

## Proposition de Sujet de thèse 2018

Laboratoire (et n° de l'unité) dans lequel se déroulera la thèse : CNRM - UMR 3589

**Titre du sujet proposé** : Compréhension, hiérarchisation et réduction des incertitudes sur la réponse des moyennes latitudes à un accroissement du CO<sub>2</sub> atmosphérique.

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

**Coordonnées (téléphone et e-mail) du (des) responsable(s) de thèse** :  
Tel : 05 61 07 96 25 / Courriel : herve.douville@meteo.fr

### Résumé du sujet de la thèse

Bien qu'essentielles aux négociations internationales sur l'évolution du climat, les projections climatiques globales souffrent encore de nombreuses incertitudes liées aux scénarios d'émission, à la variabilité interne du climat, et au caractère imparfait des modèles. On peut isoler cette dernière source en travaillant sur des simulations idéalisées visant à étudier la réponse du climat à un quadruplement abrupt du CO<sub>2</sub> atmosphérique (abrupt4xCO<sub>2</sub>).

L'objectif de la thèse est de comprendre, hiérarchiser, et si possible réduire les sources de dispersion de la réponse atmosphérique des modèles dans les simulations abrupt4xCO<sub>2</sub> du prochain exercice d'intercomparaison CMIP. La stratégie consiste d'abord à reproduire et à décomposer cette réponse via des simulations atmosphériques pilotées non seulement par la concentration en CO<sub>2</sub> mais également par des températures de surface de la mer (SST) et des concentrations de banquise (SIC) issues des modèles couplés océan-atmosphère [1,2,3]. On peut alors comparer différents effets (entre eux et d'un modèle à l'autre) dont l'effet purement radiatif du CO<sub>2</sub> (sans augmentation des SST) et l'effet d'un réchauffement océanique uniforme (sans augmentation du CO<sub>2</sub>), mais aussi d'autres effets plus régionaux liés au « pattern » des anomalies de SST, au retrait de la banquise, ou à l'impact biophysique du CO<sub>2</sub> sur la transpiration des plantes. On peut aussi profiter de ce protocole pour étudier l'effet des biais de SST/SIC sur la réponse atmosphérique en utilisant des SST/SIC observées dans l'expérience de « contrôle » auxquelles on superpose ensuite les anomalies issues des modèles couplés dans l'expérience « perturbée ». On peut aussi isoler l'effet des biais continentaux (humidité du sol et/ou neige), et le comparer à celui des biais océaniques, en utilisant une technique de relaxation [4] vers une climatologie continentale obtenue en mode « off-line ».

Certaines de ces simulations atmosphériques ont d'ores et déjà été réalisées pour 3 modèles de climat ayant participé à CMIP5 [3] et seront prochainement répétées avec au moins une douzaine de modèles participant à CMIP6 [5], dont la version 6 d'ARPEGE-Climat qui est la composante atmosphérique du modèle de climat CNRM-CM6. Deux configurations de ce modèle seront en outre disponibles pour étudier la sensibilité des résultats à la résolution horizontale atmosphérique (troncature T127 vs T359). Le(a) thésard(e) disposera donc d'un jeu de simulations multi-modèles pour analyser l'importance relative des différents effets précédemment cités, voire pour les contraindre par le biais de la variabilité climatique observée. L'hypothèse de travail est notamment que le « pattern » du réchauffement océanique ou le retrait de la banquise pourrait avoir des signatures atmosphériques en partie communes en changement climatique et en réponse à la variabilité interannuelle des océans. In fine, ces travaux devraient donc permettre non seulement de mieux comprendre les incertitudes liées à la modélisation dans les projections climatiques globales, mais également de contraindre en partie ces projections via l'utilisation de relations émergentes [6,7] entre le comportement des modèles atmosphériques en climat récent et futur. Les contraintes ainsi mises en évidence pourront ensuite être appliquées aux simulations couplées idéalisées de CMIP6 (simulations abrupt4xCO<sub>2</sub> et +1%CO<sub>2</sub>) voire à des scénarios climatiques plus réalistes.

Le focus des analyses sera sur les moyennes latitudes de l'Hémisphère Nord qui montrent une dispersion particulièrement forte dans les projections globales et où l'usage de simulations idéalisées et/ou purement atmosphériques permet d'améliorer sensiblement le rapport signal sur bruit. Outre la réponse de la circulation en moyenne zonale, on s'intéressera à la réponse des ondes stationnaires et, si possible, de l'activité synoptique. La réponse du cycle de l'eau sera également étudiée en décomposant lorsque cela sera possible (au moins avec ARPEGE-Climat) les changements de convergence d'humidité liés au changement de l'état moyen et au changement de l'activité synoptique (échelles de temps inférieures au mois). Les rôles respectifs du « pattern » de SST et du retrait de la banquise feront l'objet d'une attention particulière, concernant la réponse de la circulation et des précipitations sur l'Atlantique Nord et l'Europe.

### Nature du travail attendu et compétences souhaitées

Le travail consistera d'une part à analyser les simulations couplées et atmosphériques existantes, déjà réalisées dans le cadre du DECK (piControl et abrupt4xCO2) et de l'inter-comparaison CFMIP de CMIP6, d'autre part à effectuer des tests de sensibilité supplémentaires avec la version 6 du modèle ARPEGE-Climat. Outre la préparation, la réalisation et le dépouillement de ces simulations atmosphériques, le travail consistera essentiellement en une analyse statistique des résultats, sachant à la fois mettre en évidence les comportements robustes des modèles et la dispersion de leurs résultats.

### Références bibliographiques

1. Grise K.M. and L.M. Polvani (2014) The response of midlatitude jets to increased CO2: Distinguishing the roles of sea surface temperature and direct radiative forcing, *Geophys. Res. Lett.*, 41, 6863–6871, doi:10.1002/2014GL061638.
2. He J. and B.J. Soden (2015) Does the Lack of Coupling in SST-Forced Atmosphere-Only Models Limit Their Usefulness for Climate Change Studies? *J. Climate*, 29, 4317-4325.
3. Chadwick R., H. Douville, C.B. Skinner (2017) Timeslice experiments for understanding regional climate projections: Applications to the tropical hydrological cycle and European winter circulation. *Clim. Dyn.*, doi :doi:10.1007/s00382-016-3488-6.
4. Douville H., J. Cattiaux, J. Colin, E. Krug, S. Thao (2016) Mid-latitude daily summer temperatures reshaped by soil moisture under climate change. *Geophys. Res. Lett.*, 43, doi: 10.1002/2015GL066222.
5. Webb M.J., T. Andrews, A. Bodas-Salcedo, S. Bony, C.S. Bretherton, R. Chadwick, H. Douville, P. Good, J. Kay, S.A. Klein, R. Marchand, A.P. Siebesma, B. Stevens, G. Tselioudis, M. Watanabe (2017) The Cloud Feedback Model Intercomparison Project (CFMIP) contribution to CMIP6. *Geosci. Model Dev.*, 10, 359-384, doi:10.5194/gmd-10-359-2017.
6. Allen M.R. and W.J. Ingram (2002) Constraints on future changes in climate and the hydrologic cycle. *Nature*, 419, 224-232, doi:10.1038/nature01092.
7. Douville H., M. Plazzotta (2017) Midlatitude summer drying: An underestimated threat in CMIP5 models? *Geophys. Res. Lett.*, doi:10.1002/2017GL075353.