

M2 SOAC : Fiche de stage de recherche en laboratoire

Laboratoire : CNRM UMR-3589

Titre du stage : **Observation d'eau surfondue au sein des nuages pyroconvectifs avec EarthCARE**

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

RICAUD Philippe (DR CNRS), Laaziz El Amraoui (DR DD), Cyrielle Denjean (DR DD)

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

06 75 93 23 18 & philippe.ricaud@meteo.fr

05.61.07.97.67 & laaziz.elamraoui@meteo.fr

05.61.07.96.50 & cyrielle.denjean@meteo.fr

Sujet du stage :

Les nuages jouent un rôle central dans l'évolution du climat terrestre, leur impact radiatif dépend fortement de la phase de l'eau — liquide versus solide. Au-dessus de l'Antarctique, les nuages d'eau surfondue (Supercooled Liquid Water (SLW), en anglais), qui persistent à des températures inférieures à 0 °C, restent difficiles à observer et sont souvent mal représentés dans les modèles climatiques et les modèles de prévision numérique (Ricaud et al., 2024 ; Ricaud, 2026).

La mission EarthCARE (Earth Clouds, Aerosols and Radiation Explorer) est un satellite d'observation de l'atmosphère terrestre faisant partie du programme Living Planet de l'ESA et développé en coopération avec l'agence spatiale japonaise JAXA. EarthCARE est constitué de quatre instruments : 1) un lidar atmosphérique à haute résolution spectrale (ATLID - ATmospheric LIDar) opérant à 355 nm qui fournit un profil vertical des aérosols et des nuages peu épais ; 2) un radar (CPR - Cloud Profiling Radar) opérant à 94 GHz qui produit un profil vertical des dimensions des nuages ; 3) un spectromètre imageur (MSI - Multi-Spectral Imager) à 7 canaux ; et 4) un radiomètre à large bande (BBR - Broad-Band Radiometer) qui effectue des mesures de la radiance et des flux au sommet de la couche atmosphérique. EarthCARE permet par conséquent l'observation conjointe des nuages et des aérosols.

Grâce au satellite EarthCARE et à l'utilisation synergétique de trois de ses instruments (ATLID, CPR et MSI) il a été possible pour la première fois 1) de quantifier la quantité d'eau surfondue au-dessus de l'Antarctique et de l'Océan Austral durant l'été austral décembre 2025-janvier 2026 et 2) de relier la quantité d'eau surfondue à la température au sein des nuages entre 0°C et -40°C.

Un pyrocumulonimbus (PyroCb) est une convection extrêmement intense déclenchée ou renforcée par un incendie. La colonne chaude entraîne rapidement de l'air humide, des gouttelettes et les aérosols de combustion vers la haute troposphère. Dans sa partie ascendante et mixte, une quantité importante d'eau peut rester liquide alors que la température est déjà négative, c'est donc de l'eau surfondue. EarthCARE apporte une information clé que les satellites classiques peinent à fournir : la structure verticale simultanée des aérosols et des hydrométéores. Par conséquent, la question que nous nous posons est : lorsque le satellite EarthCARE traverse un pyroCb suffisamment près de sa phase convective active, peut-on simultanément observer la SLW, la glace et les aérosols et relier leur distribution verticale à la température ?

L'objectif du stage vise par conséquent à explorer la possibilité de présence d'eau surfondue au sein des nuages pyroconvectifs en utilisant les observations du satellite EarthCARE et en se focalisant sur des zones géographiques où les feux 1) sont climatologiquement très intenses (Canada, Sibérie et Australie) et 2) ont été exceptionnellement intenses comme dans le Sud-Ouest de l'Europe. On utilisera préférentiellement des observations synergétiques de plusieurs instruments actifs et passifs pour étudier à la fois l'eau dans ses différentes phases, la température au sein des nuages et les différents types d'aérosols. L'idée maîtresse est, outre l'observation de SLW dans les PyroCb, de relier l'eau surfondue à la température, à la glace et aux aérosols au sein des nuages.

La personne retenue utilisera les moyens et outils informatiques du CNRM. Elle pourra interagir avec les différents membres de l'équipe ayant une compétence dans les observations spatiales et/ou les observations aéroportées de feux ainsi qu'avec des chercheurs français et étrangers impliqués dans les campagnes d'observations de feux européens de type EUBURN.

Références

- Ricaud, P., Del Guasta, M., Lupi, A., Roehrig, R., Bazile, E., Durand, P., Attié, J.-L., Nicosia, A., and Grigioni, P.: Supercooled liquid water clouds observed over Dome C, Antarctica : temperature sensitivity and cloud radiative forcing, *Atmos. Chem. Phys.*, 24, 613–630, <https://doi.org/10.5194/acp-24-613-2024>, 2024.
- Ricaud, P. (2026) ERA5 deficit in supercooled liquid water cloud radiative forcing at Dome C, Antarctica. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 152(774), e70025. <https://doi.org/10.1002/qj.70025>