

Proposition d'un sujet de thèse en cotutelle 2026/2027

A. Porteur du sujet à l'Université Libanaise

1. Nom : ABOU-HAMDAN
2. Prénom : Hussein
3. Titre (Prof, HDR,) : Professeur
4. Laboratoire : Laboratoire d'Ecologie des Ecosystèmes Terrestres et Aquatiques Méditerranéens (LEETAM)
5. Adresse Web :
6. Etablissement : Université Libanaise - Faculté des Sciences.
7. Adresse Web :
8. Domaines d'expertise :
 - Analyse des systèmes biologiques aquatiques et terrestres, avec un regard particulier sur les espèces invasives et introduites terrestres et aquatiques, animales et végétales dans le but de conservation des ressources naturelles ainsi que l'évaluation de la biodiversité et le fonctionnement des communautés et des écosystèmes et les impacts des activités anthropiques sur ces communautés et ces écosystèmes.
 - Suivie et la protection des milieux aquatiques à travers l'évaluation systématisée de la qualité des eaux :
 - * volet « eau » pour évaluer la qualité physico-chimique de l'eau et son aptitude aux fonctions naturelles des milieux aquatiques et aux usages.
 - * volet « biologique », pour évaluer la qualité biologique des cours d'eau avec l'état des écosystèmes grâce à des bio-indicateurs
 - Suivi des polluants au niveau des différents maillons de la chaîne trophique (études ecotoxicologiques) au niveau des écosystèmes aquatiques marins et continentaux.
9. Publications importantes en relation avec le sujet proposé :
 - Youssra Ghousein, **Ghaleb Faour**, Ali Fadel, Jacques Haury, **Hussein Abou-Hamdan** & Hervé Nicolas (2023). Hyperspectral discrimination of Eichhornia crassipes covers, in the red edge and near infrared in a Mediterranean river. Biol Invasions (2023). <https://doi.org/10.1007/s10530-023-03131-2>
 - Y. Ghousein, **H. Abou Hamdan**, A. Fadel, J. Coudreuse, H. Nicolas, **G. Faour**, J. Haury (2023). Biology and ecology of Pontederia crassipes in a Mediterranean river in Lebanon. Aquatic Botany, 188 (103681). <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2023.103681>
 - Youssra Ghousein, Hervé Nicolas, Jacques Haury, Ali Fadel, Pascal Pichelin, **Hussein Abou Hamdan and Ghaleb Faour** (2019). Multitemporal Remote Sensing Based on an FVCReference Period Using Sentinel-2 for Monitoring Eichhornia crassipes on a Mediterranean River. Remote sensing MPDI, 11 (1856): 1-22, 2019; doi:10.3390/rs11161856. <https://doi.org/10.3390/rs11161856>

- **Badreddine, A.**, Crocetta, F. *in*: Orfanidis, S., Alvito, A., Azzurro, E., Badreddine, A., Ben Souissi, J., Chamorro, C., Crocetta, F., Dalyan, C., Fortič, A., Galanti, L., Geyran, K., Ghanem, R., Goruppi, A., Grech, D., Katsanevakis, S., Madrenas, E., Mastrototaro, F., Montesanto, F., Pavičić, M., Pica, D., Pola, L., Pontes, M., Ragkousis, M., Rosso, A., Sánchez-Tocino, L., Tierno De Figueroa, J. M., Tiralongo, F., Tirelli, V., Tsioli, S., Tunçer, S., Vrdoljak, D., Vuletin, V., Zaouali, J., & Zenetos, A. (2021). "New Alien mediterranean Biodiversity Records" (March 2021). *Mediterranean Marine Science*, 22(1), 180-198.
- **Badreddine, A.**, Milazzo, M., Abboud-Abi Saab, M., Bitar, G., Mangialajo, L., 2019. Threatened biogenic formations of the Mediterranean: Current status and assessment of the vermetid reefs along the Lebanese coastline (Levant basin). *Ocean and Coastal Management*, 169, 137–146.

