

**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, Ecole Polytechnique, route de Palaiseau, 91128 PALAISEAU Cedex

Nom de l'Equipe d'accueil et adresse si différente de celle du laboratoire :
Dynamique et Physique de l'Atmosphère et des Océans (DPAO)
Laboratoire de Météorologie Dynamique (LMD)
Ecole Normale Supérieure – Paris Sciences Lettres University (ENS-PSL)
24 rue Lhomond
75005 PARIS 05

Nom du Directeur de thèse HDR : **Bernard Legras** (DR CNRS)
Téléphone : 01 44 32 22 28
Mail : bernard.legras@lmd.ens.fr

Nom du co-encadrant non HDR : **Aurélien Podgajen** (CR CNRS)
Téléphone :
Mail : aurelien.podglajen@lmd.ens.fr

• Titre de la thèse en Français :
**VARIABILITE DE LA MOUSSON D'ASIE A L'ECHELLE DE LA QUINZAINE
ET CONVECTION**

• Titre de la thèse en Anglais :
**QUASI BIWEEKLY VARIABILITY OF THE ASIAN MONSOON ANTICYCLONE
AND CONVECTION**

• Résumé:

La mousson d'Asie est un phénomène singulier caractérisé par une intense convection dans la troposphère ventilant une circulation anticyclonique de grande échelle (AMA) dans la haute atmosphère qui se forme elle-même en réponse au chauffage convectif et au forçage orographique du plateau Tibétain. Les précipitations qui en résultent sont essentielles pour la moitié de la population de la planète.

Une part importante de la variabilité observée, pour la pluie ou l'AMA, réside au voisinage de l'échelle de la quinzaine de jours. Il a longtemps été cru que ces variabilités n'étaient pas connectées mais des études récentes fondées sur des observations de longue durée et de haute qualité ont montré une forte connexion (voir Wei, 2019, et références incluses). Les ingrédients apparents sont l'advection de vorticité potentielle extra-tropicale (PV) sur le flanc est qui renforce localement l'instabilité convective alors que le chauffage et la divergence résultants renforcent l'anticyclone, et par advection peuvent conduire à détacher le vortex ouest sur la plateau iranien. Des progrès significatifs ont aussi été faits récemment sur la compréhension de l'impact en altitude des émissions au sol, en raison de nouvelles observations in situ, et des progrès de l'observation par satellite et de la modélisation (Hoefner et al., 2019, Bucci et al. 2029, Legras & Bucci, 2019). Le projet rassemblera ces deux lignes de recherche.

L'approche principale sera d'établir pour la première fois un budget détaillé de la PV dans la région de la mousson. Ceci est maintenant possible avec les réanalyses modernes et c'est ce que nous ferons avec les diagnostics de l'ERA5 pour analyser la variabilité à l'échelle de la quinzaine en termes de bilan de PV circulant à l'intérieur et à l'extérieur de l'anticyclone. Les premières tâches seront d'établir un ou des composites de la variabilité et d'en faire le bilan associé de PV. Nous exploiterons la haute résolution de l'ERA5 et ses excellentes propriétés de conservation de la PV (montrées par Hoffmann et al., 2019). La contribution de l'incrément d'assimilation au bilan sera estimée comme métrique de la cohérence. Cela conduira à une description détaillée du ou des scenarios de la variabilité à l'échelle de la quinzaine du point de vue de la PV.

Une composante importante du couplage entre la convection et la PV passant par les ondes de gravité, nous utiliserons les données de vent de l'observatoire ACARR de l'Université de Cochin pour caractériser les ondes de gravité (GW) et la turbulence dans la haute atmosphère, la propagation et le déferlement des ondes en relation avec la variabilité de la convection et de la circulation de mousson. L'emplacement de l'instrument dans une zone convective sous la branche est de l'AMA est optimale pour conduire cette étude. Nous étudierons en détail le couplage entre les ondes de gravité et la PV. Nous comparerons les observations d'ondes avec les émissions théoriques des structures de PV et nous étudierons les effets en retour de ces ondes et de celles émises par la convection sur la PV.

La variabilité de la mousson a d'importantes conséquences en termes de distribution spatiale et temporelle des pluies dans la zone de mousson, qui peuvent causer des sécheresses ou à l'inverse des inondations. Tout progrès dans la compréhension de tel phénomènes et de leurs variabilité améliorera notre capacité à faire face aux  v nements engendrés.

Le projet exploitera la collaboration établie avec l'Université de Cochin avec l'aide de CEFIPRA

References :

Bucci, Legras et al., *Atmos. Chem. Phys. Disc.* (2019) doi:10.5194/acp-2019-1053.

