

Sujet de Master 2 Recherche - Année universitaire 2016-2017

“ Variabilités des régimes de production en Méditerranée sur les deux dernières décennies : Exploitation de champs de Chl observés par satellite et simulés par un modèle couplé dynamique/biogéochimie pour l’élaboration d’indicateurs intégraux”

Projets associés :

MISS-Med : Marine Integral Indicators from Space and Simulations in the Mediterranean (TOSCA-CNES, André et al., 2017-2018)

"Land & Sea Responses in the Mediterranean" (LaSeR-Med; labex OT-Med ; Baklouti et al., 2016-2019).

Encadrement : Jean-Michel André (IRD) , Léo Berline (AMU), Mélika Baklouti, (AMU), et al.

Lieu du stage : MIO, Océanomed, bâtiment Méditerranée, campus de Luminy, Marseille

La Méditerranée, semi-fermée et équipée d’une circulation générale, peut être considérée comme un océan miniature. Les caractéristiques hydrologiques font que le rayon de déformation de Rossby, méso-échelle caractéristique des tourbillons, y est de ≈ 10 km (500-1000 km dans l’océan). En conséquence, nombre de régimes de productions de l’océan y sont reproduits à échelle réduite. Le temps de résidence des eaux est plus court que dans l’océan global (50-100 ans versus 1000 ans). L’évolution de leurs propriétés, en réponse aux pollutions ou au changement climatique, est donc plus rapide, observable à l’échelle décennale. Un système de vents complexe et d’une grande variabilité la rendent par ailleurs très dynamique. La densité de ses populations riveraines et leur sensibilité à son devenir ajoute aux préoccupations purement océanographiques. L’ensemble de ces éléments font donc de la Méditerranée un système particulièrement approprié pour l’étude des réponses des écosystèmes marins pélagiques (cycles biogéochimiques et dynamique du réseau trophique) au changement global. Pour ce faire, l’objectif de ce stage est de s’appuyer sur la modélisation numérique couplée physique-biogéochimie et sur les observations spatiales qui fournissent des informations indispensables, synoptiques et répétitives, de la couche de surface. La télédétection de la couleur de la mer est la seule à renseigner sur la biologie (principalement sur le contenu superficiel en chlorophylle, index de la biomasse phytoplanctonique). Par ailleurs, le relativement faible ennuagement en Méditerranée permet une très bonne couverture par observation spatiale dans le visible et l’IR.

Objectifs du stage:

- Analyser la variabilité interannuelle et les éventuelles tendances de régimes de production primaires en Méditerranée sur les deux dernières décennies.
- Confronter les informations extraites d’une grandeur observée par satellite et simulée par un modèle couplé.

En pratique, il est proposé de définir une série de *Marine Integral Indicators* basés sur des données spatiales et simulées (MISS). Les MISS seront ici élaborés sur la variabilité spatiale et temporelle du signal en chlorophylle pour des processus sélectionnés. On s’intéressera d’abord à la zone Lion-Ligure : durées et extensions spatiales des zones de mélange hivernal (minima en chl) et des zones

de floraison printanière (maxima en Chl). La problématique est importante: i) la formation d'eau profonde est un phénomène majeur de la dynamique Méditerranéenne; ii) les facteurs responsables de l'initiation du bloom sont encore l'objet d'un vif et large débat (principalement pour le cas de l'Atlantique Nord); iii) les événements de floraison sont des injections majeures d'énergie dans la chaîne trophique et d'exportations de carbone vers l'océan profond.

D'autres phénomènes pourraient être abordés : l'activité tourbillonnaire du courant Algérien, les propriétés du maximum d'oligotrophie dans le bassin levantin, les gyres topographiques.

On analysera les séries temporelles des MII satellites depuis 1998: plusieurs capteurs visibles ont opéré en succession ou simultanément (SeaWiFS, MODIS, MERIS) et une archive consolidée, à 1 ou 4 km et 1 ou 8 jours, est disponible (chlorophylle régionale MyOcean/Copernicus, niveaux L3 et L4).

Une simulation du modèle dynamique NEMO-Med12 ($\approx 7-8$ km de résolution) a été utilisée au MIO pour forcer le modèle biogéochimique Eco3M-MED. Une simulation des variables et flux biogéochimiques principaux, dont la chlorophylle, est disponible de 2000 à 2012.

Sur cette période, on confrontera le comportement d'un même MII, calculé sur les données simulées et calculé sur les données spatiales.

Il est attendu de cette confrontation des informations plus riches que celles issues d'une comparaison point par point, qui a peu de sens (e.g. un simple défaut de localisation dans l'espace et dans le temps d'un tourbillon simulé conduit à une forte décorrélation d'avec l'observé).

Cette confrontation permettra aussi de repérer les signaux les plus robustes extraits des séries temporelles des MIISS.

Les relations potentielles entre ces indicateurs et des index climatiques de grande échelle (NAO, MOI, ...) ou définis régionalement sur la base des paramètres physiques de la simulation (températures, profondeur de la couche mélangée, vent, flux à l'interface) sera également exploré.

Notons que les index élaborés seront exploités par LaSeR-Med en mode prédictif sur le siècle à venir (scénario climatiques références du GIEC) pour faciliter l'analyse des réponses de la Méditerranée aux changements futurs, et en particulier les écarts entre scénarios simulés. Une réflexion sera menée sur leur capacité à rendre compte de la qualité de fonctionnement de l'écosystème dans un régime donné, réflexion articulée sur la notion de "service écosystémique".

