

M2 SOAC : Fiche de stage de recherche en laboratoire

Laboratoire : CNRM UMR-3589

Titre du stage : Synergie radars nuage et mesures in situ pour l'étude expérimentale de la formation de la bruine dans les brouillards de la campagne SOFOG3D

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

Frédéric Burnet, chercheur Météo-France, frederic.burnet@meteo.fr, 05 61 07 93 27

Théophile Costablos, IR Météo-France, theophile.costablos@meteo.fr 05 61 07 97 44

Sujet du stage :

Les brouillards sont des phénomènes météorologiques complexes dont le cycle de vie dépend d'interactions non-linéaires entre processus dynamiques, radiatifs et microphysiques, et sont donc très difficiles à prévoir. Or les brouillards ont un très fort impact sociétal en perturbant fortement les transports aériens, routiers ou maritimes ainsi que la production d'énergie solaire.

Le projet SOFOG3D (SOUth west FOGs 3D experiment for processes study, <https://sofog3d.aeris-data.fr/>) visait à améliorer notre compréhension des processus qui pilotent le brouillard. Une campagne internationale s'est déroulée l'hiver 2019-2020 dans le sud-ouest de la France, avec un réseau de mesures 3D sans précédent, combinant instruments de télédétection innovants (radars nuage, radiomètres micro-ondes et lidars Doppler), mesures in situ sous ballon captif, et observations de stations de surface. En particulier deux radars nuage 95 GHz BASTA, un fixe et un scannant, ont permis de fournir pour la première fois dans le brouillard des champs 3D de réflectivités et des vitesses Doppler des gouttes d'eau. D'autre part un FM-120 et un MPS au sol ont permis de mesurer l'évolution des propriétés microphysiques (concentration et distribution dimensionnelle, contenu en eau liquide, etc...) des gouttelettes de 2 à 50 μm et des gouttes de 25 μm à 1.5 mm, respectivement. Enfin un capteur CDP a été opéré sous un ballon captif afin de caractériser les propriétés microphysiques des gouttelettes 2 à 50 μm dans la couche de brouillard.

L'objectif de ce stage est d'analyser ces données afin d'étudier la formation de la bruine. Les radars permettent de documenter les structures des champs de réflectivités à partir des cartes PPI (tour complet à élévation constante) et plans RHI (angle d'élévation variant de 0 à 90° à azimuth constant). Il s'agit de combiner ces mesures de télédétection avec les mesures in situ qui fournissent l'évolution de la distribution dimensionnelle des gouttes au cours cycle de vie des brouillards. On se focalisera en particulier sur les 3 épisodes de brouillard bien développé des POI-6, 11 et 14 ([Dione et al. 2023](#), [Costablos et al. 2025](#), [Mazoyer et al. 2026](#)) ainsi que sur l'épisode d'affaissement de stratus des 28-30 décembre 2019 (Fathalli et al. 2026 en review).

On analysera dans un premier temps les données du FM-120 afin de documenter l'évolution des gouttelettes au sol au cours des différentes phases du cycle de vie du brouillard (formation en conditions stables, transition de brouillard fin à optiquement épais, brouillard mature quasi-adiabatique et dissipation). En effet les mesures in situ du CDP sous le ballon captif ont montré lors de sondages verticaux la formation progressive d'un second mode de grosses gouttelettes > 20 μm en phase mature (Costablos et al., 2025). Ces grosses gouttelettes sont favorables au déclenchement du processus de collision-coalescence qui permet la formation de la bruine (gouttes entre ~50 μm et 500 μm). Il s'agit donc de comparer les mesures du FM-120 au sol avec celles du CDP, en particulier lors des paliers à différents niveaux d'altitude. Puis on s'intéressera aux mesures du disdromètre MPS afin d'identifier les périodes de bruine au sol et d'analyser leur cohérence temporelle avec les spectres de gouttelettes.

On identifiera ensuite à partir des données radar les zones de fortes réflectivités liées à la présence de grosses gouttes indiquant la présence de bruine. On s'appuiera pour cela sur la méthodologie développée récemment au cours du stage de M2 de S. Ralantoniaina pour reconstituer l'évolution spatio-temporelle des champs de réflectivités et de vitesse Doppler. Cette analyse a mis en évidence sur la POI-14, via le score de Jaccard, des structures de fortes réflectivité transportées par l'advection. Il s'agit d'approfondir cette étude et de l'étendre aux autres POI.

On cherchera ainsi, en comparant les structures de fortes réflectivité radar et les distributions dimensionnelles in situ, à mieux comprendre la formation de la bruine lorsque la couche de brouillard est bien développée.