

M2 internship in ocean physics and/or biology. Academic year 2020-2021

Estimating the primary surface production in submesoscale structures from satellite data

Surface primary production, though seasonally and regionally stimulated during the restratification of surface waters, can also be stimulated at other periods of the year via local fluxes of nutrients in the euphotic layer. This can explain the occurrence of surface chlorophyll filaments observed in sea color images. Submesoscale structures associated with intense vertical velocities during frontogenesis, can thus be key regions associated with strong primary production. But the in-situ observation of such phenomena, and their quantification, remain elusive.

This internship proposed to address the following scientific question : can the primary surface production in submesoscale structures be estimated from satellite data (SSH and sea color).

A recent study by Zhang et al (2019) initiated a first step in this direction by combining Lagrangian float and satellite data, and showed that, at global scale. A strong relation exists between the strain field, deformation and primary production. A geostrophic front can be stretched alongflow and compressed across-flow, by the deformation field generated by surrounding mesoscale eddies. As this front becomes very sharp, an ageostrophic circulation ensues to restore the thermal wind balance. This circulation has ascending (descending) vertical velocities on the lightest (densest) side on the front. By uplifting nutrients into the euphotic layer, this circulation can induce an increase in surface chlorophyll.

Zhang et al. (2019), thanks to a composite approach at global scale, evidenced that the ageostrophic circulation deduced from Lagrangian floats agreed with the frontogenesis theory and, by diagnosing the Chl_a variation along the trajectory of a drifting surface buoy, a growth of Chl_a at the surface is noted.

In this internship, the Zhang et al. (2019) methodology will be applied locally and regionally (in the Northern Atlantic Ocean in particular) to specify the relations between deformation field (from AVISO data) and surface primary production (from sea color data along drifting buoy trajectories). Data from NAAMES experiment in the Gulf Stream region will be used, as well as data from DAC (Data Assembly Center). Results may be complemented by analyses of simple theoretical models.

Contact : Pascal Rivière (LEMAR) and Xavier Carton (LOPS)

Programmes : Science Team SWOT (projet CNES TOSCA) – NAAMES (NSF – collab. Peter Gaube and Alice della Penna Univ. Washington USA).

The supervisors have applied to obtain the funding for this internship.

Duration : 5-6 months spring and summer 2021

Stage de M2 physique ou biologie marines - année universitaire 2020-2021

Estimation de la production primaire de surface dans les structures sous-méso-échelle à partir des données satellites

La production primaire en surface (croissance du phytoplancton), bien qu'étant stimulée de manière saisonnière et régionale lors de la re-stratification des eaux de surface (les nutriments devenant abondants et le rapport mélange/lumière favorable à la photosynthèse lors des blooms printaniers), peut aussi être stimulée à d'autres périodes de l'année par des apports locaux de nutriments dans les couches de surface éclairées. Ces derniers pouvant expliquer les filaments de chlorophylle qu'on observe sur les images de couleur de la mer. Les structures sous-méso-échelle associées à des vitesses verticales intenses lors de la frontogénèse peuvent ainsi être des régions clés associées à de fortes valeurs de production primaire. Toutefois l'observation in situ de ces phénomènes et leur quantification reste encore extrêmement difficile.

Ce stage propose d'adresser la question scientifique suivante : Peut-on estimer la production primaire de surface dans les structures sous-méso-échelle à partir des données satellites (altimétrie et couleur de l'eau) ?

Une étude récente de Zhang et al (2019) a initié une première approche dans ce sens, en combinant données de flotteurs lagrangiens et observations satellites, et a permis de montrer à l'échelle globale la relation forte qui existe entre le champ de déformation méso-échelle, la frontogénèse et la production primaire. Un front géostrophique peut être étiré dans sa direction et compressé dans la direction transverse sous l'effet du champ de déformation généré par les vitesses géostrophiques des tourbillons méso-échelles qui l'entourent. Lorsque ce front devient très intense et les isothermes très inclinées, une circulation agéostrophique se met en place afin de préserver la cohérence horizontale et verticale de ce front (équilibre du vent thermique). Cette circulation se caractérise de part et d'autre du front par des vitesses verticales ascendantes du côté le moins dense du front et descendantes du côté le plus dense. On peut alors s'attendre à ce que ces vitesses verticales induisent une augmentation de la chlorophylle de surface en transportant dans la couche euphotique des nutriments nécessaires à la photosynthèse.

Zhang et al. (2019), grâce à une approche en composites réalisée à l'échelle globale, on mis en évidence que la circulation agéostrophique déduite des données de bouées dérivantes est en parfait accord avec la théorie de la frontogénèse et, en diagnostiquant la variation de la Chlorophylle de surface issue de l'imagerie satellitaire le long de trajectoires de bouées dérivantes de surface, s'accompagne d'une croissance de la chlorophylle de surface.

Dans ce stage il s'agira de reprendre la démarche de Zhang et al. (2019) mais de manière locale et régionale (dans l'Atlantique Nord en particulier) afin de préciser les relations entre champ de déformation déduit des

données altimétriques actuelles (AVISO) et production primaire de surface déduite de données de couleur de l'eau le long de trajectoires de bouées dérivantes. Des données issues des campagnes NAAMES dans la région du Gulf Stream seront utilisées ou plus globalement celles du Data Assembly Center (DAC). Les résultats pourront être complétés par des modèles théoriques simples.

Contact : Pascal Rivière (LEMAR) and Xavier Carton (LOPS)
Programmes : Science Team SWOT (projet CNES TOSCA) - NAAMES (NSF - collab. Peter Gaube and Alice della Penna Univ. Washington USA).

Le financement de ce stage a été demandé.

Durée : 5-6 mois, printemps/été 2021

Références :

Zhang, Z., B. Qiu, P. Klein and S. Travis (2019). The influence of geostrophic strain on oceanic ageostrophic motion and surface chlorophyll. Nature Communication, 10 :2838. doi:10.1038/s41467-019-10883

Siegelman, L., P. Klein, P. Rivière, A. Thompson, H. Torres, M. Flexas, D. Menemenlis (2019). Enhanced upward heat transport at deep submesoscale ocean fronts. Nature Geoscience. doi.org/10.1038/s41561-019-0489-1