

VOLDORAD (Volcano Doppler Radars and Disdrometers)

Une plateforme instrumentale unique pour le suivi des panaches volcaniques

Franck Donnadieu^{1,2}, Valentin Freret-Lorgeril^{1,2}, Claude Hervier¹, Frédéric Peyrin¹, Thierry Latchimy¹, Patrick Fréville¹, Yannick Guéhenneux¹, Philippe Cacault¹

¹ Observatoire de Physique du Globe de Clermont-Ferrand (OPGC UAR833) ; ² Lab. Magmas et Volcans, Université Clermont Auvergne – CNRS – IRD

Plateforme d'instruments mobiles

4 RADARS DOPPLER alimentés par groupe électrogène :

- 1 radar 95 GHz scannant (VOLDORAD-3 modèle miniBASTA, FM-CW $\lambda \approx 3.2$ mm, bande W) pour imager les panaches de cendres volcaniques et hydrométéores (nuages) à haute résolution spatio-temporelle (0.25-6 s; modes 12.5-25-100m, faisceau 0.8°); distance <20 km, Doppler ≤ 10 m/s, sensib. ≤ -30 dBZ à 1km ; 35kg, 83x54x53cm + trépied motorisé.
- 3 radars pulsés $\lambda \approx 23$ cm (UHF bande L, VOLDORAD-1, 2, 2b) adaptés au suivi des gros ejectas en base de colonne éruptive : visée fixe, haute résolution temporelle (<0.1 s), spectres Doppler jusqu'aux vitesses très élevées ($V_D \leq 600$ m/s), résolution spatiale 60-225 m, 9°



<https://opgc.uca.fr/volcanologie/voldorad>

Données radar L1 : réflectivité, vitesse Doppler, spectres

Produits L2 [selon dispo] : Géométrie (hauteur, épaisseur du panache/jet), charge massive du panache (distribution spatio-temporelle des concentrations de cendres relatives/absolues, et vitesses internes), dynamique en base de colonne (vitesse des ejectas, débit massique ou proxy selon calibration modèle, masse totale de téphras), flux de gaz



7 DISDROMETRES optique modifiés (acquisition, autonomie, transmission des données par routeur 4G) pour la mesure des chutes de cendres :

- 5 LPM (Laser Precipitation Monitor, Thies Clima) : détection des particules individuelles ($0,125 \leq D \leq 8$ mm; $V_T \leq 10^+$ m/s)
- 1 Parsivel² : acquisition 5 s ($0.25 \leq D \leq 25$ mm, $V_T \leq 20$ m/s)
- 1 ASHER (prototype Ash collector and Sizer développé dans le cadre d'EUROVOLC) : $0.9 \leq D \leq 4$ mm, $V_T \leq 6^+$ m/s

Données disdromètre L1 : taille, nombre, vitesse de chute des particules

Produits L2 :

