

## Proposition de Sujet de thèse 2020

(1 page recto maximum)

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

**Titre** du sujet proposé : Mesure et modélisation à l'échelle régionale du carbone-suie dans l'atmosphère

**Nom et statut** (PR, DR, MCF, CR, ...) du (des) responsable(s) de thèse (préciser si HDR) :  
Cyrielle Denjean (CR, GMEI)  
Pierre Nabat (IT, GMGEC)

**Coordonnées** (téléphone et e-mail) du (des) responsable(s) de thèse :  
Cyrielle Denjean : 0561079650 / [cyrielle.denjean@meteo.fr](mailto:cyrielle.denjean@meteo.fr)  
Pierre Nabat : 0561079740 / [pierre.nabat@meteo.fr](mailto:pierre.nabat@meteo.fr)

### Résumé du sujet de la thèse

Les particules de carbone-suie, provenant notamment de la combustion du bois et du charbon, des feux de forêt et des moteurs à combustion, sont des agents climatiques de premier plan [IPCC, 2013]. En effet, ces particules de carbone-suie ont la particularité de pouvoir réchauffer l'atmosphère à travers leur capacité à absorber le rayonnement solaire [Denjean et al., 2019]. Déposées sur les surfaces enneigées, elles peuvent en accélérer la fonte. Le carbone-suie est également un composant important de la qualité de l'air en raison de l'impact sanitaire de ces particules fines. Les activités humaines sont les principales sources de carbone-suie dans l'atmosphère et sa durée de vie est estimée à quelques jours. C'est pourquoi la baisse des émissions de carbone-suie est une piste pertinente dans la lutte contre le changement climatique ainsi que pour établir des politiques de contrôle de la qualité de l'air.

Aujourd'hui, l'incertitude sur l'estimation de son forçage radiatif est d'environ 90 % [Bond et al., 2013], ce qui ne permet pas de quantifier avec précision ses impacts sur le climat présent et futur. Une des principales limitations à cette connaissance concerne l'interaction du carbone-suie avec la vapeur d'eau, autrement dit la connaissance de ses propriétés hygroscopiques. D'une part, les incertitudes concernent le dépôt humide, c'est-à-dire le lessivage du carbone-suie par les précipitations et sa dissolution dans les gouttelettes nuageuses, ce qui fait intervenir des processus dépendant des propriétés hygroscopiques de l'aérosol. Or, à ce jour, les modèles de climat sous-estiment d'environ un ordre de grandeur les concentrations en carbone-suie dans l'atmosphère, en particulier en moyenne et haute troposphère loin des sources d'émission immédiates, car les paramétrisations des propriétés hygroscopiques du carbone-suie y sont inadaptées [Schwarz et al., 2017]. D'autre part, l'adsorption de vapeur d'eau par le carbone-suie peut augmenter d'un facteur deux sa capacité d'absorption du rayonnement [Fierce et al., 2016], et ainsi fortement amplifier l'échauffement des couches atmosphériques ou neigeuses dans lesquelles se situent les aérosols. Cependant, cet effet n'est aujourd'hui pas représenté dans les modèles de climat en raison de l'absence de données d'observation de ce processus.

L'objectif de cette thèse est de mieux comprendre et modéliser l'évolution, le dépôt et l'impact du carbone-suie sur le climat. Un important dispositif de mesures dédié à la caractérisation des propriétés des aérosols sera installé dans le cadre de deux campagnes de mesures à la station de recherche du Pic du Midi, labellisée comme infrastructure de recherche ACTRIS Fr – SNO CLAP et site d'observation par l'Organisation Météorologique Mondiale (WMO/GAW). La campagne de mesures se déroulera en deux phases de trois semaines chacune pendant l'hiver 2020 et l'été 2021. Le déploiement d'un instrument

innovant et récemment développé par le laboratoire d'accueil permettra de mesurer pour la première fois les propriétés hygroscopiques du carbone-suie en troposphère libre sur un site adapté à ce type de mesures. Ces mesures seront complétées par des mesures des propriétés intrinsèques des aérosols, à savoir leur composition chimique, leur concentration, leur taille, leur forme et leurs propriétés optiques. Des collaborations avec le Laboratoire d'Aérodologie et le Laboratoire de Chimie Environnement sont prévus sur ce volet expérimental. Les mesures innovantes décrites ci-dessus renseigneront à la fois sur la capacité du carbone-suie à être déposé sur les surfaces enneigées par dépôt humide, mais aussi sur l'impact de la vapeur d'eau sur ses propriétés d'absorption. A partir de ces données, il s'agira de travailler sur les paramétrisations du carbone-suie actuellement utilisées dans le modèle de climat régional ALADIN-Climat [Nabat et al., 2015]. En particulier, on améliorera la représentation de son dépôt humide en introduisant les processus d'évolution chimique du carbone-suie, ainsi que l'effet de la vapeur d'eau sur sa capacité d'absorption du rayonnement. L'impact sur le climat régional du carbone-suie ainsi mieux représenté sera ensuite estimé à l'aide de simulations climatiques régionales conduites sur des périodes passées et futures.

Ce travail s'inscrit dans le cadre du programme de recherche national h-BC qui vise à mieux comprendre l'impact du carbone-suie sur le climat régional, et du programme international Med-CORDEX dont l'objectif est d'améliorer notre connaissance du système climatique de la région Méditerranéenne. Au-delà de cette thèse, ce travail constituera une première étape importante pour mieux évaluer l'impact du dépôt du carbone-suie et de la modification induite de ses propriétés sur l'enneigement dans les Pyrénées.

Nature du travail attendu et compétences souhaitées : Observation et modélisation numérique. Connaissances générales en physico-chimie de l'atmosphère et aérosols. Attrait pour l'instrumentation et la programmation (fortran90, python). Bonnes connaissances de l'anglais. Aptitude à travailler en équipe.

#### Références bibliographiques

- Bond et al.: Black carbon absorption at the global scale is affected by particle-scale diversity in composition. *Nature Commun.*, 7, 12361, doi:10.1038/ncomms12361., 2013.
- Denjean, C., Bourriane, T., Burnet, F., Mallet, M., Maury, N., Colomb, A., Dominutti, P., Brito, J., Dupuy, R., Sellegri, K., Schwarzenboeck, A., Flamant, C., and Knippertz, P.: Light absorption properties of aerosols over Southern West Africa, *Atmos. Chem. Phys. Discuss.*, <https://doi.org/10.5194/acp-2019-587>, in review, 2019.
- Fierce, L., Bond, T., Bauer, S. et al. Black carbon absorption at the global scale is affected by particle-scale diversity in composition. *Nature Commun* 7, 12361, doi:10.1038/ncomms12361, 2016.
- Nabat, P., Somot, S., Mallet, M., Michou, M., Sevault, F., Driouech, F., Meloni, D., di Sarra, A., Di Biagio, C., Formenti, P., Sicard, M., Léon, J.-F., and Bouin, M.-N.: Dust aerosol radiative effects during summer 2012 simulated with a coupled regional aerosol–atmosphere–ocean model over the Mediterranean, *Atmos. Chem. Phys.*, 15, 3303-3326, doi:10.5194/acp-15-3303-2015, 2015.
- Schwarz et al., Aircraft measurements of black carbon vertical profiles show upper tropospheric variability and stability, *Geophys. Res. Lett.*, 44, doi:10.1002/2016GL071241, 2017.