

Proposition de sujet de thèse 2026

(A remplir par les équipes d'accueil et à retourner à Isabelle HAMMAD : hammad@cerege.fr
*à renseigner obligatoirement pour la validation du sujet, (1) : A remplir lors de la campagne d'attribution des allocations, à l'issue de la session de juin des Masters

Sujet de doctorat proposé * : Influence de la réponse à haute fréquence du phytoplancton aux forçages physiques sur la dynamique saisonnière de la production communautaire et les flux de carbone associés

Encadrant(s), nom, prénom, adresse mail *: Melika Baklouti melika.baklouti@univ-amu.fr.

Dominique Lefevre dominique.lefevre@univ-amu.fr

Laboratoire *: MIO

Tableau récapitulatif du sujet

Candidat(e) ⁽¹⁾	
Nom - Prénom :	
Date de naissance :	
Licence (origine, années, mention) :	
Mention et classement au Master 1 année (Xème sur Y)	
Mention et classement au S3 du Master 2 (Xème sur Y)	
Mention et classement au S4 du Master 2 (Xème sur Y)	
Mention et classement au M2 (année) (Xème sur Y)	
MASTER (nom, université)	
Sujet de doctorat proposé*	Influence de la réponse à haute fréquence du phytoplancton aux forçages physiques sur la dynamique saisonnière de la production communautaire et les flux de carbone associés
Encadrants (2 max, indiquer si HDR ou pas)*	D. lefèvre; M. Baklouti (HDR)
Laboratoire*	MIO
Programme finançant la recherche (indiqué si obtenu ou envisagé) (1)	Fonds propres Protisvalor (20k€) Fonds propres protisvalor collaboration Melilotus Thyssen (2k€) Demande de financement LEFE septembre 2026 (50 k€) Crédits d'équipe récurrent

Sujet de doctorat proposé*

Intitulé* : Influence de la réponse à haute fréquence du phytoplancton aux forçages physiques sur la dynamique saisonnière de la production communautaire et les flux de carbone associés

Descriptif *:

Le rôle majeur du phytoplancton, dans l'océan ou sur terre, ne fait plus vraiment débat. De par sa capacité à produire de l'oxygène, contribuer à la séquestration du CO₂, à alimenter la chaîne trophique marine à sa base, ou à réguler le climat à long terme, il constitue, avec l'ensemble du plancton, un des éléments de solution aux crises planétaires actuelles (Doumeizel & Dolan, 2024). Ainsi, la production d'oxygène associée au phytoplancton est équivalente à la production terrestre, alors qu'il ne représente que 0,06% de la biomasse terrestre à un instant donné (Stoer and Fennel, 2024). Ce phénomène s'explique par les taux de division cellulaire élevés du phytoplancton, induisant des taux de production primaire potentiellement élevés, ainsi qu'une capacité de réponse rapide à des changements du milieu environnant, notamment des événements impulsionsnels de type « coup de vent », tempêtes ou tout autre perturbation sporadique. Ces derniers engendrent une modification des propriétés physiques et chimiques de la colonne d'eau à des échelles de temps courtes, dont la résultante sur les communautés microbiennes et les productions communautaire et primaire associées sont peu étudiées, car difficilement mesurables du fait de la rapidité de la réponse du picophytoplancton, de l'ordre de 2-5 jours après optimisation des conditions de croissance (Fuchs et al., 2023). De même, le Mistral a une influence directe sur la colonne d'eau de la Baie de Marseille, engendrant des remontées d'eau des profondeurs (upwelling) vers la surface, eau qui est plus froide, plus riche en nutriments, et qui transporte avec elle une communauté phytoplanctonique distincte (Fuchs et al., 2023). Après la relaxation du phénomène, la communauté s'adapte à ces nouvelles conditions, et une réponse possible est une augmentation rapide de la biomasse des classes de tailles < 10 µm (Lomas et al., 2009 ; Thyssen et al., 2014 ; Fuchs et al., 2023). Cependant, une récente inter-comparaison de différents modèles de la production communautaire nette (NCP) à l'échelle globale a montré une incertitude inter-modèle supérieure aux variations de la NCP sur la durée de la projection (Tagliabue et al., 2021). Ce constat met en lumière les lacunes de nos connaissances quant aux relations entre la productivité du phytoplancton et les processus qui la régissent, en particulier l'influence des facteurs environnementaux associés au changement climatique, tels que l'élévation de la température, l'intensification de la stratification de la colonne d'eau, et l'augmentation des événements impulsionsnels à fines échelles temporelles et spatiales.

