



Thème B : Paramétrisation des nuages et des précipitations

Jean-Baptiste Madeleine Yves Bouteloup
Réunion DEPHY, 3 février 2017

Axes principaux du thème

- La représentation dans les modèles des fractions et propriétés radiatives des nuages
- L'amélioration de la microphysique des nuages
- La représentation de la précipitation liquide et solide

Les études de processus pour le développement des paramétrisations

L'axe B a vu l'émergence de plusieurs dynamiques en vue de mieux contraindre les processus :

- L'exploitation accrue des LES de nuages de couche limite (ARM, RICO, BOMEX) en vue de l'extraction de meilleurs PDF et statistiques sous-maille. Ce travail a été réalisé notamment dans le cadre des ateliers de microphysique des nuages, de la thèse de Jean Jouhaud (LMD), et plus récemment de l'ANR High-Tune (initiée au sein de DEPHY2, débutée en Janvier 2017) et de la thèse de Najda Villefranque (CNRM). L'impact radiatif 3D de la distribution sous-maille des nuages et des hypothèses de recouvrement est également revisité depuis le début du projet ANR High-Tune.
- La mise en évidence de l'augmentation de l'hétérogénéité horizontale associée à des circulations de basses couches dans AROME lors de l'utilisation d'une très forte résolution verticale sur des cas de brouillard radiatif (Philip et al 2016).
- La mise en évidence dans AROME de l'absence d'un processus important près du sol dans les brouillards conduisant à de trop fortes valeurs du contenu en eau liquide.

Les avancées scientifiques

Les études de processus pour le développement des paramétrisations

- La collaboration entre Météo-France, le LMD et le LGGE (maintenant Institut des Géosciences de l'Environnement ou IGE) au sein de DEPHY2 a motivé la meilleure exploitation des mesures réalisées à Dôme C (Antarctique) pour l'amélioration des paramétrisations de microphysique froide, notamment par l'analyse des données de sursaturation (Genthon et al. 2017) et de précipitation.
- La comparaison des précipitations simulées par MAR et LMDz aux mesures à Dumont D'Urville d'un radar polarimétrique développé par l'équipe du LTE (Laboratoire de Télédétection Environnementale, EPF de Lausanne, Suisse) dans le cadre de l'ANR APRES3 (Antarctic Precipitation : Remote Sensing from Surface and Space, débutée en Septembre 2015). Cela permet notamment d'améliorer les paramétrisations de conversion en précipitation solide et sublimation.

Les développements de paramétrisations

Plusieurs développements ont été réalisés et discutés au sein de DEPHY2 avec :

- L'implémentation et validation du schéma diagnostique basé sur une bi-gaussienne du déficit à la saturation pour les nuages de couche limite (Jam et al., 2013).
- La prise en compte du mélange au sommet des thermiques pour la représentation des stratocumulus (Jam et al., en préparation).
- Le développement d'une nouvelle paramétrisation pour la représentation de la variabilité sous-maille verticale de la couverture nuageuse (thèse de Jean Jouhaud).
- Une plage de température de la phase mixte mise à jour dans LMDz et unifiée pour le rayonnement et la physique.
- La prise en compte de la thermodynamique de la glace dans la convection et la condensation grande-échelle du modèle LMDz.
- L'implémentation d'un ajustement à la saturation dans le schéma de CLS CANOPY dans le but de paramétrer une forte résolution verticale sous le dernier niveau du modèle AROME, afin d'améliorer la prévision des brouillards radiatifs.

Les développements de paramétrisations

- L'implémentation du schéma LIMA à deux moments (Vié et al. 2016) dans le modèle AROME, premiers tests avec aérosols prescrits puis issus du modèle de chimie MOCAGE.
- La refonte assez profonde de l'algorithmique du schéma ICE3/4 afin de réduire sa dépendance au pas de temps. Les processus simulés en sont profondément modifiés. Ceci a été possible notamment par le développement d'un cadre 0D puis 2D (dans Més0-NH) pour revisiter les formulations de processus particuliers et de modifier l'algorithme agrégeant les contributions de tous les processus. Le travail se poursuit avec l'adaptation à AROME et l'évaluation sur des cas réels (études de cas et scores). Suite à cette évaluation, les modifications pourront être reportées dans LIMA qui est construit sur le même modèle.
- Premiers tests de la mise en place d'un processus de dépôt sur le sol et la végétation dans les schémas de microphysique afin de corriger le problème des trop fortes valeurs du contenu en eau liquide près de la surface.
- Évolution du schéma microphysique très simple d'ARPEGE afin de mieux prendre en compte les processus de fonte/regel des précipitations \Rightarrow Production de pluie verglaçante et de « graupel ».

L'évaluation

Plusieurs évaluations des nuages, de la microphysique et de la précipitation se sont faites à plusieurs échelles avec :

- L'utilisation accrue des données de l'A-Train pour la validation de la fraction nuageuse et des réflectances simulées par les modèles globaux.
- La meilleure exploitation des données de IASI, avec l'implémentation d'un simulateur IASI dans LMDz permettant notamment d'analyser le cycle de vie des systèmes convectifs.
- La comparaisons des modèles avec les données sur site : SIRTa (nuages bas, brouillard), Dôme C (nuages et précipitations).
- La comparaison des microphysiques de LMDz, ARPEGE, AROME et Meso-NH sur le cas RICO et la définition d'un format commun de sorties.

