

PROJET DE FIN D'ETUDES
INGENIEURS DE L'ECOLE NATIONALE DE LA METEOROLOGIE
FICHE DE PROPOSITION DE SUJET

Titre du sujet proposé : Préviation des pluies tropicales à échelle saisonnière : Evaluation du gain de prévisibilité lié aux ondes équatoriales couplées à la convection

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

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 : PEYRILLE

Prénom : PHILIPPE

téléphone : 05 61 07 97 43

Mél : philippe.peyrille@meteo.fr

Autres responsables :

NOM : SPECQ

Prénom : DAMIEN

téléphone : 05 61 07 93 34

Mél : damien.specq@meteo.fr

NOM : CORNILLAUT

Prénom : ERWAN

téléphone : 05 61 07 90 14

Mél : erwan.cornillault@meteo.fr

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

Dans les régions tropicales, la plupart des épisodes pluvieux, et en particulier les plus intenses, sont liés à des situations convectives locales. Le développement des systèmes convectifs peut cependant être stimulé par des environnements de grande échelle mis en place par les ondes équatoriales couplées à la convection (CCEW). Ainsi, les modes lents comme l'oscillation de Madden-Julian (*Madden-Julian Oscillation* – MJO) et les ondes de Rossby équatoriales jouent un rôle majeur sur toute la bande tropicale, tandis que les ondes synoptiques (ondes d'est et ondes de Kelvin) modulent la convection de manière plus régionalisée (Wheeler et Kiladis 1999, Roundy and Franck 2004). Par ailleurs, plusieurs travaux ont montré que des configurations spécifiques de ces ondes, lorsqu'elles se superposent de manière constructive pour amplifier les systèmes convectifs, favorisent l'occurrence d'extrêmes de pluies (Lafore et al. 2017, Latos et al. 2021, Peyrillé et al. 2023).

En raison de leur caractère propagatif sur des échelles de temps allant de la semaine (ondes de Kelvin) au mois (MJO), les CCEW peuvent théoriquement apporter une prévisibilité des précipitations tropicales à des échéances qui excèdent l'horizon de la prévision météorologique à court terme, comme cela a été montré sur la base de données observées (Li et Stechmann 2020, Schreck et al. 2020).

Cependant, les bénéfices concrets qu'en tirent des systèmes de prévision numérique de moyenne échéance (jusqu'à 15 jours) ou d'échéance infra-saisonnière (jusqu'à 45 jours environ) semblent encore limités. Ainsi, Schreck et al (2020) montrent que dans le modèle de prévision infra-saisonnière CFSv2, l'essentiel des capacités prédictives pour le paramètre « pluies tropicales » à échéance semaine 3 provient des signaux de basse fréquence interannuels plutôt que de la MJO et des ondes équatoriales Rossby. De même, en séparant les prévisions infra-saisonnières ECMWF selon l'état de la MJO dans les conditions initiales, Specq et Batté (2022) montrent que des conditions propagatives favorables permettent de mieux détecter les fortes précipitations qui surviennent, mais que cela se fait au prix d'un plus grand nombre de fausses alarmes. Une voie de recherche en cours au CNRM consiste par ailleurs à explorer le potentiel prédictif de certains paramètres comme l'eau précipitable, qui possède un lien étroit avec les pluies tropicales, notamment extrêmes (Neelin et al. 2009, Peyrillé et al. 2023). L'eau précipitable souffrant de moins de biais de prévision que la pluie, des travaux ont montré un apport de ce paramètre sur la prévision de pluie hebdomadaires des pluies en Afrique de l'Ouest (Peyrillé et al. en préparation) mais aucun résultat n'est disponible à l'échelle de la ceinture tropicale ou mettant en avant le rôle des CCEWs.

