



Titre du sujet de stage : Régionalisation et phénologie des processus physiques qui contribuent à l'export de carbone organique vers les profondeurs océaniques

Nom et statut du (des) responsable (s) de stage : Alexandre Mignot, Hervé Claustre, Raphaëlle Sauzède

Coordonnées (téléphone et email) du (des) responsable (s) de stage:
Alexandre Mignot, amignot@mercator-ocean.fr 05 61 39 38 71
Hervé Claustre, claustre@obs-vlfr.fr 04 93 76 37 39
Raphaëlle Sauzède, raphaelle.sauzede@imev-mer.fr 04 93 76 38 73

Description du stage :

La pompe biologique du carbone océanique contribue à la diminution du CO₂ atmosphérique en exportant le carbone organique produit en surface par les écosystèmes marins vers les profondeurs océaniques (Falkowski, 1998). A l'échelle globale, l'export de carbone se fait principalement via 4 mécanismes (Resplandy et al., 2019). Le premier mécanisme, appelé la « pompe gravitationnelle », correspond à la sédimentation des particules de carbone organique de la surface vers les profondeurs sous l'effet de la gravité. Le deuxième mécanisme, la « pompe turbulente », entraîne du carbone en profondeur lorsque la couche mélangée océanique s'approfondit en hiver. Le troisième processus, la « pompe d'Ekman », transporte du carbone vers les couches profondes sous l'influence de la circulation océanique générée par la force des vents. Finalement, « la pompe tourbillonnaire », est le résultat de la dynamique océaniques aux petites échelles (1-100 km).

Les estimations des contributions de ces différentes pompes à l'export total varient grandement. Sur un export total estimé entre 5 et 15 PgC y⁻¹ (Boyd et al., 2019; Boyd and Trull, 2007; Henson et al., 2011; Siegel et al., 2014), on suppose que la « pompe gravitationnelle » exporterait entre 4 et 9 PgC/yr (Bopp et al., 2013; Boyd et al., 2019; DeVries and Weber, 2017; Siegel et al., 2014), la « pompe turbulente » entre 0.1 et 0.5 PgC/yr (Dall'Olmo et al., 2016), la « pompe d'Ekman », 0.7PgC/yr (Levy et al., 2013), et la contribution de la « pompe tourbillonnaire » serait faible et inférieur à 5 % (Resplandy et al., 2019). Ces incertitudes sont grandes et résultent principalement du manque d'observations de ces processus.

Une autre problématique liée au manque d'observations porte sur la variabilité spatiale et temporelle de ces pompes. En effet, on connaît encore très peu de choses sur la régionalisation et la phénologie de ces pompes ; c'est-à-dire, dans chaque bassin océanique, quelle pompe prédomine, et à quelle période de l'année ?

Dans ce stage, nous proposons de répondre à ces deux questions en utilisant les simulations numériques physiques et biogéochimiques de Mercator Océan. La première partie du stage consistera à valider les données de carbone organique du modèle en les comparant à des estimations issues d'un réseau de neurone (Sauzède et al., 2016). On vérifiera aussi que les estimations d'export de carbone à l'échelle globale sont en accord avec la littérature. Dans un second temps, une régionalisation ainsi qu'une phénologie des différentes pompes seront effectuées à l'échelle globale en se servant des estimations de flux de carbone (sédimentation, advection et diffusion) issus des modèles.

Ce stage s'effectuera à Mercator Océan. Après une première phase bibliographique et de familiarisation de l'étudiant(e) aux outils d'analyse et aux différents jeux de données, l'analyse et l'interprétation des résultats s'effectueront sous R et Python. Ce travail sera finalisé par l'écriture d'un rapport.

Références:

Bopp, L., Resplandy, L., Orr, J. C., Doney, S. C., Dunne, J. P., Gehlen, M., Halloran, P., Heinze, C., Ilyina, T., Séférian, R., Tjiputra, J. and Vichi, M.: Multiple stressors of ocean ecosystems in the 21st century: projections with CMIP5 models, *Biogeosciences*, 10(10), 6225–6245, doi:10.5194/bg-10-6225-2013, 2013.

Boyd, P. W. and Trull, T. W.: Understanding the export of biogenic particles in oceanic waters: Is there consensus?, *Prog. Oceanogr.*, 72(4), 276–312, doi:10.1016/j.pocean.2006.10.007, 2007.

Boyd, P. W., Claustre, H., Levy, M., Siegel, D. A. and Weber, T.: Multi-faceted particle pumps drive carbon sequestration in the ocean, *Nature*, 568(7752), 327–335, doi:10.1038/s41586-019-1098-2, 2019.

Dall'Olmo, G., Dingle, J., Polimene, L., Brewin, R. J. W. and Claustre, H.: Substantial energy input to the mesopelagic ecosystem from the seasonal mixed-layer pump, *Nat. Geosci.*, 9(11), 820–823, doi:10.1038/ngeo2818, 2016.

DeVries, T. and Weber, T.: The export and fate of organic matter in the ocean: New constraints from combining satellite and oceanographic tracer observations, *Glob. Biogeochem. Cycles*, 31(3), 535–555, doi:10.1002/2016GB005551, 2017.

Falkowski, P. G.: Biogeochemical Controls and Feedbacks on Ocean Primary Production, *Science*, 281(5374), 200–206, doi:10.1126/science.281.5374.200, 1998.

Henson, S. A., Sanders, R., Madsen, E., Morris, P. J., Le Moigne, F. and Quartly, G. D.: A reduced estimate of the strength of the ocean's biological carbon pump: BIOLOGICAL CARBON PUMP STRENGTH, *Geophys. Res. Lett.*, 38(4), n/a-n/a, doi:10.1029/2011GL046735, 2011.

Holbrook, N. J., Scannell, H. A., Gupta, A. S., Benthuisen, J. A., Feng, M., Oliver, E. C. J., Alexander, L. V., Burrows, M. T., Donat, M. G., Hobday, A. J., Moore, P. J., Perkins-Kirkpatrick, S. E., Smale, D. A., Straub, S. C. and Wernberg, T.: A global assessment of marine heatwaves and their drivers, *Nat. Commun.*, 10(1), 1–13, doi:10.1038/s41467-019-10206-z, 2019.

Levy, M., Bopp, L., Karleskind, P., Resplandy, L., Ethe, C. and Pinsard, F.: Physical pathways for carbon transfers between the surface mixed layer and the ocean interior: PHYSICAL CARBON FLUXES, *Glob. Biogeochem. Cycles*, 27(4), 1001–1012, doi:10.1002/gbc.20092, 2013.

Resplandy, L., Lévy, M. and McGillicuddy, D. J.: Effects of Eddy-Driven Subduction on Ocean Biological Carbon Pump, *Glob. Biogeochem. Cycles*, 33(8), 1071–1084, doi:10.1029/2018GB006125, 2019.

Sauzède, R., Claustre, H., Uitz, J., Jamet, C., Dall'Olmo, G., D'Ortenzio, F., Gentili, B., Poteau, A. and Schmechtig, C.: 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(4), 2552–2571, doi:10.1002/2015JC011408, 2016.

Siegel, D. A., Buesseler, K. O., Doney, S. C., Saille, S. F., Behrenfeld, M. J. and Boyd, P. W.: Global assessment of ocean carbon export by combining satellite observations and food-web models, *Glob. Biogeochem. Cycles*, 28(3), 181–196, doi:10.1002/2013GB004743, 2014.