

Proposition de sujet de thèse 2024

(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 *: Evolution des communautés phytobenthiques face au changement global en Méditerranée

Encadrant(s), nom, prénom, adresse mail *: THIBAUT Thierry (HDR) (thierry.thibaut@univ-amu.fr) & BLANFUNE Aurélie (aurelie.blanfune-thibaut@mio.osupytheas.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*	
Encadrants (2 max, indiquer si HDR ou pas)*	Thierry THIBAUT (HDR) - BLANFUNE Aurélie -
Laboratoire*	MIO
Programme finançant la recherche (indiqué si obtenu ou envisagé) (1)	Contrats Agence de l'Eau CARLIT 2022 et 2024 - Obtenus (234 k€ et 77 k€)

Sujet de doctorat proposé*

Intitulé* : Evolution des communautés phytobenthiques face au changement global en Méditerranée

Descriptif *:

Contexte scientifique

La Méditerranée est qualifiée de hot-spot de biodiversité, elle abrite un peu plus de 12 500 taxons de faune et de flore. Parmi ces espèces, 2 500 sont des macro-algues (Chlorobiontes, Rhodobiontes, Chromobiontes) (Coll *et al.*, 2010). Les rôles exercés par la végétation marine sont majeurs dans le fonctionnement des écosystèmes littoraux (rôle de nurserie, d'abri, de nourriture, de transfert de matière organique...). Cependant les rivages du bassin méditerranéen sont historiquement un pôle d'attraction humaine. En trente ans, les populations côtières sont passées de 96 millions d'habitants à 145 millions. La Méditerranée peut ainsi être qualifiée de mer sous-pression. Les pressions anthropiques et climatiques directes ou indirectes agissent en synergie et bouleversent fortement le fonctionnement des écosystèmes littoraux (Micheli *et al.*, 2013). La France, de part ses politiques de gestion des rejets urbains, de protection du littoral, des espaces et des espèces, a permis de stopper la dégradation du littoral et de réduire ainsi les principales pressions comme la pollution issue des rejets urbains à certaines portions limitées du littoral. Dans les années 60, 70 et 80 des travaux majeurs sur la composition spécifique des communautés phytobenthiques ont été réalisés en Provence, en Corse et en Occitanie (Boudouresque, 1967, 1970; Huvé 1970; Belsher, 1977; Coppejans, 1976-77, Verlaque 1970, 1987). Ces travaux, réalisés il y a plus de 50 ans par des phycologues renommés, constituent des bases de données historiques d'une grande rigueur, permettant ainsi d'avoir une image extrêmement précise des communautés

phytobenthiques de l'époque (travaux conservés à la plateforme Macrophytes). Actuellement, sur les roches photophiles, 23 communautés algales ont été décrites et servent de base aux évaluations des directives européennes DCE/DSCMM/Habitat Faune-Flore (La Rivière *et al.*, 2021). Pour la grande majorité d'entre elles, ces communautés n'ont jamais été étudiées ni évaluées depuis leur description dans les années 60 à 80. De nombreux indicateurs biologiques, associés à ces directives, se basent sur la présence de ces communautés mais ne s'intéressent pas à leur composition spécifique. Si l'espèce parapluie formant la communauté demeure, il n'est pas exclu que des changements de diversité spécifique (alpha) se produisent dans les espèces associées et induisent une modification du rôle écologique de la communauté au sein de l'écosystème littoral. De la même manière la diversité à différentes échelles spatiales ainsi que la diversité fonctionnelle peuvent être impactés par des pressions (rejets, modifications des substrats, vague de chaleur et sèche marine à répétition, surpâturage par les herbivores, invasions biologiques ...).

Depuis quelques années avec le développement du séquençage à haut débit, le métabarcoding devient un outil d'évaluation de la diversité (i.e. Wangenstein *et al.*, 2018; Weng *et al.*, 2024). Les bases de données génétiques (GenBank) concernant les macroalgues comportent d'innombrables erreurs d'identification qui empêchent leur utilisation dans des études d'écologie. Ainsi, la mise en place d'une base de données des 420 taxons de macroalgues de nos côtes (Boudouresque *et al.*, 2022) suivant les règles de l'art (planche d'herbier associée obligatoirement à une ou plusieurs séquences) est en cours d'élaboration à la plateforme Macrophytes (partie de la plateforme de Taxonomie & Imagerie) et sera poursuivie durant la thèse par des développements méthodologiques.

