

M2 SOAC : Fiche de stage de recherche en laboratoire

Laboratoire : LEGOS et CNRM

Titre du stage : *Modélisation de l'impact de l'effet radiatif et des apports atmosphériques issus des feux extrêmes de l'été 2019 sur la biomasse côtière dans la zone d'upwelling de bord-Est de Californie*

Nom et statut du (des) responsable (s) de stage : L. Renault (LEGOS) et M. Mallet (CNRM)

Coordonnées (téléphone et email) du (des) responsable (s) de stage : 05 61 33 30 00 ; lionel.renault@ird.fr

Sujet du stage :

Nos sociétés sont d'ores et déjà sous l'impact du changement climatique. Dans différentes régions du monde, comme les régions limitrophes des Systèmes Océaniques de Bord-Est (Benguela, Canaries, Pérou-Chili, Californie), le réchauffement des températures à la surface, combiné à la réduction des précipitations et de l'assèchement des sols, ont induit une augmentation significative des feux de forêts extrêmes (Californie, Australie, Sibérie, ...) et donc de l'émission associée d'aérosols. Les aérosols peuvent modifier de manière très subtile la circulation océanique et atmosphérique. De source terrestre ou marine (et naturelle ou anthropique), ils interagissent avec le rayonnement solaire (**effet direct**) et avec le cycle de vie des nuages (**effet indirect**). Ces interactions créent un forçage radiatif significatif aussi bien aux échelles régionales qu'à l'échelle globale impliquant en moyenne un effet refroidissant sur le climat (Forster et al., 2007). Ainsi, Mallet et al. (2009) suggère qu'en diminuant l'apport de lumière, les aérosols désertiques pourraient être responsables d'une baisse de 15 à 20% de la production primaire le long des côtes Sénégalaises. En parallèle, les aérosols peuvent aussi avoir **un effet direct sur la production** via la déposition et fertilisation de l'océan par des métaux, ils représentent par exemple une source importante de Fer pour l'EBUS des Canaries (Neuer et al. 2004). Enfin, il existe des interactions entre différentes influences climatiques de l'écosystème. Si la stratification océanique augmente, le transport vertical moins efficace (upwelling d'eau moins profonde) limiterait l'injection fertilisante de nutriments dans la couche euphotique.

Dans ce stage, basé sur des travaux récents de L. Renault (LEGOS, couplage océan-atmosphère-biogéochimie en Californie), de M. Mallet (CNRM, Aérosols et feux de forêts en Californie), et de F. Kessouri (UCLA, couplage physique-biogéochimie en Californie), nous proposons d'étudier l'impact des feux de forêts extrêmes observés récemment en Californie sur le bilan radiatif et l'écosystème de cette région. L'upwelling de Californie fait partie des régions les plus productives au monde car elle est sous l'influence de vent parallèles à la côte qui induisent des résurgences d'eaux froides riches en nutriments (e.g., Renault et al., 2021, Deutsch et al., 2021). Cet écosystème est important vu sa vulnérabilité en raison de l'effet indésirable de l'acidification, l'hypoxie et de la pollution locale (Kessouri et al., 2021ab) sur sa large gamme d'écosystèmes sur lesquels s'ajouteraient potentiellement les effets de feux et d'aérosols. Cette zone côtière qui contient une trentaine de zones marines protégées, est potentiellement ces dernières années sous l'influence de feux de forêts de plus en plus nombreux. Cependant leur impact sur le bilan radiatif, sur l'océan et sur l'écosystème n'a jamais été étudié. Il est donc impératif de diagnostiquer ces effets sur ce système productif et vulnérable qui pourra servir d'exemple pour d'autres régions (Benguela, Canaries, Pérou-Chili). La Californie représente un cas d'étude idéale vue la disponibilité des données collectées saisonnièrement depuis plus de 60 ans (Programme CalCOFI, Bograd et al., 2003). Il existe également une base de données récoltées lors d'évènement de feux de forêts dans la région de Santa Barbara (Kramer et al., 2020).

Ce stage est original par sa pluridisciplinarité. En effet, il participe à nos efforts actuels de coupler des modèles de pointe, à savoir ARPEGE (atmosphère et aérosols), WRF (atmosphère haute-résolution), et CROCO/ROMS (océan physique et biogéochimie à haute résolution). Ce stage visera à étudier dans un premier temps **l'effet direct** des feux sur le budget radiatif et son impact sur la température de surface, la stratification océanique, et la productivité. Pour ce faire, deux ensembles de simulations (5 simulations par ensemble) seront disponibles sur la période 2019 : un ensemble de contrôle qui ne prend pas en compte l'effet des feux sur le flux solaire (CTRL), et un ensemble qui prend en compte l'impact des feux sur le flux solaire en se basant sur les simulations ARPEGE (FIRE_SWRAD). Ces simulations seront dans un premier temps validées puis comparées afin de mettre en exergue l'importance de la modulation du flux solaire par

les feux sur la température océanique de surface, la stratification et la productivité. L'utilisation d'ensembles permettra de démêler l'influence des feux de la variabilité interne des modèles.

Références :

- Bograd, S. J., et al (2003). *CalCOFI: a half century of physical, chemical, and biological research in the California Current System. Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 50(14-16), 2349-2353.
- Deutsch, C., et al. (2021). *Biogeochemical variability in the California Current system. Progress in Oceanography*, 196, 102565.
- Foster, M. J., et al (2008). *Evaluating the stochastic approach to shortwave radiative transfer in the tropical western Pacific. Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 113(D22).
- Kramer, S. J., et al (2020). *Observations of phytoplankton community composition in the Santa Barbara Channel during the Thomas Fire. Journal of Geophysical Research: Oceans*, 125(12), e2020JC016851.
- Kessouri, F., et al (2020). *Submesoscale currents modulate the seasonal cycle of nutrients and productivity in the California Current System. Global Biogeochemical Cycles*, 34(10), e2020GB006578.
- Kessouri, F., McWilliams, J. C., Bianchi, D., Sutula, M., Renault, L., Deutsch, C., ... & Weisberg, S. B. (2021). *Coastal eutrophication drives acidification, oxygen loss, and ecosystem change in a major oceanic upwelling system. Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(21).
- Kessouri, F., et al (2021). *Configuration and validation of an oceanic physical and biogeochemical model to investigate coastal eutrophication in the Southern California Bight. Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, 13(12), e2020MS002296.
- Mallet, M., et al. (2009). *Impact of dust aerosols on the radiative budget, surface heat fluxes, heating rate profiles and convective activity over West Africa during March 2006. Atmospheric Chemistry and Physics*, 9(18), 7143-7160.
- Moore, J. K., et al (2004). *Upper ocean ecosystem dynamics and iron cycling in a global three-dimensional model. Global Biogeochemical Cycles*, 18(4).
- Neuer, S., et al (2004). *Dust deposition pulses to the eastern subtropical North Atlantic gyre: Does ocean's biogeochemistry respond? Global Biogeochemical Cycles*, 18(4).
- Renault, L., et al. (2016). *Modulation of wind work by oceanic current interaction with the atmosphere. Journal of Physical Oceanography*, 46(6), 1685-1704.
- Renault, L., McWilliams, J. C., Kessouri, F., Jousse, A., Frenzel, H., Chen, R., & Deutsch, C. (2021). *Evaluation of high-resolution atmospheric and oceanic simulations of the California Current System. Progress in Oceanography*, 195, 102564.