10. Adresse Web de votre page personnelle :

11. Adresse e-mail :

ah.hussein@yahoo.fr

hussein.abouhamdan.1@ul.edu.lb

B. Partenaire à l'ULCO :

1. Nom : Duforet
2. Prénom : Lucile
3. Titre (Prof, HDR, ...) : MCF, HDR
4. Laboratoire : Laboratoire d'Océanologie et de Géosciences
5. Etablissement : ULCO
6. Adresse Web :
7. Domaines d'expertise :
 - Télédétection de la couleur de l'océan, optique marine
 - Développement et évaluation d'algorithmes bio-optiques, transfert radiatif, caractérisation des propriétés optiques et des particules marines.
 - Analyse de variables biogéochimiques et environnementales à partir de la télédétection satellitaire, avec applications aux eaux côtières et au carbone océanique.
8. Publications importantes en relation avec le sujet proposé :
 - Sari El Dine, Z., Picard, B., Guinet, C., **Duforet-Gaurier, L., El Hourany, R., et al.** (2025). Influence of the phytoplankton community structure on the relationship between chlorophyll-a and ocean colour. *Communications Biology*.
 - Loisel, H., **Duforet-Gaurier, L.**, Tran, T. K., Schaffer Ferreira Jorge, D., Steinmetz, F., Mangin, A., Bretagnon, M., and Hembise Fanton d'Andon, O.: Characterization of the organic vs. inorganic fraction of suspended particulate matter in coastal waters based on ocean color radiometry remote sensing, in: 7th edition of the Copernicus Ocean State Report (OSR7), edited by: von Schuckmann, K., Moreira, L., Le Traon, P.-Y.,

- Grégoire, M., Marcos, M., Staneva, J., Brasseur, P., Garric, G., Lionello, P., Karstensen, J., and Neukermans, G., Copernicus Publications, State Planet, 1-osr7, 11, <https://doi.org/10.5194/sp-1-osr7-11-2023>, 2023.
- Tran, T. K., **Duforêt-Gaurier, L.**, Vantrepotte, V., Jorge, D. S. F., Mériaux, X., Cauvin, A., Fanton d'Andon, O., & Loisel, H. (2019). Deriving Particulate Organic Carbon in Coastal Waters from Remote Sensing: Inter-Comparison Exercise and Development of a Maximum Band-Ratio Approach. *Remote Sensing*, 11(23), 2849.
 - **Ben Rais Lasram, F.** et al. (2010). *The Mediterranean Sea as a “cul-de-sac” for endemic fishes facing climate change*. *Global Change Biology*.
 - **Ben Rais Lasram, F.** et al. (2020), *An open-source framework to model present and future marine species distributions at local scale*, *Environmental Modelling & Software*.
 - **El Hourany, R.**, Abboud-Abi Saab, M., **Faour, G.**, Mejia, C., Crépon, M., & Thiria, S. (2019). Phytoplankton diversity in the Mediterranean Sea from satellite data using self-organizing maps. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 124, 5827–5843
 - **El Hourany, R.**, Pierella Karlusich, J., Zinger, L., Loisel, H., Levy, M., and Bowler, C.: Linking satellites to genes with machine learning to estimate phytoplankton community structure from space, *Ocean Sci.*, 20, 217–239, <https://doi.org/10.5194/os-20-217-2024>, 2024.
9. Adresse Web de votre page personnelle : ORCID : <https://orcid.org/0000-0003-3669-4369>.
10. Adresse e-mail : lucile.duforet@univ-littoral.fr

C. Description du sujet de thèse proposé : (3 à 5 pages)

1. Discipline

Océanographie biologique, écologie marine, télédétection et modélisation écologique

2. Titre et résumé

Titre

Dynamique de la biodiversité marine dans le bassin levantin : une approche intégrée combinant observations, télédétection et modélisation

Résumé

La mer Méditerranée est à la fois un hotspot de biodiversité, un bassin particulièrement vulnérable au changement climatique, et l'une des régions marines les plus exposées aux invasions biologiques. Les inventaires récents montrent l'ampleur du phénomène des espèces non indigènes à l'échelle du bassin, avec une forte concentration dans le bassin oriental mais une propagation progressive vers l'ensemble de la Méditerranée (Galanidi et al., 2023). Parallèlement, les produits satellitaires et les réanalyses permettent aujourd'hui de documenter de façon cohérente la température de surface, la chlorophylle, certains descripteurs bio-optiques et plusieurs variables physiques du milieu marin à des résolutions spatiales et temporelles adaptées à l'étude des habitats (Copernicus Marine Service ; Sammartino et al., 2022).