Objectif de la thèse

L'objectif de la thèse est d'étudier l'évolution de ces communautés après plus d'un demi-siècle de pressions et de redéfinir les indicateurs macroalgues utilisés réglementairement dans les directives européennes.

Les différentes facettes de la diversité (alpha, beta, gamma) ainsi que la diversité fonctionnelle seront évaluées en fonction des pressions au regard de l'utilisation des outils de génomique et de morphologie. Nous questionnerons également l'apport du métabarcoding dans ce type d'étude par rapport à une approche naturaliste basé sur la morphologie et l'écologie des espèces.

Durant la première année de thèse, les missions de terrain et les prélèvements seront réalisés durant les mêmes saisons et sur les mêmes sites que les données historiques afin que les données soient comparables. Les communautés ont été et seront prélevés dans quadrats de 400 cm² ce qui correspond à l'aire minimale d'échantillonnage pour ces communautés. Le développement méthodologique sera réalisé au sein de la plateforme Macrophytes (encadrement Aurélie Blanfuné) et la partie recherche sera réalisée au sein d'EMBIO (encadrement Thierry Thibaut). La deuxième année de la thèse sera consacrée à l'analyse spatio-temporelle diachronique des données et à la réalisation de la première publication qui en découlera. La troisième année sera centrée sur les publications des différents résultats et la rédaction du manuscrit. Les données acquises ainsi que les analyses spatio-temporelles diachronique lors de cette thèse, viendront agrémenter la base de données de la plateforme Macrophytes (plateforme labélisée Aix Marseille Université) et y seront archivées afin de pérenniser la connaissance et l'expertise dans ce domaine. De plus, le travail de thèse permettra fortement le développement de la base de données séquences génétiques/ Herbiers associés de la plateforme Macrophytes (encadrement Aurélie Blanfuné) qui servira aussi bien dans les futures études sur le sujet que pour répondre aux sollicitations d'expertises sur les déterminations d'algues.

L'étudiant devra avoir suivi un cursus en écologie marine, avoir une appétence pour la phycologie et avoir des connaissances en biologie moléculaire.

Ce sujet nécessite un travail de terrain en plongée sous-marine conséquent et donc il est absolument nécessaire que l'étudiant soit titulaire du certificat d'Aptitude Hyperbare et du permis bateau.

Plateformes et service commun impliqués : Taxonomie - Macrophytes et OMICS et le Service plongée de l'OSU Pythéas.

Méthodologie – Mise en œuvre

Sites

Les sites d'études seront situés dans le Var (Presqu'île de Giens, Port-Cros), les Bouches-du-Rhône (Marseille), la Corse (Scandola) et les Pyrénées-Orientales (Port-Vendres). Ces sites d'études correspondent aux sites où les travaux majeurs sur la composition spécifique des communautés phytobenthiques ont été réalisés dans les années 60-80. La période d'étude sera également identique aux travaux historiques.

Mission de terrain, identification

Les prélèvements seront réalisés en plongée sous-marine *via* des quadrats de 20x20 cm (quadrat qui correspond à l'aire minimale pour l'étude des roches photophiles). Les deux encadrants sont plongeurs professionnels (CAH I et IIB) et participeront activement au travail de terrain.

Les espèces seront triées puis identifiées grâce à la documentation de la plateforme Macrophytes qui est unique en Europe (300 000 documents, plus grande collection de documents sur les algues en Europe).

Les échantillons les plus remarquables (nouvelle espèce, syntype, lectotype...) seront conservés dans la collection de la plateforme (collection habilitée à abriter de tels spécimens - référencée à l'Index Herbariorum HCOM - Resp. A. Blanfuné).

Les analyses de métabarcoding (COI, 18S et autres selon les groupes d'algues) seront réalisées en collaboration avec la plateforme OMICS.

