

## M2 SOAC : Fiche de stage de recherche en laboratoire

Laboratoire : CNRM

Titre du stage : Étude des interactions entre aérosols désertiques et activité cyclonique dans l'Atlantique tropical à l'aide de simulations climatiques régionales SOCLE-Outremer

Nom, statut, et coordonnées (téléphone/email) du (des) responsable (s) de stage :

NABAT Pierre, GMGEC/MOSCA, ITM, [pierre.nabat@meteo.fr](mailto:pierre.nabat@meteo.fr), 05 61 07 97 40

CHAUVIN Fabrice, GMGEC/CLIMSTAT, ITM, [fabrice.chauvin@meteo.fr](mailto:fabrice.chauvin@meteo.fr), 05 61 07

GEVAUDAN Manon, GMGEC/MOSCA, Ingénieure, [manon.gevaudan@meteo.fr](mailto:manon.gevaudan@meteo.fr), 05 61 07

Sujet du stage :

Les poussières désertiques, arrachées et transportées par le vent depuis les régions arides et semi-arides, peuvent être transportées sur de grandes distances, et avoir des impacts significatifs sur le climat global et régional. Celles provenant du Sahara forment ainsi au dessus de l'Océan Atlantique une masse d'air chaud et sec appelée Saharan Air Layer (SAL), qui s'étend du nord de l'Afrique jusqu'aux Caraïbes, principalement entre la fin du printemps et le début de l'automne. Les interactions entre la SAL et l'activité cyclonique tropicale de cette région ont fait l'objet de nombreuses études, tendant à montrer de manière générale une inhibition de l'activité cyclonique par la SAL mais avec une complexité importante et pas encore bien comprise des différents mécanismes en jeu (e.g. *Dunion et al. 2004*, *Evan et al., 2006* ; *Xian et al., 2020*, *Zhu et al. 2024*). D'une part, le refroidissement de la surface de l'océan engendré par la diminution du rayonnement solaire due à la présence d'aérosols et l'apport d'air chaud et sec stabilisant l'atmosphère et augmentant le cisaillement vertical sont des facteurs tendant à une inhibition de la cyclogenèse (e.g. *Sun et Zhao, 2020*). A l'inverse, celle-ci pourrait être favorisée par les interactions entre ces aérosols et la microphysique nuageuse, notamment pour les cyclones les plus intenses (*Luo et Han, 2021*).

Dans le cadre du projet SOCLE Outremer, des simulations climatiques régionales ont été réalisées avec le modèle régional de climat CNRM-ALADIN à 20 km de résolution, sur un nouveau domaine couvrant l'océan Atlantique tropical et la majeure partie du Sahara. De plus, cette configuration inclut une représentation interactive des aérosols désertiques et de leurs interactions avec le rayonnement grâce à l'utilisation du schéma TACTIC (*Nabat et al. 2020*). Même si les effets indirects sur la microphysique nuageuse ne sont pas pris en compte, ce modèle de climat combinant aérosols interactifs et haute résolution nécessaire pour représenter les cyclones tropicaux est un outil pertinent pour étudier les interactions aérosols-cyclones, en se focalisant sur les effets radiatifs.

Ce stage aura ainsi un double objectif : (1) évaluer la représentation des cyclones tropicaux et des aérosols désertiques dans les nouvelles simulations régionales CNRM-ALADIN du projet SOCLE Outremer ; (2) améliorer la compréhension de l'effet radiatif des poussières sur l'activité cyclonique, en cherchant à discriminer la contribution des aérosols eux-mêmes et celle de l'air sec de la SAL. Pour le premier objectif, l'étude utilisera la simulation de référence (1961-2024) pilotée par la réanalyse ERA5, suivant deux axes :

- réalisme de la climatologie des cyclones tropicaux par rapport à la base de données observées IBTrACS ; cela consistera à comparer à minima les fréquences et intensités des phénomènes simulés avec celles des phénomènes réels. D'autres métriques pourront être envisagées pour affiner la comparaison (densité spatiale, cycle de vie, vitesse de déplacement).

- climatologie et variabilité des aérosols désertiques (concentrations, propriétés optiques, distribution verticale) par rapport à plusieurs jeux de référence (produits satellites, stations du réseau AERONET, réanalyses)

Pour le deuxième objectif, des liens entre aérosols désertiques et activité cyclonique seront recherchés à différentes échelles de temps (sub-saisonnière à interannuelle). On pourra également utiliser une simulation jumelle de la simulation de référence où les effets radiatifs des aérosols désertiques seront désactivés. Cette simulation de sensibilité, réalisée en amont du stage pour des raisons de temps de calcul, servira à mieux établir l'impact de ces aérosols sur les cyclones, et permettra d'identifier les mécanismes physiques en jeu.

## Références :

Dunion, J. P., and C. S. Velden, 2004: The Impact of the Saharan Air Layer on Atlantic Tropical Cyclone Activity. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **85**, 353–366, <https://doi.org/10.1175/BAMS-85-3-353>.

Evan, A. T., Dunion, J., Foley, J. A., Heidinger, A. K., & Velden, C. S. (2006). New evidence for a relationship between Atlantic tropical cyclone activity and African dust outbreaks. *Geophysical Research Letters*, 33(19).

Luo, H. and Han, Y.: Impacts of the Saharan air layer on the physical properties of the Atlantic tropical cyclone cloud systems: 2003–2019 (2021), *Atmos. Chem. Phys.*, 21, 15171–15184, <https://doi.org/10.5194/acp-21-15171-2021>.

Nabat, P., S. Somot, C. Cassou, M. Mallet, et al. (2020) Modulation of radiative aerosols effects by atmospheric circulation over the Euro-Mediterranean region, *Atmos. Chem. Phys.*, 20, 8315–8349, <https://doi.org/10.5194/acp-20-8315-2020>.

Sun, Y., & Zhao, C. (2020). Influence of Saharan dust on the large-scale meteorological environment for development of tropical cyclone over North Atlantic Ocean Basin. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 125, e2020JD033454. <https://doi.org/10.1029/2020JD033454>

Xian, P., Klotzbach, P. J., Dunion, J. P., Janiga, et al. (2020) : Revisiting the relationship between Atlantic dust and tropical cyclone activity using aerosol optical depth reanalyses: 2003–2018, *Atmos. Chem. Phys.*, 20, 15357–15378, <https://doi.org/10.5194/acp-20-15357-2020>.

Zhu L. *et al.* (2024) Leading role of Saharan dust on tropical cyclone rainfall in the Atlantic Basin. *Sci. Adv.* 10,eadn6106, <https://doi.org/10.1126/sciadv.adn6106>