

## STAGE DE RECHERCHE de MASTER 2<sup>ÈME</sup> ANNEE

### Master « **Océan, Atmosphère, Climat, Observations Spatiales** »

Année Universitaire 2016-2017

**LABORATOIRE** Laboratoire de Météorologie Dynamique (LMD/IPSL), Paris

**TITRE DU SUJET DE STAGE :** Analyse et quantification des processus impliqués dans la réponse des cumulus d'alizés au réchauffement climatique.

#### **COORDONNEES DU RESPONSABLE :**

Sandrine BONY

Directrice de Recherche CNRS

LMD/IPSL, case 99, 4 Place Jussieu, 75005 Paris (Tour 45-55, 3eme étage)

Téléphone : 01 44 27 50 14

E-mail : [bony@lmd.jussieu.fr](mailto:bony@lmd.jussieu.fr)

Secrétariat : 01 44 27 35 25

Fax : 01 44 27 62 72

#### **NATURE DU SUJET :**

Analyse de simulations climatiques existantes + réalisation de simulations numériques 1D + comparaison aux observations de la campagne avion qui s'est déroulée pendant l'été 2016 au large de la Barbade.

#### **POURSUITE :**

Ce stage peut-il donner lieu à un sujet de thèse ? Oui (avec participation à la prochaine campagne de terrain prévue à la Barbade début 2020).

**SUJET :** voir au verso.



Champ de petits cumulus d'alizés photographiés au large de la Barbade.

La réponse de ces nuages au réchauffement climatique reste un mystère...et en enjeu majeur pour l'avenir du climat.

La compréhension des interactions entre nuages, circulations atmosphériques de petite et grande échelle, et sensibilité climatique constitue l'un des enjeux majeurs des sciences du climat (Bony et al. 2015). En particulier, la réponse à un réchauffement climatique des petits cumulus d'alizés (qui couvrent la majeure partie des océans tropicaux) reste mystérieuse: cette réponse diffère largement d'un modèle climatique à l'autre, et cela constitue la principale incertitude dans l'estimation de la sensibilité climatique (Bony et Dufresne 2005). Les recherches internationales menées sur le sujet au cours de la dernière décennie ont permis d'identifier les mécanismes physiques contrôlant cette réponse dans les modèles (e.g. Sherwood et al. 2014, Bretherton 2015). Notamment, les recherches ont montré que la réponse dépendait d'une compétition entre évaporation à la surface de l'océan (qui tend à humidifier la couche limite), mélange convectif dans les basses couches de l'atmosphère (qui tend à assécher la couche limite) et effets radiatifs (qui affectent l'un et l'autre). La principale difficulté désormais réside dans la quantification de ces processus dans les modèles, et dans leur évaluation à partir d'observations.

L'objectif de ce stage sera double. D'une part, il s'agira de comprendre les mécanismes à l'origine de la réponse des cumulus d'alizés dans la dernière version du Modèle de Circulation Générale LMDZ (LMDZ6) utilisé pour la simulation du climat et du changement climatique à l'IPSL. D'autre part il s'agira d'utiliser les observations issues de la campagne NARVAL2 (qui s'est déroulée au large de la Barbade en Août 2016) pour tester la capacité du modèle à représenter les couplages entre nuages, flux turbulents à la surface de l'océan, mélange convectif et rayonnement, et en évaluer les implications.

Concrètement, le stage pourra s'organiser en trois phases :

1. On pourra tout d'abord analyser les simulations climatiques de l'IPSL réalisées dans le cadre du projet international CMIP6 : comment les nuages de couche limite répondent-ils à une augmentation du CO<sub>2</sub> atmosphérique ou à une augmentation prescrite de la température de surface de l'océan ? Quels sont les rôles relatifs de l'évaporation et de la convection peu profonde dans cette réponse ? Quel impact radiatif sur le bilan radiatif au sommet de l'atmosphère ?

2. Pour approfondir la compréhension physique de cette réponse, on pourra utiliser la version uni-colonne du modèle LMDZ6 (utilisant la même physique atmosphérique) forcée par les conditions de grande échelle de la campagne NARVAL2 : la réponse des cumulus d'alizés à l'augmentation du CO<sub>2</sub> ou de la SST dans cette configuration plus simple (1D) du modèle ressemble-t-elle à celle du modèle 3D ? comment cette réponse dépend-elle de la représentation numérique des nuages et de la convection peu profonde ?

3. On pourra alors utiliser les observations de la campagne NARVAL2 pour tester les couplages entre nuages, turbulence, convection et rayonnement. Les observations permettent-elles de contraindre l'intensité de ces couplages dans le modèle ?

Ce stage pourra se poursuivre en thèse et contribuer à préparer la campagne de terrain Franco-Allemande qui sera organisée début 2020 au large de la Barbade dans le cadre du projet ERC *EUREC<sup>4</sup>A* (Elucidating the role of clouds-circulation couplings in climate) et du Grand Challenge du WCRP *Clouds, Circulation and Climate Sensitivity*.

#### **Bibliographie :**

- Bony S et al. 2015: Clouds, Circulation and Climate Sensitivity. *Nature Geoscience*, 8, 261–268; doi:10.1038/ngeo2398.
- Bony S and JL Dufresne, 2005; Marine boundary layer clouds at the heart of tropical cloud feedback uncertainties in climate models. *Geophys. Res. Lett.*, doi:10.1029/2005GL023851.
- Bretherton CS, 2015 : Insights into low-latitude cloud feedbacks from high-resolution models. *Phil. Trans. R. Soc. A*, <http://dx.doi.org/10.1098/rsta.2014.0415>
- Sherwood, S Bony and JL Dufresne, 2014: Spread in model estimates of climate sensitivity traced to atmospheric convective mixing. *Nature*, doi:10.1038/nature12829.