CNRM, UMR 3589

Soutenance de thèse CNRM

jeudi 3 décembre 2026 à 14h

REPRÉSENTATION DE LA CONVECTION PROFONDE ORGANISÉE DANS LES TROPIQUES DANS UN MODÈLE GLOBAL À RÉSOLUTION KILOMÉTRIQUE.

par Emma CHAUVIN (CNRM/GMME/TROPICS)

au CIC

Lien visio : https://meteo.webex.com/meteo-fr/j.php?MTID=ma934fa664201408672f62780d11c6351

Encadrant.e.s : Dominique Bouniol, Romain Roehrig et Catherine Rio
Rapporteures : Hélène Brogniez et Caroline Muller
Examinateurs : Benjamin Fildier et Jean-Pierre Chaboureau
Invité : Adrien Deschamps

Résumé :

Les systèmes convectifs de méso-échelle (MCS) sont responsables d'une grande partie des précipitations et des événements extrêmes sous les Tropiques. Ils jouent aussi un rôle important mais encore mal compris dans les rétroactions climatiques nuageuses. Les différents types d'observations (au sol, aéroportées ou spatiales) ont permis d'enrichir nos connaissances sur ces systèmes en caractérisant leur structure microphysique, leur cycle de vie ou encore leur effet radiatif. Les observations ne permettent cependant pas d'accéder à la dynamique interne des nuages à l'échelle globale, comme les vitesses verticales et le flux de masse, variables au cœur des paramétrisations de la convection profonde utilisées dans les modèles de climat.

La modélisation permet également d'enrichir la compréhension des processus convectifs. Des simulations à résolution kilométrique ou même hectométrique, dans lesquelles la dynamique des systèmes convectifs est partiellement résolue, sont réalisées pour reproduire des cas d'étude observés localement ou à l'échelle régionale. À l'échelle globale, les modèles, dits à convection paramétrée, permettent d'étudier les interactions de la convection avec la circulation de plus grande échelle. Plus récemment, l'émergence de modèles globaux à

Pour tout renseignement, contacter Y. Poirier (05 61 07 96 55)
Centre National de Recherches Météorologiques
42, Avenue G. Coriolis - 31057 Toulouse Cedex

résolution kilométrique ouvre de nouvelles perspectives, en particulier dans l'étude du lien entre la dynamique des systèmes convectifs et la fraction nuageuse, de l'échelle du système à l'échelle des tropiques. Cette thèse exploite l'une de ces simulations, basée sur le modèle AROME-Global développé au CNRM, afin d'explorer ce que nous apprend ce type de simulation sur la structure interne de la convection profonde, pour laquelle les observations restent parcellaires. Ces simulations permettent aussi d'explorer de façon statistique les interactions entre les caractéristiques des systèmes convectifs et celles du climat tropical: comment l'environnement conditionne les propriétés des nuages et de la pluie de la convection organisée et, inversement, comment la convection organisée impacte son environnement et la grande échelle ?

Cette simulation est ensuite exploitée pour étudier les liens entre les propriétés microphysiques et dynamiques des MCS. La décomposition de chaque système en zones convectives, stratiformes et cirriformes révèle une contribution très inégale de chacune d'elles à la nébulosité et aux précipitations : la zone cirriforme domine la couverture nuageuse associée aux MCS, tandis que la zone stratiforme contribue à l'essentiel du volume de pluie. Ce résultat diffère d'une étude issue de la littérature et basée sur des observations, qui montre que la zone convective produit plus de pluie que la zone stratiforme. L'analyse du cycle de vie interne des MCS confirme un scénario déjà proposé dans la littérature : une phase convective intense en début de vie, suivie du développement stratiforme, puis d'une dissipation de l'enclume cirriforme, et permet d'explorer comment les propriétés de la zone convective modulent la fraction nuageuse et les pluies totales associées au système. Les caractéristiques des MCS diffèrent selon la région étudiée, ici l'Océan Indien et le Pacifique Est, sans que l'origine de cette différence soit aujourd'hui expliquée. Une caractérisation de l'environnement des systèmes à l'échelle des tropiques montre enfin qu'un air chaud et humide favorise des MCS plus grands et plus pluvieux, sans garantir à lui seul leur développement en systèmes plus intenses.

