

## Proposition de Sujet de thèse 2022

Laboratoire (et n° de l'unité) dans lequel se déroulera la thèse : **CNRM - UMR 3589**

**Titre du sujet proposé : Amélioration de la représentation des stratocumulus et cumulus, ainsi que des précipitations associées, dans le modèle AROME**

**Nom et statut** (PR, DR, MCf, CR, ...) des responsables de thèse (préciser si HDR) :  
Ricard Didier (ICPEF, HDR), Sébastien Riette (IDTM)

Coordonnées (téléphone et e-mail) du (des) responsable(s) de thèse :  
05 61 07 93 78 [didier.ricard@meteo.fr](mailto:didier.ricard@meteo.fr) 05 61 07 96 34 [sebastien.riette@meteo.fr](mailto:sebastien.riette@meteo.fr)

### Résumé du sujet de la thèse

Les nuages bas de type stratocumulus ont un effet important sur le rayonnement solaire reçu en surface (impact pour la production photovoltaïque), sur l'occurrence de brouillards (impact sur les transports), sur les températures, sur les pluies et donc plus généralement sur le temps sensible ressenti par les populations, que ce soit sur le littoral (entrées maritimes) ou en plaines.

Malgré leur importance et leur fréquence élevée, ils sont assez mal représentés dans les modèles météorologiques qu'il s'agisse de modèles climatiques ou de prévision du temps, de modèles globaux ou régionaux. La difficulté de représentation de ces nuages provient des interactions complexes en jeu entre différentes paramétrisations physiques des modèles : turbulence (représentation des mouvements turbulents diffus), convection peu profonde (représentation des mouvements cohérents de convection de couche limite), rayonnement (solaire et infra-rouge) et également la microphysique nuageuse (ensemble des processus représentant les échanges entre les différentes espèces d'hydrométéores constituant les nuages et les précipitations). De plus, des contraintes numériques limitent la résolution des modèles utilisés et complexifient encore cette représentation.

Le modèle AROME (Seity et al, 2011) de prévision numérique régional du temps opérationnel à Météo-France sur la France métropolitaine et l'Outre-Mer n'échappe pas à ces difficultés. Des déficiences sont observées sur la France et ont été particulièrement documentées sur la région toulousaine à l'aide de la station Météopole-Flux (<https://www.umn-cnrm.fr/spip.php?article874>) déployée par le CNRM qui regroupe un nombre important d'instruments de mesures (Calvet et al, 2016 et Canut et al, 2019). Des biais systématiques de rayonnement solaire incident ont été mis en évidence et reliés à un déficit en stratocumulus.

Plusieurs adaptations des schémas de convection peu profonde ont été proposées pour améliorer la représentation des stratocumulus dans différents modèles. En particulier, l'adaptation proposée par Hourdin et al (2019) et deux autres adaptations réalisées au CNRM devront, lors de cette thèse, être ajustées au modèle AROME et comparées entre elles.

Par ailleurs, l'interaction entre la convection peu profonde et la microphysique peut être améliorée afin de mieux représenter les stratocumulus, leur transition vers les cumulus et les précipitations sous les cumulus congestus (poursuite des travaux de Turner et al, 2012).

Pour cela, des évaluations seront conduites tout d'abord dans des cadres simples afin de choisir les meilleures pistes, de développer, régler et valider les modifications. Cette validation préliminaire se fera à l'aide de la version uni-colonne du modèle AROME comparée à des simulations à très haute résolution existantes servant de référence (Couvreux et al, 2021 et Hourdin et al, 2021).

Dans un deuxième temps, des simulations seront réalisées avec AROME en configuration opérationnelle sur un domaine couvrant la France métropolitaine afin d'évaluer les performances de la version modifiée du modèle. Une attention particulière sera portée à l'évaluation sur la région toulousaine grâce aux mesures de Météopole-Flux, ainsi que sur des situations d'entrées maritimes touchant le littoral de l'Occitanie.

D'une part, les modifications apportées au modèle permettront d'améliorer la prévision du temps sensible, de la production photovoltaïque et du brouillard notamment pour l'aéroport de Blagnac (car un déficit de prévision de Stratocumulus entraîne un excès de prévision de

brouillard comme l'a montré la campagne SOFOG3D sur le Sud-Ouest). D'autre part, ces améliorations profiteront directement aux applications utilisant le modèle AROME comme AROME-Climat, largement utilisé pour les études de climat régional pour l'urbain ou AROME-NEMO utilisé pour le couplage océan-atmosphère important sur la Méditerranée.

