

Soutenance de thèse CNRM

Méthodes pour l'évaluation de l'activité cyclonique tropicale en changement climatique

Par William DULAC (GMGEC/CLIMSTAT)

Mercredi 20 décembre à 09h30
CIC - Salle André Prud'homme

Météopôle, 42 avenue G. Coriolis,
31057 Toulouse Cedex 01

Lien BJ : <https://bluejeans.com/967902158/1989>

Composition du jury :

Sylvie MALARDEL, Rapporteur
Jean Philippe DUVEL, Rapporteur
Caroline MULLER, Examinatrice
Jean-Pierre CHABOUREAU, Examineur
Christophe MENKES, Examineur
Julien CATTIAUX, Directeur de thèse
Fabrice CHAUVIN, Co-directeur de thèse (Invité)

Résumé

En raison de leurs impacts dévastateurs sur les populations et les infrastructures des pays concernés, l'évolution future de l'activité cyclonique tropicale dans le contexte du réchauffement climatique est une question de grande importance. Deux méthodes existent pour évaluer l'activité cyclonique tropicale en changement climatique dans les modèles de climat : l'utilisation d'algorithmes de détection (traqueurs) de cyclones ou l'utilisation d'indices de cyclogénèse qui traduisent des relations statistiques liant l'activité cyclonique observée à des variables atmosphériques de grande échelle. Ces deux méthodes tendent à fournir des projections opposées dans les simulations climatiques. Motivée par ce désaccord, cette thèse propose alors d'explorer ces deux approches dans le but d'apporter des améliorations à chacune d'elles.

Dans un premier temps, le traqueur de cyclones tropicaux du CNRM est appliqué à la réanalyse ERA5 du Centre européen pour les prévisions météorologiques à moyen terme, et évalué à l'aide de la base de données d'observations des cyclones IBTrACS. Ses performances sont évaluées en termes de probabilité de détection et de taux de fausses alarmes (POD et FAR), après optimisation des paramètres de détection, et en appliquant un filtre des systèmes de moyennes latitudes adéquat. Plusieurs métriques d'évaluation de la similarité des trajectoires détectées dans ERA5 avec celles observées sont ensuite proposées puis comparées. Ces métriques novatrices sont complémentaires au POD et au FAR et montrent que l'optimisation des paramètres de détection s'accompagne d'une légère amélioration de la similarité des trajectoires.

De nouveaux indices de cyclogénèse sont ensuite construits sur ERA5 par régression de Poisson entre des prédictors de grande échelle thermiques et dynamiques, et la base de données IBTrACS. Les régressions sont déclinées à différentes résolutions spatiales et temporelles ainsi qu'à l'échelle globale et pour les différents bassins océaniques. La résolution temporelle accrue permet la correction du biais équatorial présent dans les indices les plus communément utilisés. La variabilité interannuelle des indices apparaît cependant robuste aux modifications apportées aux coefficients de pondération des variables de grande échelle. Suite à ce constat, l'apport de l'ajout de prédictors dans les régressions est évalué sur ERA5 ainsi que dans le modèle ARPEGE ; d'une part en ajoutant explicitement un diagnostique du mode de variabilité El Niño (ENSO) dans l'indice, et d'autre part en remplaçant l'humidité relative à 600 hPa par le déficit de saturation d'humidité intégré sur la colonne (VPD). L'ajout du diagnostique ENSO permet alors d'améliorer la variabilité interannuelle de l'indice dans la plupart des bassins océaniques. Les corrélations avec les séries observées est rendue statistiquement significative au seuil de 95 % dans tous les bassins à l'exception du Nord Atlantique. L'utilisation du VPD permet quant à elle d'annuler les tendances à la hausse dans la période historique observée dans les indices basés sur l'humidité relative. L'indice obtenu présente donc un meilleur accord avec les observations. Lorsqu'appliqué à des simulations climatiques ARPEGE à très haute résolution, sous le scénario RCP8.5, le VPD amplifie également la diminution de l'activité cyclonique.

Abstract

Given their devastating impact on the populations and infrastructures of the countries concerned the future evolution of tropical cyclone activity in the context of global warming is an issue of great importance. Two methods exist for assessing tropical cyclone activity under climate change in climate models: the use of cyclone detection algorithms (trackers) or the use of cyclogenesis indices, which translate statistical relationships linking observed cyclone activity to large-scale atmospheric variables. These two methods tend to provide opposite projections in climate simulations. Motivated by this disagreement, this thesis proposes to explore these two approaches, with the aim of making improvements to each.

Firstly, the CNRM tropical cyclone tracker is applied to the ERA5 reanalysis of the European Centre for Medium-Range Weather Forecasts, and evaluated using the IBTrACS database of cyclone observations. Its performance is evaluated in terms of detection probability and false alarm rate (POD and FAR), after optimizing detection parameters and applying an appropriate mid-latitude system filter. Several metrics for assessing the similarity of the tracks detected in ERA5 with those observed are then proposed and compared. These innovative metrics are complementary to POD and FAR, and show that optimizing detection parameters is accompanied by a slight improvement in track similarity.

New cyclogenesis indices are then constructed on ERA5 by Poisson regression between large-scale thermal and dynamic predictors, and the IBTrACS database. The regressions are run at different spatial and temporal resolutions, as well as on a global scale and for different ocean basins. The increased temporal resolution enables the equatorial bias present in the most commonly used indices to be corrected. However, the interannual variability of the indices appears to be robust to changes in the weighting coefficients of the large-scale variables. Following this observation, the contribution of adding predictors to the regressions is evaluated on ERA5 as well as in the ARPEGE model; on the one hand by explicitly adding a diagnostic of the El Niño (ENSO) variability mode to the index, and on the other hand by replacing the relative humidity at 600 hPa by the integrated moisture saturation deficit on the column (VPD). The addition of ENSO diagnostics improves the interannual variability of the index in most ocean basins. Correlations with observed series are made statistically significant at the 95 % threshold in all basins except the North Atlantic. The use of the VPD cancels out the upward trends in the historical period observed in indices based on relative humidity. The resulting index is therefore in better agreement with observations. When applied to very high-resolution ARPEGE climate simulations, under the RCP8.5 scenario, the VPD also amplifies the decrease in cyclonic activity.