

SUJET DE STAGE DE MASTER 2 Année universitaire 2024-2025

Responsable du stage : Irène Xueref-Remy, Physicienne CNAP (IMBE, Technopole de l'Arbois, Aix-en-Provence ; et Observatoire de Haute Provence, Saint-Michel l'Observatoire)

Collaborateurs : Philippe Goloub, Ioana Popovici (LOA, Lille), Sergey Khaykin (LATMOS)

Contact : irene.xueref-remy@imbe.fr (envoyer CV + lettre de motivation).

Lieu du stage : Aix-Marseille Université, laboratoire IMBE (Institut Méditerranéen de Biodiversité et d'Ecologie marine et continentale), Technopole de l'Arbois, Aix-en-Provence

Durée : 6 mois, démarrage au premier semestre 2025.

Sujet : Valorisation des mesures lidars aérosols du Site Instrumenté OHP-GEO (Observatoire de Haute Provence) et d'autres sites français du réseau national PHOTONS et de l'Infrastructure de Recherche ACTRIS-Fr, comparaison aux observations spatiales et estimation de la qualité des paramètres optiques des aérosols issus des logiciels de traitement automatiques du Pôle de données national AERIS/ICARE.

Les aérosols atmosphériques jouent un rôle encore incertain sur le climat et la qualité de l'air. En particulier, les propriétés optiques des aérosols et leur évolution au cours de leur vie dans l'atmosphère (du fait de leur interaction avec la vapeur d'eau, avec d'autres gaz ou avec d'autres aérosols...) restent encore mal connues. Ces propriétés dépendent du type de sources des aérosols (volcaniques, pyrogéniques, désertiques...) et des conditions environnementales, et peuvent être étudiées au moyen de mesures atmosphériques, notamment par télédétection depuis le sol mais également depuis l'espace. Améliorer la connaissance des propriétés optiques des aérosols est notamment aujourd'hui un enjeu majeur pour mieux quantifier leur rôle sur le bilan radiatif terrestre dans le contexte du réchauffement climatique.

Le Site Instrumenté OHP-GEO, localisé sur le site de l'Observatoire de Haute Provence, est l'un des sites français du CNRS/INSU les mieux équipés pour la surveillance des aérosols atmosphériques à travers des mesures de télédétection et des mesures in-situ. Ce site est impliqué dans plusieurs programmes de calibration/validation spatiales, notamment les jeux de données du lidar aérosols CALIOP de la mission CALIPSO.

Les instruments de télédétection du SI OHP-GEO sont : (1) le LIDAR « GAIA » (CIMEL CE376) pour la détection de panaches d'aérosols au-dessus du site jusqu'à la tropopause, intégré dans l'Infrastructure de Recherche ACTRIS-Fr et dans le Service National d'Observation PHOTONS-AERONET/EARLINET, (2) le LIDAR LTA NDACC-Fr (haute troposphère et moyenne stratosphère, et (3) deux photomètres (un solaire et un lunaire) pour la mesure de l'épaisseur optique atmosphérique (Aerosol Optical Depth, AOD) dans le cadre de PHOTONS-AERONET. Les jeux de données issus de ces instruments permettent au SI OHP-GEO de délivrer aux utilisateurs ACTRIS-FR des mesures de profils d'aérosols de 200 m sol à 35 km d'altitude et sur la colonne atmosphérique (intégrée).

Le SI OHP-GEO héberge également une station météorologique du Service National d'Observation ICOS-France et une station de mesures des particules de l'agence régionale de surveillance de la qualité de l'air ATMOSUD, qui fournit en continu les valeurs en PM10 et PM2.5 sur le site à 4 m au-dessus du sol. Ces mesures viennent en complément des mesures télédéteectées pour mieux comprendre la variabilité et les sources des aérosols observés.

Depuis janvier 2019, les données du LIDAR CIMEL du SI OHP-GEO sont envoyées vers la **base de données AERIS/ICARE** pour y être traitées, les jeux de données produits étant mis à disposition des utilisateurs de la communauté ACTRIS. Les données de signaux rétrodiffusés par les aérosols issues des chaînes de traitement AERIS/ICARE reposent sur des hypothèses instrumentales, qui ont besoin d'être vérifiées et optimisées. Les deux LIDARS aérosols du SI OHP-GEO (PHOTONS GAIA, NDACC LTA) et les mesures photométriques d'AOD collectées sur le site permettent de vérifier la cohérence entre les signaux issues des deux Lidars et d'optimiser le traitement de données au moyen de la synergie instrumentale avec les photomètres. D'autres lidars similaires existent sur le territoire dans le cadre de l'IR ACTRIS-Fr et du réseau d'observation PHOTONS, et peuvent être exploités pour suivre l'évolution des panaches d'aérosols sur le territoire national.