#### Nature du travail attendu et compétences souhaitées

Ce travail nécessitera le développement de paramétrisations dans le modèle AROME. Puis leur réglage sera réalisé à l'aide d'outils comparant simulations 1D et simulations hautes résolutions.

En parallèle, des simulations 3D seront réalisées pour évaluer l'impact des nouvelles paramétrisations sur des cas d'étude.

Enfin, des évaluations statistiques sur des périodes longues seront réalisées.

#### Profil des candidats:

- Master 2 ou une qualification équivalente en physique de l'atmosphère, en océanographie, physique de l'environnement ou en climat avant de débiter la thèse
- connaissances en physique de l'atmosphère
- une bonne pratique de l'anglais à l'écrit et à l'oral pour présenter des résultats scientifiques
- bonnes capacités en programmation et traitement de données (Fortran, Shell, Python ou similaire)
- expérience en modélisation numérique

#### **A propos du CNRM**

Le Centre National de Recherches Météorologiques (CNRM, <http://www.umr-cnrm.fr/>), est une unité de recherche mixte (UMR 3589) affiliée à Météo-France et au CNRS. Il regroupe 80 chercheurs et 150 ingénieurs, techniciens et personnels administratifs. Chaque année, le CNRM accueille entre 15 et 20 nouveaux doctorants.

L'équipe PHYNH du CNRM est en charge du développement des paramétrisations physiques et des études de processus autour des modèles AROME et Méso-NH aux échelles kilométriques. L'équipe mène en particulier des travaux de développement et de validation des schémas de rayonnement, de convection peu profonde, de microphysique nuageuse et de turbulence.

La thèse proposée s'inscrit dans cette continuité en étant à l'intersection de tous ces domaines d'expertise ; elle bénéficiera donc de nombreuses collaborations au sein de l'équipe, et plus largement au CNRM.

#### **Candidatures :**

Les candidats devront envoyer une lettre de motivation, avec un CV, une copie de leurs diplômes avec le relevé de notes correspondantes, le résumé du sujet de leur Master, ainsi que le nom de deux personnes de référence incluant leur adresse email et leur numéro de téléphone avant la date limite.

La date limite pour postuler est le 1 Juin, 2022.

#### Références bibliographiques

- J.-C. Calvet et al., "METEOPOLE-FLUX: an observatory of terrestrial water, energy, and CO2 fluxes in Toulouse," in EGU General Assembly Conference Abstracts, Apr. 2016, pp. EPSC2016-2264.
- G. Canut, J.-C. Calvet, W. Maurel, and A. Paci, "Seven years (2012-2018) of continuous observation of the surface energy budget and of soil moisture and temperature profiles in a peri-urban area" in EMS Annual Meeting Abstracts, 2019, vol. 16, pp. EMS2019-687-1
- F. Couvreur et al., "Process-Based Climate Model Development Harnessing Machine Learning: I. A Calibration Tool for Parameterization Improvement," Journal of Advances in Modeling Earth Systems, vol. 13, no. 3, Art. no. 3, Feb. 2021, doi: 10.1029/2020ms002217.
- F. Hourdin et al., "Unified Parameterization of Convective Boundary Layer Transport and Clouds With the Thermal Plume Model," Journal of Advances in Modeling Earth Systems, vol. 11, no. 9, Art. no. 9, Sep. 2019, doi: 10.1029/2019ms001666.
- F. Hourdin et al., "Process-Based Climate Model Development Harnessing Machine Learning: II. Model Calibration From Single Column to Global," Journal of Advances in Modeling Earth Systems, vol. 13, no. 6, Art. no. 6, Jun. 2021, doi: 10.1029/2020ms002225.

- Y. Seity et al., “The AROME-France Convective-Scale Operational Model,” *Monthly Weather Review*, vol. 139, no. 3, Art. no. 3, Mar. 2011, doi: 10.1175/2010MWR3425.1.
- S. Turner, J.-L. Brenguier, and C. Lac, “A subgrid parameterization scheme for precipitation,” *Geoscientific Model Development*, vol. 5, no. 2, Art. no. 2, Apr. 2012, doi: 10.5194/gmd-5-499-2012.