L'objectif de cette thèse est de relier ces observations de l'environnement marin à la distribution d'espèces indigènes et exotiques afin de caractériser leur distribution spatio-temporelle à partir de descripteurs environnementaux dynamiques, c'est-à-dire fondés non seulement sur des conditions moyennes, mais aussi sur la variabilité, la saisonnalité, les anomalies et les extrêmes. Le projet cherchera ainsi à comprendre comment la spatio-temporalité de l'environnement marin structure les distributions actuelles, puis à projeter l'évolution future des habitats favorables sous changement climatique. Cette approche prolonge des travaux déjà menés en Méditerranée sur les effets du réchauffement sur les espèces natives, sur les risques d'invasion des poissons lessepsiens et sur les décalages de niche entre aires natives et envahies (Ben Rais Lasram et al., 2010 ; D'Amen et al., 2020 ; Parravicini et al., 2015).

3. Sujet

Le sujet proposé repose sur l'idée que la variabilité spatio-temporelle observée par satellite est une composante essentielle des conditions d'habitat qui structurent la distribution des espèces marines. En Méditerranée, où les gradients environnementaux sont marqués et les transformations rapides, cette information peut permettre de mieux comprendre pourquoi certaines espèces indigènes régressent ou se déplacent, tandis que certaines espèces exotiques trouvent de nouvelles conditions favorables à leur établissement et à leur expansion. Le satellite n'est donc pas ici un simple outil descriptif, mais une source de variables explicatives pour reconstruire la dynamique spatio-temporelle des habitats favorables aux espèces.

a. Description du sujet

Contexte scientifique et problème posé

La Méditerranée est un système semi-fermé particulièrement sensible aux effets du changement global. Plusieurs travaux ont déjà montré que le réchauffement climatique modifie fortement les distributions potentielles des espèces marines, en particulier chez les espèces endémiques de poissons méditerranéens, dont certaines pourraient voir leur aire favorable se contracter fortement au cours des prochaines décennies (Ben Rais Lasram et al., 2010). Dans le même temps, la région connaît une pression croissante liée aux espèces non indigènes, dont le nombre dépasse aujourd'hui le millier dans les eaux marines et saumâtres méditerranéennes selon les inventaires régionaux validés (Galanidi et al., 2023, Badreddine et al., 2021).

Plusieurs études ont déjà analysé cette dynamique. D'Amen et al. (2020) ont montré que de nombreuses aires marines protégées méditerranéennes pourraient voir leur risque d'invasion par des poissons lessepsiens augmenter d'ici 2050. Parravicini et al. (2015) ont, quant à eux, montré que les espèces exotiques peuvent présenter des décalages de niche entre leur aire native et leur aire envahie, ce qui limite la capacité des modèles de niche classiques à prédire correctement leur expansion. Ces résultats indiquent que les approches statiques sont insuffisantes et qu'il faut mieux représenter la dynamique réelle de l'environnement.

C'est précisément là que l'apport de la télédétection devient central. Les produits satellitaires permettent aujourd'hui de décrire non seulement les conditions moyennes de l'environnement marin, mais aussi leur variabilité temporelle, leurs anomalies et, potentiellement, certains événements extrêmes. La mer Méditerranée étant marquée par des épisodes de chaleur de plus en plus intenses, cette dimension dynamique est particulièrement importante pour comprendre les bascules écologiques en cours (Sammartino et al., 2022 ; Pastor et al., 2024).

Objectifs

L'objectif général de la thèse sera de développer un cadre de modélisation couplant données satellitaires et modèles de niche écologique afin de comprendre la distribution d'espèces marines indigènes et exotiques en mer Méditerranée. Cet objectif sera mené à une échelle décroissante, de la Méditerranée vers le bassin Levantin et la côte libanaise.

