

Proposition de Sujet de thèse 2012

Nom du laboratoire (et n° de l'unité) dans lequel se déroulera la thèse :
LEGOS UMR 5566

Titre du sujet proposé :

Equilibres dynamiques et biogéochimiques du Pacifique équatorial en relation avec El Niño et le changement climatique global

Spécialités de l'école doctorale : (cocher **une seule** spécialité sans la modifier)

- Astrophysique, Sciences de l'Espace, Planétologie
- Climat, Océan, Atmosphère, Surfaces Continentales
- Ecologie Fonctionnelle
- Hydrologie, Hydrochimie, Sol, Environnement
- Sciences de la Terre et des Planètes solides

Nom et statut (PR, DR, MCF, CR, ...) du (des) responsable(s) de thèse (**préciser si HDR**) :

Dr Christophe Maes (CR, HDR)
Dr Boris Dewitte (DR, HDR)
Dr Véronique Garçon (DR, HDR)

Coordonnées (téléphone et e-mail) du (des) responsable(s) de thèse :

0561333081 christophe.maes@ird.fr
0561333005 boris.dewitte@gmail.com
0561332957 veronique.garcon@legos.obs-mip.fr

Résumé du sujet de la thèse (le descriptif ne doit pas dépasser une page recto/verso)

Descriptif général du sujet :

Les variations climatiques aux échelles de temps saisonnières à interannuelles dépendent fortement des interactions entre l'atmosphère et l'océan superficiel. La plus importante manifestation de cette variabilité est connue sous le nom d'El Niño-Southern Oscillation (ENSO) et se situe au sein de l'Océan Pacifique tropical. Les programmes internationaux de recherche comme TOGA et CLIVAR de ces dernières décennies ont montré qu'ENSO représente un mode couplé océan-atmosphère prévisible plusieurs mois à l'avance. Les facteurs internes et externes qui limitent cette prévisibilité sont pour autant largement méconnus et font l'objet de recherche dans différentes gammes de fréquence, de la variabilité intra-saisonnière aux modulations décennales. Par ailleurs, les modèles de climat montrent une disparité de comportement dans la sensibilité d'ENSO au réchauffement climatique. Il n'existe pas actuellement de consensus sur l'évolution de l'amplitude d'ENSO sous la contrainte anthropique même si un groupe de modèles du GIEC s'accorde sur une probable évolution vers des phénomènes El Niño plus centraux, encore appelés El Niño Modoki. La dynamique de ces événements reste à l'heure actuelle mal connue et il est pressenti qu'elle fait appel à des mécanismes négligés dans les études conceptuelles antérieures d'El Niño.

ENSO est conditionné par le gradient de température de surface de la mer entre l'ouest et l'est du bassin Pacifique. Ce gradient détermine en particulier l'intensité de la rétroaction associée à l'advection zonale, le mécanisme qui tend à déstabiliser l'instabilité couplée océan-atmosphère associée à ENSO. Ce gradient est aussi dépendant de la zone de convergence des courants de surface à grande échelle, c'est-à-dire dans le centre-ouest du bassin où existe un front marqué en salinité notamment. A l'ouest de ce front, la couche de mélange océanique est relativement fine par rapport au centre du bassin et les conditions de pluviométrie combinées à des cisaillements importants des courants superficiels entraînent la formation de forts gradients verticaux en salinité qui contrôlent alors la stratification verticale des couches océaniques superficielles. Cette couche stratifiée en salinité est appelée «couche barrière de

sel » en référence à son rôle inhibiteur dans les échanges verticaux de chaleur entre les eaux de surface et les eaux de la thermocline. L'effet de cette couche barrière sur la dynamique d'ENSO reste mal connu même s'il a été montré qu'elle pouvait être un élément clef du développement des événements dans un modèle couplé (Maes *et al.*, 2005). Nous proposons dans cette thèse de mieux comprendre le rôle de la barrière de sel sur les événements El Niño les plus récents avec une attention particulière pour les événements de type Modoki dont l'occurrence a largement augmenté ces 20 dernières années (Takahashi *et al.*, 2011). En particulier des études récentes suggèrent que ces événements sont liés à une variabilité intra-saisonnière plus marquée que la normale tant dans l'océan (onde de Kelvin) que dans l'atmosphère (MJO et ondes atmosphériques convectives). Les caractéristiques du couplage océan-atmosphère à ces échelles de temps sont certainement sensibles à la stratification verticale de l'océan superficiel où la barrière de sel est présente. Il conviendra d'en identifier les possibles rétroactions et d'explicitier les mécanismes physiques sous-jacents.