Objectifs de la thèse :

L'objectif de cette thèse est donc d'améliorer notre compréhension et notre représentation de l'effet de ces événements impulsionsnels sur le réseau trophique planctonique et les cycles biogéochimiques. Il s'agira en substance d'affiner notre compréhension des mécanismes de réponse à l'œuvre, et d'améliorer potentiellement certaines représentations de processus et/ou leur paramétrisation dans le modèle Eco3M-MED (Baklouti et al., 2021). En retour, celui-ci permettra d'aider à la compréhension des interactions complexes en présence, ainsi qu'à l'extrapolation de ces phénomènes à plus grande échelle spatiale et temporelle. Le modèle devrait également permettre d'estimer l'importance relative de ces phénomènes de haute fréquence sur la production communautaire saisonnière et annuelle.

Méthodologie :

L'originalité de ce travail sera de combiner simultanément deux méthodes d'acquisition de données, i.e. in situ et expérimentale, pour estimer d'une part les variations à petite échelle de temps de la diversité fonctionnelle du phytoplancton par cytométrie en flux automatisée, et d'autre part, la production communautaire nette à partir de la dynamique de l'oxygène dissous par une méthode d'incubation. Ces deux approches, couplées à une modélisation (Eco3M-MED) spécifique aux différentes étapes de ce travail, permettra de comprendre les liens entre la dynamique des cellules du phytoplancton (et assemblages microbiens) et la production communautaire (photosynthèse et respiration). La modélisation impliquera différentes configurations, depuis une configuration « 0D » pour modéliser les incubations, jusqu'à une configuration en 3D couplée avec un modèle physique pour combiner les dynamiques in situ des populations phytoplanctoniques avec la production communautaire nette à l'échelle de la demi-journée, dans le contexte semi-oligotrophe de la baie de Marseille.

Plan de travail

La stratégie de travail sera basée sur trois volets complémentaires:

- (1) Analyse de la série temporelle, identification des signatures des forçages physiques,
- (2) Expérimentations estivales, quantification des réponses en terme de production et de diversité,
- (3) Itérations entre l'expérimental et le modèle Eco3M-MED (processus et/ou paramétrisation).

Ces trois volets seront imbriqués lors du déroulé de la thèse dont la chronologie est décrite ci-dessous :

La première année sera consacrées à l'analyse de la série temporelle acquise au **SSL@MM (Sea Water Sensing Laboratory @ MIO Marseille)**. Cette série comprend la dynamique des différentes classes de taille du phytoplancton mesurée toutes les deux heures depuis six ans. Ces observations seront combinées aux mesures de nutriments et aux propriétés hydrologiques afin de caractériser l'influence des principaux forçages physiques sur la dynamique planctonique. Une attention particulière sera portée à l'augmentation des températures estivales observée dans la baie de Marseille, aux épisodes de vent favorisant la déstratification de la colonne d'eau, ainsi qu'aux tempêtes hivernales, afin de quantifier leur rôle dans la variabilité saisonnière des communautés phytoplanctoniques. Une modélisation en configuration 1D Verticale (1DV) sera associée à l'analyse de cette série de données.

En parallèle, une stratégie expérimentale adaptée sera mise en place afin d'étudier le couplage saisonnier entre la dynamique des assemblages microbiens et les processus biogéochimiques associés, notamment la production et la respiration communautaires. Cette phase préparatoire permettra de définir les protocoles expérimentaux ainsi que les variables/paramètres requis par le modèle biogéochimique **Eco3M-MED**, avant la première période estivale de la thèse.

Les deuxième et troisième années seront principalement consacrées à l'étude des événements estivaux de déstratification de la colonne d'eau et de leurs effets sur la structure des communautés planctoniques et sur la production communautaire. Ces travaux reposeront sur des expérimentations *in vitro* menées au SSL@MM sur des communautés naturelles, visant à **mesurer simultanément** la structuration de la communauté phytoplanctonique et la production communautaire associée.

