scientific Reports* 2019 Sep 23;9(1):13713. doi: 10.1038/s41598-019-50261-6.

Samire PP, Zhuang B, Légeret B, Baca-Porcel Á, Peltier G, Sorigué D, Aleksandrov A, Beisson F, Müller P. Autocatalytic effect boosts the production of medium-chain hydrocarbons by fatty acid photodecarboxylase. *Science Advances* 2023 Mar 31;9(13):eadg3881. doi: 10.1126/sciadv.adg3881.

Sorigué D, Légeret B, Cuiné S, Morales P, Mirabella B, Guédeney G, Li-Beisson Y, Jetter R, Peltier G, Beisson F. Microalgae Synthesize Hydrocarbons from Long-Chain Fatty Acids via a Light-Dependent Pathway. *Plant Physiology* 2016 Aug;171(4):2393-405. doi: 10.1104/pp.16.00462. Epub 2016 Jun 10.

Sorigué D, Légeret B, Cuiné S, Blangy S, Moulin S, Billon E, Richaud P, Brugière S, Couté Y, Nurizzo D, Müller P, Brettel K, Pignol D, Arnoux P, Li-Beisson Y, Peltier G, Beisson F. An algal photoenzyme converts fatty acids to hydrocarbons. *Science* 2017 Sep 1;357(6354):903-907. doi: 10.1126/science.aan6349.

Sorigué D, Hadjidemetriou K, Blangy S, Gotthard G, Bonvalet A, Coquelle N, Samire P, Aleksandrov A, Antonucci L, Benachir A, Boutet S, Byrdin M, Cammarata M, Carbajo S, Cuiné S, Doak RB, Foucar L, Gorel A, Grünbein M, Hartmann E, Hienerwadel R, Hilpert M, Kloos M, Lane TJ, Légeret B, Legrand P, Li-Beisson Y, Moulin SLY, Nurizzo D, Peltier G, Schirò G, Shoeman RL, Sliwa M, Solinas X, Zhuang B, Barends TRM, Colletier JP, Joffe M, Royant A, Berthomieu C, Weik M, Domratcheva T, Brettel K, Vos MH, Schlichting I, Arnoux P, Müller P, Beisson F. Mechanism and dynamics of fatty acid photodecarboxylase. *Science* 2021 Apr 9;372(6538):eabd5687. doi: 10.1126/science.abd5687.

Conditions scientifiques matérielles et financières du projet de recherche - Scientific, material, and financial conditions of the research project

Thèse au sein du BIAM (UMR 7265) sur le centre CEA de Cadarache

<https://www.cite-des-energies.fr/biam/>

Financement MESR doit être obtenu (concours de l'Ecole Doctorale 658, Aix-Marseille Université)

Thesis at BIAM (UMR 7265) on the CEA center in Cadarache

<https://www.cite-des-energies.fr/en/home-biam/>

Funding from French Ministry of Research must be obtained (competition from Doctoral School 658, Aix-Marseille U.)

Profil et compétences recherchées - Profile and skills required

Bioinformatique ou biologie structurale, microbiologie, biologie moléculaire et biochimie

Bioinformatics or structural biology, microbiology, molecular biology and biochemistry