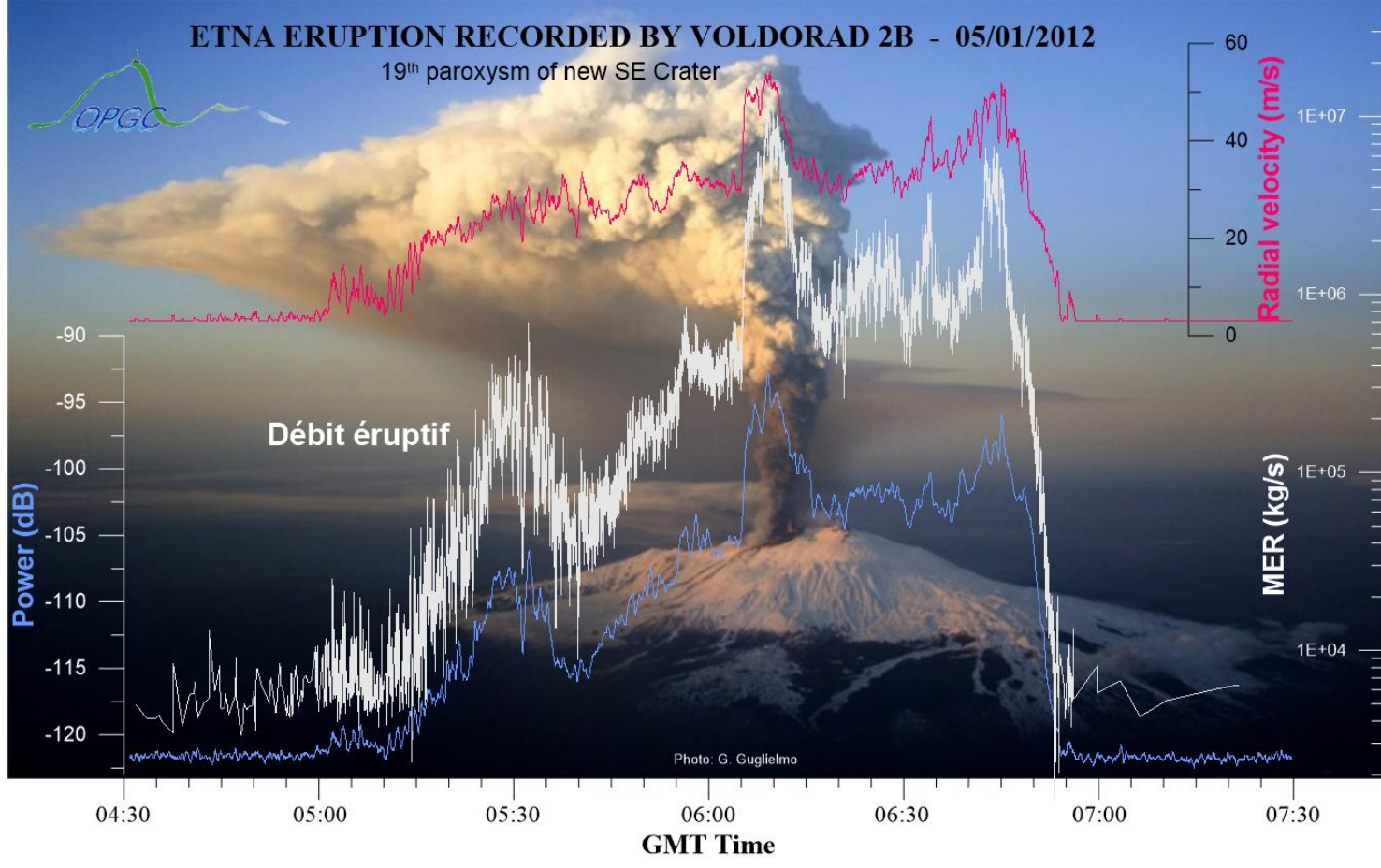
- charge : taux de sédimentation et d'accumulation au sol ($\text{kg/m}^2/\text{s}$)
- comparatifs dépôts : distribution granulométrique, médiane, classement
- comparatifs radar : concentration vs réflectivité des retombées
- typologie des retombées : particule, agrégat, hydrométéore, margin faller

Volcans analogues

- Enrichir notre expérience sur les savoir et savoir-faire
- Acquérir des observations sur le long-terme
- Développer des méthodologies et nouveaux observables
- Fiabiliser les instruments, protocoles, mesures (réseau de capteurs, synergie)
- Diffuser les données à la communauté
- Améliorer le monitoring (transitions de régime éruptif, seuils d'alerte), améliorer les modèles prévisionnistes

→ Exercer nos pratiques sur volcan actif pour mieux anticiper les crises affectant le territoire français
→ Séries temporelles d'observables éruptifs ouvertes à la communauté