L'estimation de la production d'oxygène en fonction de la lumière, ainsi que le suivi des variations d'abondance des principaux groupes fonctionnels du phytoplancton avant, pendant, et après chaque événement de mélange, seront combinés aux mesures de nutriments et à la caractérisation du réseau trophique microbien associé (procaryotes hétérotrophes et microzooplancton). L'ensemble de ces observations permettra d'améliorer le modèle biogéochimique Eco3M-MED, afin de mieux représenter et analyser la dynamique couplée et à haute fréquence des communautés microbiennes et des flux biogéochimiques en milieu côtier, et à l'échelle du golfe du Lion.

Références

- Baklouti, M., Pagès, R., Alekseenko, E. and Guyennon, A. and Grégori, G. (2021) On the benefits of using cell quotas in addition to intracellular elemental ratios in flexible-stoichiometry Plankton Functional Type models. Application to the Mediterranean Sea. *Progress in Oceanography*. 197. 102634. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2021.102634>
- Doumeizel, V., & Dolan, J. R. (2024). The launch of The Plankton Manifesto in September 2024. *Journal of Plankton Research*. doi.org/10.1093/plankt/fbae061 - https://communications-assets.unglobalcompact.org/docs/publications/PlanktonManifesto_MG_DIGITAL-2.pdf
- Fuchs, R., V. Rossi, C. Caille, et al. « Intermittent Upwelling Events Trigger Delayed, Major, and Reproducible Pico-Nanophytoplankton Responses in Coastal Oligotrophic Waters ». *Geophysical Research Letters* 50, n° 5 (2023): e2022GL102651. <https://doi.org/10.1029/2022GL102651>
- Lomas, M. W., N. Roberts, F. Lipschultz, J. W. Krause, D. M. Nelson, et N. R. Bates. « Biogeochemical Responses to Late-Winter Storms in the Sargasso Sea. IV. Rapid Succession of Major Phytoplankton Groups ». *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers* 56, n° 6 (2009): 6. <https://doi.org/10.1016/j.dsr.2009.03.004>
- Stoer, Adam C., et Katja Fennel. « Carbon-centric dynamics of Earth's marine phytoplankton ». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 121, n° 45 (2024): e2405354121. <https://doi.org/10.1073/pnas.2405354121>.
- Tagliabue, Alessandro, Lester Kwiatkowski, Laurent Bopp, et al. « Persistent Uncertainties in Ocean Net Primary Production Climate Change Projections at Regional Scales Raise Challenges for Assessing Impacts on Ecosystem Services ». *Frontiers in Climate* 3 (novembre 2021).

<https://doi.org/10.3389/fclim.2021.738224>

Thyssen, Melilotus, Gerald Grégori, Jean-Michel Grisoni, et al. « Onset of the spring bloom in the northwestern Mediterranean Sea: influence of environmental pulse events on the in situ hourly-scale dynamics of the phytoplankton community structure ». *Frontiers in Microbiology* 5 (août 2014): 387. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2014.00387>

Détail du Programme finançant la recherche* :

Fonds propres Protisvalor (20k€)

Fonds propres protisvalor collaboration Melilotus Thyssen (2k€)

Demande de financement LEFE septembre 2026 (50 k€)

Crédits d'équipe récurrent

Directeur(s) de thèse proposé(s)*

(limiter au plus à deux personnes principales, dont au moins une titulaire de l'HDR)

Directeur HDR proposé*

Nom - Prénom : BAKLOUTI Melika

Corps : Professeure

Laboratoire (i.e. formation contractualisée de rattachement, éventuellement équipe au sein de cette formation) : MIO (équipe BIOGEOCHIMIE)

Adresse mail : melika.baklouti@univ-amu.fr

Choix de cinq publications récentes (souligner éventuellement les étudiants dirigés co-signataires) :

Zhang, Y., Baklouti, M., Brasseur, P. and Debreu, L. A semi-automated sensitivity-based approach for simplifying marine biogeochemical models for targeted applications: A case study with the Eco3M-MED model. *Ecological Modelling*. [10.1016/j.ecolmodel.2026.111491](https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2026.111491)

Zhang, Y., Sevault, F., Pennel, R. and Baklouti, M. (2025) Analysis of the impact of vertical variation and temporal frequency of the chlorophyll forcing field on modelled temperature in the Mediterranean Sea and potential implications for regional climate projections. *Ocean Modelling*. 194. [10.1016/j.ocemod.2024.102490](https://doi.org/10.1016/j.ocemod.2024.102490)

