

**ECOLE DOCTORALE DES SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT  
D'ILE DE France N° 129**

**Proposition de sujet de thèse pour la rentrée 2023**

Nom du Laboratoire d'accueil : LOCEAN

N° UMR : 7159

Nom du Directeur du laboratoire : J.-B. Charrassin

Adresse complète du laboratoire : 4 place Jussieu, 75005 Paris

Nom de l'Equipe d'accueil et adresse si différente de celle du laboratoire : PROTEO/NEMO R&D (même adresse)

Nom du Directeur de thèse **HDR** :

Sakina-Dorothee Ayata (équipe PROTEO)

Mail : sakina-dorothee.ayata@locean.ipsl.fr

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

Olivier Aumont (équipe NEMO R&D)

Mail : olivier.aumont@ird.fr

• **Titre de la thèse en Français :**

Modélisation des stratégies d'alimentation du mésozooplancton marin à l'échelle globale via une approche basée sur les traits fonctionnels

• **Titre de la thèse en Anglais :**

Trait-based modeling of marine mesozooplankton feeding strategies at the global-scale

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

Financement acquis à travers le projet ANR TRAITZOO:

[http://www.normalesup.org/~ayata/ANR\\_traitzoo.html](http://www.normalesup.org/~ayata/ANR_traitzoo.html)

• **Encadrement :**

. **Liste des autres doctorants que vous encadrez ou co-encadrez au 1<sup>er</sup> janvier 2023**

- SD Ayata : co-encadrement à 50% de Laure Vilgrain, co-tutelle entre Sorbonne Université et l'Université Laval au Canada, financement canadien. Soutenance prévue le 13 juin 2023.

- SD Ayata : co-encadrement à 50% de Margaux Perhirin, LOCEAN, Sorbonne Université, financement SU-ISCD. Soutenance prévue en septembre 2025.

- O Aumont : co-encadrement à 25% de Margaux Perhirin, LOCEAN, Sorbonne Université, financement SU-ISCD. Soutenance prévue en septembre 2025.

- **Résumé Sujet en Français (1 page maximum) :**

Les organismes planctoniques marins représentent une composante essentielle de la biodiversité globale et jouent des rôles critiques dans le fonctionnement des écosystèmes. Cela est particulièrement vrai pour le mésozooplancton, des organismes planctoniques hétérotrophes dont la taille varie de 200 à 2000  $\mu\text{m}$ . Bien qu'ils aient été traditionnellement étudiés via leur taxonomie, les approches par traits fonctionnels présentent de vraies opportunités pour mieux caractériser les liens entre la biodiversité et le fonctionnement des écosystèmes marins. Les traits fonctionnels sont les caractéristiques individuelles de chaque organisme (par ex., la taille, la stratégie de reproduction, les niches thermiques, etc.) qui contrôlent leur fitness ainsi que leurs impacts sur le fonctionnement des écosystèmes. Au cours des deux dernières décennies, de nouvelles technologies d'imagerie in situ ont vu le jour. Elles constituent des méthodes prometteuses pour estimer les traits fonctionnels des organismes planctoniques à l'échelle individuelle. C'est dans ce contexte que s'inscrit la thèse et plus largement le projet ANR TRAITZOO.

Le principal objectif de la thèse sera d'implémenter, dans le modèle biogéochimique NEMO-PISCES, la prise en compte de certains traits fonctionnels. Le mode de prédation constitue un trait essentiel du zooplancton, résultant d'un compromis entre l'acquisition de nourriture et les risques de prédation. La représentation de ce trait dans NEMO-PISCES sera la priorité de cette thèse. Le modèle développé permettra ensuite de réaliser des simulations à l'échelle globale, de confronter les prédictions obtenues avec celles issues de modèles statistiques, et d'estimer l'impact de la prise en compte des stratégies trophiques du mésozooplancton sur les flux de carbone et de nutriments. Cette thèse permettra ainsi d'apporter des informations précieuses pour la compréhension du fonctionnement des écosystèmes marins et plus largement le rôle du mésozooplancton dans les océans globaux. D'autres traits pourront également être étudiés, tels que la température optimale de croissance.

