

## Proposition de Sujet de thèse 2020

Laboratoire (et n° de l'unité) dans lequel se déroulera la thèse : CNRM - UMR 3589

Titre du sujet proposé : Apport des satellites géostationnaires européens actuels et futurs pour l'étude des aérosols atmosphériques et de leur spéciation

Nom et statut (PR, DR, MCF, CR, ...) du (des) responsable(s) de thèse (préciser si HDR) :  
Xavier Ceamanos, chargé de recherche au CNRM  
Jean-Luc Attié, professeur des universités (HDR) au Laboratoire d'Aérodologie

Coordonnées (téléphone et e-mail) du (des) responsable(s) de thèse :  
Xavier Ceamanos, 0561079643, xavier.ceamanos@meteo.fr  
Jean-Luc Attié, 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 très diverses dans les basses couches de l'atmosphère. Ces particules, appelées aérosols, sont d'une très grande importance dans des sujets liés aux climats, la prévision numérique du temps, la défense, l'industrie de l'énergie ou le transport aérien. Par exemple, les aérosols ont un impact sur le bilan radiatif de la terre du fait de leur absorption et diffusion du rayonnement solaire incident sur la terre. Cette extinction du rayonnement sera plus ou moins importante selon le contenu en particules et leur composition chimique (c.-à-d. la spéciation), qui peut aller des poussières désertiques aux particules carbonées émanant de la pollution anthropique ou des feux de forêts. Il est connu par exemple que les différents types d'aérosols peuvent avoir un effet de réchauffement ou de refroidissement de la planète à cause de leurs propriétés optiques différentes (Russell et al., 2002).

Des incertitudes liées à la distribution spatiale et les impacts des grandes classes d'aérosols existent encore aujourd'hui (Boucher et al., 2014). Ces incertitudes deviennent spécialement importantes dans le cas d'événements extrêmes comme les tempêtes de sable, les feux de biomasse ou les épisodes de pollution. Ces événements sont liés à des forts impacts et sont susceptibles d'évoluer dans le futur. Par exemple, les tendances estimées aujourd'hui donnent une diminution des tempêtes de poussière (Evan et al., 2016) mais une augmentation des feux de biomasse (Keywood et al., 2013), ce qui entraînerait une accélération du réchauffement de la terre.

Dans ce contexte il existe aujourd'hui le besoin de détecter, de caractériser et de cartographier les différents types d'aérosols aux fines échelles spatiale et temporelle. La télédétection spatiale passive opérant dans le visible et le proche infrarouge est en mesure de fournir ces informations grâce à l'utilisation de méthodes mathématiques dites d'inversion. Ces méthodes sont souvent opérées en considérant des types d'aérosols prédéfinis qui regroupent les grandes familles de particules. Or la grande hétérogénéité des aérosols et la présence de mélanges de plusieurs types de particules peuvent invalider l'utilisation de ces types prédéfinis associés à des propriétés optiques moyennes.

Durant la dernière décennie, le CNRM a développé une expertise sur la restitution au pas de temps journalier de l'épaisseur optique des aérosols (AOD en anglais), qui est étroitement liée au contenu en aérosol (Carré et al., 2010 et 2014). La méthode d'inversion développée dans le cadre de ce travail a été appliquée sur les observations de l'imageur SEVIRI à bord du satellite Meteosat Seconde Génération (MSG) de l'agence EUMETSAT. Actuellement, le CNRM travaille sur la restitution à la fréquence de SEVIRI (c.-à-d. toutes les 15 minutes) afin d'avoir accès au cycle diurne des aérosols. Toutefois il est aujourd'hui difficile de fournir des informations détaillées sur la spéciation de ces particules, alors qu'elles sont souvent nécessaires pour estimer correctement l'AOD.

La thèse a pour objectif de répondre aux questions suivantes. A quel point est-il possible de déterminer la spéciation des aérosols depuis l'espace ? Est-il possible de restituer leurs propriétés optiques (p. ex., l'albédo de simple diffusion ou le paramètre d'asymétrie) et de suivre leur évolution dans le temps et l'espace ? Cette étude sera basée sur les observations fournies par les plateformes géostationnaires européennes Meteosat qui permettent le suivi des aérosols à une échelle de temps fine. Des premiers travaux montrant le potentiel des satellites géostationnaires pour la restitution de la spéciation existent (Yoshida et al., 2018 ; Luffarelli et Govaerts, 2019). Une des originalités du travail proposé est de s'appuyer sur la mission actuelle MSG pour investiguer l'apport de la future mission Meteosat Troisième Génération (MTG), qui sera équipée avec l'imageur FCI et qui devrait rendre possible une meilleure caractérisation des aérosols (Aoun, 2016 ; Descheemaeker et al., 2018).