Plus précisément, quatre objectifs structureront le travail. Le premier sera de construire une base environnementale harmonisée à l'échelle du bassin méditerranéen à partir de séries satellitaires et de produits dérivés, incluant notamment la température de surface, la chlorophylle, certains indicateurs bio-optiques, ainsi que des variables physiques complémentaires. Le deuxième sera de définir et comparer la distribution spatio-temporelle d'un ensemble d'espèces indigènes et exotiques, en intégrant non seulement les conditions moyennes mais aussi la saisonnalité, la variabilité et les anomalies. Le troisième sera d'évaluer le rôle des événements extrêmes, notamment thermiques, dans les processus d'établissement ou d'expansion. Le quatrième sera de projeter l'évolution future des habitats favorables sous changement climatique, afin d'identifier des zones refuges pour les espèces indigènes et des hotspots potentiels d'invasion.

b. Approche méthodologique

La thèse reposera sur le croisement de trois grands types de données : des données biologiques d'occurrence d'espèces, des variables environnementales issues de la télédétection et des outils de modélisation écologique. Les données biologiques seront compilées à partir de bases ouvertes, d'inventaires régionaux validés et de la littérature, avec une attention particulière portée à la qualité des occurrences, au géoréférencement, et à la date des observations. Ceci englobera des espèces pélagiques comme benthiques.

Les variables environnementales incluront des séries temporelles quotidiennes depuis 1997, prioritairement la température de surface, la chlorophylle-a et d'autres indicateurs satellitaires ou de modèle réanalysé (salinité, profondeur de la couche de mélange, etc.) décrivant l'état de surface de l'océan à une résolution spatiale de 300 m à 8 km. L'intérêt principal sera de dériver de ces séries des métriques dynamiques : moyennes saisonnières, amplitude annuelle, variabilité interannuelle, anomalies ou fréquence des extrêmes.

Sur le plan de la modélisation, une méthodologie sera élaborée dans le prolongement des travaux de Ben Rais Lasram et al. (2020), fondés sur une approche par filtres hiérarchiques, articulant modélisation des niches climatiques à grande échelle et prise en compte plus fine des contraintes d'habitat. Un point central du travail consistera à comparer les performances de modèles utilisant uniquement des variables moyennes à celles de modèles intégrant explicitement la variabilité temporelle, avec une quantification transparente des incertitudes dans chacun des cas. Le volet prospectif reposera enfin sur des scénarios climatiques ou des forçages environnementaux futurs adaptés à la Méditerranée, afin de cartographier les gains, pertes ou déplacements d'habitats favorables, et les changements autour des probabilités d'occurrence saisonnières et interannuelles.

Cette démarche s'inscrit directement dans la continuité des travaux de Ben Rais Lasram et al. (2010) et D'Amen et al. (2020), tout en y ajoutant une forte composante télédétection et variabilité temporelle.

c. Résultats attendus

Cette thèse devrait permettre, en premier lieu, de produire une base environnementale spatio-temporelle cohérente de la Méditerranée spécifiquement adaptée à l'étude des niches écologiques marines. Elle devrait ensuite identifier quelles variables et quelles échelles temporelles sont les plus pertinentes pour expliquer la distribution des espèces étudiées. L'un des résultats attendus est de mieux comprendre si les espèces exotiques sont associées à des niches plus larges, plus mobiles ou davantage liées aux environnements chauds, variables ou extrêmes que les espèces indigènes, comme le suggèrent déjà plusieurs travaux récents sur les invasions en Méditerranée (Parravicini et al., 2015 ; D'Amen et al., 2020).

Le projet devrait également fournir des cartes actuelles et futures d'habitats favorables, mettant en évidence les zones à risque d'invasion, les régions refuges pour certaines espèces natives et les secteurs les plus susceptibles de connaître des réorganisations écologiques rapides.

Au-delà de son intérêt scientifique, cette thèse pourra ainsi contribuer à la surveillance des espèces non indigènes, à l'aide à la gestion des aires marines protégées et à l'anticipation des effets conjoints du changement climatique et des invasions biologiques en Méditerranée. Ceci sera aussi fait à travers de la valorisation et la vulgarisation des résultats auprès des acteurs locaux, y compris les réserves naturelles de Tyr et de Tripoli, ainsi que des pêcheurs et des plongeurs locaux.