Ce projet s'inscrit dans le cadre du [projet ANR TRAITZOO](#) piloté par SD Ayata (2023-2026) et contribuera au développement du modèle biogéochimique NEMO-PISCES piloté par O Aumont.

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

Marine planktonic organisms represent an essential component of global biodiversity and play critical roles in ecosystem functioning. This is particularly true for mesozooplankton, heterotrophic planktonic organisms ranging in size from 200 to 2000  $\mu\text{m}$ . Although they have traditionally been studied via their taxonomy, functional trait approaches present real opportunities to better characterize the links between biodiversity and marine ecosystem functioning. Functional traits are the individual characteristics of an organism (e.g., size, reproductive strategy, thermal niches, etc.) that control its fitness as well as its impacts on ecosystem functioning. Over the past two decades, new in situ imaging technologies have

emerged. They are promising methods to estimate functional traits of planktonic organisms at the individual scale. It is in this context that the thesis and more broadly the ANR TRAITZOO project is situated.

The main objective of the thesis will be to implement, in the biogeochemical model NEMO-PISCES, the representation of some functional traits. The predation mode is an essential trait of zooplankton, resulting from a trade-off between food acquisition, metabolic cost and predation risk. The implementation of this trait in NEMO-PISCES will be the priority of this thesis. The developed model will then be studied in global scale simulations, to compare the obtained predictions with those from statistical models, and to estimate the impact of taking into account the trophic strategies of mesozooplankton on carbon and nutrient fluxes. This thesis will thus provide valuable information for the understanding of the functioning of marine ecosystems and more broadly the role of mesozooplankton in the global ocean. Other traits can also be studied, such as the optimal temperature of growth

This project is part of the [ANR project TRAITZOO](#) led by SD Ayata (2023-2026) and will contribute to the development of the biogeochemical model NEMO-PISCES led by O Aumont.

## Detailed PhD project description

### Context:

Marine zooplankton are small heterotrophic planktonic organisms that constitute a taxonomically and morphologically diverse group (Steinberg & Landry, 2017). Among these organisms, mesozooplankton (MZP) are a group of multicellular organisms whose size ranges from 200  $\mu\text{m}$  to 2 mm. This group feeds on a wide diversity of prey (phytoplankton, detritus, bacteria, zooplankton, mesozooplankton). They play a pivotal role in marine ecosystems by controlling the amount of energy that is transferred from primary producers to higher trophic levels. They are also key players in marine biogeochemical cycles as they convert the organic matter they ingest into dissolved organic matter and nutrients that can be recycled on the one hand and into large fecal pellets that sink rapidly into the water column on the other hand.

Feeding behavior is an essential trait of mesozooplankton as it controls the amount of food the organism can obtain from its environment to cover its needs. Yet, feeding behavior has implications for other functions such as predation risk, energetic losses and mate finding. One may consider that the selection of a feeding behavior maximizes the individual fitness defined by one or several trade-offs between gains (food intake, reproductive success, ...) and costs (metabolic cost, predation risk, ...) (Kiørboe, 2011). Trait-based approaches (Martini et al. 2022) provide a theoretical and conceptual framework for deciphering the link between

functional diversity and marine ecosystem functioning, which can be used to develop trait-based models.

### **Objectives:**

The general objective of this internship is to develop a trait-based approach to describe the diversity of mesozooplankton feeding behaviors. This approach will then be embedded into a global biogeochemical model (the PISCES model; Aumont et al. 2015) in order to assess the impacts of the diversity of feeding behaviors on mesozooplankton biomass, ecosystem dynamics and biogeochemical cycles.

1. Objective #1: Develop a trait-based modeling framework for mesozooplankton feeding behavior.
2. Objective #2: Embed this framework into the global biogeochemical model PISCES.
3. Objective #3: Evaluate the impacts of diversity in feeding behaviors on mesozooplankton biomass and biogeochemical cycles.

