

Sujet de stage de M2 : Estimation de l'impact d'impulsions environnementales sur la dynamique spatio-temporelle du phytoplancton

Encadrants

Soubeyrand Samuel (DR1, HDR)
Biostatistique et Processus Spatiaux (BioSP)
UR514, INRAE, 84914 Avignon
samuel.soubeyrand@inrae.fr
<https://samuel.biosp.org>

Thyssen Melilotus (CR)
Institut Méditerranéen d'Océanologie (MIO)
UMR 7492 CNRS, 13288, Luminy, Marseille
melilotus.thyssen@mio.osupytheas.fr
<https://www.mio.osupytheas.fr/en/directory/melilotus-thyssen/>

Descriptif

Les événements environnementaux extrêmes sont souvent limités à de petites fenêtres spatio-temporelles mais peuvent avoir des impacts étalés dans le temps et l'espace sur des dynamiques ou phénomènes environnementaux, biologiques ou socio-économiques. C'est notamment le cas pour la dynamique du phytoplancton, qui joue un rôle fondamental dans l'océan par sa capacité à transformer la matière minérale en matière organique accessible au réseau trophique (cette particularité liée à la photosynthèse place le phytoplancton au premier niveau de la pompe biologique du carbone permettant le stockage à long terme du carbone atmosphérique). Quelques études basées sur des analyses exploratoires de données collectées in situ ont en effet mis en évidence que des tempêtes post-hivernales, le passage de cyclones, voire même des coups de vents intenses créent des conditions propices à une croissance significative de populations de phytoplanctons, du fait d'un mélange approfondi de la colonne d'eau diluant les prédateurs et apportant des nutriments (Lomas et al., 2009 ; Barrillon et al., 2023 ; Fuchs et al., 2023).

L'objectif du stage est de proposer un modèle de régression spatio-temporel incluant un processus gaussien latent, et de mettre en œuvre l'estimation des paramètres et du processus latent, par exemple via l'approche INLA (Opitz, 2017), pour estimer l'impact d'impulsions environnementales (typiquement les vents intenses) sur la dynamique spatio-temporelle du phytoplancton. L'estimation sera réalisée à partir de données météorologiques incluant les mesures de vent, et des données collectées le long de trajectoires de navires dans l'espace-temps. Les densités de populations de phytoplanctons sont en effet mesurées en mer à l'aide d'un cytomètre en flux installé à bord de navires scientifiques, qui permet d'avoir des données quasi-continues en espace et en temps le long des trajectoires suivies par les navires. Deux jeux de données inédits de par la qualité, la résolution et la quantité des données pourront être mobilisés pour le stage : le premier couvrant la Méditerranée Occidentale, le second la partie des océans Indien et Austral entre la Réunion et la Terre Adélie. L'enjeu est, dans l'inférence, de tenir compte de l'auto-corrélation dans les données et des effets retard entre l'impulsion environnementale et la croissance du phytoplancton. Sur son versant océanographique, le stage permettra de quantifier le rôle des coups de vents intenses dans les zones oligotrophes et reculées considérées, sur les abondances et la production du pico-nanophytoplancton ($< 20\mu\text{m}$), afin d'estimer le rôle de ces tempêtes ponctuelles mais régulières sur la production primaire déclenchée par les plus petites cellules du phytoplancton, en dehors des périodes classiques du bloom phytoplanctonique. Déterminer le rôle des coups de vents permettra de prédire de manière plus réaliste le bilan global de la production du pico-nanophytoplancton, et incidemment du stockage du carbone atmosphérique.

Ces travaux pourraient être étendus, après le stage, dans le cadre d'une thèse où il s'agirait de développer une vision plus mécaniste du lien entre un processus d'impulsions localisées en temps et en espace sur une dynamique de population à grande échelle. Cette perspective passerait possiblement par la construction d'un modèle stochastique spatio-temporel fondé sur des hypothèses écologiques, le développement d'une approche d'inférence et de prédiction adaptée au modèle et aux données, et l'établissement de résultats généraux sur la croissance de la population pour différentes hypothèses portant sur le processus d'impulsions (via une étude numérique ou via une analyse mathématique d'une version simplifiée du modèle). Le doctorant ou la doctorante pourrait éventuellement participer à une campagne de collectes de données à bord d'un navire scientifique.

Références

- Barrillon S., ... & Thyssen M. (2023). Phytoplankton reaction to an intense storm in the north-western Mediterranean Sea. *Biogeosciences*, 20(1), 141-161. <https://doi.org/10.5194/bg-20-141-2023>
- Fuchs R., ... & Thyssen M. (2023). Intermittent Upwelling Events Trigger Delayed, Major, and Reproducible Pico-Nanophytoplankton Responses in Coastal Oligotrophic Waters. *Geophysical Research Letters*, 50(5), e2022GL102651. <https://doi.org/10.1029/2022GL102651>
- Jentsch, A., & White, P. (2019). A theory of pulse dynamics and disturbance in ecology. *Ecology*, 100, e02734. <https://doi.org/10.1002/ecy.2734>
- Kuttippurath, J., Sunanda, N., Martin, M.V. et al. (2021) Tropical storms trigger phytoplankton blooms in the deserts of north Indian Ocean. *npj Clim Atmos Sci* 4, 11. <https://doi.org/10.1038/s41612-021-00166-x>
- Lomas M.W. et al. (2009). Biogeochemical responses to late-winter storms in the Sargasso Sea. IV. Rapid succession of major phytoplankton groups. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 56(6), 892-908. <https://doi.org/10.1016/j.dsr.2009.03.004>
- Menkes C.E. et al. (2016). Global impact of tropical cyclones on primary production. *Global Biogeochemical Cycles*, 30(5), 767-786. <https://doi.org/10.1002/2015GB005214>
- Opitz, T. (2017). Latent Gaussian modeling and INLA: A review with focus on space-time applications. *Journal de la société française de statistique*, 158(3), 62-85. http://www.numdam.org/item/JSFS_2017_158_3_62_0
- Roques L., Allard D., Soubeyrand S. (2022). Spatial statistics and stochastic partial differential equations: a mechanistic viewpoint. *Spatial Statistics* 50:100591. <https://doi.org/10.1016/j.spasta.2022.100591>
- Soubeyrand S., Morris C. E., Bigg E. K. (2014). Analysis of fragmented time directionality in time series to elucidate feedbacks in climate data. *Environmental Modelling & Software* 61: 78-86. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2014.07.003>

Compétences attendues : Statistique, probabilités appliquées, biogéochimie, écologie quantitative, programmation.

Montant de l'indemnité : 600 euros / mois

Durée du stage : Jusqu'à 6 mois.

Lieu du stage : A Avignon, au sein de l'unité de recherche BioSP d'INRAE (228 route de l'aérodrome, 84914 Avignon), pour l'encadrement sur la partie méthodologique du stage, avec la possibilité de visites à la Station Marine d'Endoume, pour l'encadrement sur la partie biogéochimie.

Ressources mises à disposition : Données de densités de populations de phytoplanctons issue des campagnes en mer ; Ordinateur ; Cluster de calculs de BioSP (> 500 cœurs CPU ; serveur GPU) ; Appui des ingénieurs en calcul scientifique de BioSP ; Frais de missions pour les visites à la Station Marine d'Endoume.

Candidature : <https://jobs.inrae.fr/ot-27486>