Etna : mesures radar des panaches



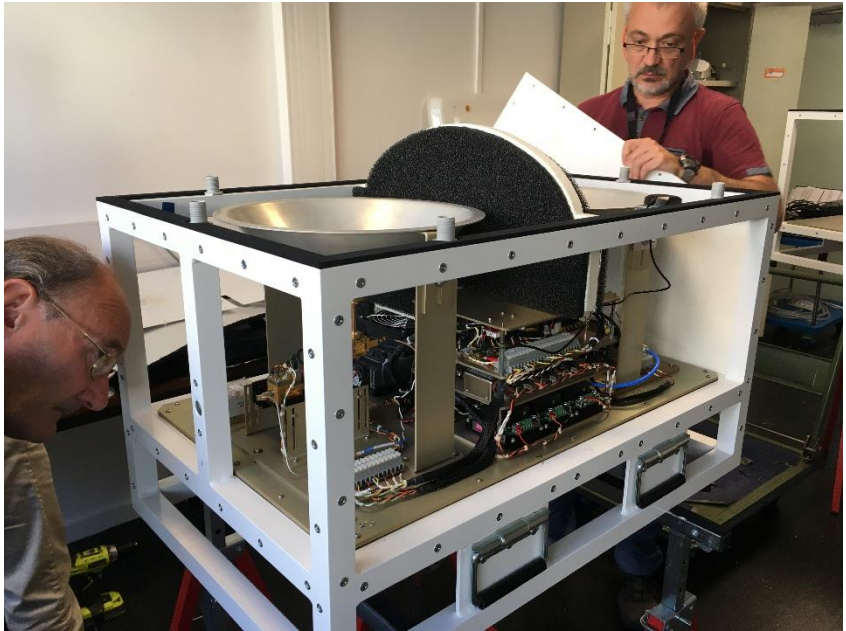
Réseau de disdromètres – mesure des chutes de cendres



- Implémentation d'un réseau collaboratif permanent de disdromètres dans le secteur SE du volcan sous le vent [financements Clervolc I-SITE CAP2025, SNOV INSU-CNRS, LMV-UCA ; collab. INGV-OE]
- Etudier les processus de sédimentation, contraindre la physique du transport et des retombées de téphras
- Renseigner sur les variations des paramètres éruptifs (e.g. flux massique) à partir du suivi des retombées ; améliorer l'alerte précoce et les modèles de retombées

Données : Centre de Données OPGC : <http://opgc.fr/data-center/>
EPOS <https://www.epos-eu.org/dataportal>

