

Lieu du stage : IUEM (LEMAR/LOPS), Technopole Brest Iroise, 29280 Plouzané

Contact : Laurent Memery, LEMAR (laurent.memery@univ-brest.fr)

Co encadrement: Jonathan Gula, LOPS (Jonathan.gula@univ-brest.fr) ; Théo Picard, LEMAR/LOPS (theo.picard@univ-brest.fr); Hervé Claustre, LOV/, Villefranche (herve.claustre@imev-mer.fr)

Durée : 6 mois en 2024

Sujet : Fronts et maxima de chlorophylle profond : impact sur la production et l'export de carbone.

L'augmentation de la résolution des modèles et des observations spatiales a révélé la prévalence de structures tourbillonnaires et frontales sur tout l'océan mondial (Chelton *et al.*, 2011). Ces structures sont responsables du transport de chaleur et de masse, ainsi que de traceurs et d'éléments biogènes sur de grandes distances. Elles induisent aussi des modifications des caractéristiques des masses d'eau et contrôlent les flux de production primaire et d'export de carbone (Lévy *et al.*, 2015). En particulier, les vitesses verticales agéostrophiques associées aux structures frontales océaniques peuvent induire un transport de nutriments vers la surface de l'océan (Freilich & Mahadevan, 2019). La production primaire étant limitée par les nutriments en périodes stratifiées (plus spécifiquement en été), par fertilisation verticale localisée, ces processus physiques de petites échelles seraient responsables d'une stimulation de la production de matière organique (Pompe Biologique de Carbone) dans les régimes oligotrophes, peu productifs. Par ailleurs, ces régimes sont caractérisés par un maximum de chlorophylle de subsurface (Deep Chlorophyll Maximum : DCM), entre la surface dépourvue en nutriments, et la profondeur, non éclairée. Jusqu'à récemment, le rôle de ce DCM dans les flux de production et d'export de carbone a été sous-estimé : il n'est en effet pas observé par l'imagerie satellitaire, et il est supposé être le siège avant tout d'une production régénérée, ayant un impact très faible sur l'export de carbone. Ces dernières années, le déploiement toujours accru de flotteurs profileurs autonomes ARGO, instrumentés de capteurs optiques, remet en question ce postulat d'une manière robuste, l'intensité de l'export de carbone résultant du DCM étant fortement sous estimée (Cornec *et al.*, 2021). Par ailleurs, cette instrumentation permet aussi de mieux décrire et comprendre les processus biophysiques régulant les flux de carbone au niveau des fronts (McKee, *et al.*, 2023).

C'est dans ce contexte scientifique que le stage se positionne. L'objectif général du travail est de quantifier l'impact relatif des structures frontales et du DCM sur les flux de production et d'export de carbone dans des régimes oligotrophes, que ce soit en été dans le gyre subpolaire, ou sur l'année dans le gyre subtropical. L'approche envisagée est basée sur la modélisation de deux régions contrastées de l'Atlantique Nord. Pour ce faire, un modèle simplifié biogéochimique (NPZD : Nutriments, Phytoplancton, Zooplancton, Détritiques) est intégré à un modèle de circulation générale CROCO. Forcée aux frontières par les sorties d'un modèle couvrant tout l'Atlantique Nord, une simulation de deux années à très haute résolution (< 1 km) sera disponible pour effectuer les analyses pertinentes. Sur la base de paramètres physiques (vorticité, strain, vitesses verticales, stratification, etc..) et biologiques (DCM, Chlorophylle de surface, nitracline, etc..), les différents régimes de production seront diagnostiqués (en particulier les zones frontales vs. les zones avec DCM) et les processus associés décrits. La part relative des différents régimes sera quantifiée. Ce stage se situe à la frontière entre la dynamique des fluides et la biogéochimie marine. Tous les outils/logiciels et les sorties de simulations numériques sont disponibles dans les laboratoires d'accueil. La programmation se fera en Python.

Chelton, D. B. *et al.*, 2011: Global observations of nonlinear mesoscale eddies. *Progress in Oceanography*, 91, 167-216 ; **Cornec**, M., *et al.*, Deep Chlorophyll Maxima in the Global Ocean: Occurrences, Drivers and Characteristics, *Glob. Biogeochem. Cycles*, <https://doi.org/10.1029/2020GB006759>, 2021; **Freilich**, M., and A. Mahadevan, Decomposition of Vertical Velocity for Nutrient Transport in the Upper Ocean, *J. Phys. Oceanogr.*, 49, 1561-1575, 2019, **Lévy**, M. *et al.*, 2015: The dynamical landscape of marine phytoplankton diversity. *Journal of the Royal Society Interface*, 12; **McKee**, D. C. *et al.*, Biophysical Dynamics at Ocean Fronts Revealed by Bio-Argo, Floats *J. Geophys. Res. Oceans*, <https://doi.org/10.1029/2022JC019226>, 2023