

**Soutenance de thèse CNRM*****jeudi 11 décembre 2025 à 09h30*****AMÉLIORATION DE LA REPRÉSENTATION DES  
STRATOCUMULUS ET CUMULUS, AINSI QUE DES  
PRÉCIPITATIONS ASSOCIÉES, DANS LE MODÈLE AROME****par Adrien MARCEL (CNRM/GMME)****en salle Noilhan**

Visio: <https://meteo.webex.com/metefr/j.php?MTID=mab7934053db2b544406903cf6b670595>

Dans les modèles atmosphériques actuels, la représentation de la Couche Limite Atmosphérique (CLA) est à la fois un enjeu et un défi majeur pour des applications liées à la Prévision Numérique du Temps (PNT) et les projections des climats futurs à l'échelle globale et régionale. Les processus de couche limite sont omniprésents dans les écoulements de fluides géophysiques. Sur Terre, ils sont présents tout aussi bien dans un contexte atmosphérique qu'océanique. Pourtant, ces processus sont généralement encore assez mal représentés aujourd'hui dans les modèles numériques. Ainsi, dans les modèles de PNT AROME et ARPEGE ainsi que dans des modèles de climat comme LMDZ, des biais récurrents impliquant la représentation de la CLA ont été mis en évidence, en particulier sur la température et le rayonnement en surface, grâce à des évaluations détaillées. Ces biais sont en partie liés à certains types de nuages bas comme les stratocumulus et les cumulus. Ces nuages bas sont à la fois un acteur majeur et une source d'incertitude dans les projections climatiques, comme souligné dans les rapports du GIEC. Ils participent en effet à la régulation climatique mais leur raréfaction sous l'effet du réchauffement climatique pourrait aggraver la hausse des températures. Ils impactent aussi directement la prévision du temps sensible et de production d'énergie photovoltaïque. L'objectif principal de cette thèse est donc d'identifier et de corriger les faiblesses des paramétrisations physiques afin de réduire ces biais, et également de proposer des améliorations permettant de prendre en compte des processus sous-mailles mal représentés, comme l'hétérogénéité sous-maille des précipitations.

Dans un premier temps, des simulations à haute résolution de type LES (Large Eddy Simulation), solutions explicites de cas référencés de développements convectifs de la CLA, ont été réalisées grâce au modèle Meso-NH. Ces simulations permettent l'utilisation de diagnostics des propriétés turbulentes de la CLA et servent ainsi de référence pour apporter des améliorations au modèle AROME dans un cadre 1D

**Pour tout renseignement, contacter Y. Poirier (05 61 07 96 55)**

Centre National de Recherches Météorologiques  
42, Avenue G. Coriolis - 31057 Toulouse Cedex

### **CNRM, UMR 3589**

(SCM, Single Column Model). Ces modifications s'inscrivent dans le concept "EDMF" qui permet de représenter de manière unifiée la turbulence locale des petits tourbillons (Eddy Diffusivity) et la turbulence non locale des structures cohérentes (Mass Flux). Elles concernent les schémas de convection peu profonde, de turbulence, d'ajustement à saturation (ou de nuage) et de microphysique. En particulier, des corrections ont été apportées à la vitesse ascendante verticale, au flux de masse par les fermetures d'entraînement et de déentraînement. L'hypothèse de petite fraction du panache sur la maille a été levée. Des flux turbulents supplémentaires liés au transport de TKE ont été ajoutés. Enfin, une approche statistique double normale est considérée pour la représentation des nuages permettant le diagnostic de précipitations sous-mailles. Ces modifications permettent des améliorations des propriétés nuageuses, de la turbulence et des précipitations.

Dans un second temps, un outil de calibration basé sur les méthodes d'History Matching (HTexplo) et développé assez récemment par la communauté de quantification de l'incertitude de l'université d'Exeter a été utilisé pour ajuster une dizaine de paramètres libres sélectionnés parmi ceux contrôlant les schémas modifiés du modèle AROME. Pour cela, des métriques représentatives des nuages et des propriétés turbulentes de la CLA sont utilisées pour comparer les simulations 1D aux LES pour les cas référencés.

Dans un dernier temps, une comparaison et une évaluation des modifications calibrées a été réalisée dans un cadre réel 3D du modèle AROME sur le transect de la campagne MAGIC dans l'Océan Pacifique Est, région notoirement connue pour ses développements de stratocumulus. Les résultats montrent des améliorations des propriétés nuageuses, en particulier pour la structure verticale du nuage. Les précipitations sont également plus fréquentes et l'énergie cinétique turbulente (TKE) est plus importante dans la CLA. De plus, une modification de l'organisation de la convection est observée sur les cumulus et les stratocumulus. Néanmoins, l'évaluation sur le transect révèle des biais persistants sur certaines régions de stratocumulus.