L'évaluation

- L'étude statistique de l'impact d'une résolution verticale élevée sur la prévision du brouillard par AROME sur la plate-forme de Roissy (Philip et al 2016).
- La mise en évidence d'une très grande difficulté pour AROME à prévoir les brouillards d'affaissement de stratus (Philip et al 2016).
- L'étude d'un cas de nuage bas sur le nord de la France et des comparaisons aux mesures du SIRTA, et des tests des nombreuses formulations de la paramétrisation de la convection peu profonde disponibles dans le modèle AROME.
- L'étude d'un cas de stratus hivernal sur la Hongrie en collaboration avec des collègues Hongrois.
- La mise en place de nombreux « petits » AROME, scientifiquement équivalents à l'opérationnel, autour de sites instrumentés (SIRTA, Cabauw, Sodankyla, ...) afin de produire plus de diagnostics.
- La comparaison de LMDz au modèle MAR en Antarctique ainsi que la comparaison de la précipitation simulée aux données du CPR de CloudSat (thèse de Florentin Lemonnier dans le cadre de l'ANR APRES3).

Impact sur les performance des modèles

Les développements ont permis :

- L'amélioration de la représentation de la couverture nuageuse basse, notamment dans les régions de stratocumulus, dont l'altitude et la réflectance sont nettement améliorés par le schéma statistique en distribution bi-gaussienne. Notons cependant une tendance persistante à générer des cumulus d'alizée de trop forte réflectance (problème du « too few too bright »).
- De grands progrès dans les méthodes de tuning des paramètres nuageux.
- Des problèmes persistent cependant dans la représentation des nuages d'enclume tropicaux.

Les collaborations

- Entre communauté du développement 1D et celle des modèles LES pour l'étude des PDFs.
- Entre modélisateurs et observateurs pour les comparaisons aux données sur sites.
- Entre les équipes de modélisation pour les discussions autour des schémas microphysiques.
- Entre plusieurs laboratoires français à l'occasion de la réunion DEPHY2 « Nuages et précipitations » de juin 2016 à Paris, qui a regroupé 44 participants (LMD, CNRM, LA, LOA, LAMP, IPSL, LGGE, LOCEAN).

Les difficultés rencontrées

- Un manque d'un cadre propre pour comparer les schémas de microphysique indépendamment des schémas de transport.
- Un manque d'observation et de cadre de référence pour évaluer les schémas de microphysique.
- Une difficulté à échanger des modules ou des bouts de paramétrisations.

Coordination de la communauté depHY

Les besoins

- Besoin d'utiliser davantage les comparaisons aux données sur sites pour l'évaluation des nuages et des flux de surface.
- Besoin d'utiliser mieux les observations pour trouver des contraintes pour les schémas de microphysique à l'échelle des processus.
- Besoin d'outils plus idéalisés pour l'intercomparaison de nos paramétrisations macrophysiques et microphysiques (modèles 0D, 1D idéalisés...).
- Besoin d'une approche par objets (colonnes convectives, thermiques, poches froides) avec compositage d'observations pour se rapprocher des processus.
- Besoin de générer de l'information sous-maille à partir des observations (proportion sous-maille liquide/glace, PDF d'eau nuageuse sous-maille...).

Les thèmes à approfondir

- Hypothèses de recouvrement utilisées, méthodes de recouvrement basées sur des modèles de représentation sous-maille des nuages plus réalistes (McIca).
- Améliorer la synergie entre les schémas de microphysique et les propriétés radiatives des nuages, en particulier avec l'utilisation de schémas de microphysique à deux moments.
- Représentation des nuages hauts issus de la convection, sursaturations par rapport à la glace.
- Mieux comprendre les interactions avec la surface et la turbulence afin de résoudre les problèmes de prévisions des nuages bas, et en particulier la difficulté à prévoir les affaissements de stratus.
- Mieux utiliser les données de précipitation (liquide et solide, au sol et en profil) comme validation des paramétrisations de conversion en précipitation et réévaporation.

Les thèmes émergents

- Importance des effets 3D pour le rayonnement (application d'un code radiatif sophistiqué aux sorties de LES dans le cadre de l'ANR High-Tune).
- Importance du tuning et mise en place d'outils de tuning automatique 1D/LES.
- Nécessité de trouver le meilleur compromis pour la fréquence d'appel au rayonnement pour un coût en temps de calcul donné.
- Nécessité de dégager une complexité intermédiaire pour une microphysique adaptée aux simulations globales.

Propositions d'évolution vers DEPHY3

- Un axe ciblé davantage sur « Nuages et rayonnement ».
- Une dynamique autour de la bonne représentation dans nos modèles des phases dans les régions froides de l'atmosphère (eau surfondue, congélation des gouttelettes, conversion en précipitation solide).