Références bibliographiques

- Badreddine, A. et al. (2021). "New Alien mediterranean Biodiversity Records" (March 2021). *Mediterranean Marine Science*, 22(1), 180-198.
- Ben Rais Lasram, F. et al. (2010). *The Mediterranean Sea as a "cul-de-sac" for endemic fishes facing climate change*. *Global Change Biology*.
- Ben Rais Lasram, F. et al. (2020), *An open-source framework to model present and future marine species distributions at local scale*, *Environmental Modelling & Software*.
- D'Amen, M. et al. (2020). *Lessepsian fish invasion in Mediterranean marine protected areas: a risk assessment under climate change scenarios*. *ICES Journal of Marine Science*.
- Galanidi, M. et al. (2023). *Validated Inventories of Non-Indigenous Species (NIS) for the Mediterranean Sea as tools for regional policy and patterns of NIS spread*. *Diversity*.
- Parravicini, V. et al. (2015). *Niche shift can impair the ability to predict invasion risk in the marine realm: an illustration using Mediterranean fish invaders*. *Ecology Letters*.
- Sammartino, M. et al. (2022). *Retrieving Mediterranean Sea Surface Salinity Distribution and Interannual Trends from Multi-Sensor Satellite and In Situ Data*. *Remote Sensing*.

d. Cadre d'encadrement de la thèse

Cette thèse en cotutelle reposera sur un encadrement pluridisciplinaire associant écologie marine, télédétection et modélisation écologique, avec une complémentarité forte entre UL et l'ULCO.

Côté libanais, l'encadrement sera assuré par **Hussein Abou-Hamdan** (Professeur à l'Université libanaise), pour l'ancrage académique local et les questions d'écologie marine, par **Ali Badreddine**, spécialiste de biodiversité marine, espèce indigène et exotique de la méditerranée, et président de la Réserve naturelle de Tyr, pour la connaissance des écosystèmes côtiers levantins et des enjeux de conservation, ainsi que par **Ghaleb Faour**, directeur du Centre national de télédétection du CNRS-Liban, pour l'expertise en télédétection, cartographie et analyse spatiale.

Côté ULCO, l'encadrement reposera sur **Roy El Hourany**, spécialiste en télédétection marine et biologie marine, qui assurera le pilotage du volet satellitaire et l'intégration des séries environnementales, sur **Lucile Duforêt**, pour les aspects de télédétection bio-optique et de caractérisation des variables océaniques, sur **Frida Ben Rais Lasram**, pour la modélisation des niches écologiques et les questions liées aux invasions biologiques en Méditerranée, et sur **Grégory Beaugrand**, pour l'approche théorique et macroécologique des effets du changement climatique sur la biodiversité marine.

Cet encadrement conjoint offrira un cadre scientifique solide, allant de l'analyse des variables environnementales à l'interprétation écologique des distributions d'espèces et à la projection de leurs habitats futurs, avec un fort lien entre recherche fondamentale, observation environnementale et enjeux de gestion des écosystèmes côtiers méditerranéens.

e. Calendrier Prévisionnel

Tâches / Périodes	S1 Sep 26– Feb 27	S2 Mar 27– Aug 27	S3 Sep 27– Feb 28	S4 Mar 28– Aug 28	S5 Sep 28– Feb 29	S6 Mar 29– Aug 29
	ULCO	UL	ULCO	UL	ULCO	UL
Revue bibliographique et cadrage scientifique	■	■				
Définition des hypothèses et du plan de travail	■	■				
Collecte / harmonisation des données biologiques	■	■	■			
Collecte / prétraitement des données satellitaires	■	■	■			
Construction de la base environnementale spatio-temporelle		■	■	■		
Choix des espèces cibles et stratégie d'analyse	■	■	■			
Développement des indicateurs dynamiques (saisonnalité, anomalies, extrêmes)		■	■	■		
Premières analyses exploratoires		■	■			
Développement des modèles de distribution spatiale			■	■	■	
Analyse du rôle des extrêmes climatiques			■	■	■	
Projections futures sous scénarios climatiques				■	■	■
Validation / sensibilité / incertitudes				■	■	■
Rédaction du manuscrit de thèse					■	■
Finalisation, dépôt et soutenance						■

f. Financement pour environner la thèse : ANR CPJ 2022-2028 ; Projet Fondation BNP Paribas PHYTOSCOPE 2026-2029