

PROJET DE FIN D'ETUDES

INGENIEURS DE L'ECOLE NATIONALE DE LA METEOROLOGIE

FICHE DE PROPOSITION DE SUJET

Titre du sujet proposé : Prévision infra-saisonnière des cyclones dans le sud-ouest de l'océan Indien à partir d'indices de cyclogenèse

Organisme ou service proposant le sujet :
Météo-France, DESR/CNRM/GMGEC

Responsable principal du stage :

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

NOM : SPECQ Prénom : Damien

téléphone : 05 61 07 93 34 Mél : damien.specq@meteo.fr

Autres responsables : CHAUVIN Fabrice (DESR/CNRM/GMGEC) et MALARDEL Sylvie (DESR/LACy)

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

Le stage peut-il être effectué à distance ? : Partiellement

1) Description du sujet – livrables attendus

Les cyclones tropicaux font partie des phénomènes météorologiques les plus dévastateurs. La plupart des territoires ultramarins y sont exposés, ce qui fait de la prévision déterministe de ces systèmes (trajectoire, intensité) un enjeu opérationnel majeur pour Météo-France sur les courtes échéances. Cependant, l'estimation probabiliste de l'activité cyclonique à des échéances plus lointaines, de l'ordre de quelques semaines, est également une problématique à fort intérêt scientifique et à forts enjeux sociétaux. Ainsi, le projet de recherche PISSARO¹ mené au LACy² à la Réunion vise à développer des produits de prévision cyclonique à l'échelle de temps infra-saisonnière pour des usagers spécifiques, telle que la plate-forme d'intervention de la Croix Rouge sur le bassin Sud-Ouest Océan Indien.

Les travaux sur les échéances de quelques semaines ont été récemment stimulés par les progrès de compréhension et de modélisation des phénomènes infra-saisonniers susceptibles

1 <http://fr.pissaro.re/>

2 Laboratoire de l'Atmosphère et des Cyclones

d'apporter du signal (par exemple l'oscillation de Madden-Julian), ainsi que par la construction de la base de données de prévisions d'ensemble en temps réel S2S (Subseasonal-to-seasonal, Vitart et al 2017) sur laquelle s'appuiera ce PFE.

Pour extraire une prévision de formation de cyclone à partir des prévisions S2S, il est possible d'appliquer deux approches déjà mises en œuvre sur des simulations de changement climatique (Chauvin et al. 2020, Cattiaux et al. 2020) :

1) Le tracking (e.g Vitart et Stockdale 2001) : on détecte les cyclones tropicaux dans les sorties des modèles via des algorithmes de suivi d'objet

2) Les indices de cyclogenèse (Menkes et al. 2012) : on utilise des liens statistiques entre l'activité cyclonique et des paramètres d'environnement de grande échelle disponibles dans les données modèle

La méthode de tracking est la plus utilisée dans les travaux consacrés à la prévision infra-saisonnière (e.g Lee et al. 2018, Lee et al. 2020). Outre son temps de calcul et sa sensibilité à la résolution, elle présente l'inconvénient majeur de faire apparaître un très grand nombre de trajectoires dès lors que l'on considère les différents membres d'une prévision S2S à plusieurs semaines d'échéance, ce qui ne facilite pas l'interprétation. Par comparaison, les indices de cyclogenèse ont été très peu explorés à ces échéances. Ils pourraient présenter l'avantage de représenter la formation de cyclones en termes de « zones suspectes », tout en étant applicables à un grand nombre de modèles et à faible coût. Ils permettent par ailleurs d'effectuer des diagnostics sur les différentes variables intervenant dans la cyclogenèse (Camargo et al 2007, Camargo et al 2009, Zhao et al 2019).

Le but de ce PFE est d'étudier l'intérêt d'une approche par indices de cyclogenèse appliquée aux prévisions numériques infra-saisonnières S2S. Pour cela, on s'appuiera sur les trois indices utilisés par Cattiaux et al (2020) :

i) l'indice CYGP (Royer et al 1998)

ii) l'indice GPI (Emanuel et Nolan 2004)

iii) l'indice TCS (Tippett et al 2011)

On se focalisera sur le bassin Sud-Ouest Océan Indien afin d'articuler les résultats obtenus avec les travaux menés dans le cadre du projet PISSARO. Par ailleurs, ce PFE s'inscrira aussi dans le cadre du projet CYPRESSA dont l'objectif est l'intercomparaison des approches de tracking et d'indices de cyclogenèse dans les simulations allant des échelles infra-saisonnières à climatiques.

