

**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 : LOCEAN N° UMR : 7159

Nom du Directeur du laboratoire : Jean-Benoît Charrassin

Adresse complète du laboratoire : Sorbonne Université, Campus PM Curie, 4 place Jussieu, 75005 Paris

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

Nom du Directeur de thèse **HDR**: Pascal Terray Nom du co-directeur de thèse: Juliette Mignot

Téléphone : 01 44 27 70 72

Téléphone :

Mail : [terray@locean-ipsl.upmc.fr](mailto:terray@locean-ipsl.upmc.fr)

Mail : [Juliette.Mignot@locean-ipsl.upmc.fr](mailto:Juliette.Mignot@locean-ipsl.upmc.fr)

Web : <https://pagesperso.locean-ipsl.upmc.fr/terray>

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

Réponse des moussons africaine et asiatique au changement climatique d'origine anthropique

Le climat varie du fait des propriétés intrinsèques du système climatique (variabilité interne) et en réponse à des perturbations extérieures, qu'elles soient naturelles (soleil, volcans) ou dues aux activités humaines (émissions de gaz à effet de serre, d'aérosols, etc.). Ainsi, pour toute variation observée du climat, la question se pose de déterminer quelle est la part qui est due à la variabilité interne et celle qui est due aux forçages. Cette question peut être résolue grâce aux modèles numériques de climat et à des outils statistiques, qui permettent in fine d'attribuer les variations observées à certains forçages si les modèles sont suffisamment réalistes.

Le phénomène de la mousson se caractérise par l'alternance d'une saison sèche et d'une saison humide. Il atteint toute son ampleur en Afrique de l'Ouest et en Asie du Sud. Il n'est pas exagéré de dire que la météorologie, la climatologie, l'économie, mais aussi le devenir des populations de ces régions (près de la moitié de la population mondiale), sont conditionnées par la mousson, en particulier l'évolution de ses caractéristiques dans le contexte du réchauffement climatique dû aux gaz à effet de serre. Or, les projections climatiques réalisées avec les modèles de climat pour les précédents rapports du GIEC (IPCC Climate Change 2013) restent très incertaines en ce qui concerne la réponse des moussons africaine et asiatique au changement climatique en raison des biais actuels de ces modèles, au delà du fait que les événements pluviométriques extrêmes sont susceptibles d'augmenter en raison d'une plus grande quantité d'eau précipitable dans une atmosphère plus chaude (due à la relation de Clausius-Clapeyron).

Les principaux objectifs de la thèse seront donc:

- 1) d'évaluer le réalisme (climatologie, variabilité interne) des moussons africaine et indienne simulées par la nouvelle génération des modèles de climat participant à l'exercice CMIP6 d'inter-comparaison des modèles de climat en cours, en particulier celui de l'IPSL;
- 2) de détecter et éventuellement d'attribuer les variations observées depuis le début du 20ème siècle des moussons africaine et asiatique, et surtout d'évaluer et quantifier les mécanismes sous-jacents: contrastes thermiques entre continent et océan, transport d'humidité, ajustements atmosphériques rapides ou réponse lente pilotée par les tendances de surface des océans tropicaux, rôle des aérosols anthropiques et des changements de l'utilisation des sols sur les continents, par exemple (Seager et al. 2010; Bony et al. 2013; Chadwick et al. 2014; Li et al. 2015; Byrne and O'Gorman 2015);
- 3) d'évaluer les projections futures des moussons africaine et indienne et leurs incertitudes, en ne se focalisant pas uniquement sur les pires des scénarios (même si c'est pratique sur le plan de la détection et la compréhension qualitative de la réponse et des processus en jeu), mais plutôt sur les scénarios les plus probables et des échelles de temps plus courtes, primordiales pour le devenir des populations concernées, par exemple les prochaines décennies (Hausfather et Peters 2020).

Dans ce but, on se propose de réaliser une analyse systématique des simulations pré-industrielles, historiques (1850-2014) et des projections réalisées dans le cadre du nouveau projet CMIP6, ainsi que des ensembles de simulations déjà disponibles à l'IPSL pour faire des études de détection-attribution en isolant l'influence des forçages anthropiques (gaz

à effet de serre ou aérosols) et naturels. Au delà de l'évaluation des modèles, une large partie du travail consistera à utiliser/élaborer des techniques de détection et attribution pour quantifier de façon robuste les contributions thermodynamique et dynamique des différents forçages dans la réponse des moussons (Seager et al. 2010; Li et al. 2015; Byrne et O’Gorman 2015). On s’attachera aussi à évaluer finement le rôle de la dynamique interne et des biais des modèles comme facteur de nuisance à la détection de cette réponse aussi bien dans les observations, les simulations que les projections (Seager et al. 2019). Des expériences dédiées, avec le modèle couplé de l’IPSL, sont aussi envisagées, par exemple des exercices de prévisions décennales pour réduire les incertitudes des projections dans le futur proche.

Enfin, de multiples collaborations seront mise en œuvre avec le pôle de modélisation de l’IPSL, et aussi les partenaires scientifiques africains et indiens collaborant avec le LOCEAN et l’IPSL, pour mener à bien cette recherche.

