

**ECOLE DOCTORALE DES SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT
D'ILE DE France N° 129**

Proposition de sujet de thèse pour la rentrée 2020

Nom du Laboratoire d'accueil : Laboratoire de Météorologie Dynamique N° UMR : 8539

Nom du Directeur du laboratoire : Philippe Drobinski

Adresse complète du laboratoire : LMD, ENS, 24 rue Lhomond 75231 Paris Cedex 05.

Nom de l'Equipe d'accueil et adresse si différente de celle du laboratoire :

Equipe d'accueil : Dynamique et Physique de l'Atmosphère et des Océans

Directeur de thèse **HDR** : Gwendal Rivière Co-directeur de thèse **HDR** : Guillaume Gastineau

Labo : LMD

Labo : LOCEAN

Téléphone : 01 44 32 22 42

Téléphone : 01 44 27 70 71

Mail : griviere@lmd.ens.fr

Mail : guillaume.gastineau@locean-ipsl.upmc.fr

• **Titre de la thèse en Français : Le rôle de la variabilité océanique multi-décennale dans les variations de fréquence des tempêtes hivernales**

• **Titre de la thèse en Anglais: Role of multi-decadal oceanic variability onto the frequency of occurrence of winter storms**

• **Résumé Sujet en Français (1 page maximum) :**

La compréhension et la prévision des dépressions atmosphériques des moyennes latitudes, en particulier les tempêtes hivernales, constituent un enjeu de recherche important. Ces phénomènes se forment dans les régions à fort contrastes thermiques grâce à l'instabilité ou interaction barocline. Dans l'hémisphère nord, ces contrastes thermiques se situent à l'ouest des bassins océaniques en raison de forts contrastes terre-océan mais aussi en raison de la présence des courants océaniques dits de bord ouest (Gulf Stream dans l'Atlantique nord et Kuroshio-Oyashio dans le Pacifique nord). Les variations décennales à multi-décennale des courants océaniques dans l'hémisphère Nord sont associées à la Variabilité Multi-décennale Atlantique (AMV pour Atlantic Multidecadal Variability) ou la variabilité décennale Pacifique (PDV, pour Pacific Decadal Variability). Ces modes de variabilité se traduisent par des variations de température de surface de l'océan et influencent les gradients thermiques dans l'atmosphère et ainsi la cyclogénèse atmosphérique. Cela a des effets importants sur la variabilité des rails des tempêtes ou sur l'Oscillation Nord Atlantique (e.g., Peings and Magnusdottir, 2014 ; Gastineau et Frankignoul, 2015). Varino et al. (2019) a récemment montré que les variations multi-décennales des tempêtes hivernales au cours du 20ème siècle étaient liées aux modes de variabilité climatique comme l'AMV et la PDV. Cependant, une telle influence fait l'objet d'un intense débat puisque les données de réanalyses ERA20C qui permettent de reconstruire ces variations sont sujettes à de nombreuses critiques (Chang and Yau, 2016). De plus, les modèles couplés océan-atmosphère donnent des résultats très disparates quant à l'influence qu'exerce l'AMV ou la PDV sur les rails des dépressions et l'Oscillation Nord Atlantique, car ces modes de variabilité diffèrent de manière importante entre les modèles en terme de processus, d'intensité et de structure spatiale. Enfin, les mécanismes associés pour expliquer cette influence sont assez variés. L'objectif de la thèse est de mieux comprendre l'influence de l'AMV et la

PDV sur les tempêtes hivernales de l'hémisphère nord à partir d'expériences numériques et de diverses données de réanalyses.

Un premier axe consistera à produire et analyser des expériences numériques, d'un côté en mode forcé par des températures de surface de l'océan qui prendront en compte diverses anomalies de l'AMV et la PDV, et de l'autre en mode couplé et dans lequel le modèle couplé de l'IPSL contient un rappel vers un état particulier de l'océan. On étudiera les anomalies de la PDV en imposant la tension de vent reçue par la composant océanique du modèle de l'IPSL dans les tropiques (comme dans Gastineau et *al.*, 2019). Dans ce cadre, l'objectif sera d'étudier l'influence de la PDV sur l'activité dépressionnaire et les tempêtes hivernales de l'Hémisphère Nord et de voir si le modèle est capable de retrouver les résultats de Varino et al. (2019) et notamment le fait que la phase négative de la PDV tend à déplacer vers le nord le rail des dépressions Pacifique et à intensifier son activité. Des simulations équivalentes incluant un rappel vers les anomalies de température de surface océanique de l'AMV (réalisé pour le projet DCPD de CMIP6) seront également analysées pour étudier l'impact de l'AMV sur le rail dépressionnaire atlantique. Il s'agira également d'analyser la variabilité des rails des dépressions dans des simulations atmosphériques forcées par des températures de surface de la mer historiques (ERA-20CM ; Poli et al. 2016). ERA-20CM a l'avantage de reposer sur le même modèle qui a servi à produire les données de réanalyses ERA-20C et pourra ainsi séparer l'influence de l'assimilation des observations atmosphériques, de celle des conditions de température de surface de l'océan. Enfin, des données de réanalyses autres qu'ERA-20C couvrant au moins un cycle d'AMV et de PDV seront étudiées pour mettre en évidence les différences entre les réanalyses (Chang and Yau, 2016).

En termes de méthodologie, l'idée est d'utiliser les mêmes outils que dans Varino et al. (2019) à savoir d'un côté l'énergie des ondes haute fréquence comme indicateurs de l'activité des tempêtes, et de l'autre un algorithme de suivi des tempêtes. Pour conclure, l'enjeu de la thèse est de valider ou non les mécanismes en jeu qui relient les modes de variabilité océanique, les anomalies de température de surface de l'océan, les contrastes thermiques dans l'atmosphère et l'activité dépressionnaire dans l'hémisphère nord.

