

Sujet de stage de Master 2

Estimation globale de l'export de carbone vers les couches profondes océaniques à partir de données satellitaires

Encadrants

Raphaëlle Sauzède (raphaelle.sauzede@imev-mer.fr, 04 93 76 38 73)

Institut de la Mer de Villefranche, FR 3761

Hervé Claustre (claustre@obs-vlfr.fr, 04 93 76 37 39)

Laboratoire d'Océanographie de Villefranche, UMR 7093

Lieu

Institut de la Mer de Villefranche (IMEV), Villefranche-sur-Mer

Cadre général

Le laboratoire d'Océanographie de Villefranche (<http://lov.obs-vlfr.fr/Accueil.html>) et plus particulièrement l'équipe d'Optique Marine et Télédétection – Application à la Biogéochimie (OMTAB; <http://lov.obs-vlfr.fr/OMTAB.html>) est internationalement reconnue pour ses activités liées à l'étude de la couleur de la mer par satellites et pour ses développements technologiques (robots sous-marins tels que les flotteurs profileurs) permettant l'observation autonome de certaines propriétés biologiques et chimiques dans l'Océan (voir programme BGC-Argo, <https://biogeochemical-argo.org/>). Ces observations par les satellites et les robots sont désormais essentielles pour mieux comprendre le fonctionnement de l'Océan dans sa composante multidisciplinaire (physique, chimique, biologique) et mieux prédire son évolution future dans le contexte d'une pression anthropogénique croissante.

Dans ce contexte notre équipe est très active dans le développement de méthodes innovantes visant à exploiter de façon synergique les données satellitaires (essentiellement en surface mais sur l'ensemble de l'Océan) et les données acquises par les robots qui apportent la dimension verticale des mesures (de la surface jusqu'à 2,000 m de profondeur) dans un nombre croissant de zones océaniques. À terme, ces approches devraient permettre de développer une vision globale et tridimensionnelle de certains processus biogéochimiques clés dans l'Océan. Le sujet proposé s'inscrit dans ce contexte; il se focalisera sur une problématique importante qui est celle du rôle de l'Océan dans la séquestration de carbone.

Description et objectifs scientifiques du projet proposé

Les grosses particules organiques (>100 µm, agrégats phytoplanctoniques, pelotes fécales du zooplancton) produites dans la zone éclairée de l'Océan et qui sédimentent au travers la zone mésopélagique (100 à 1000 m de profondeur) jouent un rôle fondamental dans la régulation du cycle global du carbone océanique. Elles contribuent en effet à la pompe biologique de carbone et plus précisément à la partie associée à la pompe dite gravitationnelle (Boyd et al., 2019). Du fait de la faible résolution spatiale et temporelle des observations *in situ*, l'estimation de l'export de carbone par ces particules reste encore très incertaine à l'échelle globale. Néanmoins, les mesures robotisées sont de plus en plus nombreuses et ont le potentiel pour révéler le fonctionnement et l'importance de cette pompe gravitationnelle.

Les profils verticaux du coefficient de rétrodiffusion particulaire (bbp), qui est un proxy du

carbone organique particulaire, permettent en effet de résoudre deux grands types de particules. D'une part, les particules fines (1-10 µm) qui sédimentent relativement lentement (quelques mètres par jour) et d'autre part, les grosses particules, qui sédimentent à des vitesses plus élevées (~100 m par jour). Les profils de bbp peuvent être décomposés entre ces deux types de particules, les grandes particules étant identifiées par des événements de fortes augmentations du signal sur la verticale ("spikes" en anglais).

Une méthode de type "réseau de neurones" a été développée pour estimer le profil vertical de bbp associé aux petites particules (Sauzède et al., 2016), en utilisant notamment les mesures satellitaires "couleur de l'eau" comme prédicteurs. Il est donc maintenant possible de développer une vision tridimensionnelle du carbone organique particulaire relié aux petites particules dans l'Océan global (https://resources.marine.copernicus.eu/?option=com_csw&view=details&product_id=MULTIOBS_GLO_BIO_BGC_3D_REP_015_010). Le développement de cette méthode a tiré profit des acquisitions de profils verticaux de bbp par les flotteurs profileurs BGC-Argo qui ont servi de base de données pour entraîner le réseau de neurones.

L'étude proposée, essentiellement axée sur les grosses particules (spikes du signal de bbp), reposera sur trois grandes parties interdépendantes:

- (1) Analyser la distribution des spikes à partir de la base de données de profils verticaux de bbp acquis dans le cadre du programme BGC-Argo (~80,000 profils). On cherchera en particulier à faire ressortir les grandes tendances de distribution à des échelles spatiales (régions océaniques, dimension verticale) et temporelles (saisons) potentiellement clés.
- (2) Développer, sur la base des connaissances qui émergeront de la première partie, une méthode basée sur le "machine learning" qui estime l'occurrence des spikes de bbp à partir de données satellitaires à l'échelle globale et de données complémentaires (e.g. produits opérationnels Copernicus; <https://resources.marine.copernicus.eu/>).
- (3) Appliquer cette méthode à des données climatologiques afin de construire une première vision tridimensionnelle de ces spikes et des grosses particules qu'ils caractérisent

Références

Boyd, P.W., Claustre, H., Levy, M. *et al.* Multi-faceted particle pumps drive carbon sequestration in the ocean. *Nature* 568, 327-335 (2019). doi.org/10.1038/s41586-019-1098-2.

Briggs N., Dall'Olmo G. and Claustre H. (2020), Major role of particle fragmentation in regulating biological sequestration of CO₂ by the Oceans, *Science* 367 (6479), 791-793, DOI: 10.1126/science.aay1790

Sauzède R., H. Claustre, J. Uitz, C. Jamet, G. Dall'Olmo, F. D'Ortenzio, B. Gentili, A. Poteau, and C. Schmechtig (2016), A neural network-based method for merging ocean color and Argo data to extend surface bio-optical properties to depth: Retrieval of the particulate backscattering coefficient, *J. Geophys. Res. Oceans*, 121, doi:10.1002/2015JC011408.

Compétences requises

- Connaissances en statistiques
- Compétences en programmation (R ou Python, éventuellement Matlab) impliquant la manipulation de grosses bases de données