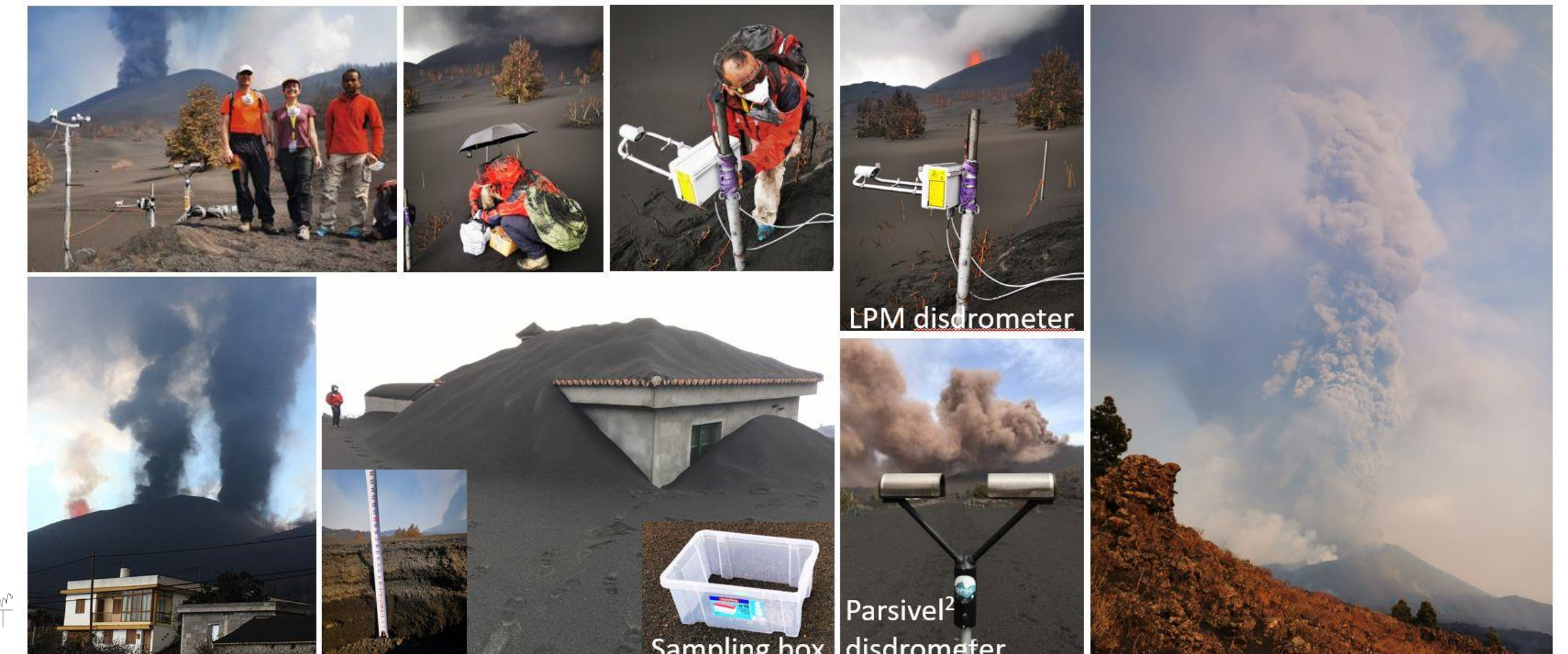
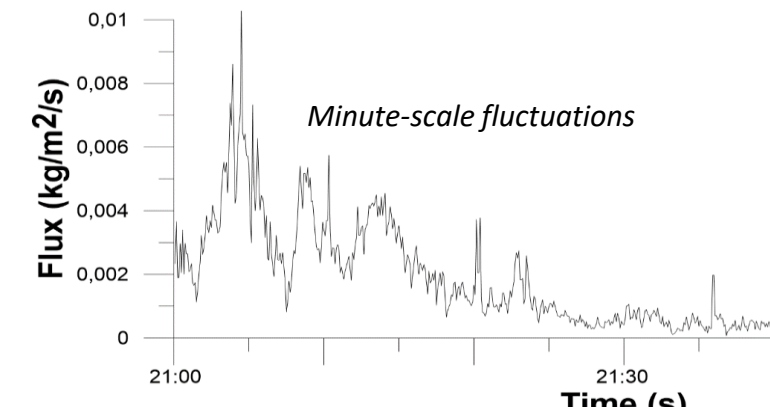
Développements instrumentaux



Déploiement opérationnel en contexte de crise

Eruption du Tajogaite 2021 (île de La Palma)

