

Proposition de sujet de thèse de doctorat (2021-2024)

Laboratoire dans lequel se déroulera la thèse : CNRM (Météo-France/CNRS) - UMR 3589

Titre du sujet proposé : Télédétection des propriétés des aérosols atmosphériques avec le futur satellite géostationnaire Meteosat Troisième Génération – Imageur (MTG-I)

Nom et statut des responsables de thèse :

Christine LAC, IPEF – chercheur (HDR) au CNRM (<https://www.umn-cnrm.fr/>)

Xavier CEAMANOS, chargé de recherche au CNRM

Jean-Luc ATTIE, professeur des universités (HDR) au LA (<https://www.aero.obs-mip.fr/>)

Coordonnées des responsables de thèse :

Christine LAC, 0561079602, christine.lac@meteo.fr

Xavier CEAMANOS, 0561079643, xavier.ceamanos@meteo.fr

Jean-Luc ATTIE, 0561332746, jean-luc.attie@aero.obs-mip.fr

Résumé du sujet de la thèse

Les actions de la nature et de l'homme donnent lieu à l'injection de particules fines d'origines diverses dans l'atmosphère. Ces particules, appelées aérosols, ont un impact sociétal fort dans de nombreux domaines, comme le climat, la qualité de l'air, la prévision du temps, l'énergie photovoltaïque ou encore le transport aérien. L'impact des aérosols varie en fonction de la concentration en particules, de leur distribution dimensionnelle et de leur composition chimique (la spéciation), qui peut aller des particules de pollution anthropiques aux poussières désertiques. Par exemple, les particules fines anthropiques présentes dans la très basse atmosphère peuvent altérer fortement la santé humaine. Malgré l'importance des aérosols, des incertitudes importantes liées à la distribution spatiale et l'évolution temporelle aux fines échelles de ces particules existent encore aujourd'hui (*Boucher et al., 2014*). Cette proposition de thèse se situe au cœur de cette thématique et a pour ambition de réduire ces incertitudes.

La télédétection spatiale géostationnaire opérant dans le visible et le proche infrarouge est un outil unique pour caractériser et cartographier les aérosols (*Yoshida et al., 2018 ; Lyapustin et al., 2019 ; Ceamanos et al., 2019a*). Le CNRM de Météo-France a développé une expertise sur la restitution par satellite de l'épaisseur optique des aérosols (AOD pour Aerosol Optical Depth) qui est liée à la concentration en particules (*Carrer et al., 2010 ; Carrer et al., 2014 ; Ceamanos et al., 2019b*). Cette estimation est aujourd'hui réalisée par l'algorithme AERUS-GEO développé au CNRM et appliqué aux observations de l'imageur SEVIRI (Spinning Enhanced Visible and InfraRed Imager) à bord du satellite à orbite géostationnaire Meteosat Seconde Génération (MSG). Cette mission opérée par EUMETSAT permet le suivi des aérosols à une échelle de temps relativement fine (une image toutes les 15 minutes). Toutefois, certaines limitations de SEVIRI rendent difficile l'obtention d'informations sur la spéciation des aérosols, alors qu'elles sont nécessaires pour l'estimation de l'AOD et pour d'autres sujets scientifiques. Ce verrou pourra être levé grâce à la future mission Meteosat Troisième Génération - Imageur (MTG-I) qui sera équipée de l'imageur FCI (Flexible Combined Imager) fournissant des performances améliorées par rapport à SEVIRI (par ex. des nouveaux canaux spectraux sensibles aux aérosols et une meilleure résolution spatiale).

La thèse a pour objectif d'étudier l'apport de la mission MTG-I/FCI pour réaliser une caractérisation avancée des aérosols depuis l'espace. De nouvelles méthodologies seront développées pour améliorer l'estimation du contenu en particules et pour déterminer leur spéciation à partir de l'estimation de leurs propriétés optiques. L'accent sera mis sur l'albédo de simple diffusion (SSA pour Single Scattering Albedo), qui est une propriété optique variant fortement selon la nature de l'aérosol. L'étudiant(e) devra apporter une réponse aux questions suivantes : jusqu'à quel degré pourra-t-on caractériser une couche d'aérosol avec MTG-I/FCI et restituer les propriétés optiques, ou devons-nous nous contenter du type prédominant ?

Plusieurs points sont envisagés au cours de la thèse :

1. La sensibilité de l'imageur FCI aux variations des propriétés optiques des grands types d'aérosols sera d'abord évaluée. Ce travail sera réalisé à partir de la simulation d'un jeu de données synthétiques imitant les futures observations satellitaires.
2. Une nouvelle version de l'algorithme AERUS-GEO sera ensuite mise au point afin d'estimer à la fois l'AOD et d'autres paramètres des aérosols comme le SSA. L'étudiant(e) utilisera

- des modèles de transfert radiatif pertinents et des méthodes d'inversion multi-paramètres, comme celle développée conjointement par le CNRM et le Laboratoire d'Aérodologie pour restituer les gaz et qui pourra être adaptée à l'estimation des aérosols (*Hache et al., 2014*).
3. Le nouvel algorithme sera testé sur les données synthétiques générées précédemment afin de dresser ses limites. Des images FCI seront ensuite traitées (lancement de MTG-I prévu pour fin 2022). Des images provenant d'autres plateformes géostationnaires météorologiques pourront être traitées si le lancement venait à être reporté. Les résultats obtenus seront validés grâce à l'utilisation de données indépendantes provenant de mesures au sol ou satellitaires.
 4. Dans un dernier volet l'apport de l'algorithme développé sera discuté pour l'étude d'épisodes d'aérosols dans des zones géographiques différentes. L'accent sera mis sur les épisodes de poussières désertiques ou autre événement de pollution particulaire sur la région Occitanie dans le but d'améliorer à terme la prévision de la qualité de l'air par les particules à l'échelle régionale. Les restitutions satellitaires d'aérosols s'inséreront dans le processus d'assimilation de données du modèle de chimie-transport MOCAGE développé au CNRM, dont les analyses d'aérosols résulteront d'initialiseront le modèle opérationnel de prévision numérique du temps AROME pour les paramétrisations physiques du rayonnement et de la microphysique nuageuse.

Cette thèse sera menée dans l'action actuellement en cours au CNRM sur l'observation des aérosols à partir des satellites Meteosat en collaboration avec le centre ICARE du pôle AERIS et EUMETSAT. Des collaborations avec des laboratoires nationaux et internationaux sont envisagées.

Le(la) candidat(e) souhaité(e) aura un diplôme d'école d'ingénieur ou de Master 2. Il(elle) sera familier(ère) d'un ou de plusieurs points suivants : télédétection spatiale, mathématiques appliquées ou physique de la mesure. Un bon niveau de programmation est requis.

Les candidat(e)s intéressé(e)s par cette thèse doivent envoyer les documents listés ci-après :

- CV détaillant le parcours scolaire, les expériences en recherche (stages ou autres), et les compétences techniques (programmation)
- Lettre de motivation
- Noms et contacts de deux personnes référentes

Références bibliographiques

- *Boucher et al., Chapter 7 in IPCC WGI Fifth Assess. Report, 2014*
- *Carrer et al., J. of Geoph. Res., 2010*
- *Carrer et al., Geoph. Res. Let., 2014*
- *Ceamanos et al., Rem. Sens., 2019a*
- *Ceamanos et al., AGU Fall Meeting, 2019b*
- *Hache et al., Atm. Meas. Tech., 2014*
- *Lyapustin et al., AGU Fall Meeting, 2019*
- *Yoshida et al., J. Meteor. Soc. Japan, 2018*