

Proposition de Sujet de thèse 2021 *(version in English -next page-)*

Nom du laboratoire:

Laboratoire d'aérodologie (LAERO)

Titre : Identification systématique des limitations à la prévisibilité des dépressions méditerranéennes et de leur impact sur les territoires

Nom des responsables de thèse / Coordonnées

Florian Pantillon (LAERO – UMR 5560) florian.pantillon@aero.obs-mip.fr +33 5 61 33 27 64

Matthieu Plu (CNRM – UMR 3589) matthieu.plu@meteo.fr, +33 5 61 07 93 49

Résumé du sujet de la thèse

Les dépressions sont des éléments essentiels du climat et du cycle de l'eau en Méditerranée. Les plus intenses d'entre elles mènent à des catastrophes naturelles à cause de leurs vents violents et précipitations extrêmes, pouvant causer des dégâts importants sur les territoires bordant la Méditerranée (côte et reliefs). Certaines dépressions acquièrent même des structures similaires aux cyclones tropicaux (on parle alors de « Medicanes » pour « Mediterranean Hurricanes »). Des prévisions fiables des dépressions sont donc essentielles à mieux anticiper et prévenir leur impact sociétal. Or, leur prévisibilité est souvent limitée par leurs particularités : des dépressions plus petites et au cycle de vie plus court qu'en Atlantique Nord, une topographie complexe, des interactions avec la mer relativement chaude et des masses d'air chargées de poussières du Sahara.

Le but du projet est de caractériser les sources d'erreur et d'incertitude à la prévision des dépressions méditerranéennes et de leur impact. Aux latitudes tempérées, les erreurs de prévision des dépressions sont souvent attribuées à la représentation grossière des processus diabatiques nuageux dans les modèles. Ces processus sont particulièrement importants en Méditerranée en raison du contraste entre la mer chaude et l'air froid en automne et hiver. Cependant, des processus purement dynamiques liés à la circulation atmosphérique de grande échelle tels que le déferlement d'ondes de Rossby sont souvent à l'origine de la cyclogénèse en Méditerranée. Leur mauvaise représentation dans les modèles peut donc également être à l'origine de la perte de prévisibilité des dépressions. À ces processus s'ajoutent des phénomènes de méso-échelle, tels les « sting jets » à l'origine des vents les plus violents dans les tempêtes et les systèmes convectifs responsables des pluies les plus intenses. De manière générale, la prévisibilité des dépressions est très variable d'un cas à l'autre et ne peut être attribuée simplement à l'intensification dynamique ou diabatique uniquement. L'approche privilégiée sera ainsi une combinaison d'analyse systématique des facteurs contribuant à une perte de prévisibilité et d'analyse détaillée de cas d'étude dont la prévision est particulièrement erronée ou incertaine. Cette combinaison permettra d'identifier les limitations de la représentation des processus de formation et d'intensification des tempêtes ainsi que des vents et précipitations associés.

Les prévisions d'ensemble rétrospectives ARPEGE seront exploitées pour caractériser de manière systématique la prévisibilité d'un grand nombre de dépressions, incluant des tempêtes extrêmes, grâce à la longue période couverte avec une configuration homogène (20 ans). Cette approche innovante permettra d'aller bien au-delà d'études passées qui ont été limitées par les mises à jour régulières des systèmes de prévision opérationnelle ne permettent donc pas de comparer la prévisibilité des cas entre eux. Ici, la prévisibilité sera caractérisée pour une échéance ciblée jusqu'à 3-4 jours pour laquelle les prévisions rétrospectives ARPEGE ont déjà fait leurs preuves. Cela permettra de garantir la présence des dépressions dans la majorité des membres de la prévision d'ensemble, sans quoi leur prévisibilité devient mal définie à plus long terme.

Plusieurs outils récemment développés au CNRM seront utilisés pour quantifier la prévisibilité. La trajectoire et l'intensité des dépressions seront d'abord obtenues en appliquant un outil de suivi automatique récemment mis à jour pour inclure l'incertitude issue de prévisions d'ensemble. Pour cela, une métrique spécifique développée pour la prévision des cyclones tropicaux sera adaptée à la prévision d'ensemble appliquée aux prévisions rétrospectives avec les trajectoires issues des nouvelles réanalyses ERA5 comme échantillon de validation. Enfin, l'impact des dépressions le long de leur trajectoire sera étudié par l'identification de l'empreinte des vents associées aux tempêtes. Plusieurs indicateurs d'impact basés sur des données météorologiques et démographiques seront comparés et le couplage d'ARPEGE avec un modèle d'impact sera expérimenté.