• **Résumé Sujet en Anglais (1 page maximum) :**

A better understanding and forecasting of extratropical cyclone is of much interest. Extratropical cyclones and extreme events like winter storms are formed via baroclinic interaction / instability in regions with strong thermal contrasts. In the Northern Hemisphere, thermal contrasts are located on the western side of oceanic basins because of land-sea contrasts but also because of the presence of western boundary oceanic currents like the Gulf Stream in the North Atlantic and the Kuroshio-Oyashio in the North Pacific. The decadal and multi-decadal variability of such currents are associated in the Northern Hemisphere to the Atlantic Multidecadal Variability (AMV) or the Pacific Decadal Variability (PDV). Such modes of variability have a signature in sea surface temperature and exert an influence on temperature gradients and thus midlatitude cyclogenesis. This has an effect on storm-track variability or on the North Atlantic Oscillation (e.g., Peings and Magnusdottir, 2014; Gastineau and Frankignoul, 2015). Varino et al. (2019) recently showed that multi-decadal variations of extratropical cyclones during the 20th Century were linked to the AMV and PDV. However, such results are questioned because they mainly rely on one given reanalysis dataset (ERA-20C) and many discrepancies were found among the various existing reanalyses (Chang and Yau, 2016). Moreover, ocean-atmosphere coupled models lead to very different results concerning the influence of the AMV and PDV on storm tracks and the North Atlantic Oscillation, as the decadal climate variability shows different processes among models, with a different surface signature. Finally, various competing mechanisms exist to interpret this influence. The goal of the thesis is to better understand the influence of AMV and PDV on Northern Hemisphere winter storms using numerical modeling and various reanalysis datasets.

A first step will consist in running and analyzing numerical simulations made with the IPSL climate

model. One type of simulations will be atmosphere-only simulations forced by sea surface temperature including AMV and PDV anomalies. The second type of simulations will be coupled simulations but in which the phase of the decadal climate variability is imposed. First, prescribing the wind stress in the tropics will impose the PDV anomalies to the ones observed (as in Gastineau et al., 2019). Within this framework, the objective will be to analyze the influence of the PDV on Northern Hemisphere storm tracks and winter storms. We will check if the model is able to find results similar to Varino et al. (2019), and especially the fact that the negative phase of the PDV tend to shift the North Pacific storm track poleward and to increase its intensity. Some equivalent simulation will be analyzed using sea surface temperature nudging toward specific AMV anomalies (performed for DCP6 CMIP6) and analyze their effect on the North Atlantic storm track. The second objective will consist in analyzing storm-track variability in atmospheric simulations forced by historical sea surface temperatures (ERA-20CM ; Poli et al. 2016). The analysis of ERA-20CM is particularly relevant as it is based on the same model that was used to obtain the reanalysis ERA-20C. This will be useful to better understand the influence of data assimilation and that of the prescribed sea surface temperature. Finally, other long-term reanalysis datasets will be analyzed because of the discrepancies found among the various reanalysis datasets (Chang and Yau, 2016).

The adopted methodologies will be similar to those of Varino et al. (2019). On the one hand, the use of classical band-pass filters will be used to extract the storm-track eddy activity from the rest of the atmospheric flow. On the other hand, Lagrangian tools like cyclone tracking algorithms will be used and will be particularly helpful to select extreme events from more moderate events. To conclude, the goal of the thesis is to assess the relevance of mechanisms linking the oceanic modes of variability, sea surface temperature anomalies, atmospheric temperature gradients and storm-track eddy activity in the Northern Hemisphere

Références

- - Chang E.K.M.,and A.M.V. Yau (2016): Northern Hemisphere winter storm track trends since 1959 derived from multiple reanalysis datasets. *Clim. Dyn.*, 47, 1435-1454.
- - Gastineau G, Frankignoul C (2015) Influence of the North Atlantic S first ST variability on the atmospheric circulation during the twentieth century. *J of Climate*, 28, 1396-1416.
- - Gastineau G, Friedman AR, Khodri M and Vialard J (2019): Global ocean heat content redistribution during the 1998-2013 Interdecadal Pacific Oscillation negative phase. *Clim. Dyn.*, 53, 1187-1208
- - Peings Y, Magnusdottir G (2014) Forcing of the wintertime atmospheric circulation by the multi-decadal fluctuations of the North Atlantic Ocean. *Environ. Res. Lett.*, 9, 034018.
- - Poli P, et co-auteurs (2016) ERA-20c: An Atmospheric Reanalysis of the Twentieth Century. *J of Climate* 29,4083-4097
- - Varino F, P. Arbogast, B. Joly, G. Rivière, M.-L. Fandeur, H. Bovy, J.-B. Granier (2019): Northern Hemisphere extratropical winter cyclones variability over the 20th Century derived from ERA-20C Reanalysis. *Clim. Dyn.*, 52, 1027-1048.

• **Type de financement autre que ED 129, précisez si envisageable ou acquis (CNES, CEA, ADEME etc...) :**

• **Encadrement :**

. **Liste des autres doctorants que vous encadrez au 1^{er} janvier 2020**

(Nom, Université d'inscription, type de financement, date de soutenance envisagée)

Encadrement par Gwendal Rivière :

1. 1) Co-directeur de thèse d'Emilien Jolly, PSL, bourse normalien, soutenance en septembre 2020

Encadrement par Guillaume Gastineau :

2. 2) Co-directeur de thèse de Weimin Jiang, SU, financement MOPGA/EUR, soutenance en Novembre 2021.