

Le projet CALVUS : Un capteur miniaturisé pour la mesure in-situ des aérosols



Cyrielle Denjean, Antoine Hubans, Dimitri Bouzerand : CNRM/GMEI/AERONEF

Jean-Michel Etcheberry, Frédéric Burnet : CNRM/GMEI/MICROPHYS

Julie Capo, Olivier Garrouste : CNRM/GMEI/4M

Ludovic Bernède, Guillaume Gamelin, Mickaël Lagavardan, Olivier Traullé : DSO/DOA/IED

Bilatérale DSO/DESR, Toulouse le 02/04/2026

1-Genèse du projet

2-Présentation du système de mesure

3-Pilotage du projet

4-Avancement des actions

5-La campagne de validation scientifique & technique

6-Enjeux du projet

Comptage des Aérosols Volcaniques par mesUre in-Situ

15 - 20 avril 2010 : éruption de l'Éyjaföll, trafic aérien paralysé, 1.2 milliards d'euros de pertes.

RETEX : Un manque d'observation permettant de caractériser la dispersion du panache qui a engendré une fermeture trop restrictive de l'espace aérien.

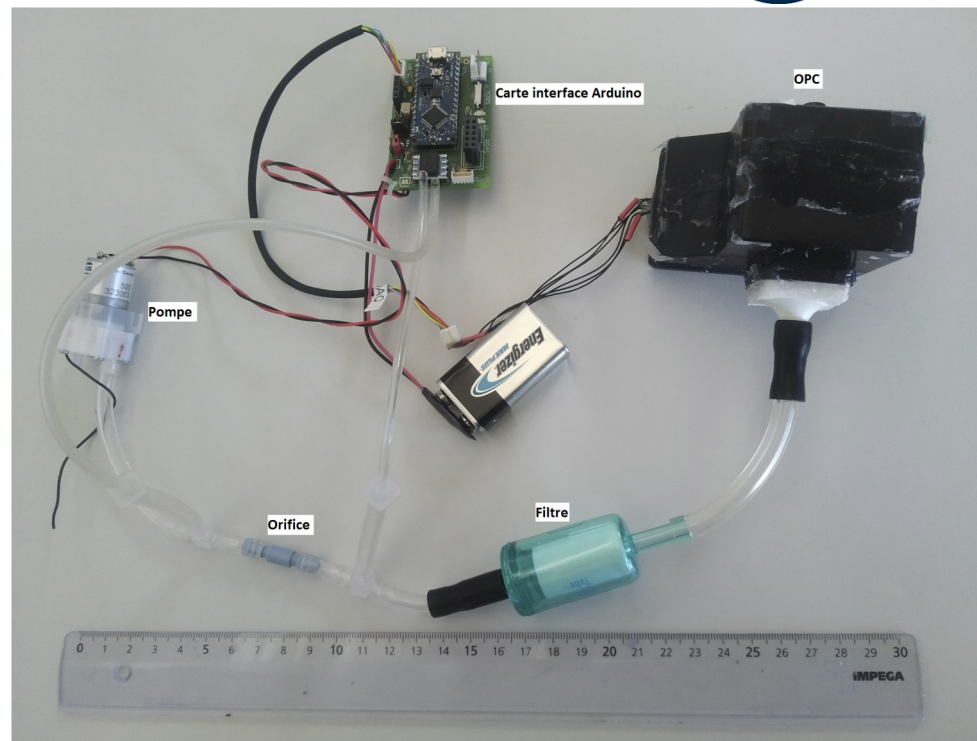
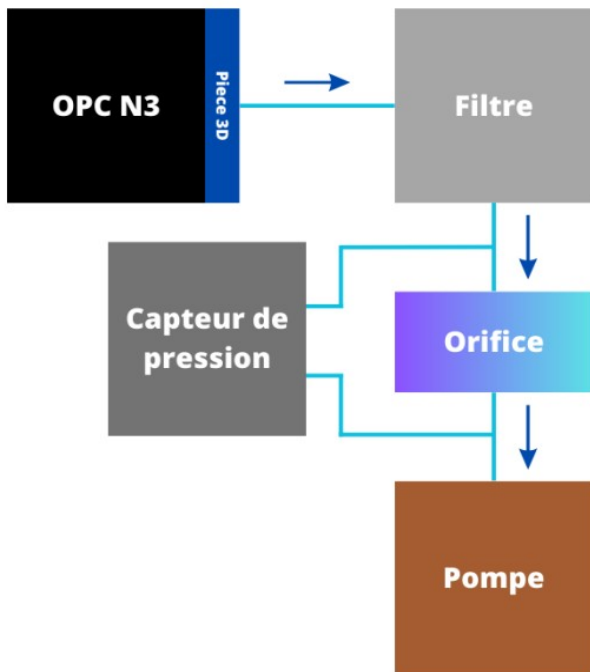
Actions MF :

