

Structures actives et état thermique du Piton de la Fournaise révélés par mesures magnétiques et IR aéroportées

Lydie Gailler, Philippe Labazuy, Edouard Régis, Aline Peltier, Valérie Ferrazini

▶ **To cite this version:**

Lydie Gailler, Philippe Labazuy, Edouard Régis, Aline Peltier, Valérie Ferrazini. Structures actives et état thermique du Piton de la Fournaise révélés par mesures magnétiques et IR aéroportées. Journées Drones & Capteurs embarqués 2021, Drones & Cap', Sep 2021, Saint-Pierre-d'Oléron, France. hal-03630733

HAL Id: hal-03630733
https://hal.science/hal-03630733

Submitted on 5 Apr 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Structures actives et état thermique du Piton de la Fournaise révélés par mesures magnétiques et IR aéroportées



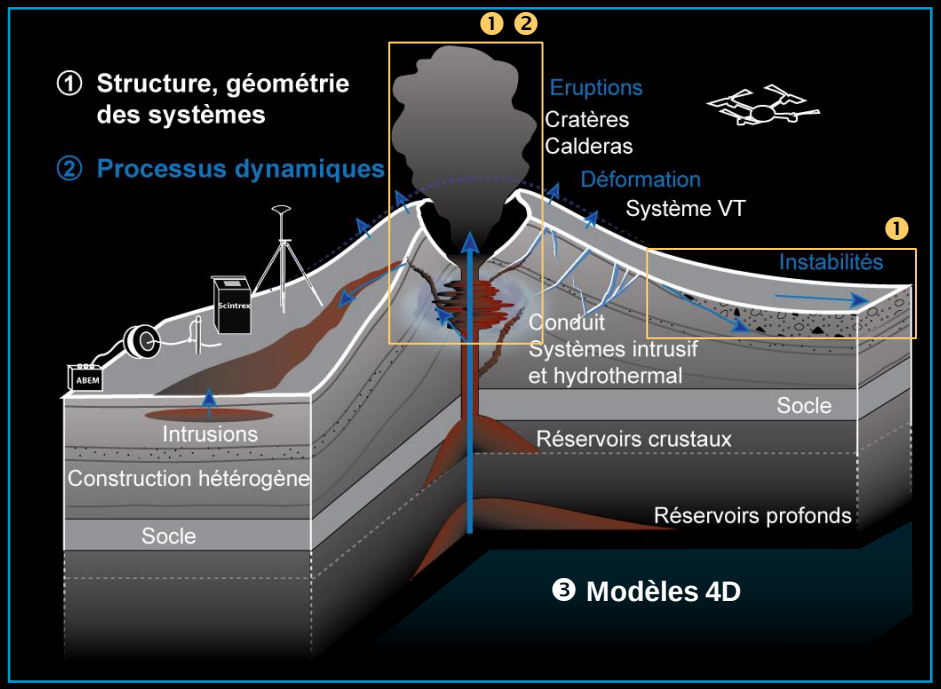
Manifestations de surface

Dynamique profonde

Hétérogénéités mécaniques

Lydie Gailler, Philippe Labazuy, Edouard Régis, Aline Peltier, Valérie Ferrazini

Imager les systèmes magmatiques: une nécessité et un challenge



❶ **Imager les instabilités** des systèmes volcaniques

⇨ **Fracturation, plans de faiblesse**

❷ **Quantifier les processus physiques** liés à l'activité volcanique

⇨ **Zones de stockage, transferts, altération**

❸ **Schéma 4D** (fonctionnement-évolution)

⇨ **3D + composante temporelle par réitérations**

⇨ **Imagerie des anomalies thermiques, marqueurs de la dynamique volcanique et des processus -**

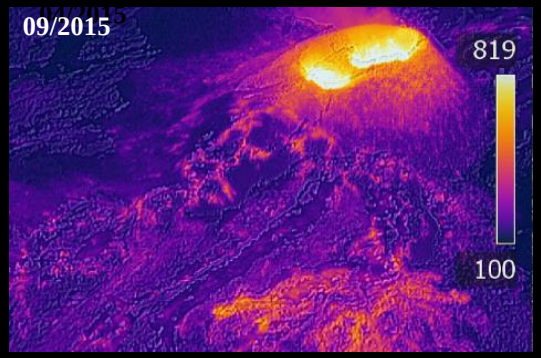
Dynamique volcanique et paramètres éruptifs

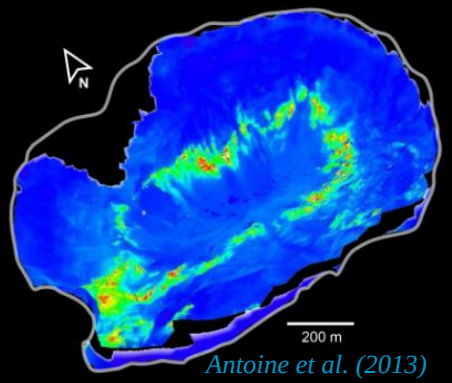
⇨ Détection des structures actives : imagerie & évolution

❶ IR thermique

- Flux de chaleur, anomalies thermiques -

⇨ Cartes T°C 3D en surface





Antoine et al. (2013)



Dynamique volcanique et paramètres éruptifs

⇨ Détection des structures actives : imagerie & évolution

❶ IR thermique

- Flux de chaleur, anomalies thermiques -

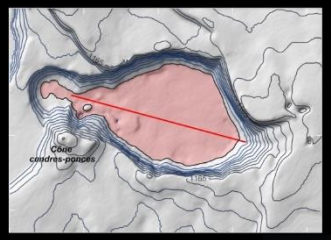
⇨ Cartes T°C 3D en surface

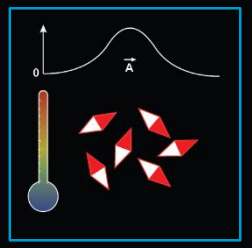
❷ Magnétisme

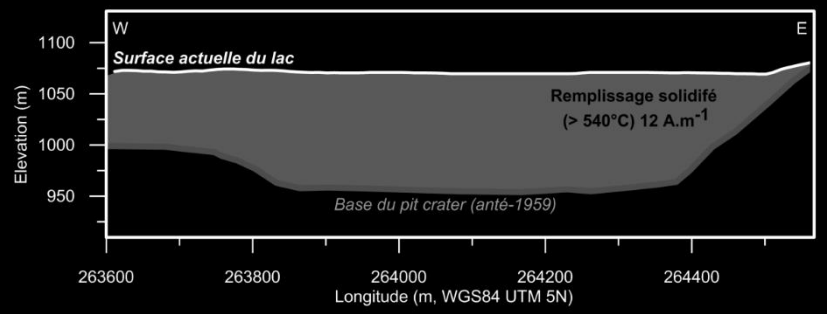
- Structures d'âges et de natures différentes -
- Influence de la T°C sur l'aimantation -

⇨ Aimantion nulle ou négative
> T°C Curie (~580 °C)