NB : les "algues" sont un groupe polyphylétique très diversifié et il est impossible de ne se baser sur un seul gène dans ce type d'approche, il faut souvent coupler des analyses avec des gènes nucléaires, mitochondriaux et chloroplastiques, en raison des multiples épisodes d'endosymbioses secondaires et tertiaires et de transfert latéral de gènes entre les groupes depuis 2.5 milliards d'années.

Analyses de données

Une analyse spatio-temporelle diachronique des données sera réalisée sous R et ArcGIS afin d'évaluer l'évolution des communautés phytobenthiques en lien avec les perturbations littorales pour d'appréhender d'éventuelles modifications du rôle écologique de la communauté au sein de l'écosystème littoral.

La plateforme macrophytes abrite des documents sur le littoral français de Méditerranée depuis le 18ème siècle, ce sont des sources fiables d'identification des pressions. Ce type de documents et d'analyse ont été employés avec succès dans notre équipe et à donner lieu à plus d'une dizaine de publications.

Calendrier

Tâche à réaliser	Année 1	Année 2	Année 3
Echantillonnage			
Développement méthodologique			
Traitement des données et analyse spatio-temporelle diachronique			
Valorisations des résultats (congrès)			
Publications			
Rédaction du manuscrit			

Encadrement :

Le développement méthodologique sera réalisé au sein de la plateforme Macrophytes (encadrement Aurélie Blanfuné) et la partie recherche sera réalisée au sein d'EMBIO (encadrement Thierry Thibaut).

Au MIO, l'étudiant sera accueilli dans l'équipe EMBIO. Les données historiques sur les compositions des communautés algales sont conservées à la plateforme macrophytes et certains de leurs auteurs sont encore en activité et d'accord pour collaborer à cette thèse (C.F. Boudouresque et M. Verlaque).

Les plateformes et service commun impliqués sont la plateforme de Taxonomie & Imagerie via Macrophytes (plateforme labellisée AMU) et la plateforme OMICS (plateforme labellisée AMU) et le Service plongée de l'OSU Pythéas.

Références

- Belsher, T., 1977. Analyse des répercussions de pollutions urbaines sur le macrophytobenthos de Méditerranée (Marseille, Port-Vendres, Port-Cros). Thèse de doctorat de 3eme cycle de Université d'Aix Marseille II, 287p.
- Boudouresque, C.-F., 1967. Contribution à l'étude phytosociologique des peuplements algaux le long des côtes varoises. Thèse de doctorat de spécialité de Université d'Aix Marseille. 126 p.
- Boudouresque, C.-F., 1970. Recherche de bionomie analytique structurale et expérimentale sur les peuplements benthiques sciaphiles de méditerranée occidentale (fraction algale). Thèse de doctorat de Université d'Aix Marseille II. 624 p.
- Boudouresque, C.-F., Perret-Boudouresque, M., Blanfuné A., 2022. Diversity of marine and brackish macrophytes in the Port-Cros national Park (Provence, France, Mediterranean Sea) : Taxa and research effort over space and time. *Diversity*, 14, 329.
- Coll, M., Piroddi, C., Steenbeek, J., Kaschner, K., Ben Rais Lasram, F., Aguzzi, J., ... & Voultsiadou, E. 2010. The biodiversity of the Mediterranean Sea: estimates, patterns, and threats. *PLoS one*, 5(8), e11842.
- Coppejans, E., 1976-77. Bijdrage tot de studie van de wierpopulaties (Cholophyceae, Phaeophyceae, Rhodophyceae) van het fotofiel infralittoraal in het noordwestelijk Mediterraan bekken. Deel I, II, III. Thèse Université Gent. 1002 p.
- Huvé, P., 1970. Recherche sur la genèse de quelques peuplement algaux marins de la roche littorale dans la région de Marseille. Thèse de doctorat de Université d'Aix Marseille II. 480 p.
- La Rivière I2021. Fiches descriptives des biocénoses de Méditerranée. UMS Patrinat éd. Paris, 660 p.
- Micheli, F., Halpern, B. S., Walbridge, S., Ciriaco, S., Ferretti, F., Fraschetti, S., ... & Rosenberg, A. A. 2013. Cumulative human impacts on Mediterranean and Black Sea marine ecosystems: assessing current pressures and opportunities. *PLoS one*, 8(12), e79889.
- Verlaque, M., 1977. Etude du peuplement phytobenthique au voisinage de la centrale thermique de Martigues Ponteau (Golfe de Fos, France, Méditerranée). Thèse de doctorat de 3ème cycle de Université d'Aix Marseille II. 172 p.
- Verlaque, M., 1987. Contribution à l'étude du phytobenthos d'un écosystème photophile thermophile marin en méditerranée occidentale. Etude structurale et dynamique du phytobenthos et analyse des relations faune flore. Thèse de doctorat de Université d'Aix Marseille II. 389 p.
- Wangensteen, O. S., Cebrian, E., Palacín, C., & Turon, X., 2018. Under the canopy: Community-wide effects of invasive algae in Marine Protected Areas revealed by metabarcoding. *Marine Pollution Bulletin*, 127, 54-66.
- Weng, R., Wang, Q., Sun, X., Liu, Z., Sun, P., & Yang, Y., 2024. DNA metabarcoding reveals the diversity of small-sized macroalgae ignored by traditional monitoring in a coastal ecosystem. *Marine Biology*, 171(2), 1-15.

