

STAGE DE RECHERCHE de MASTER 2^{ème} ANNEE
Master MOCIS / WAPE
Année Universitaire 2022-2023

LABORATOIRE : Laboratoire de Météorologie Dynamique

SUJET DU STAGE :

Etude de l'organisation spatiale des nuages bas et de la couche limite atmosphérique dans des simulations haute résolution

Analysis of low-cloud and atmospheric boundary-layer spatial organizations in high-resolution simulations

COORDONNEES DU RESPONSABLE :

Nom – Prénom : BRIENT Florent

Grade: Maître de conférences

Adresse: Tour 45-55 - 3^e étage

4 Place Jussieu

75252 Paris Cedex

E-mail :florent.brient@lmd.ipsl.fr

NATURE DU SUJET :

Théorie	Beaucoup
Modélisation num.	Un peu
Expérimentation	Pas du tout
Analyse de données	Beaucoup
Instrumentation	Pas du tout

SUJET : (*English version at the end*)

Les nuages de couche limite (cumulus et stratocumulus) contribuent fortement à une refroidissement de la Terre grâce à leur fort albédo et à leur large couverture spatiale (Wood, 2012). Dans un climat qui sera plus chaud par l'augmentation de la concentration en gaz à effet de serre, ce effet refroidissant pourrait s'accroître ou s'atténuer (Zelinka et al, 2020). De nos jours, cette réponse reste incertaine car les modèles ne s'accordent pas sur leurs changements, et qu'il n'existe pas encore de consensus sur les mécanismes physiques contrôlant cette réponse. Une raisons de cette incertitude peut venir du fait que l'organisation spatiale des nuages n'a pas été pris en compte dans l'analyse de cette rétroaction.

L'objectif de ce stage est d'améliorer notre compréhension des mécanismes physiques contrôlant l'organisation spatiale des nuages bas et de la couche limite atmosphérique (formation en cellules). Pour cela, nous nous intéresserons aux transports convectifs et turbulents effectués par les panaches invisibles mélangeant efficacement les couches limites (Brient et al, 2019). Ces panaches seront identifiés dans des modèles haute résolution représentant ces organisations spatiales de manière explicite. L'analyse thermodynamique de ces mouvements cohérents permettra d'estimer la causalité entre flux de surface, force de la convection, et organisation spatiale des nuages.

Ces travaux auront pour but d'établir des liens entre la physique de la couche limite

nuageuse et les théories plus classiques de la mécanique des fluides expliquant la convection, telle que la théorie de Rayleigh Bénard (Couston et. al, 2017). Ceci permettra de fournir des éléments à l'établissement de mécanismes robustes de rétroaction des nuages bas. Enfin, en collaboration avec l'équipe de développement du modèle de climat LMDZ, cette analyse analytique pourra guider l'amélioration d'une représentation idéalisée dans le modèle atmosphérique sous la forme de paramétrisation sous-maille. Ces questions présentent un grand intérêt dans la communauté scientifique et consistera un socle potentiel de collaboration internationale.

L'étudiant.e utilisera des simulations haute résolution effectuées par le modèle Méso-NH (Lac et. al, 2018) et une méthodologie d'identification des structures. L'analyse pourra se faire via des routines écrites en Python, mais l'étudiant.e pourra développer ses propres algorithmes. Le stage pourra donner lieu à une thèse.

- Brient et al., (2019) *Object-oriented identification of coherent structures in large eddy simulations: Importance of downdrafts in stratocumulus*. Geophysical Research Letters
- Couston et al. (2017) *Dynamics of mixed convective–stably-stratified fluids*. Physical Review Fluids
- Wood (2012) *Stratocumulus clouds*. Monthly Weather Review
- Zelinka et al. (2019) *Causes of higher climate sensitivity in CMIP6 models*. Geophysical Research Letters

POURSUITE :

Ce stage peut-il donner lieu à un sujet de thèse ? Oui (financement ANR)

PhD SUBJECT:

Boundary layer clouds (cumulus and stratocumulus) strongly cool the Earth system by their high albedo and large spatial coverage (Wood, 2012). In a warmer climate constrained by the increasing greenhouse gas concentration, this cooling effect could strengthen or weaken (Zelinka et. al, 2020). Today, this response remains uncertain because (1) models do not agree on their changes, and (2) there is no consensus yet on the physical mechanisms controlling this response. One reason for this uncertainty may be that the spatial organization of clouds has not been taken into account in the feedback analysis.

The objective of this internship is to improve our understanding of the physical mechanisms controlling the spatial organization of low clouds and atmospheric boundary layers (cell pattern). In that purpose we will focus on the convective and turbulent transports performed by invisible plumes that effectively mix boundary layers (Brient et. al, 2019). These plumes will be identified in high-resolution models representing explicitly spatial organizations. Thermodynamic analysis of these coherent motions will allow us to estimate the causality between surface fluxes, convective strength, and cloud spatial organization.

This work will aim to establish links between boundary-layer cloud physics and more classical fluid mechanics theories explaining convection, such as the Rayleigh-Bénard theory (Couston et. al, 2017). This will give insights for establishing robust low-cloud feedback mechanisms. Finally, in collaboration with the LMDZ climate model development team, this theoretical analysis will guide potential improvements of the atmospheric model, through parameterization development. These issues are of great interest to the scientific community and will form a potential basis for international collaboration.

The student will use high-resolution simulations performed by the Meso-NH model (Lac et. al, 2018) and a structure identification methodology. The analysis could be done via routines written in Python, but the student may develop his/her own algorithms. The internship may lead to a thesis.