Cratère du Kilauea Iki *(Gailler et Kauahikaua., 2017)*

Dynamique volcanique et paramètres éruptifs

⇨ Détection des structures actives : imagerie & évolution

❶ IR thermique

- Flux de chaleur, anomalies thermiques -

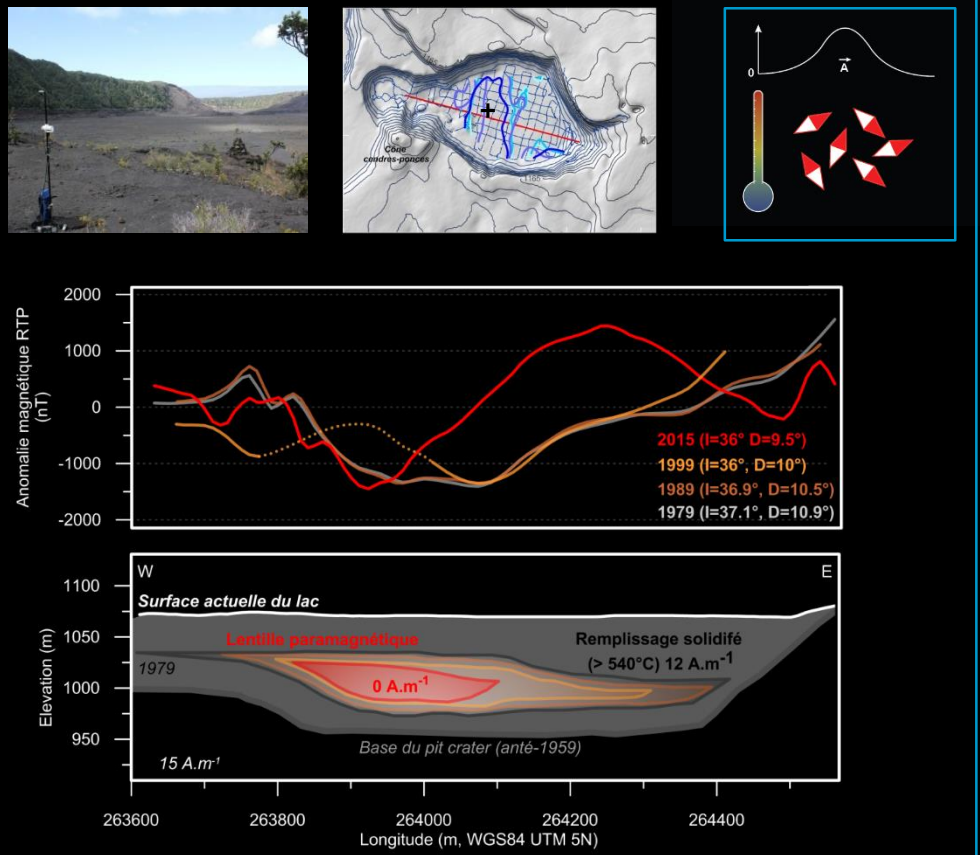
⇨ Cartes T°C 3D en surface

❷ Magnétisme

- Structures d'âges et de natures différentes -
- Influence de la T°C sur l'aimantation -

⇨ Anomalies en profondeur

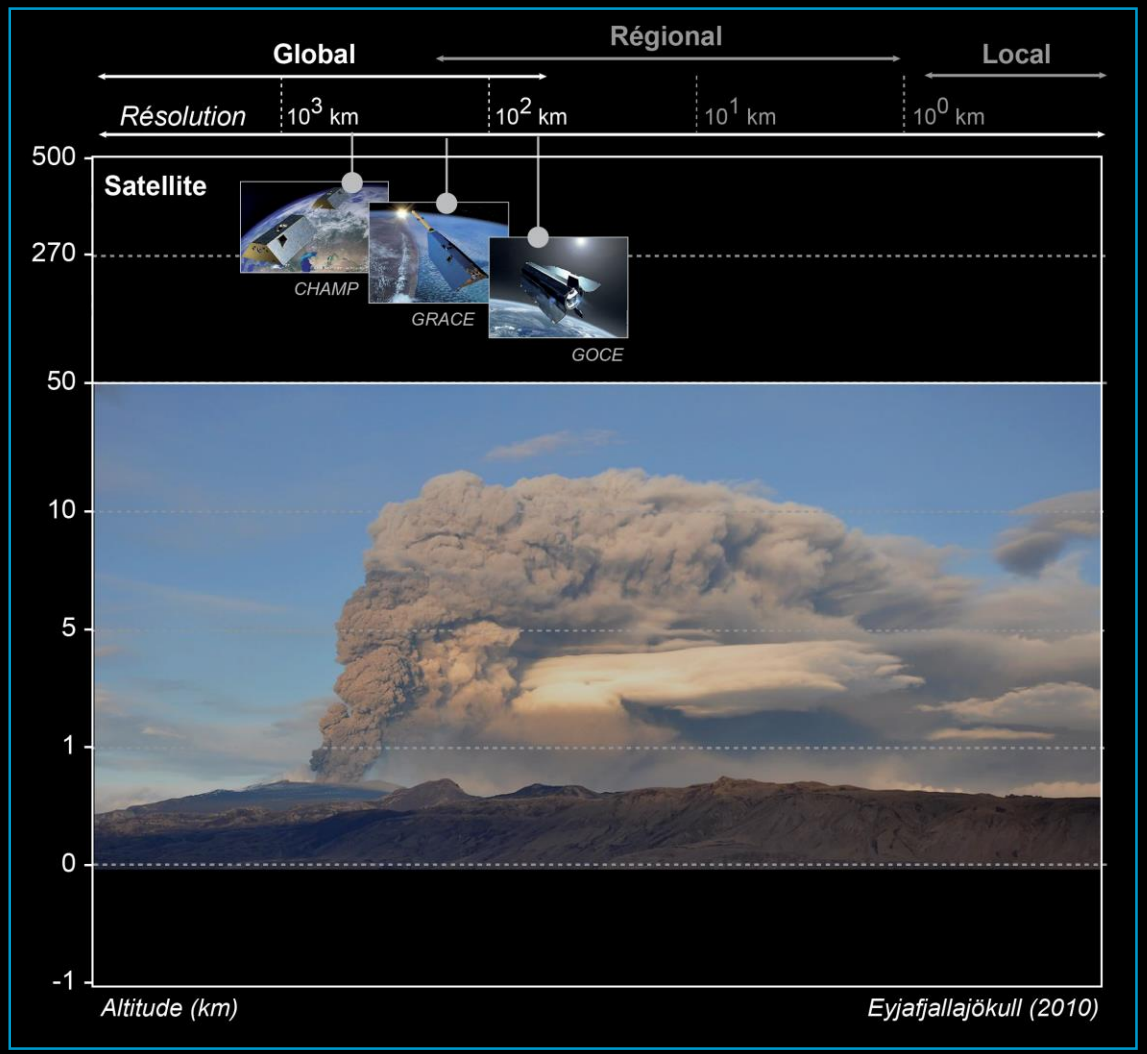
⇨ Corrélation T°C versus A
⇨ Mesures rapides pour l'imagerie des structures volcaniques