Détail du Programme finançant la recherche* :

Le fonctionnement de la thèse sera financée par les contrats CARLIT obtenus auprès de l'Agence de l'Eau RM&C soit CARLIT 2022 -2026 - (reliquats de 234 k€, soit à peu près 40 k) et CARLIT 2024-2028 - 77 k€.

Ces deux contrats permettent de financer l'intégralité du fonctionnement de la thèse ainsi que les congrès.

La partie metabarcoding est déjà financée sur des reliquats de contrats (ANR Sargasses, contrat Protisvalor).

Un complément à l'OFB sera demandé si nécessaire.

Nous demandons une bourse MRT pour financer à 100% le montant du salaire de l'étudiant.

Sources budgétaires	Budget obtenu	Budget demandé
Bourse de thèse MRT		100% du montant du salaire du doctorant
Financement Agence de l'Eau RM&C – CARLIT 2022-2026 : Fonctionnement de la thèse et congrès	Reliquats de 234 k€, soit à peu près 40 k	
Financement Agence de l'Eau RM&C – CARLIT 2024-2028 : Fonctionnement de la thèse et congrès	77 k€	
ANR Sargasses et contrat ProtisValor :	Reliquats de contrats	

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 : THIBAUT Thierry

Corps : Pr AMU

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

Adresse mail : thierry.thibaut@univ-amu.fr

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

Changeux, T., Berline, L., Podlejski, W., Guillot, T., Stiger-Pouvreau, V., Connan, S., & **Thibaut, T.** (2023). Variability in growth and tissue composition (CNP, natural isotopes) of the three morphotypes of holopelagic *Sargassum*. *Aquatic Botany*, 187, 103644.

Thibaut, T., Blanfuné, A., Boudouresque, C. F., Holon, F., Agel, N., Descamps, P., ... & Verlaque, M. (2022). Distribution of the seagrass *Halophila stipulacea*: A big jump to the northwestern Mediterranean Sea. *Aquatic Botany*, 176, 103465.

Ruitton, S., Blanfune, A., Boudouresque, C. F., Guillemain, D., Michotey, V., Roblet, S., **Thibaut T.** & Verlaque, M. (2021). Rapid spread of the invasive brown alga *Rugulopteryx okamurae* in a National Park in Provence (France, Mediterranean Sea). *Water*, 13(16), 2306.

Monfort, T., Cheminée, A., Bianchimani, O., Drap, P., Puzenat, A., & **Thibaut, T.** (2021). The Three-Dimensional Structure of Mediterranean Shallow Rocky Reefs: Use of Photogrammetry-Based Descriptors to Assess Its Influence on Associated Teleost Assemblages. *Frontiers in Marine Science*, 8, 639309.

Reynes, L., Aurelle, D., Chevalier, C., Pinazo, C., Valero, M., Mauger, S., ... & **Thibaut, T.** (2021). Population Genomics and Lagrangian Modeling Shed Light on Dispersal Events in the Mediterranean Endemic *Ericaria zosteroides* (= *Cystoseira zosteroides*) (Fucales). *Frontiers in Marine Science*, 8, 683528.