Lors d'un événement ENSO, le déplacement du système couplé vers l'est du bassin, le long de l'équateur, entraîne un réchauffement et un dessalement des eaux associés à des modifications importantes des conditions biogéochimiques et biologiques de l'Océan Pacifique central. Les modifications physiques de l'environnement marin jouent alors un rôle crucial dans les apports de nutriments (nitrate et fer) et dans la rétroaction sur les premiers échelons de la chaîne trophique, à savoir la biomasse phytoplanctonique. L'étude de la variabilité de cette biomasse offre en retour un intérêt majeur pour le suivi de la zone de convergence à grande échelle (Maes *et al.*, 2010), et plusieurs études récentes ont montré des boucles de rétroactions positives entre les processus biologiques et les variations physiques de température dans les couches océaniques superficielles. Afin d'élucider les mécanismes en jeu dans ces rétroactions, nous proposons ici de coupler le modèle tridimensionnel physique ROMS avec un modèle biogéochimique décrivant l'écosystème de l'Océan Pacifique équatorial. Il conviendra en particulier de modifier le modèle BIOBUS (Gutknecht *et al.*, 2012) afin d'y inclure une description simplifiée du rôle du fer, élément indispensable dans le contrôle de la dynamique phytoplanctonique. De façon analogue aux analyses de la réponse couplée, une attention particulière sera portée sur la réponse de ce modèle aux échelles intra-saisonnières et à l'évolution des conditions physiques et biogéochimiques dans la zone de transition des deux principales régions du Pacifique équatorial que sont les eaux chaudes de la « warm pool » et la zone de divergence du Pacifique central où se situe l'upwelling équatorial. L'influence d'El Niño Modoki sur la dynamique biologique se traduirait par une décroissance marquée de la teneur en chlorophylle-*a* de surface et de la production primaire dans le Pacifique central. Il conviendra de tester ce type d'hypothèse et de comprendre les facteurs les plus influents dans cette dynamique couplée. De façon plus prospective, il s'agira aussi d'évaluer la réponse biologique associée à la variabilité générée à distance sur l'upwelling équatorial et côtier de la partie orientale du Pacifique induit par la propagation des ondes intra-saisonnières de Kelvin.

Ce sujet de thèse s'inscrit dans l'effort général de comprendre l'évolution récente de la variabilité des événements El Niño ainsi que ses effets sur la productivité dans l'Océan Pacifique équatorial, de l'ouest du bassin jusqu'aux côtes de l'Equateur et du Pérou.

Compétences : une formation en physique (ou applications de la physique) et un intérêt pour les approches multi-disciplinaires sont des éléments requis; la nature et la variété des outils à utiliser et/ou à développer plaident pour une solide formation en informatique.

Références :

- Maes C., J. Picaut, and S. Belamari, Importance of salinity barrier layer for the buildup of El Niño, *J. Climate*, 18, 104-118, 2005.
- Maes, C., J. Sudre, and V. Garçon, Detection of the eastern edge of the equatorial Pacific warm pool using satellite-based ocean color observations, *Scientific Online Letters on the Atmosphere*, 6, 129-132, 2010.
- Takahashi, K., A. Montecinos, K. Goubanova, and B. Dewitte, ENSO regimes: Reinterpreting the canonical and Modoki El Niño, *Geophys. Res. Lett.*, 38, L10704, doi:10.1029/2011GL047364, 2011.

ED 173 - SDU2E

Gutknecht, E. I. Dadou, B. Le Vu, G. Cambon, J. Sudre, V. Garçon, E. Machu, T. Rixen, A. Kock, A. Flohr, A. Paulmier, and G. Lavik, 2012: Nitrogen transfer and air-sea N₂O fluxes in the upwelling off Namibia within the oxygen minimum zone: a 3-D model approach, *Biogeosciences*, submitted.