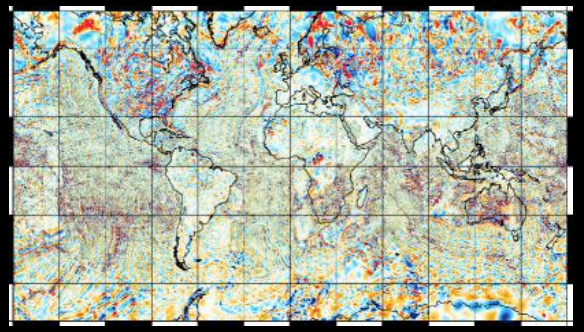


Cratère du Kilauea Iki *(Gailler et Kauahikaua., 2017)*

Capteurs géophysiques, drones et volcans

✓ Problématiques versus échelles spatio-temporelles de mesures

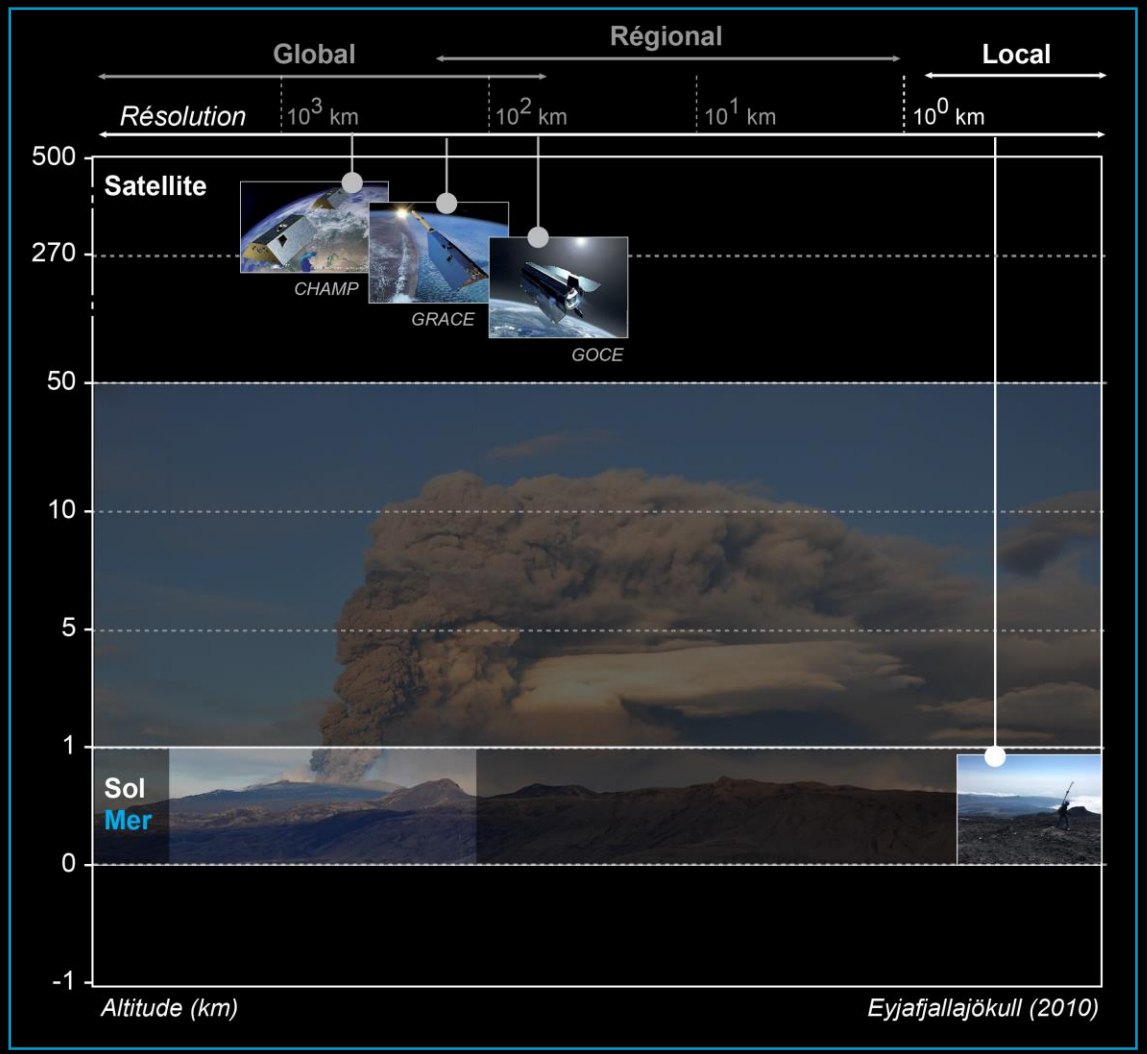


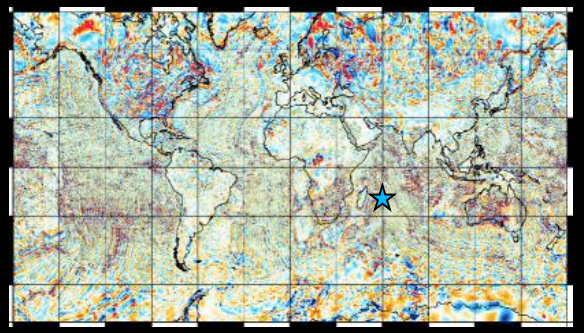


World Digital Anomaly Map (WDMAM)

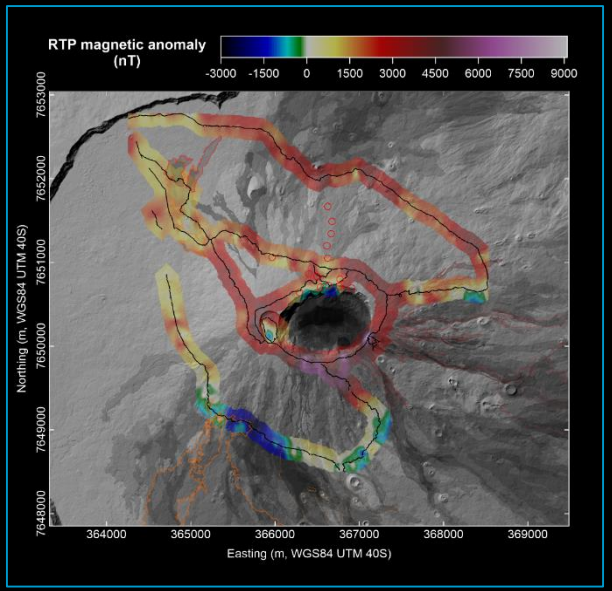
Capteurs géophysiques, drones et volcans