Hoefner et al, *Nature Geosci.* (2019) doi : 10.1038/s41561-019-0385-8.

Hoffmann et al., *Atmos. Chem. Phys.* (2019) doi:10.5194/acp-19-3097-2019.

Legras & Bucci, *Atmos. Chem. Phys. Disc.* (2019) doi:10.5194/acp-2019-1075.

Podglajen, Plougonven, Hertzog & Legras, *Geophys. Res. Lett.* (2016) doi : 10.1002/2016GL068148.

Wei et al., *Geophys. Res. Lett.* (2019) doi: 10.1029/2019GL086180.

• Summary:

The Asian monsoon is a singular phenomenon characterized by intense convection in the troposphere ventilating a large-scale anticyclonic circulation (AMA) in the upper atmosphere which itself forms as a response to the convective heating and orographic forcing by the Tibetan plateau. The resulting precipitation patterns that result are crucial for the living of about half the Earth population.

A large amount of the observed variability, both in the rain and the upper level circulation, lies in bi-weekly range of time scales. It has long been thought that these variabilities were disconnected but recent studies based on long-duration high quality observations show instead a strong connection (see Wei et al., 2019, and references herein). The apparent ingredients are the advection of high extra-tropical potential vorticity (PV) on the eastern flank that reinforces locally the convective instability while the resulting heating and divergence in the upper layer can reinforce the anticyclone and, by advection, can eventually reinforce its western mode and the vortex shedding. Significant progresses have also been made recently, due to new observations in situ and from satellites and modelling, on the large-scale impact of compounds, emitted at ground over Asia, lofted by convection and redistributed by the AMA (Hoefner et al., 2019, Bucci et al. 2029, Legras & Bucci, 2019).

The project will bridge the gap between these two streams of research.

The main approach will be to establish a detailed quantitative study of the PV budget which has never been conducted so far in the monsoon region. This is now possible with modern reanalysis and this is what we intend to do using the ERA5 diagnostics to analyse the quasi-biweekly variability of the monsoon in terms of Lagrangian PV budget of the air travelling within and around the anticyclone. The first tasks will be to establish a Lagrangian composite pattern of the parcel circulation during the oscillation and the second task will be to establish the associated budget of PV. We will exploit the high resolution new ERA5 reanalysis data and its good quality at PV conservation (as shown by Hoffmann et al., 2019) to perform these tasks. The contribution of the assimilation increment to the budget will be also estimated as a metric of consistency. This will lead to a comprehensive scenario of the bi-weekly oscillation from the PV point of view.

As an important component of the coupling between convection and the PV is through gravity waves, we will use wind measurements by the ACARR observatory of the University of Cochin to characterize the gravity waves (GW) and turbulence in the upper troposphere, the propagation and breaking properties of waves in connection with the variability of convection and of the monsoon circulation. The location of the instrument in a convective region, within the easterly branch of the monsoon circulation, is optimal to conduct these studies.. We will investigate thoroughly the coupling between gravity waves and PV. We will compare GW observations with theoretical emissions by PV structures and we will diagnose the feedback on PV of those waves and those generated by convection as they break in the upper troposphere

The variability of the monsoon has important consequences in terms of the spatial and temporal distribution of rains over the monsoon region, which can cause drought or inversely flooding. Any progresses in the comprehension of such phenomena and their predictability will improve our capacity to face the events.

The project will exploit the established collaboration with the University of Cochin.

References :

- Bucci, Legras et al., *Atmos. Chem. Phys. Disc.* (2019) doi:10.5194/acp-2019-1053.
- Hoefner et al, *Nature Geosci.* (2019) doi : 10.1038/s41561-019-0385-8.
- Hoffmann et al., *Atmos. Chem. Phys.* (2019) doi:10.5194/acp-19-3097-2019.
- Legras & Bucci, *Atmos. Chem. Phys. Disc.* (2019) doi:10.5194/acp-2019-1075.
- Podglajen, Plougonven, Hertzog & Legras, *Geophys. Res. Lett.* (2016) doi : 10.1002/2016GL068148.
- Wei et al., *Geophys. Res. Lett.* (2019) doi: 10.1029/2019GL086180.

**• Type de financement autre que ED 129, précisez si envisageable ou acquis (CNES, CEA, ADEME etc...) :
financement partiel sur projet CEFIPRA soumis, réponse en juin ou juillet 2020**

• Encadrement : Aucun doctorant encadré au 1^{er} janvier 2020