1. Déploiement d'un réseau de 6 lidars aérosols pour la détection et la caractérisation des panaches de cendre.
2. Développement de techniques in-situ pour l'analyse des concentrations de cendres.

Objectif : Support à la mission du VAAC de Toulouse



Présentation du système de mesure



- Utilisation d'une carte microcontrôleur Arduino permettant la régulation en débit du système et le traitement des données de l'OPC.
- Transmission des données via une radiosonde M20.

Collaboration DSO/CNRM pour le développement du prototype de mesure qui va répondre au besoin initial (suivi des cendres volcaniques) et à des besoins de recherche (Mesure miniaturisée et légère des aérosols).

- Premiers essais de compteurs optiques en 2016
- Stages co-encadrés DSO/CNRM 2023-2024
- Nouvelle équipe-projet début 2025, reprise des développements
- Suivi régulier via une [fiche interface](#) « Mesure embarquée de la concentration en aérosols volcaniques »

Actions DOA/IED

- Développements matériel et logiciel
- Travail sur les vecteurs de vol
- Tenue à jour de la documentation et calendrier projet
- Articulation avec les autres moyens d'observation des aérosols

Actions GMEI : AERONEF, MICROPHYS & 4M

- Suivi des développements matériel et logiciel
- Mise à disposition des moyens expérimentaux pour la validation scientifique
- Formation et expertise sur les techniques de mesure des aérosols

Avancement des actions

- ✓ Réalisation de prototypes supplémentaire → 2025
- ✓ Ajustement de la régulation de la pompe → 2025
- ✓ Mise en place d'une documentation technique → 2025

- Développement de la chaîne logicielle de traitement au sol → 2026
- Campagne de validation scientifique et technique → 2026
- Consolidation et fiabilisation du système → 2026/2027

- ✳ Choix du vecteur d'emport → 2027
- ✳ Intégration dans le dispositif d'observation en situation de crise volcanique → 2027/2028

4 étapes en faisant varier les conditions de test afin d'évaluer la robustesse et la fiabilité du prototype

1. Tests en laboratoire + veine de prélèvement à la météopole → **S1 2026, en cours**
2. Essais en conditions d'altitude au site P2OA du Pic-du-Midi → **Fin Juin / début juillet 2026**
3. Essais sur moyens mobiles en vol → **Automne 2026**
4. Essais en conditions de très haute altitude en enceinte régulée au CNES → **En projet**