✓ Problématiques versus échelles spatio-temporelles de mesures



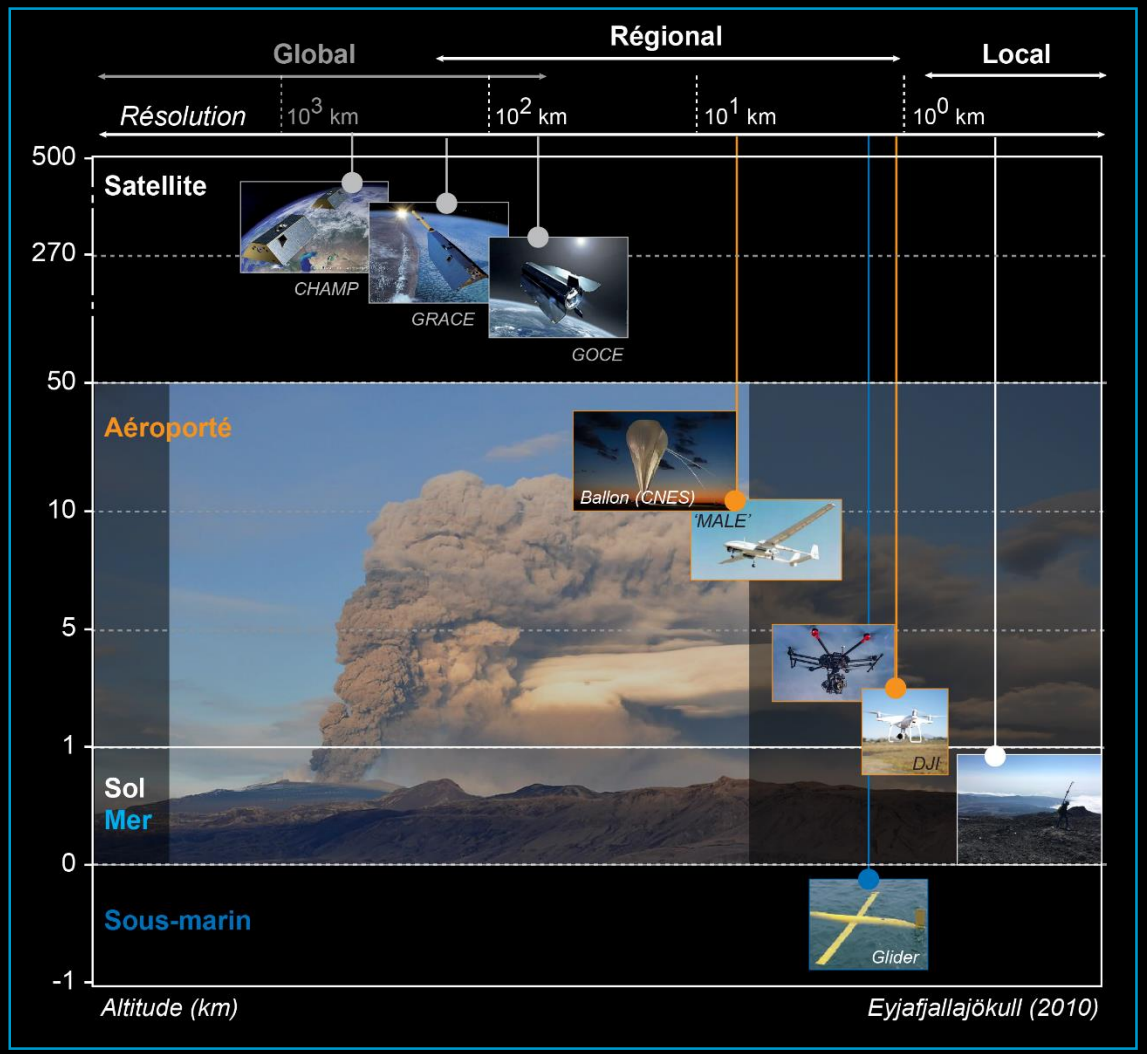


World Digital Anomaly Map (WDMAM)



Capteurs géophysiques, drones et volcans

✓ Problématiques versus échelles spatio-temporelles de mesures



⇨ Apport d'une composante aéroportée souple

+ Sécurisés
+ Rapides
+ Homogènes

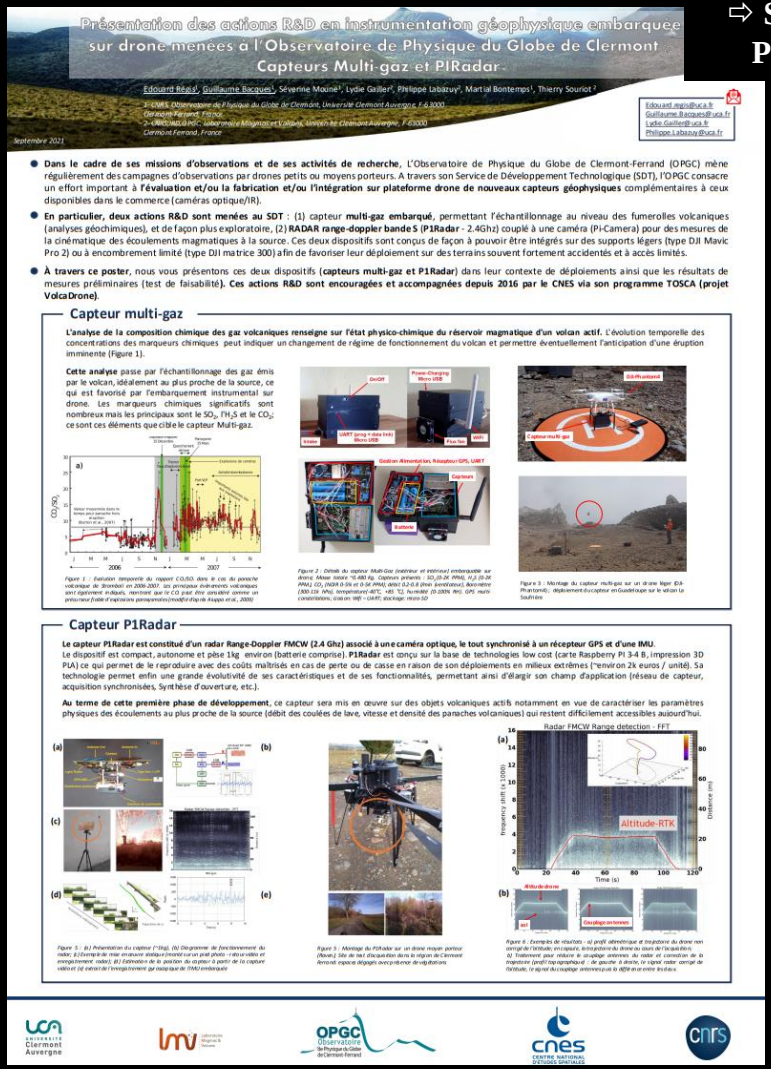
Mesures magnétiques par drone:

- Paramètre aimantation -
- Température -

⇨ Haute résolution spatiale et temporelle

Capteurs géophysiques, drones et volcans

✓ Développement, implémentation et acquisitions géophysiques par drone


Présentation des actions R&D en instrumentation géophysique embarquée sur drone menées à l'Observatoire de Physique du Globe de Clermont Capteurs Multi-gaz et PIRadar

Édouard Régal, Guillaume Bacques, Séverine Moune, Lydie Gailler, Philippe Labazuy, Martial Bontemps, Thierry Souriot

Septembre 2021

- **Dans le cadre de ses missions d'observations et de ses activités de recherche**, L'Observatoire de Physique du Globe de Clermont-Ferrand (OPGC) mène régulièrement des campagnes d'observations par drones petits ou moyens porteurs. À travers son Service de Développement Technologique (SDT), l'OPGC consacre un effort important à **l'évaluation et/ou la fabrication et/ou l'intégration sur plateforme drone de nouveaux capteurs géophysiques** complémentaires à ceux disponibles dans le commerce (caméras optique/IR).
- **En particulier, deux actions R&D sont menées au SDT** : (1) capteur **multi-gaz embarqué**, permettant l'échantillonnage au niveau des fumerolles volcaniques (analyses géochimiques), et de façon plus exploratoire, (2) **RADAR range-doppler bande S (P1Radar** - 2.4Ghz) couplé à une caméra (PI-Camera) pour des mesures de la cinématique des écoulements magmatiques à la source. Ces deux dispositifs sont conçus de façon à pouvoir être intégrés sur des supports légers (type DJI Mavic Pro 2) ou à encombrement limité (type DJI matrice 300) afin de favoriser leur déploiement sur des terrains souvent fortement accidentés et à accès limités.
- **À travers ce poster**, nous vous présentons ces deux dispositifs (**capteurs multi-gaz et P1Radar**) dans leur contexte de déploiements ainsi que les résultats de mesures préliminaires (test de faisabilité). **Ces actions R&D sont encouragées et accompagnées depuis 2016 par le CNES via son programme TOSCA (projet VolcaDrone).**

Capteur multi-gaz

L'analyse de la composition chimique des gaz volcaniques renseigne sur l'état physico-chimique du réservoir magmatique d'un volcan actif. L'évolution temporelle des concentrations des marqueurs chimiques peut indiquer un changement de régime de fonctionnement du volcan et permettre éventuellement l'anticipation d'une éruption imminente (Figure 1).