### **Methods:**

The PhD candidate will use the PISCES biogeochemical model (Aumont et al., 2015), which is an intermediate-complexity model of planktonic ecosystems and major marine biogeochemical cycles. The student will modify the current description of mesozooplankton (which is based on a single generic community with a single generic feeding behavior) and perform global scale simulations on supercomputers. The results of these simulations will then be analyzed and compared to available observations using multivariate statistics.

### **Resources available:**

This position will be based at the Laboratoire d'Océanographie et du Climat: Expérimentations et Approches Numériques (LOCEAN; <https://www.locean.ipsl.fr/>) in Paris. The candidate will be provided with a desktop using a linux environment. She/he will integrate the NEMO R&D research team, a multidisciplinary team of physical and biogeochemical modelers. There, she/he will be supervised by Dr. Sakina-Dorothee Ayata, marine ecologist at the LOCEAN in the PROTEO team, and co-supervised by Dr. Olivier Aumont, a biogeochemical oceanographer who has a long expertise in modeling. The candidate will also closely interact with Renaud Person, Engineer in the NEMO R&D team.

### **Required skills:**

We are looking for an enthusiastic candidate with at least an intermediate-level in programming (Python and possibly FORTRAN) as model development and data analyses are essential aspects of this internship. Good writing and communication skills are also expected, including in English.

### **National and international collaborations:**

As part of the ANR project TRAITZOO ([http://www.normalesup.org/~ayata/ANR\\_traitzoo.html](http://www.normalesup.org/~ayata/ANR_traitzoo.html)) led by SD Ayata, the PhD candidate will interact closely with the colleagues involved in the project at the LOG (Laboratoire d'Océanographie et de Géosciences), the LOV (Laboratoire d'Océanographie de Villefranche-sur-Mer), the LaMME (Laboratoire de Mathématiques et Modélisation d'Évry), the SEPIA (Service d'Étude des Prions et des Infections Atypiques), in France, The International Research Laboratory Takuvik in Canada, the AWI (Alfred Wegener Institute) in Germany, and the BIOS (Bermuda Institute of Ocean Sciences) in Bermuda. The PhD student will also benefit from the PISCO network led by O. Aumont.

### **How to apply?**

Interested candidates should send an email to Olivier Aumont ([olivier.aumont@ird.fr](mailto:olivier.aumont@ird.fr)) and Sakina-Dorothee Ayata ([sakina-dorothee.ayata@locean.ipsl.fr](mailto:sakina-dorothee.ayata@locean.ipsl.fr)) with the subject line: “**PhD TRAITZOO**”, and include the following:

- Cover letter of 1 page presenting a brief summary of the candidate's academic experiences (both classes and internships) and explaining her/his motivation for this thesis.
- A detailed Curriculum vitae, including the list of the main classes followed for each academic year and academic skills, including detailed numerical skills. The names and emails of the supervisors of any previous internship should also be indicated.
- A copy of the grades obtained in the first and second years of Master.

### **Related references:**

- Aumont, et al. (2015) PISCES-v2: an ocean biogeochemical model for carbon and ecosystem studies, *Geosci. Model Dev.*, 8, 2465–2513, <https://doi.org/10.5194/gmd-8-2465-2015>
- Kjørboe (2011) How zooplankton feed: mechanisms, traits and trade-offs. *Biol. Rev.*, 86, 311-339. <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.2010.00148.x>
- Martini et al. (2021) Functional trait-based approaches as a common framework for aquatic ecologists, *Limnol. Oceanogr.* 66: 965-994. <https://doi.org/10.1002/lno.11655>
- Steinberg & Landry (2017) Zooplankton and the Ocean Carbon Cycle, *Annu. Rev. Mar. Sci.*, 9:1, 413-444 <https://doi.org/10.1146/annurev-marine-010814-015924>