

## M2 SOAC : Fiche de stage de recherche en laboratoire

Laboratoire : LEGOS

Titre du stage : Influence des fleuves sur les variations régionales du niveau de la mer de l'Atlantique Tropical

Nom et statut du (des) responsable (s) de stage :

William Llovel, Postdoc ESA, 05 61 33 29 30, [william.llovel@gmail.com](mailto:william.llovel@gmail.com)

Julien Jouanno, Chargé de Recherche IRD, 05 61 33 30 56, [julien.jouanno@ird.fr](mailto:julien.jouanno@ird.fr)

Sujet du stage :

Les grands fleuves tropicaux transportent de grands volumes d'eau et de matière et jouent ainsi un rôle important dans le cycle hydrologique et la stabilité thermodynamique des océans. Les eaux déversées, moins denses, forment en surface une fine couche d'eau chaude, peu salée et productive, qui persiste à plusieurs centaines de kilomètres des embouchures sous forme de panache et peut influencer le contenu de chaleur et de sel des couches supérieures de l'océan ainsi que la dynamique océanique régionale.

Les trois plus grands fleuves de la planète - en terme de débit - se déversent dans l'Atlantique Tropical (Amazone,  $210000 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ , Congo,  $42000 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  et Orénoque,  $35000 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ) et représentent à eux seuls 21% des débits de tous les fleuves de la planète. Ils sont marqués par une forte variabilité à l'échelle saisonnière (le débit mensuel moyen de l'Orénoque varie entre  $7000 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  et  $65000 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ) mais aussi à des échelles inter-annuelles, décennales ou multi-décennales (Labat et al. 2005). La variabilité climatique des grands bassins hydrologiques s'est traduite ces dix dernières années par des événements extrêmes. Par exemple, la crue saisonnière de l'Amazone a atteint en 2009 un niveau inégalé depuis 50 ans, alors qu'en 2005 la région était marquée par une sécheresse historique.

Les variations régionales du niveau de la mer présentent une forte signature régionale avec des régions où le niveau de la mer montre des tendances 4 fois plus importantes qu'en moyenne globale. En plus du réchauffement des océans et de l'apport des glaces continentales expliquant la hausse du niveau moyen global de la mer sur le XXe siècle, les variations régionales du niveau de la mer répondent aux changements de salinité, du stress du vent, des flux atmosphériques de chaleur et d'eau douce ainsi que de la circulation océanique. L'influence des fleuves sur ces variations régionales du niveau de la mer reste à l'heure actuelle très incertaine et sous-estimée principalement à cause du manque de données et de connaissance des changements de salinité des océans. Ils sont pourtant susceptibles de modifier le niveau d'eau près de la côte (e.g. Piecuch et al. 2018) mais également celui du large, via des modifications des propriétés thermohalines des couches océaniques. Avec les nouvelles données des flotteurs Argo, nous avons maintenant accès aux variations de température et de salinité des premiers 2000m des océans et ainsi une connaissance de la structure thermohaline des océans depuis le début des années 2000.

L'objectif du stage est de clarifier le rôle des apports d'eau douce dans le bassin Atlantique Tropical et de caractériser ces variations de salinité en termes de variations de niveau de la mer. Pour cela quatre simulations numériques avec différents forçages hydriques (sans débit, débit constant, débit saisonnier, débit interannuel) ont été produites à partir de la plateforme de modélisation NEMO pour la période 1993-2015. Les activités du stage consisteront à 1) vérifier le réalisme des simulations, 2) décrire l'évolution du contenu thermique et halin de la région sur les 15 dernières années à partir des données Argo et des simulations, 3) déterminer l'influence des apports des fleuves sur les propriétés thermohalines de la région et le niveau de la mer régional ainsi que leur variabilité aux échelles saisonnières et interannuelles, 4) identifier les processus clés à la côte comme au large via l'analyse de bilans de sel et de chaleur, 5) déterminer les échelles de temps en jeu.

Une connaissance de l'environnement Linux et une expérience de la programmation (Python, Matlab, NCL, Fortran) est requise.

## GUIDE DU STAGE DE FIN D'ETUDE (2018-2019)

**Le stage de fin d'étude est une phase de formation de l'étudiant**, au cours de laquelle l'encadrant joue un rôle prépondérant et propose diverses activités répondant toutes à des objectifs particuliers :

1. *Travail bibliographique* : savoir resituer son sujet dans le contexte d'étude correspondant.
2. *Assimilation de méthodes, d'approches, de techniques* : savoir manipuler des données, utiliser et/ou développer un modèle, mener des expériences, mettre en place une approche ou une méthode afin d'obtenir des résultats nécessaires à l'analyse d'un problème, à la résolution d'une question scientifique ou industrielle.
3. *Rédaction d'un rapport* : savoir rédiger une synthèse de ses travaux dans un format imposé, en faisant preuve de clarté et d'esprit de synthèse, avec un choix judicieux d'illustrations (figures, tableaux...).
4. *Soutenance orale* : savoir présenter de façon synthétique ses travaux et défendre ses résultats devant une assistance au cours d'une série de questions/réponses.
5. *Effort de pédagogie* : savoir expliciter son propos devant une assistance dont tous les membres ne sont pas spécialistes du domaine présenté.

Le jury doit pouvoir **évaluer les compétences acquises** par l'étudiant dans ces diverses activités, afin de vérifier que tous les objectifs de la formation ont été atteints. Cette évaluation est basée sur le rapport de stage, la soutenance orale et l'appréciation de l'encadrant de stage.

**"Quelle réponse apporter à quelle problématique et avec quelle approche?"** Ce questionnement peut servir de fil rouge à l'étudiant qui devra démontrer son esprit critique vis-à-vis des résultats obtenus et de la méthode de travail choisie, et faire preuve de qualités pédagogiques pour bien faire comprendre ses travaux. Il pourra, si possible, montrer les apports des différents cours qu'il a suivis pendant toute la durée du master. Par ailleurs, le jury doit pouvoir bien cerner **le travail effectif et personnel de l'étudiant** que ce dernier devra mettre en évidence en particulier dans son rapport écrit.

### Rapport de stage :

- 25 à 30 pages maximum dont le contenu indicatif est le suivant : 1 résumé, 1 table des matières, 1 liste des acronymes si le texte en utilise, 1 introduction (posant la problématique, resituant les questions abordées dans leur contexte scientifique ou industriel, et présentant la démarche utilisée/suivie pour aborder cette thématique), 1 description de la méthodologie, 1 présentation des résultats ou des cas d'étude, 1 discussion, 1 conclusion avec des perspectives, 1 conclusion personnelle d'une demi-page (apport du stage), 1 bibliographie.
- Possibilité de mettre des annexes (utiles pour l'équipe d'accueil) qui ne seront pas évaluées et dont la lecture ne doit pas être indispensable à la compréhension du rapport.
- Format impératif des 25 à 30 pages : police de caractères de taille 12, marges de 2,5 cm.

### Soutenance de stage :

- Présentation sous forme de diaporama (PowerPoint Windows XP ou Acrobat pdf) d'une durée de 15 minutes, suivie de 5 minutes de questions, en présence de l'encadrant, qui ne peut intervenir.
- Chaque soutenance est suivie de 5 minutes de délibération en présence du responsable de stage dans un premier temps, et en son absence dans un second temps.