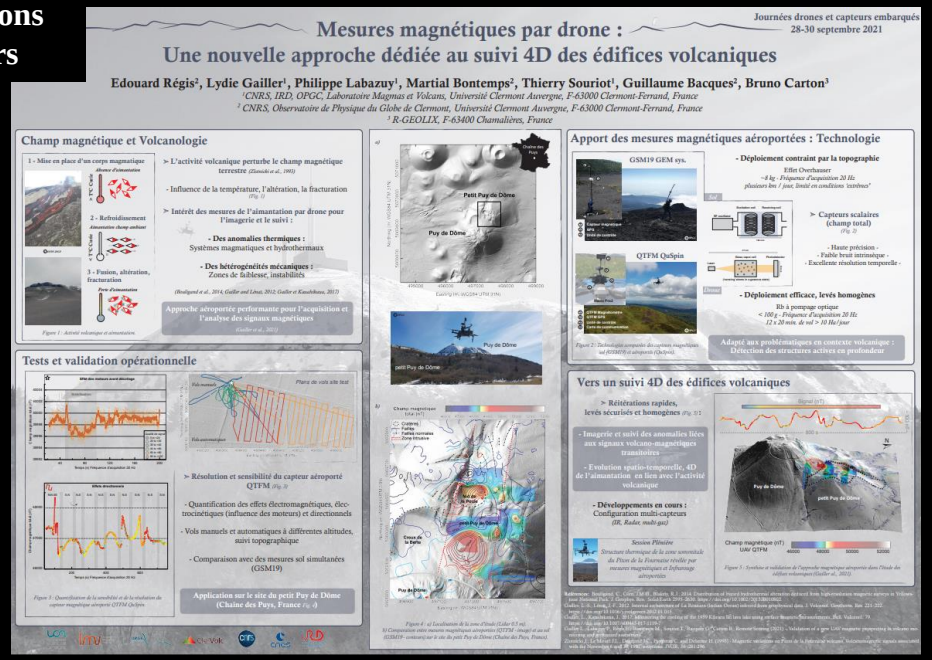
Cette analyse passe par l'échantillonnage des gaz émis par le volcan, idéalement au plus proche de la source, ce qui est favorisé par l'embarquement instrumental sur drone. Les marqueurs chimiques significatifs sont nombreux mais les principaux sont le SO_2, l'H_2S et le CO_2 : ce sont ces éléments que cible le capteur Multi-gaz.

Capteur P1Radar

Le capteur P1Radar est constitué d'un radar Range-Doppler FMCW (2.4 Ghz) associé à une caméra optique, le tout synchronisé à un récepteur GPS et d'une IMU. Le dispositif est compact, autonome et pèse 1kg environ (batterie comprise). **P1Radar** est conçu sur la base de technologies low cost (carte Raspberry PI 3-4 B, impression 3D PLA) ce qui permet de le reproduire avec des coûts maîtrisés en cas de perte ou de casse en raison de son déploiements en milieux extrêmes (~environ 2k euros / unité). Sa technologie permet enfin une grande évolutivité de ses caractéristiques et de ses fonctionnalités, permettant ainsi d'élargir son champ d'application (réseau de capteur, acquisition synchronisées, Synthèse d'ouverture, etc.).

Au terme de cette première phase de développement, ce capteur sera mis en œuvre sur des objets volcaniques actifs notamment en vue de caractériser les paramètres physiques des écoulements au plus proche de la source (débit des coulées de lave, vitesse et densité des panaches volcaniques) qui restent difficilement accessibles aujourd'hui.

⇨ **Sessions Posters**


Journées drones et capteurs embarqués 28-30 septembre 2021

Mesures magnétiques par drone : Une nouvelle approche dédiée au suivi 4D des édifices volcaniques

Édouard Régis, Lydie Gailler, Philippe Labazuy, Martial Bontemps, Thierry Souriot, Guillaume Bacques, Bruno Carton

Champ magnétique et Volcanologie

Apport des mesures magnétiques aéroportées : Technologie

Tests et validation opérationnelle

Vers un suivi 4D des édifices volcaniques

2014 | 2016 | 2019 | 2020-2021


Collecteur de cendres


Capteur P1Radar


Capteur multi-gaz


Capteur magnétique

Capteurs géophysiques, drones et volcans

✓ Développement, implémentation et acquisitions géophysiques par drone



Capteur magnétique champ total QuSpin QTFM

❶ Rb à pompage optique, faible bruit intrinsèque
❷ Excellente résolution temporelle
❸ < 200 g - Fréquence d'acquisition 20 Hz
12 x 20 min. de vol > 10 Ha/jour

Mavic Pro2 Dual

❶ Rapidité de mise en œuvre
❷ Suivi topographique
❸ Imagerie visible & thermique IR



⇨ **Levés sécurisés, réitérations : adapté aux problématiques volcaniques**

⇨ **Un compromis entre autonomie, échelle de mesures et charge utile**

Capteurs géophysiques, drones et volcans

✓ Développement, implémentation et acquisitions géophysiques par drone

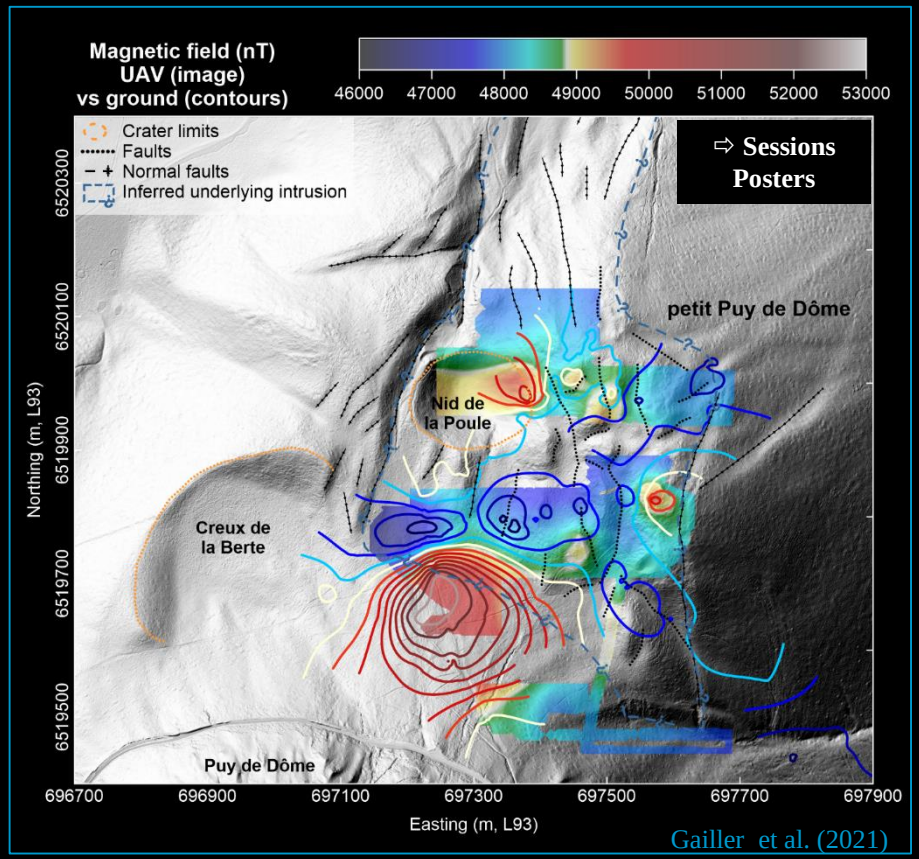
⇨ Validation opérationnelle



⇨ Problématiques :

