

Proposition de sujet de thèse pour l'Institut de l'Océan

• **Titre de la thèse : Enjeux de la connectivité écologique par transport larvaire pour l'implantation d'éoliennes offshore en Méditerranée nord-occidentale : cartographie et impacts sur la conservation de la biodiversité**

Contexte et problématique

La Méditerranée nord-occidentale est une région riche en biodiversité marine, abritant des écosystèmes sensibles (Coll et al. 2010). Le développement de l'énergie éolienne offshore dans cette région représente une opportunité pour la transition énergétique, mais il soulève des défis majeurs en matière de connectivité écologique.

Au-delà de la perturbation des corridors migratoires des oiseaux et des mammifères marins (Danovaro et al. 2024), l'installation d'éoliennes offshore modifie les habitats marins en introduisant des structures dures sur des fonds meubles. Ces nouvelles infrastructures peuvent jouer un rôle de relais écologiques ('stepping stone') facilitant la connectivité de populations aujourd'hui peu connectées, un phénomène déjà observé autour des plateformes pétrolières (Tidbury et al. 2020). L'urbanisation du milieu marin, par cet effet de reconfiguration de l'agencement des habitats, influence ainsi directement la connectivité des populations et la distribution des espèces (Bishop et al. 2017).

En Mer du Nord, les plateformes pétrolières au large ont favorisé l'expansion de *Lophelia pertusa*, un corail d'eau froide, remettant en question - *a posteriori* - leur démantèlement au profit d'une reconversion en récifs artificiels (Bergmark and Jørgensen, 2014). En Méditerranée, *Paramuricea clavata* (la gorgone pourpre), une espèce clé des écosystèmes coralligènes et cible des aires marines protégées (AMP) côtières, colonise fréquemment des épaves en haute mer, illustrant son potentiel d'adaptation à des habitats artificiels (Aurelle et al. 2020). Ces nouveaux habitats offshore pourraient donc, dans un contexte de changement climatique, constituer des refuges climatiques et/ou des corridors de dispersion vers des habitats naturels en haute mer.

A l'inverse, cette urbanisation du milieu marin pourrait également favoriser la dispersion d'espèces opportunistes, voire non indigènes et en phase d'expansion dans un contexte de changement climatique, accélérant des dynamiques écologiques imprévisibles. Il est donc essentiel d'établir des cartes de connectivité tenant compte de ces nouveaux habitats et de croiser ces données avec l'évolution des niches écologiques des espèces fixées de substrats durs en Méditerranée Occidentale sous l'effet du changement climatique.

Dans un contexte où l'extension des zones de protection forte est une priorité pour la conservation de la biodiversité marine, il est crucial d'évaluer les impacts de l'implantation d'éoliennes offshore sur la connectivité écologique et d'intégrer ces connaissances aux stratégies de gestion. Ce sujet de doctorat vise ainsi à explorer ces enjeux en lien avec les politiques de conservation la biodiversité en cours d'élaboration.

Objectifs scientifiques (OS)

OS1 : Etablir une cartographie de la connectivité entre les habitats durs côtiers, ceux du large et les zones potentielles d'implantation éoliennes dans le climat actuel et futur. Des simulations numériques de dispersion larvaire seront réalisées en faisant varier les traits larvaires (période de ponte x durée de dispersion larvaire x flottabilité des larves) afin d'identifier les combinaisons permettant des connexions entre ces habitats.

OS2 : Cartographier la niche écologique potentielle de *Paramuricea clavata*, espèce sensible au changement climatique et cible de la conservation, ainsi que de *Sabella spallanzanii*, espèce opportuniste caractéristique des récifs artificiels en Méditerranée, dans le climat actuel et futur dans les zones d'éoliennes et les habitats durs au large.

