

ECOLE DOCTORALE DES SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT
D'ILE DE France N° 129
Proposition de sujet de thèse pour la rentrée 2024

Nom du Laboratoire d'accueil : Laboratoire Océanographique de Villefranche

UMR : 7093

Nom du Directeur du laboratoire : Frederic Gazeau

Adresse complète du laboratoire : 181 chemin du Lazaret, 06234-Villefranche/Mer

Nom de l'Equipe d'accueil et adresse si différente de celle du laboratoire : OMTAB

Nom du Directeur de thèse **HDR** : Laurent Coppola

Téléphone : 0627830420

Mail : laurent.coppola@imev-mer.fr

Nom du co-directeur de thèse **HDR** :

Téléphone :

Mail :

OU

Nom du co-encadrant **non HDR** : Raphaëlle Sauzède

Téléphone :

Mail : raphaelle.sauzede@imev-mer.fr

• Titre de la thèse en Français :

Dynamique spatio-temporelle des zones de sources et puits de CO₂ dans les zones côtières basée sur un réseau de neurones

• Titre de la thèse en Anglais :

Spatio-temporal dynamics of CO₂ source and sink zones in coastal areas based on neural network approach

• Résumé Sujet en Français (1 page maximum) :

Les zones côtières influencées par les rivières (RiOMar) hébergent des écosystèmes fragiles essentiels à la société, mais sont menacées par l'intervention humaine, entraînant des problèmes tels que l'eutrophisation et la pollution des eaux côtières. Ces altérations combinées aux effets du changement climatique et aux événements extrêmes ont déjà considérablement détérioré les écosystèmes côtiers, réduisant les services qu'ils fournissent.

Dans ce contexte, le projet PPR RIOMAR (2023-2028) vise à étudier ces écosystèmes marins des zones côtières influencées par les fleuves en utilisant des observatoires améliorés, combinant des capteurs innovants et des technologies spatiales, ainsi que des outils numériques avancés et des simulations. L'objectif est d'anticiper les impacts sur la qualité des eaux côtières et le fonctionnement des écosystèmes marins au cours du 21^e siècle. Les simulations prendront en compte les contraintes climatiques et anthropiques sur trois périodes distinctes (passé, présent, futur), et les résultats contribueront à définir des indicateurs en collaboration avec les gestionnaires de l'environnement.

Pour cela, des modèles numériques côtiers à très haute résolution seront développés pour les périodes passées (2000-2020) et actuelles (2022-2024), intégrant l'hydrodynamique, la biogéochimie (nutriments, O₂, CO₂-pH), ainsi que les observations in situ et par satellites. Une fois validés, ces modèles fourniront des simulations à moyen terme (2030-2050) et à long terme (2080-2100). En outre, des approches d'apprentissage profond telles que les réseaux de neurones seront utilisées pour prédire des variables clés difficiles à mesurer à haute résolution et haute fréquence (comme pCO₂, pH) à partir de variables plus facilement observables par les observations in situ (température, salinité, O₂).

Le principal objectif de cette thèse sera de comprendre l'évolution des variables du système des carbonates, notamment les flux air-mer de CO₂, dans ces zones côtières sous l'influence des fleuves, face au changement climatique et aux événements extrêmes. Cette thèse visera à développer des modèles de réseaux de neurones pour l'océan côtier le long des trois façades françaises (Golfe du Lion, Golfe de Gascogne et Manche), afin de prédire des variables biogéochimiques essentielles, en particulier celles liées au système des carbonates. Pour cela, une compilation des données physiques (température, salinité) et biogéochimiques (O₂, AT-CT, pH, pCO₂, Chla) disponibles sur les trois façades sera nécessaire pour l'apprentissage et la validation des réseaux de neurones. Les données prédites seront ensuite utilisées pour contraindre et valider les modèles régionaux existants. Dans un deuxième temps, cette recherche se concentrera sur les scénarios futurs proposés par le projet, en testant l'utilisation de simulations de modèles comme entrée dans les réseaux de neurones tout en tenant compte de la propagation des erreurs. Ce couplage entre les simulations et les outils d'IA permettra de produire des indicateurs climatiques et de santé de l'écosystème côtier, et préparera l'utilisation de l'IA pour réduire statistiquement les informations des modèles à faible résolution à l'échelle côtière, multipliant ainsi les scénarios climatiques et socio-économiques à faible coût.

• **Résumé Sujet en Anglais (1 page maximum) :**

Coastal areas influenced by rivers (RiOMar) host fragile ecosystems essential to society but are threatened by human intervention, leading to issues such as eutrophication and coastal water pollution. These alterations, combined with the effects of climate change and extreme events, have already significantly degraded coastal ecosystems, reducing the services they provide.

In this context, the RiOMAR project (2023-2028) aims to study these marine ecosystems in river-influenced coastal zones using enhanced observatories, combining innovative sensors and spatial technologies, as well as advanced digital tools and simulations. The objective is to anticipate impacts on coastal water quality and marine ecosystem functioning throughout the 21st century. The simulations will consider climatic and anthropogenic constraints over three distinct periods (past, present, future), and the results will contribute to defining indicators in collaboration with environmental managers.

To achieve this, very high-resolution coastal numerical models will be developed for past periods (2000-2020) and current (2022-2024), integrating hydrodynamics, biogeochemistry (nutrients, O₂, CO₂-pH), as well as in situ and satellite observations. Once validated, these models will provide medium-term (2030-2050) and long-term (2080-2100) simulations. Additionally, deep learning approaches such as neural networks will be used to predict key variables that are difficult to measure at high resolution and frequency (such as pCO₂, pH) from variables more easily observable by in situ observations (temperature, salinity, O₂).

The main objective of this thesis will be to understand the evolution of carbonate system variables, notably air-sea CO₂ fluxes, in these river-influenced coastal zones, in the face of climate change and extreme events. This thesis will aim to develop neural network models for the coastal ocean along the three French coastlines (Gulf of Lion, Bay of Biscay, and English Channel), to predict essential biogeochemical variables, particularly those related to the carbonate system. For this, a compilation of physical (temperature, salinity) and biogeochemical (O₂, AT-CT, pH, pCO₂, Chl_a) data available on the three coastlines will be necessary for the training and validation of neural networks. The predicted data will then be used to constrain and validate existing regional models. Secondly, this research will focus on future scenarios proposed by the project, testing the use of model simulations as input into neural networks while accounting for error propagation. This coupling between simulations and AI tools will produce climate and coastal ecosystem health indicators, and will prepare for the use of AI to statistically downscale low-resolution model information to the coastal scale, thereby multiplying low-cost climate and socio-economic scenarios.

• **Type de financement autre que ED 129, précisez si envisageable ou acquis (CNES, CEA, ADEME etc...) :**
PPR RIOMAR déjà acquis (100%)

• **Encadrement :**
L.Coppola (Sorbonne Université, LOV)
laurent.coppola@imev-mer.fr