

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

Laboratoire : CNRM

Titre du stage : **Nuages de convection profonde sous les tropiques : effets radiatifs et représentation dans les modèles de climat ?**

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

Dominique Bouniol – Chargé de recherche CNRS

Catherine Rio – Chargé de recherche CNRS

Romain Roehrig - Ingénieur des Ponts, des Eaux et des Forêts à Météo-France

Coordonnées (téléphone et email) du (des) responsable (s) de stage :

Dominique Bouniol – 05 61 07 99 00 – dominique.bouniol@meteo.fr

Catherine Rio – 05 61 07 94 75 - catherine.rio@meteo.fr

Romain Roehrig – 05 61 07 67 62 – romain.roehrig@meteo.fr

Sujet du stage :

Les systèmes convectifs de moyenne échelle jouent un rôle majeur sur le bilan d'eau et d'énergie sous les Tropiques. Ils redistribuent verticalement eau et énergie dans l'atmosphère, produisent des précipitations, et génèrent des nuages hauts et profonds, dont les effets radiatifs sont un des moteurs de la circulation atmosphérique tropicale. L'effet radiatif des nuages (*Cloud Radiative Effect* – CRE) sur le bilan énergétique du système climatique est quantifié par l'écart entre le flux réellement émis par la colonne atmosphérique, en présence de nuages, et celui émis en ciel clair, c'est à dire sous les mêmes conditions thermodynamiques, mais en l'absence de nuage. Le CRE est souvent estimé au sommet de l'atmosphère à l'aide d'observations spatiales couplées à l'utilisation d'un code de transfert radiatif. De manière générale, au sommet de l'atmosphère, le CRE dans le domaine du visible est négatif (effet d'albédo) alors qu'il est positif dans le domaine de l'infra-rouge (effet de serre). Les observations montrent que ces deux grandeurs tendent à s'annuler dans les régions tropicales convectives (« Near cancellation », Hartmann et Berry 2017). Les observations spatiales montrent que ces régions convectives sont associées à différents types de nuages affectant différentes couches de la troposphère, mais plus particulièrement à une couche de nuages hauts, optiquement épais appelés « enclumes ». Le temps de vie de ces nuages excède de plusieurs heures le temps de vie des tours convectives, ce qui en fait des acteurs clés de la « near cancellation ».

Etant donné leur importance dans le système climatique, il est donc indispensable d'évaluer la capacité des modèles de climat à représenter les nuages issus de la convection, leurs effets radiatifs et les équilibres associés. De par leur utilisation (simulations couvrant plusieurs dizaines à centaines d'année), les modèles de climat résolvent les équations de la dynamique des fluides sur une grille relativement grossière, dont la résolution horizontale est de l'ordre de la centaine de kilomètres. Les processus convectifs et nuageux sont alors nécessairement « sous-maille », ce qui requiert le développement et l'utilisation de modèles simplifiés qui rendent compte de l'impact de ces petites échelles sur l'échelle résolue par le modèle de climat. Ces modèles sont appelés des paramétrisations. L'influence des nuages sur le transfert radiatif fait également appel à des paramétrisations.

L'objectif de ce stage est de comprendre pourquoi l'effet radiatif des nuages hauts issus de la convection s'annule dans les Tropiques et d'explorer la capacité des deux modèles atmosphériques français (Arpege-Climat et LMDZ) à simuler les équilibres associés à ces nuages à différentes échelles spatio-temporelles. Dans un premier temps, les observations issues de l'instrument CERES à bord des satellites Aqua et TERRA permettront d'identifier les régions convectives où la « near cancellation » est observée. Les différentes composantes du bilan radiatif seront alors documentées à différentes échelles temporelles (moyenne mensuelle, journalière ou horaire).

En parallèle l'équilibre simulé par ARPEGE-Climat et LMDZ dans ces mêmes zones sera exploré. On s'intéressera aux propriétés radiatives et microphysiques mais également aux propriétés macrophysiques des nuages (occurrence de cumulus, congestus, cumulonimbus) et au profil thermodynamique de leur environnement. On s'attachera en particulier à identifier les potentielles compensations d'erreurs entre les propriétés macrophysiques (e.g., profil vertical de la couverture nuageuse) et microphysiques (e.g., taille des cristaux de glace, vitesse de chute) de ces nuages, qui combinées, peuvent donner des effets radiatifs corrects au sommet de l'atmosphère, mais au prix de compensation d'erreurs qui peuvent mener à des biais importants sur les caractéristiques nuageuses et la circulation grande-échelle.