

Résumé

Le brouillard est un phénomène météorologique dangereux car les fines gouttelettes d'eau en suspension dans l'atmosphère réduisent considérablement la visibilité. Bien que les avancées scientifiques et informatiques permettent d'utiliser des modèles de prévision numérique du temps de plus en plus détaillés, la prévision du brouillard reste encore un challenge dû à la multitude et la complexité des processus mis en jeu lors du cycle de vie du brouillard (dynamique, microphysique, turbulent et radiatif).

Dans cette thèse, des simulations sont réalisées sur l'aéroport Paris Charles-de-Gaulle avec le modèle à échelle kilométrique AROME afin d'étudier l'impact de la résolution verticale sur la prévision du brouillard. L'étude détaillée d'un cas de brouillard a permis de mettre en évidence le fort impact de la résolution verticale sur la formation du brouillard. La résolution verticale a un impact sur l'heure de formation, le développement spatial et même sur les processus physiques liés à l'apparition du brouillard. L'impact de la résolution verticale a été évalué statistiquement sur l'hiver 2011-2012 et a permis de confirmer les résultats obtenus lors de l'étude de cas. Il a été mis en évidence qu'une résolution verticale fine permet de simuler davantage de brouillards locaux qu'une résolution verticale lâche. De plus, ces simulations ont souligné que le modèle surestime la hauteur de la base du nuage quelle que soit la résolution verticale. Bien que le nombre de bonnes détections augmente avec une résolution verticale fine, la qualité de la prévision reste inchangée à cause d'un nombre de fausses alarmes plus important ce qui peut être expliqué par l'hétérogénéité spatiale des brouillards simulés.

Utiliser une résolution fine sur un grand domaine entraîne un surcoût numérique qui n'est pas envisageable en opérationnel. Dans cette thèse, deux méthodes numériques de représentation de la couche limite de surface permettant d'associer une résolution fine près du sol et un temps de calcul modestes ont été évaluées pour une étude de cas et durant une saison hivernale. La meilleure des méthodes basée sur le schéma Canopy permet de bien représenter le comportement physique du modèle à résolution verticale fine lors de l'apparition de brouillards purement radiatifs. Cependant, la méthode atteint ses limites lorsque l'apparition du brouillard est impactée par des circulations locales car l'advection n'est pas prise en compte par cette méthode. Le diagnostique de brouillard par Canopy permet de corriger le biais sur la fréquence d'occurrence de brouillard mais n'améliore pas significativement la qualité de la prévision.

Abstract

The fog is a hazardous meteorological phenomenon because of the visibility decrease due to water droplets present in the atmosphere. Despite scientific and numerical improvements allowing the use of very detailed numerical weather prediction models, fog forecasting is still a challenge to address. Indeed, several complex processes are involved during the fog life cycle (dynamic, micro-physic, turbulence and radiation).

In this thesis, simulations are performed at the Paris Charles-de-Gaulle airport with the kilo-metric scale model AROME in order to study the impact of the vertical resolution on the fog forecasting. A detailed study case highlights the strong impact of vertical resolution on the fog formation. Vertical resolution impacts both the onset time, the spatial development and also the physical processes involved at the fog onset. The impact of vertical resolution has been evaluated statistically over the winter season 2011-2012 and has confirmed the results obtained with the study case. It has been shown that a finer vertical resolution leads to the simulation of more local fog events than a coarser vertical resolution. Furthermore, these simulations emphasize that the model overestimates the cloud base height whatever the vertical resolution. In spite of the increase of good detections with a finer vertical resolution, the overall forecast quality does not change because of more frequent false alarms. These false alarms can be explained by enhanced spatial heterogeneities of simulated fogs at finer vertical resolution.

Using a finer vertical resolution on a large domain increase the numerical cost, which is not affordable for operational forecasting. In this thesis, two numerical methods representing the surface boundary layer and allowing a finer vertical resolution at a low computational cost have been tested for the case study and during the winter season. The best method is based on the surface boundary layer scheme Canopy, which improves the physical behavior of the model during the onset of radiation fogs. However, the limits of the method are reached when the onset is impacted by local circulations, which they are not taken into account with this method. The fog diagnostic by Canopy reduces the frequency bias fog forecast but it does not significantly improve the overall forecast quality because of more frequent false alarms.