## Nature du travail attendu et compétences souhaitées

La thèse démarrera par une étude bibliographique sur les grands types d'aérosols qui sont observés par les satellites actuels. Les propriétés optiques définissant chaque famille seront déterminées ainsi que leur variabilité intra-type. Ces informations seront ensuite utilisées pour évaluer la sensibilité des satellites géostationnaires actuels (MSG/SEVIRI) et futurs (MTG/FCI) aux variations des propriétés optiques des différents types d'aérosols. Ce travail sera réalisé à partir de la simulation d'un jeu de données synthétiques imitant les observations satellitaires.

Dans un deuxième temps, une méthode de restitution sera mise au point pour réaliser la meilleure caractérisation possible de la spéciation des aérosols à partir des satellites Meteosat. Le but de cette méthode sera d'estimer à la fois l'AOD et les propriétés optiques des aérosols à l'échelle de temps la plus fine possible. L'étudiant pourra utiliser plusieurs méthodes d'inversion multi-paramètres, comme celle développée conjointement par le CNRM et le LA pour restituer les gaz et qui pourra être adaptée à l'estimation des aérosols (Hache et al., 2014, Quesada-Ruiz et al., 2019). La méthode développée sera d'abord testée sur le jeu de données synthétiques généré précédemment afin de dresser ses limites. Des observations de l'imageur SEVIRI correspondant à des épisodes d'aérosols bien documentés seront ensuite traitées. Les résultats obtenus seront validés grâce à l'utilisation de données indépendantes provenant de mesures au sol, aéroportées ou satellitaires (p. ex., dérivées des satellites PARASOL, CALIPSO ou IASI). A titre d'exemple, l'étudiant pourra s'intéresser aux différents types d'aérosols qui ont été observés en Afrique de l'ouest pendant la campagne DACCWA. Ce travail sera réalisé en collaboration avec le groupe de météorologie expérimentale et instrumentale du CNRM. Dans ce volet de la thèse, il s'agira également d'étudier l'apport de la restitution simultanée de l'AOD et de la spéciation par rapport à l'utilisation de types d'aérosols prédéfinis. L'accent sera mis sur les cas qui présentent actuellement des difficultés lorsque seulement l'AOD est estimé comme les régions désertiques. Des observations FCI pourront sans doute être traitées au cours de la thèse (lancement de MTG prévu pour fin 2021) afin d'étudier la valeur ajoutée par rapport aux observations SEVIRI.

Enfin dans un dernier volet, il sera discuté de l'apport de la méthode d'inversion développée pour le suivi d'événements extrêmes d'aérosols. Le focus sera mis sur les capacités d'estimer l'évolution des propriétés optiques dans le temps afin d'accéder à des informations sur la source et le transport des particules. Au cours de la thèse le candidat pourra avoir recours à l'analyse de sorties de modèles afin de réaliser une validation croisée avec les informations sur les aérosols obtenues à partir des mesures satellitaires. Ce travail sera réalisé en collaboration avec les groupes du CNRM qui ont une expertise en modélisation régionale des aérosols et qui pourraient bénéficier de la haute résolution spatiale et temporelle des restitutions satellitaires qui seront réalisées durant la thèse.

Le(la) candidat(e) souhaité(e) aura un diplôme de Master 2 ou d'école d'ingénieur. Il(elle) aura une première expérience en recherche et sera familier(ère) d'un ou de plusieurs points suivants : télédétection spatiale, sciences de l'atmosphère (aérosols et transfert radiatif) ou mathématiques appliquées (méthodes d'inversion). Des compétences en programmation sont requises.

Les candidat(e)s/étudiant(e)s intéressé(e)s par ce sujet de 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

- Aoun, Thèse de doctorat, MINES ParisTech, PSL Research University, 2016
- Boucher et al., Chapter 7 in IPCC WGI Fifth Assessment Report, 2014
- Carrer et al., JGR, 2010
- Carrer et al., GRL, 2014
- Descheemaeker et al., AMT, 2018
- Evan et al., Nature, 2016
- Hache et al., AMT, 2014
- Keywood et al., Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 2013
- Luffarelli et Govaerts, AMT, 2019
- Quesada-Ruiz et al., AMT, 2019
- Russell et al., Journal of the Atmospheric Sciences, 2002
- Yoshida et al., J. Meteor. Soc. Japan, 2018