Baklouti, M., Pagès, R., Alekseenko, E. and Guyennon, A. and Grégori, G. (2021) On the benefits of using cell quotas in addition to intracellular elemental ratios in flexible-stoichiometry Plankton Functional Type models. Application to the Mediterranean Sea. *Progress in Oceanography*. 197. 102634. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2021.102634>

Pagès, R., Baklouti, M., Barrier, N., Richon, C., Dutay, J.-C. and Moutin, T. (2020). Projected effects of climate-induced changes in hydrodynamics on the biogeochemistry of the Mediterranean Sea under the RCP 8.5 regional climate scenario. *Front. Mar. Sci.* 7:563615. doi: 10.3389/fmars.2020.563615

Pagès, R., Baklouti, M., Barrier, N., Richon, C., Dutay, J.-C. and Moutin, T. (2020). Changes in rivers inputs during the last decades significantly impacted the biogeochemistry of the eastern Mediterranean basin: a modelling study. *Progress in Oceanography*, 181:102242.

Thèses encadrées ou co-encadrées au cours des quatre dernières années*

Nom : **Yutong ZHANG**

Intitulé : Vers une modélisation parcimonieuse de la biogéochimie océanique basée sur des indicateurs clés pour des projections décennales robustes en Méditerranée

Type d'allocation : ANR

Date de début de l'allocation de doctorat : 01/10/2023

Date de soutenance (si la thèse est soutenue) :

Programme finançant la recherche : Projet MEDIATION, PPR OCEAN Climat, FRANCE 2030

Situation actuelle du docteur (si la thèse est soutenue) :

Pourcentage de participation du directeur à l'encadrement en cas de co-direction : 50.%

Autre directeur proposé (éventuellement)*

Nom - Prénom : Dominique Lefevre

Corps : CR CNRS

Adresse mail : dominique.lefevre@cnrs.fr

Laboratoire (i.e. formation contractualisée de rattachement, éventuellement équipe au sein de cette formation) :

MIO (équipe BIOGEOCHIMIE)

Choix de cinq publications récentes (souligner éventuellement les étudiants dirigés co-signataires) :

Cathy Wimart-Rousseau, Thibaut Wagener, Anthony Bosse, Patrick Raimbault, Laurent Coppola, et al.

Lefevre, D. Assessing seasonal and interannual changes in carbonate chemistry across two time-series sites in the North Western Mediterranean Sea. *Frontiers in Marine Science*, 2023, 10, ;10.3389/fmars.2023.1281003 t ;. ;hal-04453130t;

Nicolas Metzl, Jonathan Fin, Claire Lo Monaco, Guillaume Bourdin, Samir Alliouane, Lefevre, D et al. A synthesis of SNAPO-CO₂ ocean total alkalinity and total dissolved inorganic carbon measurements from 1993 to 2022. 2023. ;hal-04292340v2t;

Susan E. Hartman, Andrew R. Gates, Patricia Lopez-Garcia, Roberto Bozzano, Eric Delory, Lefevre, D et al.. Proposed synergies between oceanography and metrology. *Frontiers in Marine Science*, 2023, 10, 1192030 (9p.). (10.3389/fmars.2023.1192030). (hal-04313841)

Léo Mahieu, Hannah Whitby, Gabriel Dulaquais, Chloé Tilliette, Catherine Guigue, Lefevre, D et al. Iron-binding by dissolved organic matter in the Western Tropical South Pacific Ocean (GEOTRACES TONGA cruise GPpr14). *Frontiers in Marine Science*, 2024, 11, ;10.3389/fmars.2024.1304118t;. ;hal-04505595t;

Caroline Ulses, Claude Estournel, Patrick Marsaleix, Karline Soetaert, Marine Fourrier, et al.. Seasonal dynamics and annual budget of dissolved inorganic carbon in the northwestern Mediterranean deep-convection region. *Biogeosciences*, 2023, 20 (22), pp.4683-4710. ([10.5194/bg-20-4683-2023](https://doi.org/10.5194/bg-20-4683-2023)). ([hal-04501447](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04501447))

Thèses encadrées ou co-encadrées au cours des quatre dernières années*

Nom :

Intitulé : .

Type d'allocation :

Date de début de l'allocation de doctorat :

Date de soutenance (si la thèse est soutenue) :

Programme finançant la recherche :

Situation actuelle du docteur (si la thèse est soutenue) :

Pourcentage de participation du directeur à l'encadrement en cas de co-direction :