

Intitulé :

Etude de la variabilité des aérosols stratosphériques au-dessus de la Réunion en période de fond à partir des observations LiDAR et satellites.

Directeur de thèse :

Hassan BENCHERIF, Professeur des Universités, LACy UMR 8105, Université de La Réunion, hassan.bencherif@univ-reunion.fr

Encadrant :

Nelson BEGUE, Maître de Conférences, LACy UMR 8105, Université de La Réunion, nelson.begue@univ-reunion.fr

Contexte scientifique:

Bien que les aérosols jouent un rôle significatif sur le système climatique global, il demeure encore des incertitudes concernant leurs caractéristiques microphysiques et leurs concentrations, et tout particulièrement, au sein de l'UT-LS (Upper Troposphere and Lower Stratosphere) tropicale. L'injection de dioxyde de soufre (SO₂) gazeux directement dans l'UT-LS lors des éruptions volcaniques, majeures ou modérées, est susceptible de générer des quantités d'aérosols sulfatés pouvant y séjourner pendant plusieurs années (Vernier et al., 2011). Des études plus ou moins récentes à partir des observations avions et ballons, révèlent la présence de populations d'aérosols de composition plus ou moins réfractaire en quantités significatives dans la basse stratosphère à différentes latitudes et saisons, avec des proportions pouvant atteindre 20-60% du contenu total en aérosols. Il s'agirait principalement d'aérosols carbonés type suies (BC, pour Black Carbon) (Schwarz et al., 2006). La navigation aérienne commerciale et les feux de biomasse d'envergure, constituent les candidats les plus probables comme sources principales d'aérosols carbonés dans l'UT-LS. Les panaches de fumée issus de feux de biomasse contiennent majoritairement de fines particules organiques avec des concentrations variées de BC, émis lors de la phase la plus chaude de la combustion (en présence de flamme). La pyro-convection, combinée aux grands feux de biomasse, représente un mécanisme susceptible de contribuer au transport des aérosols carbonés dans l'UT-LS dans le cas d'événements bien identifiés (Fromm et al., 2006). Par ailleurs, les aérosols (e.g., volcaniques, feux de biomasse...) injectés dans l'atmosphère peuvent être transportés à des distances très éloignées de leur région d'émission (Bègue et al., 2017 ; 2020). ***Il reste à déterminer dans quelle mesure les émissions par les feux de biomasse sont particulièrement importantes aux latitudes tropicales en saison sèche, mais aussi les processus dynamiques de convection tropicale, de pyro-convection combinés à la circulation atmosphérique, pourraient expliquer les observations d'aérosols à contenu non sulfatés obtenues dans l'UT-LS et ceci à différentes échelles et en différents lieux et saisons.***

La position géographique de La Réunion dans les tropiques sud (21°S, 55° E) par rapport au continent africain (~ 2000 km) et à Madagascar (~700 km) en fait un site particulièrement exposé et prometteur pour une meilleure compréhension du contenu en aérosols dans l'UT-LS tropicale de l'hémisphère sud. Les mesures réalisées à la Réunion mettent également en évidence la présence d'aérosols dans l'UT-LS en période de fond (non influencées par une

éruption volcanique majeure). *La présence de ces aérosols de fond pose le problème de leur origine (pollution d'origine anthropique ou naturelle) et de leur variabilité spatio-temporelle. L'objectif principal de cette thèse est d'apporter des éléments de réponse à ces interrogations.*

Travaux et résultats envisagés:

L'étude proposée au travers de cette thèse se fera via l'exploitation des mesures réalisées à l'observatoire du Maïdo depuis 2013, date de mise en route des instruments. *Ce travail de thèse contribuera à la validation et l'exploitation des observations aérosols réalisées par le LiDAR Lio3-Stratosphère.* Le doctorant sera ainsi amené à prendre en main un code d'inversion lidar développé par l'UMS. *Par ailleurs, ce travail de thèse pourra se baser sur les observations réalisées dans le cadre du LIA ARSAIO, ainsi que celles prévues dans les projets PHC-Protea TransPact et l'ANR TAPERIBA.* Le doctorant sera également amené à manipuler des données satellites (e.g., CALIPSO, OMPS, SAGE III/ISS) afin de valider le traitement des données LiDAR et étudier la variabilité des aérosols. *La combinaison de ces observations au modèle lagrangien FLEXPART permettra de déterminer l'origine des masses d'air influençant la variation saisonnière des aérosols stratosphériques à la Réunion.* Le modèle lagrangien FLEXPART est un outil permettant la modélisation et l'analyse du transport atmosphérique tels que les échanges troposphère-stratosphère ou l'analyse des masses d'air par rétro-trajectoires (Stohl et al., 2005). *Afin de répondre à cet objectif, le modèle d'advection de vorticité potentielle MIMOSA (Modèle Isentropique de transport Méso-échelle de l'Ozone Stratosphérique par Advection, Hauchecorne et al., 2002) sera également utilisé.*

Les travaux réalisés dans le cadre de cette thèse permettront de:

- Constituer une base de données validée des propriétés optiques des aérosols dans la stratosphère.
- Etudier l'influence des feux saisonniers de l'Afrique australe sur la variabilité des aérosols stratosphériques.
- Dresser une cartographie des masses d'air influençant la variation saisonnière des aérosols stratosphériques en période de fond.

Les actions menées dans le cadre de cette thèse s'intègrent dans le programme de recherche de l'équipe STRATOSPHERE TROPICALE du LACy. La composition et le transport des espèces traces (e.g., aérosols, monoxyde de carbone) dans la basse stratosphère tropicale constituent des thèmes étudiés par l'équipe STRATOSPHERE. Le doctorant mènera ainsi ses activités de recherche au sein de cette équipe de recherche du LACy.

Références :

Bègue et al. (2020), Statistical analysis of the long-range transport of the 2015 Calbuco volcanic eruption from ground-based and space-borne observations, *Annales Geophysicae*, accepté pour publication le 30 janvier 2020.

Bègue et al (2017) : Long-range transport of stratospheric aerosols over Southern Hemisphere following the Calbuco eruption in April 2015. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 17, 15019-15036

Fromm et al. (2006), Violent pyro-convective storm devastates Australia's capital and pollutes the stratosphere, *Geophys. Res. Lett.*, 33, L05815, doi:10.1029/2005GL025161.

Hauchecorne et al. (2002): Quantification of the transport of chemical constituents from the polar vortex to midlatitudes in the lower stratosphere using the high-resolution advection model MIMOSA and effective diffusivity. *Journal of Geophysical Research* 107: doi: 10.1029/2001JD000491.

Schwarz et al. (2006), Single-particle measurements of midlatitude black carbon and light-scattering aerosols from the boundary layer to the lower stratosphere, *J. Geophys. Res.*, 111, doi:10.1029/2006JD007076.

Vernier J.-P., et al. (2011), Major influence of tropical volcanic eruptions on the stratospheric aerosol layer during the last decade *Geophys. Res. Lett.*, 37, doi:10.1029/2010GL044307