

Objet : Résumé des travaux de thèse pour le prix André Prud'homme 2024

Les orages de l'échelle de 100km, aussi appelés systèmes convectifs de méso-échelle (MCS), sont responsables de la plupart des événements extrêmes dans les tropiques, comme les fronts de rafales puissants, les pluies torrentielles, ou encore les crues soudaines. Parmi eux, on trouve les cyclones tropicaux, dont les vents en rotation sont les plus forts de notre planète. Il en existe d'autres types, comme les lignes de grains qui décrivent un alignement d'orages sur plusieurs centaines de kilomètres. Ces systèmes jouent un rôle fondamental dans le cycle de l'eau. Pourtant, leur organisation reste peu comprise et donc peu prise en compte dans les projections climatiques. Plus précisément, l'échelle caractéristique de la centaines de kilomètres des MCS est inférieure à la résolution spatiale des modèles climatiques globaux, qui traitent donc les systèmes convectifs profonds comme des phénomènes sous-maille. Leur dynamique est alors calculée à l'aide de paramétrisations, basées sur des modèles physiques simplifiés de processus non résolus. Les modèles climatiques actuels ne parviennent donc pas à anticiper la formation de ces phénomènes extrêmes et peinent à prédire leur évolution avec le réchauffement climatique. Cette barrière scientifique fait partie des grands défis énoncés par le programme mondial de recherche sur le climat: nuages, circulation et sensibilité climatique.

Dans ce contexte, mon travail de thèse a tenté de poursuivre l'objectif suivant : **clarifier les processus physiques qui sont à l'origine des propriétés des systèmes convectifs de méso-échelle, comme l'orientation ou la taille, pour mieux comprendre et anticiper les extrêmes de pluies qui leur sont associés**. Mes recherches se sont concentrées en particulier sur les lignes de grains à travers le développement de simulations numériques idéalisées et l'utilisation d'une nouvelle génération de simulations globales haute résolution.

En utilisant des simulation idéalisées, j'ai cherché à comprendre comment les lignes de grains s'organisent et pourquoi elles s'orientent en fonction des caractéristiques environnementales de grande échelle. Cette étude a permis de développer un modèle qui prédit l'orientation des lignes en fonction du vent de cisaillement de basses couche, qui joue un rôle majeur dans leur organisation¹. J'ai par la suite analyser l'impact de cette orientation sur les extrêmes de précipitation, et mis en évidence une relation d'amplification des extrêmes². Pour étendre ces résultats à des configurations plus réalistes et à une plus grande diversité de systèmes, nous nous sommes ensuite appuyés sur les toutes nouvelles générations de simulations globales haute résolution. A l'aide de modèles physiques et intelligence artificielle, nous avons montré que le degré d'organisation d'un MCS, et en particulier sa capacité à s'étendre et devenir très grand, dépend fortement de son taux de croissance initiale³. Enfin, je me suis intéressée à la paléo-tempestologie isotopique, une méthode qui permet de reconstituer les fréquences passées de cyclones et lignes de grain. A l'aide de simulations idéalisées nous avons cherché à décrire les variations de la distribution isotopique au sein de la structure méso-échelle des lignes de grains; ce qui offre une direction précieuse pour replacer le but générale de cette thèse dans le contexte du changement climatique contemporain⁴.

En conclusion, en essayant de comprendre l'organisation de la convection profonde et les phénomènes météorologiques extrêmes qui lui sont associés, mes recherches participent à réduire les biais récurrents des représentations conventionnelles du système atmosphérique, et répondent au besoin urgent d'anticiper les conséquences du changement climatique.

¹ Abramian, S., Muller, C., & Risi, C. (2022). Shear-Convection Interactions and Orientation of Tropical Squall Lines. *Geophysical Research Letters*.

² Abramian, S., Muller, C., & Risi, C. Extreme Precipitation in Tropical Squall Lines. *Journal of Advances in Modeling the Earth System*.

³ Abramian, S., Muller, C., Risi, C., Roca, R. & Fiolleau, T. Is the fate of Deep Convective System is written from the start ? exp. 2024.

⁴ Risi, C., Muller, C., Vimeux, F., Blosse, P., Védeau G., Dufaux, C., Abramian, S., What controls the mesoscale variations in water isotopic composition within tropical cyclones and squall lines? Cloud resolving model simulations. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, 2023.