

Fiche de stage de recherche en laboratoire

Laboratoire : CNRM, CNRS-Météo France

Titre du stage : **MODELISATION ET ANALYSE DE LA SENSIBILITE DU CLIMAT URBAIN AUX EFFETS RADIATIFS DES AEROSOLS ATMOSPHERIQUES. APPLICATION AUX VILLES DE PARIS ET TOULOUSE**

Nom et statut du (des) responsable (s) de stage :

Aude LEMONSU (CNRM,GMME,VILLE), Marine CLAEYS (CNRM,GMME,VILLE)

Coordonnées (téléphone et email) du (des) responsable (s) de stage :

05 61 07 97 52 / aude.lemonsu@meteo.fr

05 61 07 90 54 / marine.claeys@meteo.fr

Sujet du stage :

Contexte

Les villes modifient le climat local créant notamment des îlots de chaleur urbains (ICU), qui caractérisent l'anomalie positive de température de l'air fréquemment observée la nuit en ville par rapport aux zones naturelles environnantes. L'ICU est à la fois influencé par les caractéristiques urbaines (Houet et al., 2011) et gouverné par les conditions météorologiques locales, comme le vent ou la couverture nuageuse. Mais à ce jour, très peu d'études se sont penchées sur les interactions entre aérosols urbains, rayonnement, et ICU (Jandaghian et al., 2020 ; Li et al., 2020). Pourtant, la concentration et la distribution des aérosols au sein et au-dessus des villes peuvent fortement varier, et atteindre des valeurs très importantes. De plus, les aérosols ont un impact significatif sur le rayonnement solaire incident, appelé effet radiatif direct via leurs capacités d'absorption et de diffusion qui diffèrent selon les types d'aérosols. Par conséquent, il est nécessaire de mieux qualifier, dans les atmosphères urbaines, la nature et la variabilité spatiale (horizontale et verticale) et temporelle des aérosols, pour l'estimation du bilan radiatif (atmosphère et surface) et l'étude du rôle qu'ils jouent dans le développement de l'ICU.

De nombreuses études de modélisation, avec le modèle de canopée urbaine TEB couplé au modèle atmosphérique MesoNH ont été menées par l'équipe VILLE. Aucune d'elles n'aborde l'effet des aérosols atmosphériques qui sont simplement prescrits sous forme de climatologie dans le schéma de rayonnement utilisé par MesoNH, notamment pour déterminer la quantité de rayonnement solaire (diffus et direct) au sommet de la canopée urbaine. L'intégration d'une meilleure représentation des aérosols dans les modèles atmosphériques de méso-échelle, et plus spécifiquement pour les application en climat urbain, est un enjeu de recherche important et encore peu exploré.

Objectif scientifique

L'objectif scientifique du stage consistera à mieux comprendre les interactions entre rayonnement, aérosols et climat urbain, sur la base de modélisations numériques qui permettront d'évaluer la sensibilité de la modélisation du climat urbain (notamment de l'ICU) à une meilleure prise en compte des aérosols atmosphériques. L'étude est centrée sur les villes françaises, plus particulièrement Paris et Toulouse. Des périodes d'intérêt seront étudiées plus spécifiquement lors de situations propices aux îlots de chaleur urbains.

Travail de stage

Dans le cadre d'un stage antérieur, des forçages de rayonnement solaire incident direct et diffus ont été produits sur la France sur la période juillet 2019 - juillet 2020, à partir de simulations réalisées avec le code de transfert radiatif ecRad (Hogan and Bozzo, 2018) qui tiennent compte de la distribution spatiales des aérosols, de leurs propriétés optiques (selon des classes d'aérosols) et des effets associés d'absorption et de diffusion. ecRad a été alimenté par les champs atmosphériques d'une prévision à courte échéance du modèle de prévision numérique du temps AROME (à 1.3 km de résolution horizontale sur la France métropolitaine) et par trois bases de données d'aérosols atmosphériques :

données satellitaires (produit AERUS-GEO), climatologie CAMS et données en temps réel (CAMS Near Real Time).

La première partie du stage consistera à prendre en main les données ECRAD, et comparer les forçages de rayonnement solaire issus des différentes bases de données d'aérosols. L'étudiant devra évaluer la variabilité spatiale et temporelle du flux global et de la partition entre le rayonnement diffus et direct, entre les jeux de données, sur les villes de Paris et Toulouse. Les données de rayonnement pourront être également comparées aux observations disponibles sur les deux villes (plateforme du SIRTA à Paris-Palaiseau et base de données FLUXNET à Toulouse).

Dans une deuxième partie, l'étudiant réalisera plusieurs simulations de climat urbain avec le système de modélisation des surfaces continentales SURFEX, qui intègre le modèle de canopée urbaine TEB. Ces simulations seront réalisées en mode Offline, i.e. alimentées par des champs atmosphériques au sommet de la canopée (pression, précipitation, rayonnement solaire direct et diffus, rayonnement infrarouge, température, humidité spécifique, vitesse du vent). Il s'agira alors :

- (1) de construire les forçages à partir des prévisions AROME pour la plupart des champs atmosphérique et à partir des simulationsecRad décrites précédemment pour le rayonnement ;
- (2) de réaliser les trois simulations SURFEX (TEB) avec les trois jeux de forçage de rayonnement (pour les trois prescriptions d'aérosols dans ecRad) ;
- (3) d'évaluer les simulations de climat urbain avec les données disponibles sur les villes de Paris et Toulouse, et de comparer les simulations entre elles pour évaluer la sensibilité des résultats aux différents forçages.

Dans un troisième temps, selon l'avancement du stage, la modélisation couplée surface-atmosphère, avec les modèles MesoNH et SURFEX pourra être envisagée, afin de représenter explicitement les aérosols et leurs impacts sur le rayonnement.

Bibliographie

- Hogan, R. J., & Bozzo, A. (2018). A flexible and efficient radiation scheme for the ECMWF model. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, 10(8), 1990-2008.
- Houet, T. et G. Pigeon, 2011: Mapping urban climate zones and quantifying climate behaviors an application on toulouse urban area (france). *Environmental Pollution*, 159 (8), 2180 – 2192.
- Jandaghian, Z. et H. Akbari, 2020: Effects of increasing surface reflectivity on aerosol, radiation, and cloud interactions in the urban atmosphere. *Theoretical and Applied Climatology*, 139 (3-4), 873–892.
- Li, H., S. Sodoudi, J. Liu, et W. Tao, 2020: Temporal variation of urban aerosol pollution island and its relationship with urban heat island. *Atmospheric Research*, 104957.