OS3 : Développer une méthode d'intégration de boucles multi-sites de connectivité dans l'outil de planification spatiale marine Marxan

OS4 : Tester l'outil de planification spatiale marine intégrant la connectivité multi-sites pour la conservation de *Paramuricea clavata* en Méditerranée Nord-Occidentale

Les simulations de dispersion larvaire et de niche écologique potentielle s'appuieront sur des simulations de la circulation côtière à haute résolution (<500 m, de la mer Ligure à la côte catalane) produits dans le cadre du projet ANR POPNCO pour les périodes 2000-2019 et 2080-2099, en utilisant une descente d'échelle des modèles régionaux réanalysés pour les conditions actuelles et de climat (actuel et futur) de Météo-France.

Impacts attendus

- Une évaluation des impacts combinés du changement climatique et de l'urbanisation marine sur la connectivité et la distribution des espèces benthiques en Méditerranée.
- Le développement d'un démonstrateur de planification spatiale marine intégrant la connectivité par dispersion larvaire, permettant un dialogue éclairé entre experts en écologie marine, gestionnaires d'aires marines protégées et acteurs industriels sur les enjeux écologiques liés à l'implantation d'éoliennes offshore.
- Des recommandations pour renforcer le cadre réglementaire et la gouvernance des projets éoliens offshore en Méditerranée.

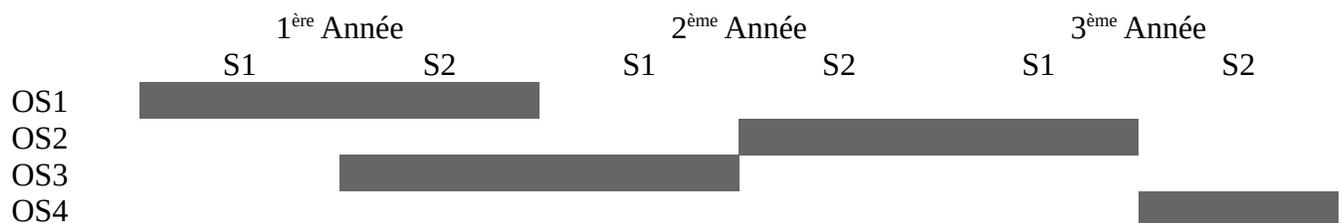
Adéquation avec la politique de l'Institut de l'Océan

Ce projet de recherche apportera une contribution originale en combinant écologie marine, ingénierie offshore et planification spatiale pour répondre aux défis de la transition énergétique tout en préservant la biodiversité. Les résultats auront une applicabilité directe pour les décideurs politiques, les industriels et les gestionnaires de l'environnement, en fournissant des solutions concrètes pour un développement durable de l'énergie éolienne offshore en Méditerranée.

Profil du candidat

Master en sciences marines, avec une solide connaissance des processus écologiques liés à la connectivité des populations et à l'océanographie, ainsi que des compétences en analyse de données et modélisation.

Calendrier de thèse



Bibliographie

- Aurelle, D., Tariel, J., Zuberer, F., Haguénauer A., et al. (2020) Genetic insights into recolonization processes of Mediterranean octocorals. *Marine Biology* 167 (6), pp.73.
- Bergmark, P., Jørgensen, D. (2014). *Lophelia pertusa* conservation in the North Sea using obsolete offshore structures as artificial reefs. *Marine Ecology Progress Series*, 516, 275–280.
- Bishop, M. J., Mayer-Pinto, M., Airoidi, L., et al. (2017). Effects of ocean sprawl on ecological connectivity: Impacts and solutions. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 492, 7–30.
- Coll M., Piroddi C., Steenbeek J., Kaschner K., Ben Rais Lasram F., et al., (2010) The biodiversity of the Mediterranean Sea: estimates, patterns, and threats, *PloS One* 5 (8) e11842.
- Danovaro, R. Bianchelli, S., Brambilla, P., Brussa, G., et al. (2024) Making eco-sustainable floating offshore wind farms: Siting, mitigations, and compensations, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 197 : 114386,
- Tidbury H, Taylor N, van der Molen J, et al. (2020) Social network analysis as a tool for marine spatial planning: Impacts of decommissioning on connectivity in the North Sea. *J Appl Ecol.* 57:566–577. h