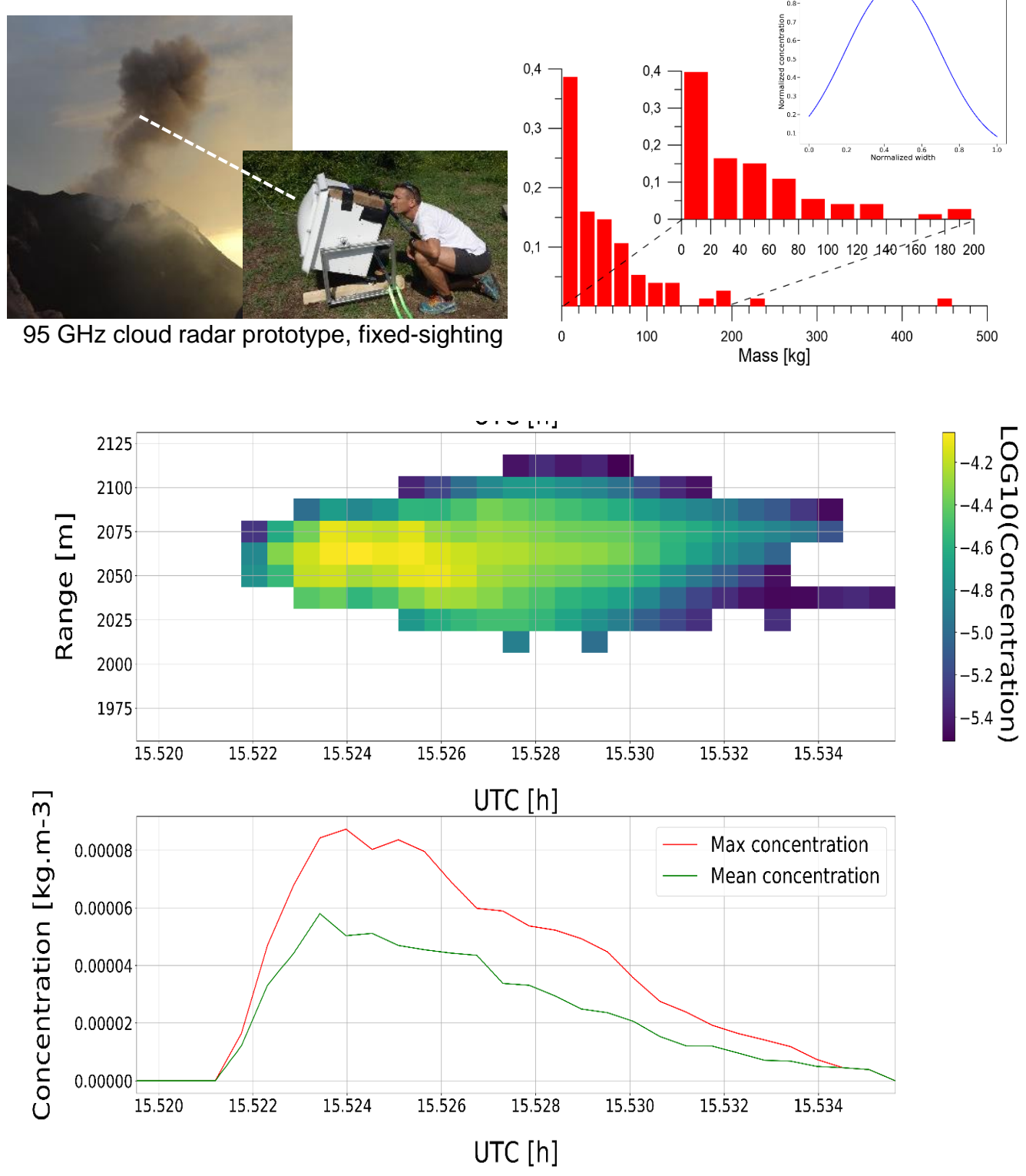
- Déploiement 2 disdromètres (Parsivel2 et LPM, 0,9-1,2 km de l'évent) – 8 jrs
- Rapport au Conseil Scientifique
- Interactions acteurs institutionnels, scientifiques, population