Reynes, L., **Thibaut, T.**, Mauger, S., Blanfuné, A., Holon, F., Cruaud, C., ... & Aurelle, D. (2021). Genomic signatures of clonality in the deep water kelp *Laminaria rodriguezii*. *Molecular Ecology*, 30(8), 1806-1822.

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

Nom : BORRIGLIONE Marie

Intitulé : Les espèces invasives marines dans les Parcs nationaux méditerranéens français

Type d'allocation : Bourse Région Sud - Parc National de Port-Cros

Date de début de l'allocation de doctorat : octobre 2022

Date de soutenance (si la thèse est soutenue) :

Programme finançant la recherche : RugulInv (OFB)

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

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

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

Nom : MONFORT Tiffany

Intitulé : Structure 3D, fonctionnalité et résilience des paysages sous-marins dans un contexte de changement climatique.

Type d'allocation : Bourse Région Sud - Septentrion Environnement

Date de début de l'allocation de doctorat : octobre 2020

Date de soutenance (si la thèse est soutenue) : Prévus juillet 2024

Programme finançant la recherche : Programme Thalia puis financement interne Septentrion

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

Pourcentage de participation du directeur à l'encadrement en cas de co-direction : 50 % (A. Cheminée-Septentrion Environnement)

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

Nom : SALAS Evelyn

Intitulé : Physiologie des morphotypes de sargasses pélagiques de l'Atlantique Nord

Type d'allocation : Bourse ARTS IRD

Date de début de l'allocation de doctorat : Mars 2024

Date de soutenance (si la thèse est soutenue) :

Programme finançant la recherche : ANR BIOMASS

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

Pourcentage de participation du directeur à l'encadrement en cas de co-direction : 50 % - Co-tutelle (Daniel Robledo - CINVESTAV Mexique). **L'étudiante ne sera en France que 2-4 mois par an.**

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

Nom : REYNES Lauric

Intitulé : Connectivité et structure génétique des populations d'*Ericaria zosteroides* (Fucales) et *Laminaria rodriguezii* (Laminariales) des côtes françaises

Type d'allocation : Bourse Région Sud - Parc National des Calanques

Date de début de l'allocation de doctorat : Octobre 2017

Date de soutenance (si la thèse est soutenue) : 2 juin 2021

Programme finançant la recherche : Programme Européen BIODIVERSA

Situation actuelle du docteur (si la thèse est soutenue) : Post-doc The Sherwood Laboratory - School of Life Sciences - University of Hawaiï

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

Je n'ai jamais eu de bourse MNRT en plus de 20 ans de carrière.

Autre directeur proposé (éventuellement)*

Nom - Prénom : BLANFUNE Aurélie

Corps : IR AMU

Adresse mail : aurelie.blanfune-thibaut@univ-amu.fr

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

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

Boudouresque, C. F., Astruch, P., André, S., Belloni, B., **Blanfuné, A.**, Charbonnel, É., ... & Thibaut, T. (2024). The heatwave of summer 2022 in the North-Western Mediterranean Sea: Some species were winners. *Water*, 16(2), 219.

Blanfuné, A., Boudouresque, C. F., Verlaque, M., Minne, A., Noisette, F., & Thibaut, T. (2023). Impact of sea level rise on the Mediterranean Lithophyllum byssoides rims. *Scientific Reports*, 13(1), 10577.

Blanfuné, A., Verlaque, M., Boudouresque, C. F., & Thibaut, T. (2022). *Les forêts marines de France et de Méditerranée: guide de détermination des espèces-ingénieurs: Sargassaceae, Fucales, Phaeophyceae*. Presses universitaires de Provence.

Boudouresque, C. F., Perret-Boudouresque, M., & **Blanfuné, A.** (2022). Diversity of marine and brackish macrophytes in the Port-Cros National Park (Provence, France, Mediterranean Sea): Taxa and research effort over space and time. *Diversity*, 14(5), 329.

Dibner, S., Martin, L., Thibaut, T., Aurelle, D., **Blanfuné, A.**, Whittaker, K., ... & Siuda, A. N. (2022). Consistent genetic divergence observed among pelagic Sargassum morphotypes in the western North Atlantic. *Marine Ecology*, 43(1), e12691.

Aucune thèse encadrée ou co-encadrée.