Ce travail montre ainsi qu'une simulation globale à résolution kilométrique, combinée à un suivi des MCS, permet d'améliorer notre compréhension des processus convectifs, mais peut aussi permettre de faire le lien entre les données satellite à l'échelle globale et les paramétrisations de la convection profonde à l'œuvre dans les modèles de climat.

Mots-clés : convection tropicale, systèmes convectifs de méso-échelle, modélisation globale à résolution kilométrique.

Abstract :

Mesoscale convective systems (MCS) account for a large fraction of tropical precipitation and extreme events. They also play an important, yet still poorly understood, role in cloud–climate feedbacks. Various observations (ground-based, airborne, or satellite) have improved our understanding of these systems by characterising their microphysical structure, life cycle, and radiative effects. However, observations do not provide access to clouds' internal dynamics, such as vertical velocity and mass flux. These variables lie at the heart of the deep convection parameterisations used in climate models.

Modelling also helps to improve our understanding of convective processes. Simulations with

Pour tout renseignement, contacter Y. Poirier (05 61 07 96 55)
Centre National de Recherches Météorologiques
42, Avenue G. Coriolis - 31057 Toulouse Cedex

kilometre-scale or even hectometre-scale resolution, in which the dynamics of convective systems are partially resolved, are carried out to reproduce case studies observed locally or on a regional scale. On a global scale, models, known as parameterised convection models, enable the study of the interactions between convection and larger-scale circulation. More recently, the development of global models with kilometre-scale resolution has opened up new opportunities, particularly in studying the link between the dynamics of convective systems and cloud cover, from the system scale to the tropical scale. This thesis uses one such simulation, based on the AROME-Global model developed at the CNRM, to explore what this type of simulation reveals about the internal structure of deep convection, for which observations remain limited. These simulations also provide a statistical exploration of the interactions between the characteristics of convective systems and those of the tropical climate: how the environment influences the properties of clouds and rain in organised convection and, conversely, how organised convection impacts its environment and the large-scale atmosphere?

This simulation is then used to investigate the links between the microphysical and dynamic properties of MCSs. The decomposition of each system into convective, stratiform and cirriform zones reveals a highly variable contribution from each of these to cold cloud cover and precipitation: the cirriform zone dominates the cloud cover associated with MCSs, while the stratiform zone accounts for the largest volume of rain. This result differs from a study in the literature based on observations, which shows that the convective zone produces more rain than the stratiform zone. Analysis of the internal life cycle of MCSs confirms a scenario already proposed in the literature: an intense convective phase at the start of the system's life, followed by stratiform development, then the dissipation of the cirrus anvil; this allows us to explore how the properties of the convective zone modulate the cloud cover and total rainfall associated with the system. The characteristics of MCSs differ depending on the region studied, in this case the Indian Ocean and the Eastern Pacific, although the origin of this difference remains unexplained at this time. Finally, a characterisation of the systems' environment on a tropical scale shows that warm, moist air favours larger and rainier MCSs, although this alone does not guarantee their development into more intense systems.

This study demonstrates that a global simulation at kilometre resolution, combined with MCS tracking, not only improves our understanding of convective processes but can also help to bridge the gap between global-scale satellite data and the deep convection parameterisations used in climate models.

Keywords: Tropical convection, mesoscale convective systems, global kilometer-scale modeling.

Pour tout renseignement, contacter Y. Poirier (05 61 07 96 55)
Centre National de Recherches Météorologiques
42, Avenue G. Coriolis - 31057 Toulouse Cedex