❶ Techniques
- Effets électrocinétiques, directionnels
- Hauteur de vol
- Comparaison mesures sol

❷ Scientifiques
- Fortes anomalies magnétiques
+ Signature tectonique post-éruptive



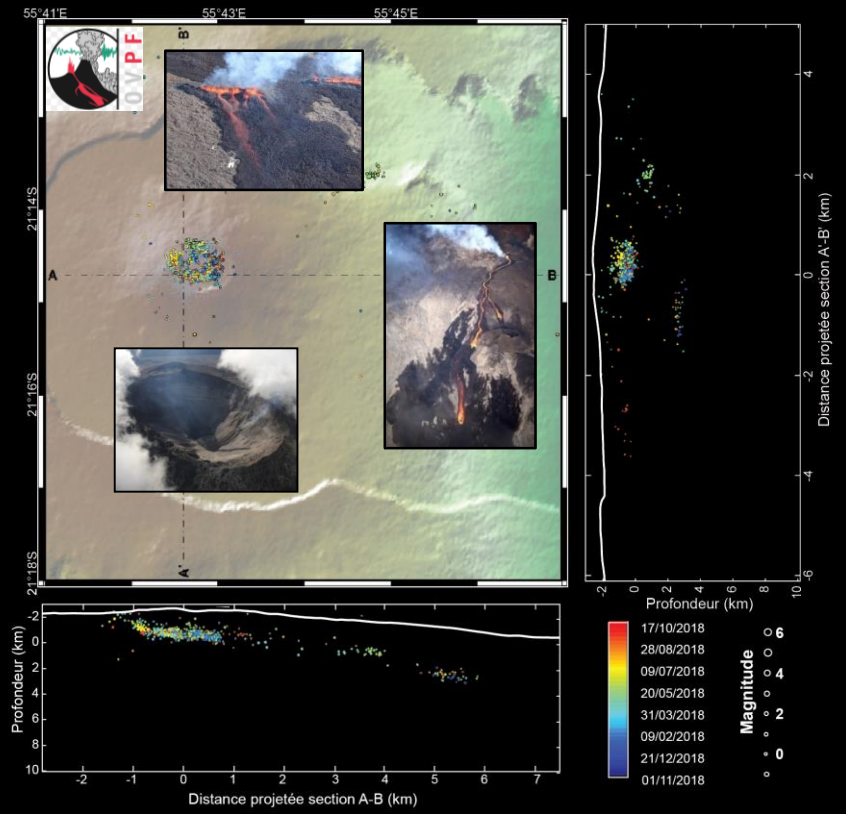
Gailler et al. (2021)

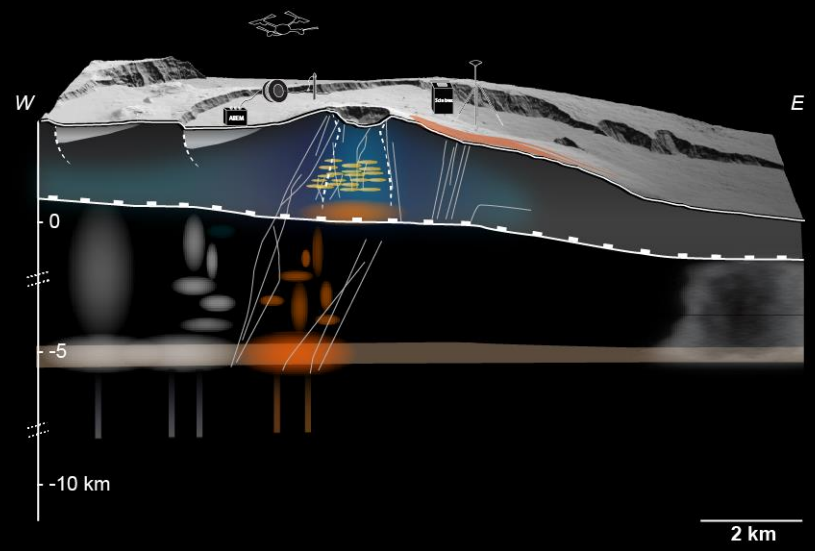
⇨ 1ère campagne en contexte actif : Piton de la Fournaise

