

PROJET DE FIN D'ETUDES

INGENIEURS DE L'ECOLE NATIONALE DE LA METEOROLOGIE

FICHE DE PROPOSITION DE SUJET

Titre du sujet proposé : Émulateur statistique de modèle régional de climat en territoire ultra-marin pour une quantification des incertitudes modèles en contexte de chaleur humide

Organisme ou service proposant le sujet : Météo-France DIROI-EC (Direction Interrégionale pour l'Océan Indien, division Études et Climatologie) / UMR CNRM-GMGEC (Centre National de Recherches Météorologiques, Groupe de Météorologie de Grande Échelle et Climat) équipes CLIMSTAT (Analyse Statistique Extrêmes – Changement Climatique) et MOSCA (Modélisation du Système Climatique Régional)

Responsable principal du stage :

Responsable principal (le responsable principal est l'interlocuteur direct de l'Ecole. C'est à lui, en particulier, que seront adressés les courriers ultérieurs) :

NOM : LEROUX

Prénom : Marie-Dominique

téléphone : +262 6 92 38 18 45

Mél : marie-dominique.leroux@meteo.fr

Autres responsables : Ali BEL MADANI (ali.belmadani@meteo.fr +33 5 61 07 93 90), Antoine DOURY (antoine.doury@meteo.fr +33 5 61 07 91 04)

Le stage présente-t-il un caractère de confidentialité ? : Non

Le stage peut-il être effectué à distance ? : Non.

1) Description du sujet – livrables attendus

Avec le projet [BRIO](#) (Building Resilience in the Indian Ocean, 2018-2022), Météo-France a réalisé des simulations climatiques à haute résolution sur le Sud-Ouest de l'Océan Indien sur la période 1981-2100 pour 3 scénarios d'émissions de gaz à effet de serre. Les simulations ont été réalisées avec le modèle régional de climat (RCM) ALADIN-Climat V6 (12 km de résolution, 90 niveaux verticaux) piloté par le modèle global (GCM) CNRM-ESM2-1 (environ 150 km de résolution), lequel appartient au lot de simulations CMIP6 du dernier exercice du GIEC. Malgré l'intérêt évident de telles simulations pour des petites îles comme La Réunion qui sont absentes des GCMs, l'approche a l'inconvénient d'être à la fois coûteuse en temps de calcul et fortement contrainte par le choix du GCM, qui ne représente qu'une réalisation parmi l'univers des

possibles échantillonné par l'ensemble CMIP6.

Le but de ce stage est d'explorer la faisabilité d'émuler statistiquement cette descente d'échelle dynamique à partir d'autres modèles globaux CMIP6, afin de pouvoir quantifier l'incertitude des simulations climatiques liée à la modélisation numérique. Les travaux seront appliqués à l'étude de l'évolution des pluies d'une part, et de la chaleur humide (température ressentie) d'autre part. En effet, les GCMs prévoient un risque accru d'hyperthermie (incapacité du corps humain à évacuer l'excès de température via l'évaporation de la transpiration) dans la bande tropicale, sans toutefois apporter de réponse pour l'outre-mer tropical insulaire.

L'émulateur de RCM développé par Antoine Doury pour la France hexagonale sera l'outil de référence durant ce stage. Il s'agit d'une approche de descente d'échelle hybride ayant pour but de reproduire la relation entre des prédicteurs de grande échelle (basse résolution, en altitude) et une variable de surface à haute résolution. L'apprentissage de cette relation se fait au sein de simulations RCM existantes, ce qui permet d'explorer des régions avec peu d'observations mais surtout des climats futurs. L'émulateur repose sur des algorithmes d'intelligence artificielle (réseaux de neurones convolutifs) qui garantissent son efficacité. L'intérêt d'un tel outil est donc de l'appliquer à un grand nombre de simulations globales (basse résolution) afin de créer un grand ensemble de simulations haute résolution sur un domaine d'intérêt, permettant ainsi une meilleure exploration des sources d'incertitude.

L'objectif du stage est de prendre en main et d'appliquer l'émulateur afin d'évaluer son utilisation en milieu tropical insulaire pour l'émulation des champs de précipitations, température et humidité relative de surface sur un domaine d'environ 4° de côté autour de La Réunion (soit typiquement 32 points pour un RCM de 12 km de résolution). L'étudiant-e devra évaluer la pertinence d'utiliser l'émulateur statistique en mode multivarié (deux ou trois variables de sortie parmi les champs précités) par rapport au mode monovarié évalué jusqu'ici (chacune des variables est émulée de façon séparée et indépendante).

L'étudiant-e analysera les relations de covariance entre les variables température, humidité et précipitations dans ALADIN, le GCM et les observations, et quantifiera leur réplication par l'émulateur en modes mono- et multi-varié. Dans un deuxième temps, l'étudiant-e appliquera l'émulateur à d'autres modèles CMIP6 dont les données au pas de temps quotidien devront être téléchargées et préparées via le serveur ESPRI de l'IPSL (un accès à cette plateforme sera demandé pour l'étudiant-e). Dans cette deuxième partie, si le temps le permet, les signaux du changement climatique pourront être évalués sur La Réunion pour divers scénarios d'émission de gaz à effet de serre, en quantifiant l'incertitude multi-modèles.

2) lieu du stage, durée ou période

Le stage aura lieu préférentiellement à Saint-Denis (La Réunion), alternativement à Toulouse.

Météo-France Direction Interrégionale pour l'Océan Indien
50 Boulevard du Chaudron
BP 4
97491 SAINTE-CLOTILDE CEDEX

Météo-France Météopole
Centre National de Recherches Météorologiques
42 avenue Gaspard Coriolis
31057 TOULOUSE

Le stage aura une durée de 6 mois à partir du 1^{er} février 2024.