Toutefois, ces résultats sur les bénéfices que tirent les modèles de la présence d'ondes équatoriales sont fortement dépendants du cadre d'évaluation choisi (score, événement prévu), du modèle utilisé, de la région géographique considérée et des paramètres considérés pour identifier une situation à enjeu (pluie ou précurseur de grande échelle par exemple). De plus, ils ne permettent pas réellement d'aborder ces bénéfices dans un contexte de prévision en temps réel, dans la mesure où ils reposent sur un score moyen sur toutes les prévisions disponibles (Schreck et al. 2020, Janiga et al. 2018) ou séparent les prévisions selon un critère relativement grossier (phase initiale de la MJO, Specq et Batté 2022).

Le but de ce stage est de quantifier l'apport des ondes équatoriales sur la capacité des prévisions numériques à anticiper les précipitations tropicales. On développera pour cela une nouvelle méthodologie croisant l'information sur les CCEW et la prévision des précipitations. On comparera la différence de qualité de prévision – quantifiée par des scores judicieusement choisis sur la pluie et l'eau précipitable – selon la présence ou non d'une onde équatoriale en phase de convection active, inactive ou neutre dans les conditions initiales. On s'intéressera en premier lieu aux ondes les plus lentes comme la MJO et les ondes de Rossby équatoriales avant de généraliser l'approche à l'ensemble des ondes. La prévision des précipitations sera abordée à l'échelle journalière en considérant la totalité de la fonction de distribution des pluies, allant de la moyenne aux valeurs plus extrêmes et sera étendue à des périodes temporelles

plus longues selon les résultats obtenus.

La méthodologie développée sera appliquée à l'ensemble de la bande tropicale, mais un focus particulier sera porté au bassin Sud-Ouest de l'océan Indien en raison des responsabilités spécifiques de Météo-France dans la région (Centre météorologique régional spécialisé cyclones), et dans la lignée de collaborations précédentes avec le LACy¹ sur les échéances infra-saisonnières. Cette approche sera développée comparativement sur les prévisions fournies par ECMWF et par le CNRM à la base du projet S2S (Subseasonal-to-Seasonal, Vitart et al. 2017).

Bibliographie :

Janiga, M.A. et al (2018). Subseasonal Forecasts of Convectively Coupled Equatorial Waves and the MJO: Activity and Predictive Skill. *Monthly Weather Review*, **146**, 2337–2360, <https://doi.org/10.1175/MWR-D-17-0261.1>.

Lafore, J-P. et al (2017). A multi-scale analysis of the extreme rain event of Ouagadougou in 2009. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*

Latos, B. et al (2021). Equatorial Waves Triggering Extreme Rainfall and Floods in Southwest Sulawesi, Indonesia. *Monthly Weather Review*

Li, Y. and Stechmann, S.N. (2020). Predictability of tropical rainfall and waves: Estimates from observational data. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*

Peyrillé, P. et al (2023). Tropical Waves are key drivers of Extreme Precipitation Events in the Central Sahel. *Geophysical Research Letters*

Roundy, P.E. et Frank, W.M. (2004). A Climatology of Waves in the Equatorial Region. *Journal of the Atmospheric Sciences*

Schreck, C.J. et al (2020). Sources of Tropical Subseasonal Skill in the CFSv2. *Monthly Weather Review*

Specq, D. et Batté, L. (2022). Do subseasonal forecasts take advantage of Madden–Julian oscillation windows of opportunity? *Atmospheric Science Letters*

Vitart, F. et al. (2017). The Subseasonal to Seasonal (S2S) Prediction Project Database. *Bulletin of the American Meteorological Society*

Wheeler, M.C. et Kiladis, G.N. (1999). Convectively Coupled Equatorial Waves: Analysis of Clouds and Temperature in the Wavenumber-Frequency Domain. *Journal of the Atmospheric Sciences*

2) lieu du stage, durée ou période

Le stage se déroulera sur une durée de 6 mois entre février et septembre 2024, au CNRM à Toulouse.

¹ Laboratoire de l'Atmosphère et des Cyclones