Application au Piton de la Fournaise

⇨ Une cible volcanique prioritaire

Piton de la Fournaise *(Réunion)*





Hors Enclos



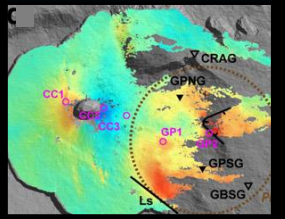
1977

Explosif



1961

Déstabilisation

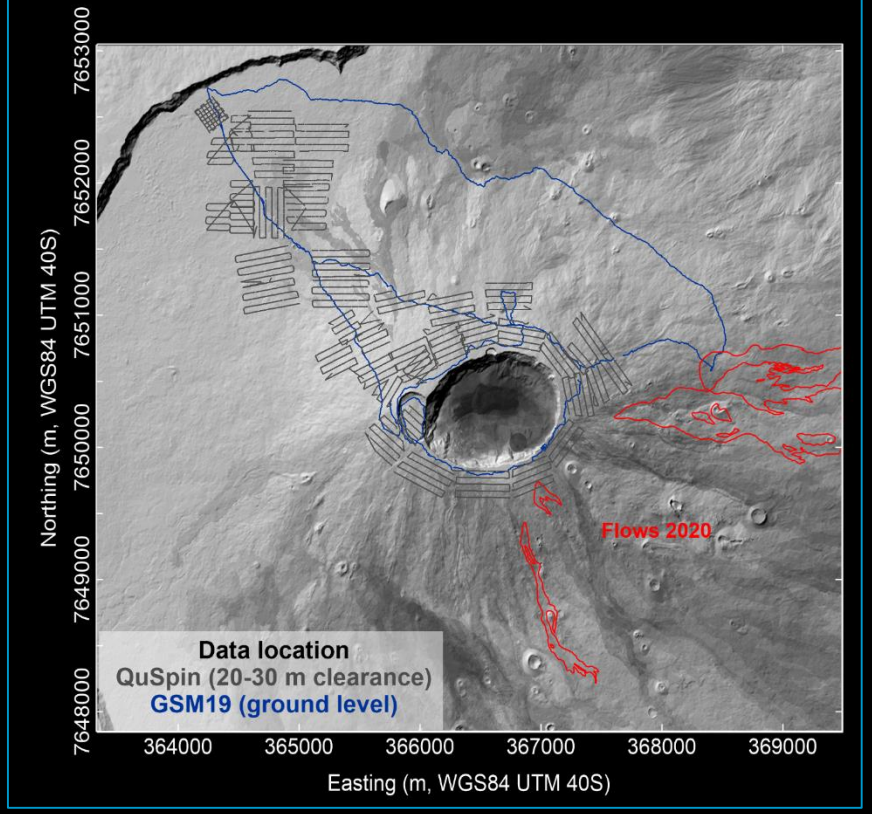


Déplacements 2011-2014

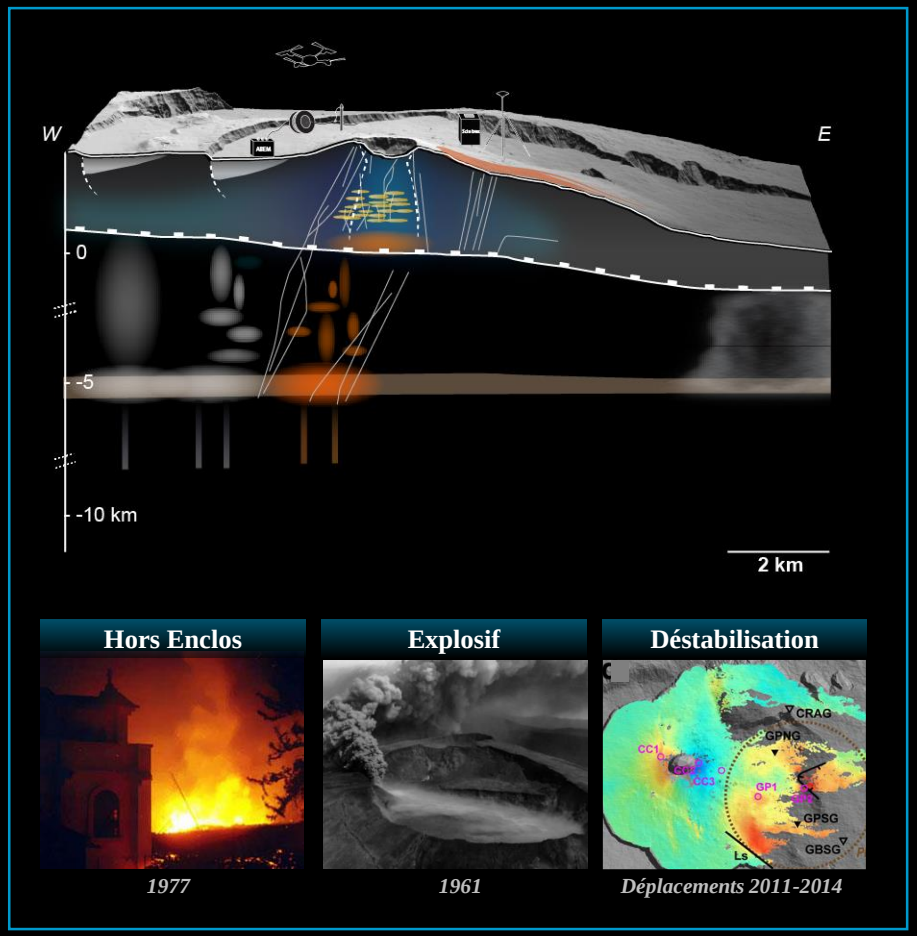
Application au Piton de la Fournaise

⇨ Campagne magnétique aéroportée *(novembre 2020)*

Vols automatiques - Suivi topographique à 20 m d'altitude

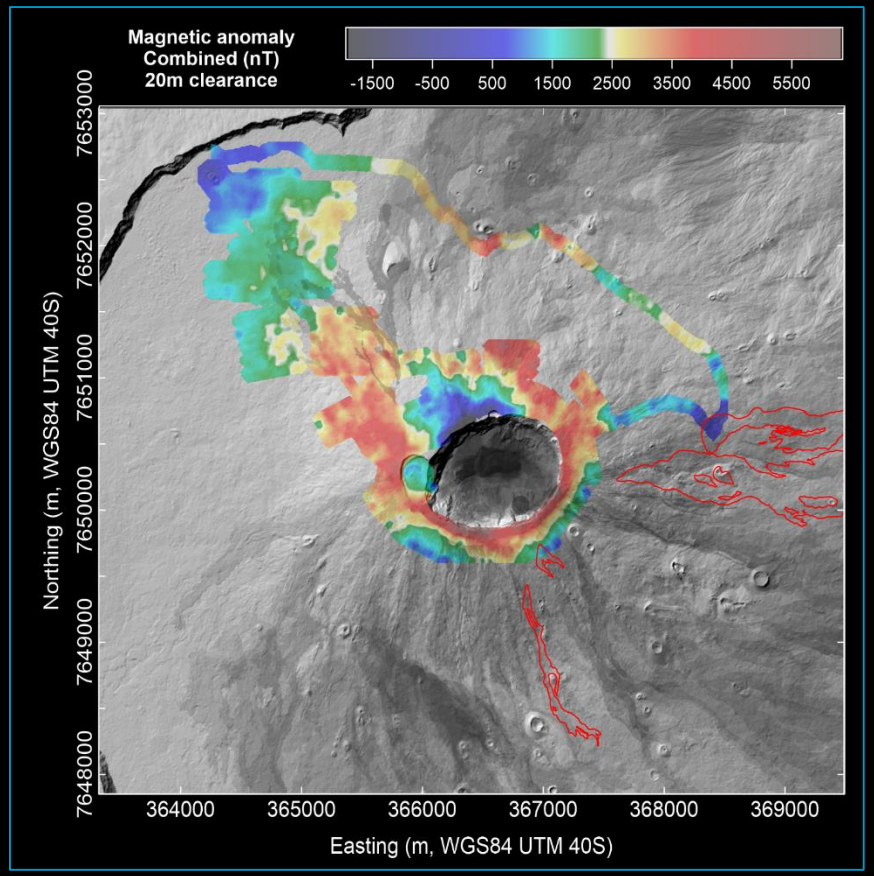


Gailler L., Labazuy P., Régis E., et al. (soumis)



Application au Piton de la Fournaise

⇨ Campagne magnétique et IR aéroportée *(novembre 2020)*



Gailler L., Labazuy P., Régis E., et al. (soumis)