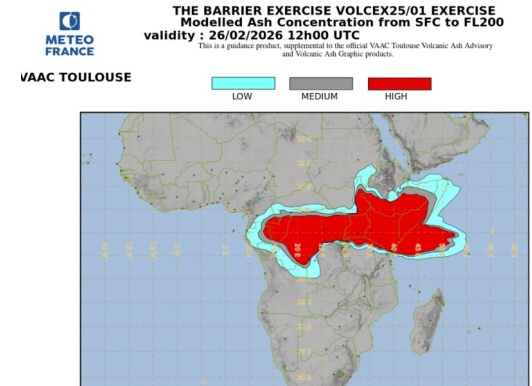
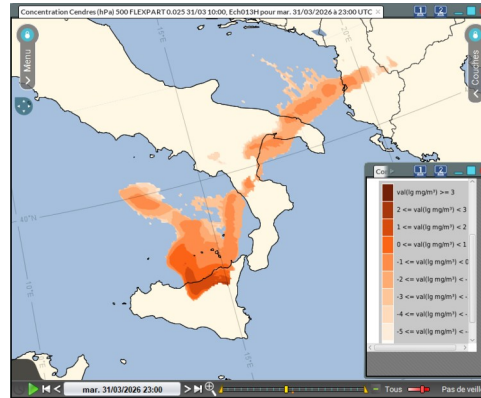
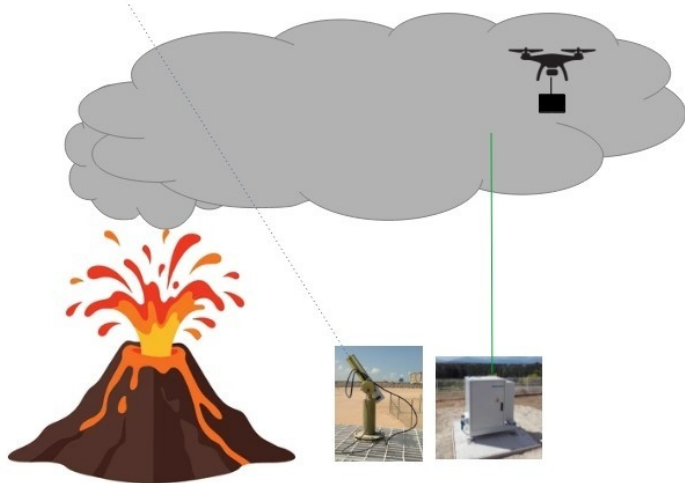
Enjeux techniques

- Concevoir un système capable de résister à des conditions turbulentes
- Peu d'information sur les aérosols volcaniques, comment « valider » la mesure du prototype ?
- Étude de vecteur de vol alternatif au ballon (ex : drone)

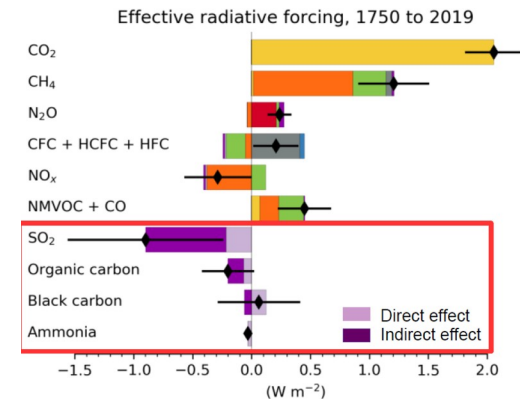
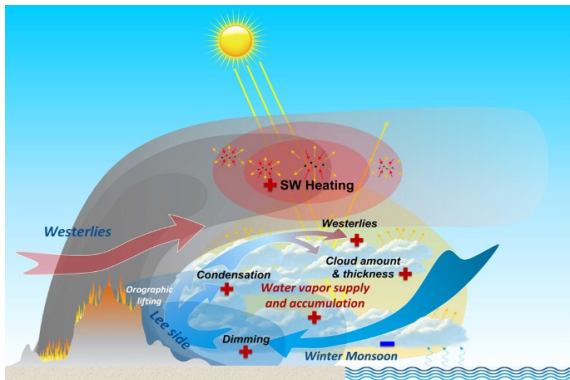


Enjeux opérationnels

- Intégrer le système CALVUS dans le dispositif instrumental actuel
- Comment la mesure in-situ peut améliorer la réponse du VAAC ? Meilleure simulation de la dispersion du panache ? Meilleur suivi ?



- **Caractérisation des aérosols au-delà des aérosols volcaniques (poussières minérales, sels marins, panache de feux,...)**
- **Instrument miniaturisé pour la recherche : besoin de la communauté nationale de se doter d'un instrument sur plateforme légère (ballon, drone,...)**



La poursuite d'une collaboration forte GMEI/DOA-IED permettra de répondre à ces enjeux techniques, opérationnels et scientifiques.

Merci de votre attention !

Des questions ?