Les données spatiales et simulées sont disponibles au M I O. Un « package » de traitement de données, en Python sous Linux fournira l'outil de base. Les développements appelés par le stage y seront intégrés.

Nature du travail demandé : organiser la base de données à exploiter ; définir une série d'indicateurs ; coder leur calcul pour les tester; comparer les valeurs « satellite » et « modèle » des indicateurs sélectionnés ; analyser ces comparaisons en tant que validation du modèle ; comparer les séries temporelles des indicateurs avec un certain nombre d'index de grande échelle et de paramètres physiques de la simulation ; réfléchir à la capacité des indicateurs à rendre compte du « bon fonctionnement écosystémique ».

Compétences requises : Le travail implique la manipulation de volumes importants de données sous divers formats netcdf ou ascii et donc d'un sens de l'organisation ; des notions de PYTHON sous LINUX ou la capacité à s'y adapter; une connaissance suffisante des outils statistiques (ACP, ...).

Références:

Bethoux, J. P. and Gentili, B. (1999). Functioning of the Mediterranean Sea: past and present changes related to freshwater input and climate changes. *Journal of Marine Systems* 20.1 : 33-47.

Antoine, D., Morel, A., Gordon, H.R., Banzon, V.F. and R.H. Evans (2005) Bridging ocean color observations of the 1980's and 2000's in search of long-term trends. *Journal of Geophysical Research*, VOL. 110, C06009, doi:10.1029/2004JC002620

Barale V. J-M Jaquet, M. Ndiaye (2008). "Algal blooming patterns and anomalies in the Mediterranean Sea as derived from the SeaWiFS data set (1998–2003)". *Remote Sensing of Environment* Volume 112, 8, [3300–3313](#).

Blondeau-Patissier David, James F.R. Gower, Arnold G. Dekker, Stuart R. Phinn, Vittorio E. Brando, A review of ocean color remote sensing methods and statistical techniques for the detection, mapping and analysis of phytoplankton blooms in coastal and open oceans, *Progress in Oceanography*, Available online 27 January 2014, ISSN 0079-6611, <http://dx.doi.org/10.1016/j.pocean.2013.12.008>.

Brody, S. R., M. S. Lozier, and J. P. Dunne (2013), A comparison of methods to determine phytoplankton bloom initiation, *J. Geophys. Res. Oceans*, 118, 2345–2357, doi:10.1002/jgrc.20167.

Ciappa, A.C., 2009. Surface circulation patterns in the Sicily Channel and Ionian Sea as revealed by MODIS chlorophyll images from 2003 to 2007. *Cont. Shelf Res.* 29, 2099–2109.

D'Ortenzio, F. and Ribera d'Alcalà, M. (2009). "On the trophic regimes of the Mediterranean Sea: a satellite analysis", *Biogeosciences*, 6, 139-148.

D'Ortenzio, F. D. Antoine, E. Martinez, M. Ribera d'Alcalà (2012). Phenological changes of oceanic phytoplankton in the 1980s and 2000s as revealed by ocean-color remote-sensing observations. *Global Biogeochemical Cycles*, VOL. 26, GB4003, doi:10.1029/2011GB004269

Guyennon et al. New insights into the organic carbon export in the Mediterranean Sea from 3-D modeling. *Biogeosciences Discuss.*, 12, 6147-6213, 2015
www.biogeosciences-discuss.net/12/6147/2015/ doi:10.5194/bgd-12-6147-2015

Lacombe, H. et al (1981). Response of the Mediterranean to the water and energy fluxes across its surface, on seasonal and interannual scales. *Oceanologica Acta* 4.2 : 247-255.

P.E. Land, J.D. Shutler, T. Platt, M.F. Racault, A novel method to retrieve oceanic phytoplankton phenology from satellite data in the presence of data gaps, *Ecological Indicators*, Volume 37, Part A, February 2014, Pages 67-80, ISSN 1470-160X, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.10.008>.

Mayot N, D'ortenzio F, Ribera d'Alcalà M, Lavigne, Claustre H, 2015. Interannual variability of the Mediterranean trophic regimes from ocean color satellites. *Biogeosciences Discuss.*, 12, 14941–14980- doi:10.5194/bgd-12-14941- 2015

MERMEX group (Durrieu de Madron X. et al.) (2011) "Marine ecosystems' responses to climatic and anthropogenic forcings in the Mediterranean". *Progress in Oceanography*, 91, 97-166

Olita A, Ribotti A, Sorgente R, Fazioli L, Perilli A, 2011. SLA–chlorophyll-a variability and covariability in the Algero-Provençal Basin (1997–2007) through combined use of EOF and wavelet analysis of satellite data. *Ocean Dynamics* ,61:89–102 - DOI 10.1007/s10236-010-0344-9

Marie-Fanny Racault, Corinne Le Quéré, Erik Buitenhuis, Shubha Sathyendranath, Trevor Platt, Phytoplankton phenology in the global ocean, *Ecological Indicators*, Volume 14, Issue 1, March 2012, Pages 152-163, ISSN 1470-160X, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.07.010>.

Sathyendranath, Shubha, Rubao Ji, and Howard I. Browman. "Revisiting Sverdrup's Critical Depth Hypothesis." *ICES Journal of Marine Science: Journal Du Conseil* 72, no. 6 (August 1, 2015): 1892–96. doi:10.1093/icesjms/fsv110.