



Soutenance de thèse CNRM :

**Assimilation de données de l'imageur d'éclairs de  
Météosat Troisième Génération pour la prévision  
numérique des orages à l'échelle convective**

Par Pauline Combarous (GMME/PRECIP)

Vendredi 17 novembre 2023 à 14h

Salle Joël Noilhan (bâtiment Navier)

Météopole, 42. av. G. Coriolis, 31057 Toulouse Cedex 01

Lien BJ : <https://bluejeans.com/427182253/9677>

Membres du jury :

**Jean-François Caron**, Rapporteur

**Thomas Farges**, Rapporteur

**Joan Bech**, Examineur

**Serge Soula**, Examineur

**Olivier Caumont**, Directeur de thèse

**Maud Martet**, Co-directrice de thèse

**Éric Defer**, Co-encadrant de thèse

**Pierre Brousseau**, Invité

## Résumé

La prévision des phénomènes convectifs est un enjeu majeur en prévision numérique de temps (PNT) en raison de la sévérité des dégâts qu'ils peuvent provoquer. La difficulté pour prévoir les orages avec plus de précisions provient en partie du manque d'observations relatives à la convection utilisées pour initialiser les modèles de prévision. Cette thèse propose d'explorer le potentiel des observations d'éclairs pour initialiser les modèles de PNT grâce au processus d'assimilation de données afin d'améliorer les prévisions des systèmes convectifs. Les données d'éclairs apportent en effet une information sur la présence et la sévérité des orages et le lancement récent du premier satellite de la mission Météosat Troisième Génération embarquant à son bord un imageur d'éclairs (*lightning imager*, LI) offre la perspective d'enregistrer l'activité électrique totale (éclairs nuage-sol et intra-nuage), de jour comme de nuit. Son orbite géostationnaire permet d'observer une large région couvrant l'Europe, l'Afrique, la mer Méditerranée et l'océan Atlantique, et apporte ainsi des informations dans des régions hors de portée des radars et des stations météorologiques. Ces avantages font des observations de MTG-LI un bon candidat pour être assimilées dans le modèle régional AROME-France dont la résolution horizontale de 1,3 km le classe parmi les modèles à l'« échelle convective ». Afin de préparer leur assimilation, les travaux de cette thèse font usage d'observations synthétiques de cumuls d'étendues d'éclairs, qui imitent les caractéristiques des futures données, dont la mise à disposition est prévue pour début 2024.

La méthode d'assimilation utilisée est de type variationnel ensembliste (3D-EnVar), récemment implémenté pour le modèle AROME-France. Cette méthode novatrice permet une meilleure prise en compte de la situation météorologique lors de la détermination des conditions initiales du modèle et rend possible une assimilation directe des observations d'éclairs. Les travaux de cette thèse se concentrent dans un premier temps sur le développement d'un opérateur d'observation qui établit un lien entre les observations d'éclairs et les variables du modèle. Ces travaux montrent que ce sont les variables qui ont une composante microphysique, par rapport à celles dépendant de la dynamique du nuage, qui sont les plus à même de reproduire les cumuls d'étendues d'éclairs. Une relation polynomiale entre une quantité de neige et de graupel intégrée sur la colonne et les éclairs est alors proposée comme opérateur. Dans un second temps, des expériences d'assimilation d'observations d'éclairs ont été mises en place, d'abord avec un système 1D-EnVar puis 3D-EnVar. Les résultats sont évalués sur 3 cas d'études. Dans l'ensemble, les résultats ont montré un apport positif de l'assimilation des observations d'éclairs pour des prévisions de couverture nuageuse inférieure à 3 heures d'échéances, par rapport à une expérience de référence n'assimilant pas d'observations d'éclairs, notamment en générant de nouveaux systèmes convectifs ou élargissant la taille de systèmes existants : le biais fréquentiel des occurrences de températures de brillance les plus froides est augmenté en moyenne de 0,1 à 0,4 selon les cas, par rapport à l'expérience de référence, pour la première heure de prévision. Certains paramètres nécessitent encore des réglages mais ces résultats préliminaires sont suffisamment prometteurs pour continuer les recherches une fois les vraies observations MTG-LI disponibles.

## Abstract

Forecasting convective phenomena is a major challenge in numerical weather prediction (NWP), due to the severity of the damages they can cause. The difficulty in forecasting thunderstorms with greater precision partially results from the lack of convective-related observations used to initialize the forecast models. This thesis aims at exploring the potential of lightning observations to initialize NWP models through the process of data assimilation, in order to improve convective system forecasts. Lightning data provide information on the presence and severity of thunderstorms, and the recent launch of the first satellite of the Meteosat Third Generation mission, carrying a lightning imager (LI) offers the prospect of recording total electrical activity (cloud-to-ground and intra-cloud lightning), day and night. Its geostationary orbit enables the detector to monitor a wide area covering Europe, Africa, the Mediterranean Sea and the Atlantic Ocean, providing information in regions beyond the reach of radars and weather stations. These advantages make MTG-LI observations a good candidate to be assimilated into the AROME-France regional model, whose horizontal resolution of 1.3 km ranks it among the “convective-scale” models. In preparation for their assimilation, the work in this thesis makes use of synthetic observations of flash extent accumulation, which mimic the characteristics of the future data, foreseen to be available in early 2024.

The assimilation method used in this work is an ensemble variational algorithm (3D-EnVar), recently implemented for the AROME-France model. This innovative method takes a better account of the meteorological situation when determining the model’s initial conditions, and enable a direct assimilation of lightning observations. The first step of the work in this thesis focuses on the development of an observation operator that establishes a link between lightning observations and model variables. This work shows that it is the variables with a microphysical component, as opposed to those depending on the cloud dynamic, that are best able to reproduce the flash extent accumulation, and a polynomial relationship between the contents of snow and graupel integrated on the column and lightning is then proposed as the operator. In a second step, lightning data assimilation experiments were carried out, first with a 1D-EnVar system, then with a 3D-EnVar system. The results were evaluated on 3 case studies. Overall, the results show that lightning data assimilation has a positive impact on cloud cover in the first 3 hours of forecast when compared to results from a reference experiment, notably by generating new convective systems or enlarging the size of existing ones: the frequency bias of coldest brightness temperatures increases on average of 0.1-0.4 depending on the case, compared to an experiment that does not assimilate lightning data, for the first forecast hour. Some parameters still require fine-tuning, but these preliminary results are promising enough to continue research once the real MTG-LI observations are available.