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

African and Asian monsoon response to anthropogenic climate change

The climate fluctuates as a result of the intrinsic properties of the climate system (internal variability) and in response to external forcings, whether natural (sun, volcanoes, etc.) or due to human activities (emissions of greenhouse gases, aerosols, etc.). Thus, for any observed climate variation, the question arises as to which part is due to internal variability and which part is due to forcings. This question can be attacked using numerical climate models and statistical and physical diagnostic tools, which ultimately make it possible to attribute observed variations to certain forcings if the models are sufficiently realistic.

The monsoon phenomenon is characterized by the alternation of a dry and a wet season. It reaches its full extent in West Africa and South Asia. It is no exaggeration to say that the meteorology, climatology and economy, but also the future of the populations of these regions (nearly half of the world's population), are conditioned by the monsoon, in particular the evolution of its characteristics in the context of global warming due to greenhouse gases. However, climate projections made with climate models for previous IPCC reports (IPCC Climate Change 2013) remain highly uncertain regarding the response of the African and Asian monsoons to climate change due to the current biases of these models, beyond the fact that extreme rainfall events are likely to increase due to more precipitable water in a warmer atmosphere (due to the Clausius-Clapeyron relationship).

The main objectives of the thesis will therefore be:

- 1) to assess the realism (climatology, internal variability) of the African and Indian monsoons simulated by the new generation of climate models participating in the ongoing CMIP6 climate model inter-comparison exercise, in particular that of the IPSL coupled model;
- 2) to detect and possibly attribute the observed variations since the beginning of the 20<sup>th</sup> century in the African and Asian monsoons, and especially assess and quantify the underlying mechanisms: thermal contrast between continent and ocean, moisture transport, rapid atmospheric adjustments or slow response driven by tropical ocean surface trends, and last but not least, the role of anthropogenic aerosols and land use changes on the continents (Seager et al. 2010; Bony et al. 2013; Chadwick et al. 2014; Li et al. 2015; Byrne and O’Gorman 2015);
- 3) to assess future projections of the African and Indian monsoons and their uncertainties, focusing not only on worst-case scenarios (although this is practical in terms of detection and qualitative understanding of the response and processes involved), but rather on the most likely scenarios and shorter time scales that are critical for the fate of the populations concerned, for example in the coming decades (Hausfather and Peters 2020).

To this end, a systematic analysis of pre-industrial, historical (1850-2020) and projected simulations carried out in the framework of the ongoing CMIP6 project will be done, including the simulations already available at the IPSL to carry out detection-attribution studies by isolating the influence of anthropogenic (greenhouse gases or aerosols) and natural forcings. Beyond model evaluation, much of the work will involve the use/development of detection and attribution techniques based on fundamental physical principles to robustly quantify the thermodynamic and dynamic contributions of different forcings to monsoon response (Seager et al. 2010; Li et al. 2015; Byrne and O’Gorman 2015). The role of internal dynamics and climate model’s biases as nuisance factors in the detection of this response will also be carefully evaluated (Seager et al. 2019). Dedicated experiments, with the coupled IPSL model, are also envisaged, such as decadal forecasting exercises to reduce the uncertainties in projections of the near future.

Finally, multiple collaborations will be implemented with the IPSL modeling group, and also with African and Indian

scientific partners collaborating with LOCEAN and IPSL, to carry out this research.

**Some useful references to go further:**

- Bony, S., G. Bellon, D. Klocke, S. Sherwood, S. Fermepin, and S. Denvil (2013), Robust direct effect of carbon dioxide on tropical circulation and regional precipitation, *Nat. Geosci.*, 6(6), 447–451.
- Byrne, M.P., and P.A. O’Gorman (2015) The Response of Precipitation Minus Evapotranspiration to Climate Warming: Why the ‘Wet-Get-Wetter, Dry-Get-Drier’ Scaling Does Not Hold over Land. *Journal of Climate*, 28, 8078-8092, doi: 10.1175/JCLI-D-15-0369.1
- Chadwick, R., P. Good, T. Andrews, and G. Martin (2014), Surface warming patterns drive tropical rainfall pattern responses to CO2 forcing on all timescales, *Geophys. Res. Lett.*, 41, 610–615, doi:10.1002/2013GL058504.
- Hausfather Z. and GP Peters (2020) Emissions – the ‘business as usual’ story is misleading. *Nature*, Vol. 577, 618-620, 30 January 2020.
- Li, X., M. Ting, C. Li, and N. Henderson (2015) Mechanisms of Asian summer monsoon changes in response to anthropogenic forcing in CMIP5 Models. *Journal of Climate*, 28, 4107-4125, doi: 10.1175/JCLI-D-14-00559.1.
- Seager, R., N. Naik and G.A. Vecchi (2010) Thermodynamic and dynamic mechanisms for large-scale changes in the hydrological cycle in response to global warming. *Journal of Climate*, 23, 4651-4668, doi: 10.1175/2010JCLI3655.1.
- Seager, R., M. Cane, N. Henderson, D.-E. Lee, R. Abernathey and H. Zhang (2019) Strengthening tropical Pacific zonal sea surface temperature gradient consistent with rising greenhouse gases. *Nature Climate Change*, 9, 517–522.

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

Néant.

**• Encadrement :**

**. Liste des autres doctorants que vous encadrez au 1<sup>er</sup> janvier 20120**

Juliette Mignot : Cassien Diabe Ndiaye, co-tutelle SU-UCAD (Sénégal)