Pour les processus de méso-échelle au sein des dépressions, l'utilisation de trajectoires Lagrangiennes permettra de reconnaître la présence des bandes transporteuses d'air chaud et froid ainsi que d'éventuels « sting jets ». Ces diagnostics seront analysés sur l'ensemble du jeu de prévisions rétrospectives (20 ans) pour mettre en lumière un lien systématique entre la prévisibilité et les caractéristiques dynamiques des tempêtes. Grâce à sa construction basée sur la perturbation des paramétrisations physiques du modèle, la prévision rétrospective ARPEGE permettra d'associer les sources d'erreurs et d'incertitudes à des processus spécifiques.

Proposal for a PhD

Name of the laboratory:

Laboratoire d'aérodologie (LAERO)

Title :

Systematic identification of limitations to the predictability of Mediterranean cyclones and their impact on territories

PhD supervisors / Contact

Florian Pantillon (LAERO – UMR 5560) florian.pantillon@aero.obs-mip.fr +33 5 61 33 27 64

Matthieu Plu (CNRM – UMR 3589) matthieu.plu@meteo.fr, +33 5 61 07 93 49

Description

Cyclones are essential elements of the climate and the water cycle in the Mediterranean. The most intense of them lead to natural disasters because of their violent winds and extreme rainfall, which can cause significant damage to the territories bordering the Mediterranean (coast and reliefs). Some cyclones even acquire structures similar to tropical cyclones (they are called "Medicanes" for "Mediterranean Hurricanes"). Reliable forecasts of cyclones are therefore essential to better anticipate and prevent their societal impact. However, their predictability is often limited by their particularities: smaller cyclones with a shorter life cycle than in the North Atlantic, complex topography, interactions with the relatively warm sea and air masses laden with dust from the Sahara.

The aim of the project is to characterise the sources of error and uncertainty in forecasting Mediterranean cyclones and their impact. In mid-latitudes, errors in forecasting cyclones are often attributed to the coarse representation of cloud diabatic processes in the models. These processes are particularly important in the Mediterranean because of the contrast between warm sea and cold air in autumn and winter. However, purely dynamic processes related to large-scale atmospheric circulation, such as Rossby waves, are often at the origin of cyclogenesis in the Mediterranean. Their misrepresentation in the models can therefore also be the cause of the loss of predictability of cyclones. In addition to these processes, mesoscale phenomena such as sting jets, which are responsible for the strongest windstorms, and convective systems, which are responsible for the most intense rainfall, are also involved. Generally speaking, the predictability of cyclones varies greatly from case to case and cannot be attributed simply to dynamic or diabatic intensification alone. The preferred approach will therefore be a combination of a systematic analysis of the factors contributing to a loss of predictability and a detailed analysis of case studies where the forecast is particularly erroneous or uncertain. This combination will make it possible to identify the limitations in the representation of the processes of cyclone formation and intensification and the associated winds and precipitation.

ARPEGE ensemble reforecasts will be used to systematically characterise the predictability of a large number of cyclones, including extreme cases, thanks to the long period covered with a homogeneous configuration (20 years). This innovative approach will make it possible to go well beyond past studies which have been limited by the fact that regular updates of operational forecasting systems do not allow the predictability of cases to be compared with each other. Here, predictability will be characterised for a targeted lead time of up to 3-4 days, for which ARPEGE reforecasts have already proved their skill. This will ensure that cyclones are present in the majority of the members of the ensemble forecast, otherwise their predictability becomes poorly defined at longer lead times.

Several tools recently developed at the CNRM will be used to quantify predictability. The track and intensity of the cyclones will first be obtained by applying a recently updated automatic tracking tool to include uncertainty from ensemble forecasts. For this purpose, a specific metric developed for tropical cyclone forecasting will be adapted to the ensemble forecast applied to reforecasts with the trajectories from the new ERA5 reanalyses as a validation sample. Finally, the impact of cyclones along their trajectory will be studied by identifying the associated wind footprint. Several impact indicators based on meteorological and demographic data will be compared and the coupling of ARPEGE with an impact model will be tested.

For mesoscale processes within cyclones, the use of Lagrangian trajectories will enable the presence of hot and cold air conveyor belts and possible "sting jets" to be identified. These diagnoses will be analysed over the entire set of reforecasts (20 years) to highlight a systematic link between predictability and the dynamic characteristics of cyclones. Thanks to its construction based on the perturbation of the physical parameterisations of the model, ARPEGE reforecasts will make it possible to associate sources of error and uncertainty with specific processes.