Les précédents travaux effectués sur les jeux de données du Lidar GAIA ont permis de mettre en évidence que :

- 1/ Les données récentes du LIDAR GAIA ont pu être exploitées à partir de ses deux voies parallèle et perpendiculaire pour des études des propriétés optiques de panaches d'aérosols pyrogéniques (feux californiens de septembre 2020 : stage de M2 de P. De Ruynault St-George 2024 et article De Ruynault et al, in prep) et celles de panaches d'aérosols volcaniques (ETNA, fév 2021 : article Sellitto et al, 2023). L'étude des propriétés des aérosols désertiques (apportés sur le site régulièrement par le transport atmosphérique depuis le Sahara) est encore à réaliser.
- 2/ Les outils automatiques de traitement des données nationales mis en place dans le cadre du Pôle de données AERIS/ICARE doivent être encore évalués, perfectionnés et validés, par intercomparaison entre les produits sortis de ces chaînes automatiques et les produits obtenus par les logiciels de traitement mis en place au laboratoire (similaires aux logiciels AERIS/ICARE mais non automatisés et dont les résultats sont vérifiés au cas par cas par l'analyste pour s'assurer de leur cohérence scientifique).

Les travaux précédents ont pu être réalisés au moyen des logiciels CHECK et BASIC-Evolution développés au LOA, et implémentés dans AERIS/ICARE et à l'IMBE. Lors de ce stage, l'étudiant(e) sera formé à ces logiciels, et poursuivra les efforts fait au cours des trois dernières années pour renforcer la comparaison entre les Lidars GAIA et LTA de l'OHP sur un plus grand nombre de cas (notamment des cas de panaches d'aérosols désertiques observés au-dessus du site et éventuellement d'autres sites français) et améliorer les chaînes de traitement de GAIA dans AERIS/ICARE. L'étudiant(e) réalisera entre autre le calcul du rapport de dépolarisation linéaire des aérosols et une comparaison aux observations spatiales disponibles.

Ce stage de M2 sera encadré par I. Xueref-Remy à l'IMBE (Aix-en-Provence) en collaboration proche avec P. Goloub (LOA) et I. Popovici (LOA/CIMEL), Sergey Khaykin (LATMOS), et l'équipe informatique du Pôle de données AERIS/ICARE. Il sera utile pour améliorer les chaînes de traitement du pôle AERIS/ICARE pour les jeux de données du lidar GAIA, et valoriser scientifiquement les jeux de données de télédétection d'aérosols du SI OHP-GEO via la synergie entre le LIDAR GAIA, le Lidar LTA, les photomètres du SI OHP-GEO, les mesures in-situ d'ATMOSUD et les observations spatiales disponibles.

Références :

- Ruynault-de-Saint-George (2024) Analyse de mesures lidars pour caractériser les propriétés optiques de panaches d'aérosols pyrogéniques dans la troposphère à l'Observatoire de Haute Provence, Stage de Master 2, financement ANR COoL-AMmetropolis, sous la direction de I. Xueref-Remy en collaboration avec le LATMOS et le LOA, Aix-Marseille Université / IMBE.
- Ruynault-de-Saint-George, P., Xueref-Remy, I., Popovici, I., Khaykin, S., Goloub, P., Carré, B. and Blanc, P.E. (in prep), Optical properties of pyrogenic aerosols inferred from ground-based Lidar at the Observatoire de Haute Provence, and comparison to CALIOP lidar spatial measurements, in prep. for Remote Sensing journal
- P. Sellitto, G. Salerno, S. Corradini, I. Xueref-Remy, A. Riandet, C. Bellon, S. Khaykin, G. Ancellet, S. Lolli, E. J. Welton, A. Boselli, A. Sannino, J. Cuesta, H. Guermazi, M. Eremenko, L. Merucci, D. Stelitano, L. Guerrieri, and B. Legras (2023) Volcanic Emissions, Plume Dispersion and Downwind Radiative Impacts following Mount Etna Series of Eruptions of 21-26 February 2021, JGR Atm.
- Goutard, A., Calcul de la constante instrumentale du LIDAR GAIA du SI OHP-GEO et analyse de panaches d'aérosols pyrogéniques (2022), stage de M2 MOCIS Sorbonne Univ. encadré par I. Xueref-Remy et A. Riandet, OSU Institut Pytheas/IMBE, financé par l'AO ACTRIS-FR 2022
- Bellon, C., Etude d'aérosols atmosphériques par télédétection à l'OHP (2021), stage de M2 FRS INPG encadré par I. Xueref-Remy et A. Riandet, OSU Institut Pytheas/IMBE, soutenu par l'AO ACTRIS-FR 2021
- Khaykin, S.M., S. Godin-Beekmann A. Hauchecorne J. Pelon F. Ravetta P. Keckhut (2018), Geophys. Res. Let. 45 (3), 1639-1646, 2018, doi : 10.1002/2017GL076763
- Rey, Z., Calibration du lidar CIMEL de l'OHP et comparaison avec le lidar LTA, en synergie avec les photomètres. Cas d'étude du 01/09/2017 et du 01/07/2019, Rapport AO ACTRIS-FR 2019, sous la Direction de I. Xueref-Remy, S. Khaykin et F. Ravetta, LATMOS, Juillet 2019.