Le travail de ce PFE se déroulera en trois étapes :

1) Estimation de l'impact des trajectoires de cyclones prévues sur le calcul des indices de cyclogenèse.

La présence effective d'un cyclone mature dans la prévision impacte les variables de grande échelle qui servent à calculer les indices de cyclogenèse. Pourtant, le but de tels indices est de révéler la présence de « zones suspectes » où se formeront de nouveaux cyclones, et non pas d'indiquer les cyclones existants. Si ce problème n'est pas prégnant quand on utilise ces indices sur des échelles de temps longues, il risque de l'être davantage sur les fenêtres hebdomadaires de la prévision infra-saisonnière, dans des proportions qu'il faudra évaluer.

2) Validation de la pertinence des indices de cyclogenèse par rapport à une méthode de « tracking »

Cette étape vise à montrer si les indices de cyclogenèse prévus concordent avec la cyclogenèse obtenue d'après un tracking des prévisions S2S utilisant l'algorithme de Vitart et Stockdale (2001) dont les données sont déjà disponibles. On calculera pour cela des scores objectifs tels que le biais et l'erreur quadratique, la corrélation ainsi que des scores probabilistes (e.g Lee et al 2018, 2020).

3) Vérification de la prévision de cyclogenèse à partir des indices.

Les prévisions infra-saisonnnières de cyclogenèse à échelle hebdomadaire (semaines 2, 3 et/ou 4) obtenues avec les indices seront évaluées sur un rejeu de 20 ans de prévisions passées. On calculera pour cela les scores objectifs mentionnés ci-dessus par rapport aux indices de cyclogenèse et aux premiers points des trajectoires dans des données de référence (réanalyse ERA5, trajectoires IBTRaCS).

Bibliographie :

Camargo, S. et al. (2007). Use of a Genesis Potential Index to Diagnose ENSO Effects on Tropical Cyclone Genesis. *J. Climate*, 20 (19), 4819-4834.

Camargo, S. et al. (2009). Diagnosis of the MJO Modulation of Tropical Cyclogenesis Using an Empirical Index. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 66 (10), 3061-3074.

Cattiaux, J. et al. (2020). Projected Changes in the Southern Indian Ocean Cyclone Activity Assessed from High-Resolution Experiments and CMIP5 Models. *J. Climate*, 33 (12), 4975-4991.

Chauvin, F. et al. (2020). Future changes in Atlantic hurricanes with the rotated-stretched ARPEGE-Climat at very high resolution. *Climate Dyn.*, 54, 947-972.

Emanuel, K. & Nolan, D. (2004). Tropical cyclone activity and the global climate system. *Preprints, 26th Conf. on Hurricanes and Tropical Meteorology, Miami, FL, Amer. Meteor. Soc.*, 240-241

Lee, C-Y. et al. (2018). Subseasonal Tropical Cyclone Genesis Prediction and MJO in the S2S Dataset. *Weather and Forecasting*, 33 (4), 967-988.

Lee, C-Y. et al. (2020). Subseasonal Predictions of Tropical Cyclone Occurrence and ACE in the S2S Dataset. *Weather and Forecasting*, 35 (3), 921-938.

Menkes, C. et al. (2012). Comparison of tropical cyclogenesis indices on seasonal to interannual timescales, *Climate Dyn.*, 38 (1), 301-321.

Royer, J-F. et al. (1998). A GCM study of the impact of greenhouse gas increase on the frequency of occurrence of tropical cyclones. *Climatic Change*, 38, 307-343

Tippett, M.K. et al. (2011). A Poisson regression index for tropical cyclone genesis and the role of large-scale vorticity in genesis. *J. Climate*, 24, 2335-2357

Vitart, F. et Stockdale, T.N. (2001). Seasonal Forecasting of Tropical Storms Using Coupled GCM Integrations. *Mon. Wea. Rev.*, 129 (10), 2521-2537.

Zhao, C. et al. (2019). MJO modulation and its ability to predict boreal summer tropical cyclone genesis over the northwest Pacific in Met Office Hadley Centre and Beijing Climate Center seasonal prediction systems. *Q.J.R. Meteorol. Soc.*, 145, 1089-1101.

2) lieu du stage, durée ou période

Le stage se déroulera sur une durée de 6 mois entre février et septembre 2023, au CNRM à Toulouse.