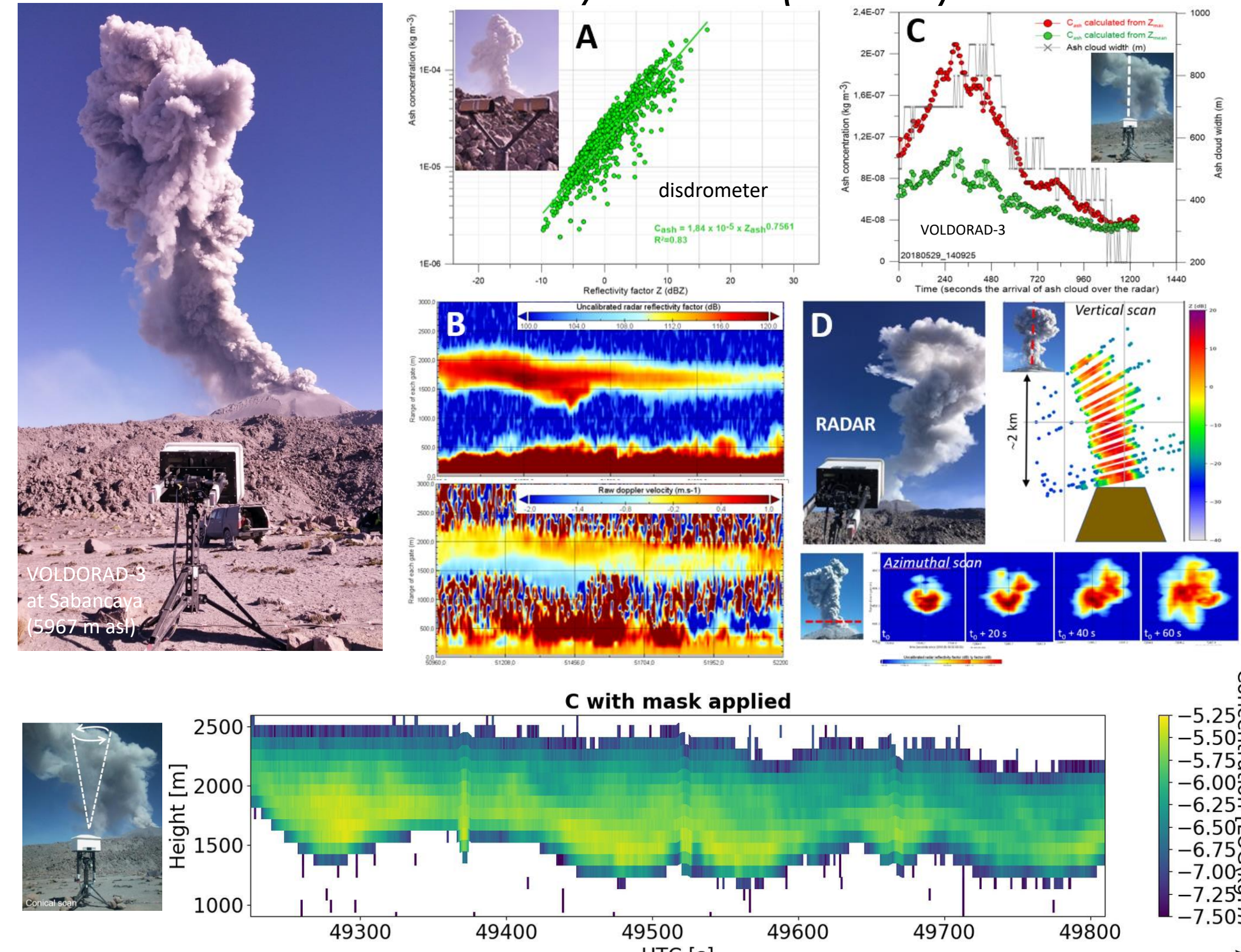
Mutualisation entre domaines thématiques (Terre Solide – Océan Atmosphère)

15 campagnes volcanologiques

Stromboli 2015

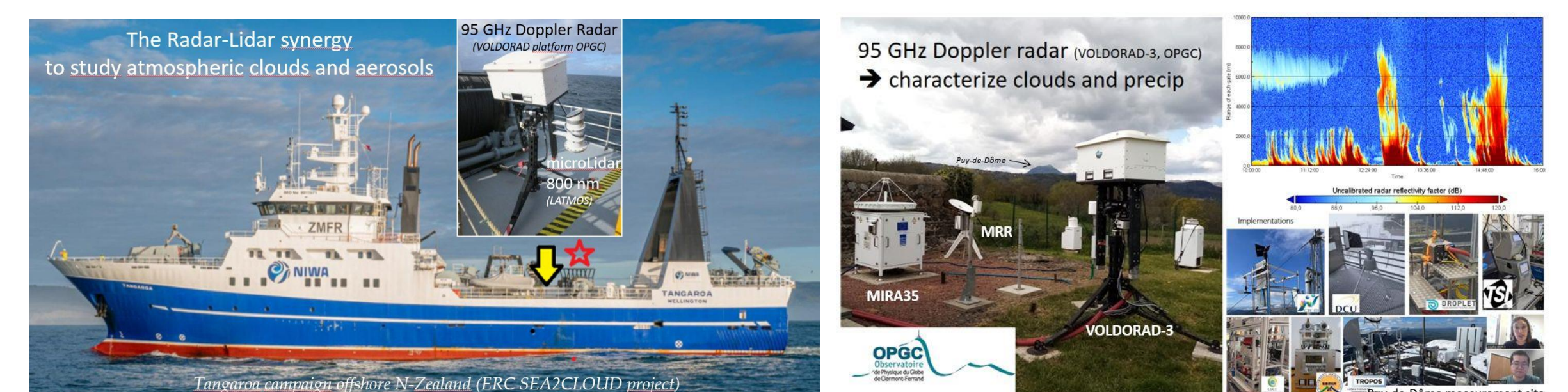


Sabancaya 2018 (Pérou)



4 campagnes atmosphériques internationales depuis 2018

- NAWDIK 2025-26 → Dynamique atmosphérique aux moyennes latitudes (North Atlantic Waveguide, Dry Intrusion, and Downstream Impact Campaign <https://www.nawdic.kit.edu/> ; ANR DICHOTOMI ; collab. internationales dont LATMOS, OPGC)
- EU ATMO-ACCESS RACLET 2024 → Composition et réactivité de la matière organique en conditions nuageuses (Site Instrumenté National CO-Pd)
- SEA2CLOUD 2020 → des flux d'émissions biogènes aux propriétés des nuages dans le Pacifique Sud-Ouest (navire océanographique Tangaroa, N-Z; ERC K Sellegri LaMP ; <https://sea2cloud.data-terra.org/>)
- HyMeX EXAEDRE 2018, Corse → Électricité atmosphérique pour la recherche et l'environnement (collab. LA, CRNM, ONERA, CIELE, Météorage, [IS]2, LaMP, OPGC, LATMOS, SAFIRE ; <https://mistrals.sedoo.fr/HyMeX/>)



References

Donnadieu F., Hantrayes A., Gélibert C., Freret-Lorgeril V., Delanoë J., Soriaux C., Latchimy T., Peyrin F., Vinson J.P., Caudoux C., Hervier C., 2025. The ash load of Strombolian volcanic plumes. IAVCEI 2025 and in prep
Donnadieu F., Freret-Lorgeril V., Delanoë J., et al., 2016. Multifrequency radar imaging of ash plumes: an experiment at Stromboli. EGU Vienna
Donnadieu F., Fréville P., Hervier C., Coltellì M., Scollo S., Prestifilippo M., Valade S., Rivet S., Cacault P., 2016. Near-source Doppler radar monitoring of tephra plumes at Etna. J. Volcanol. Geotherm. Res. 312:26-39.
Freret-Lorgeril V., Donnadieu F., Scollo S., Provost A., Fréville P., Guéhenneux Y., Hervier C., Prestifilippo M., Coltellì M., 2018. Mass eruption rates of tephra plumes during the 2011–2015 lava fountain paroxysms at Mt. Etna from Doppler radar retrievals. Front. Earth Sci. 6:73.
Freret-Lorgeril V., Bonadonna C., Rossi E. et al. New insights into real-time detection of tephra grainsize, settling velocity and sedimentation rate. Sci Rep 12, 4650 (2022).
Freret-Lorgeril V., Gilchrist J., Donnadieu F., et al., 2020. Ash sedimentation by fingering and sediment thermals from wind-advected volcanic plumes. EPSL 534, 116072.