Corrélation données sol-drone

- Sommet -

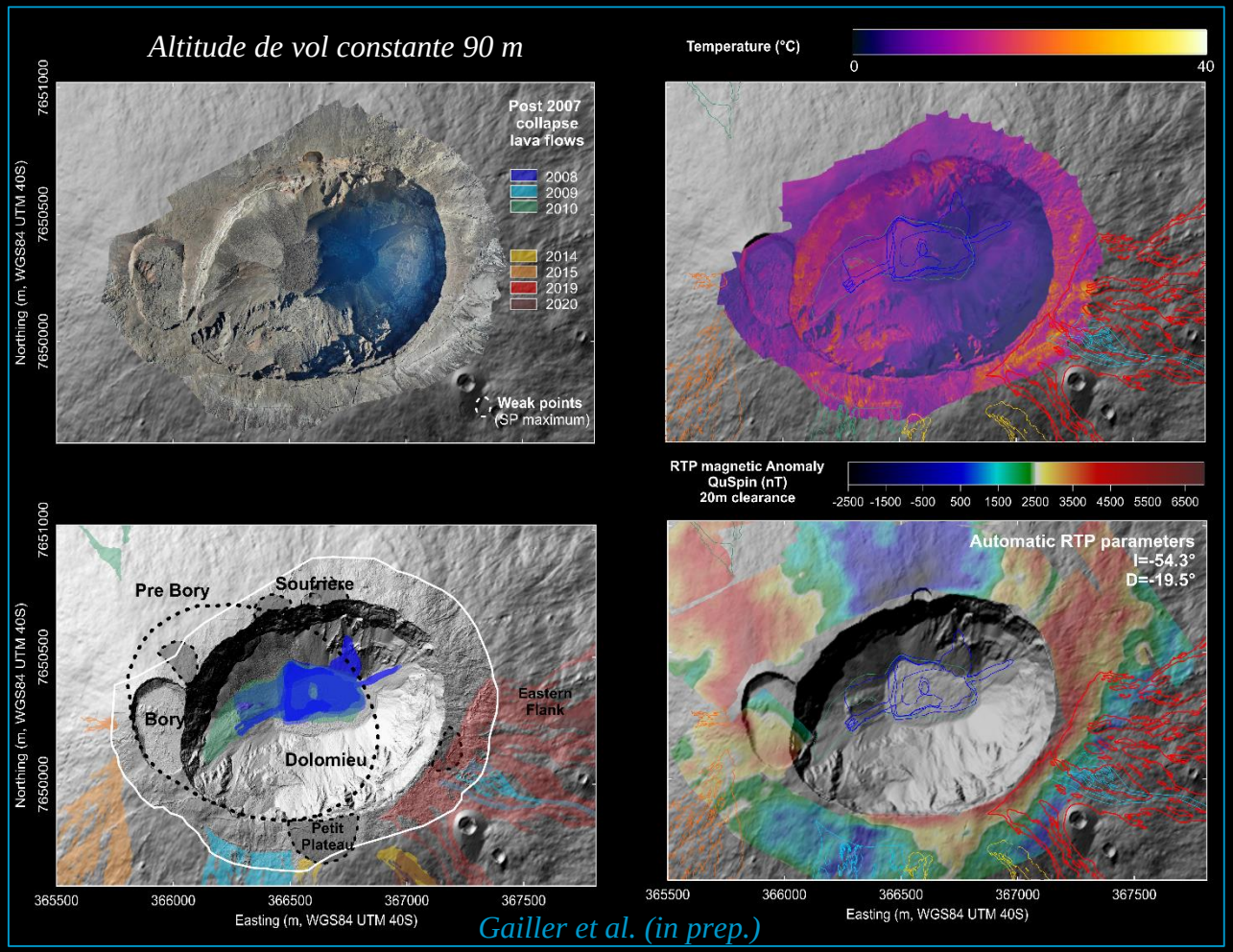
- Zones d'intrusions préférentielles -

- Hétérogénéités et glissements -

⇨ Couverture haute résolution homogène
Informations structurales & état thermique

Application au Piton de la Fournaise

⇨ Campagne magnétique et IR aéroportée *(novembre 2020)*



Gailler et al. (in prep.)

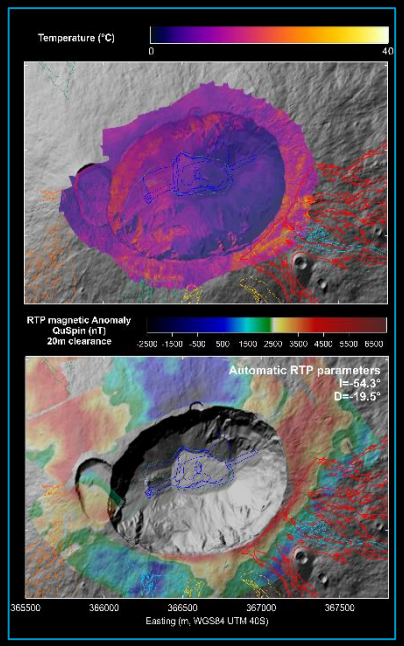
Analyse multispectrale du sommet
- Orthophoto -
- DEM 14 cm -
- IR -

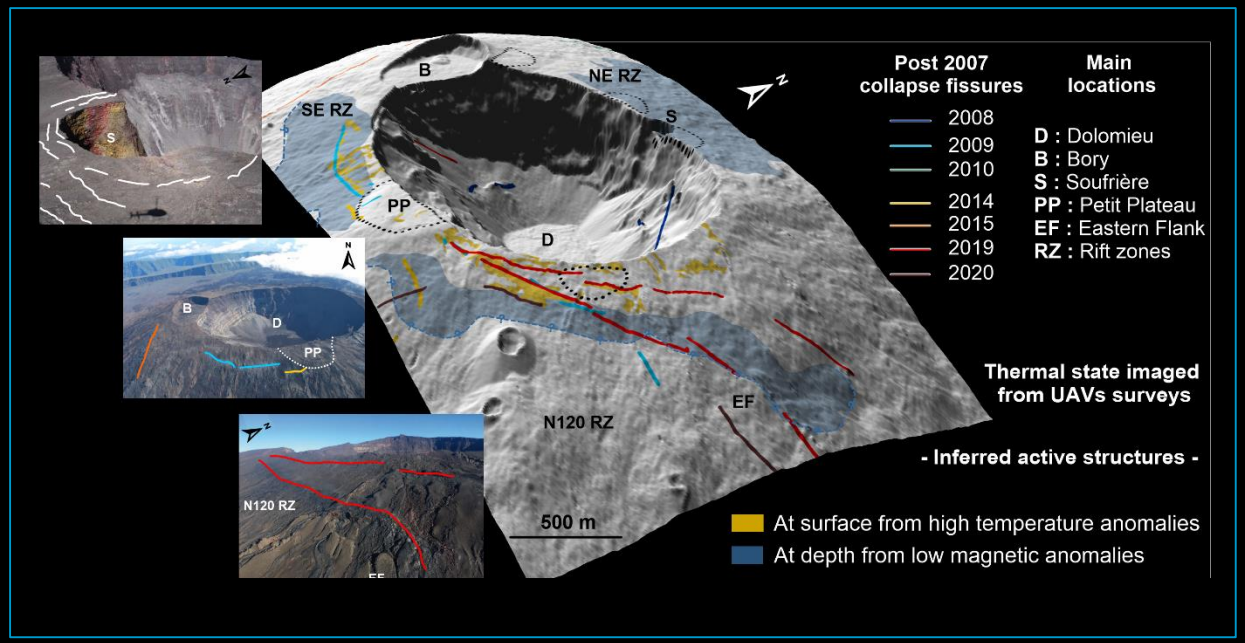
⇨ Contraintes aux données magnétiques

⇨ Interprétation couplée T°C / Aimantation

Application au Piton de la Fournaise

⇨ Campagne magnétique et IR aéroportée *(novembre 2020)*



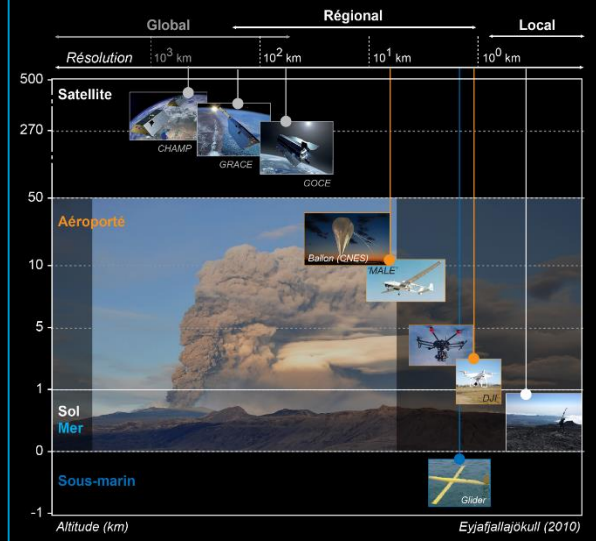


⇨ Zones préférentielles de transfert de magma

⇨ Surface (IR) & profondeur (A)

Conclusions et perspectives

⇨ Méthodologie et Instrumentation



Echelle de détection intermédiaire

+ Levés sécurisés
+ Rapides
+ Homogènes

Evoluer vers une configuration multi-capteurs

- Drone gros porteurs

- Développement autour de la gravimétrie mobile



Implémentation d'un capteur magnétique

Aimantation versus température

Suivi de l'état thermique en surface et en profondeur

⇨ Approche multiparamétrique, réitérations

⇨ Evolution spatio-temporelles des dynamismes volcaniques

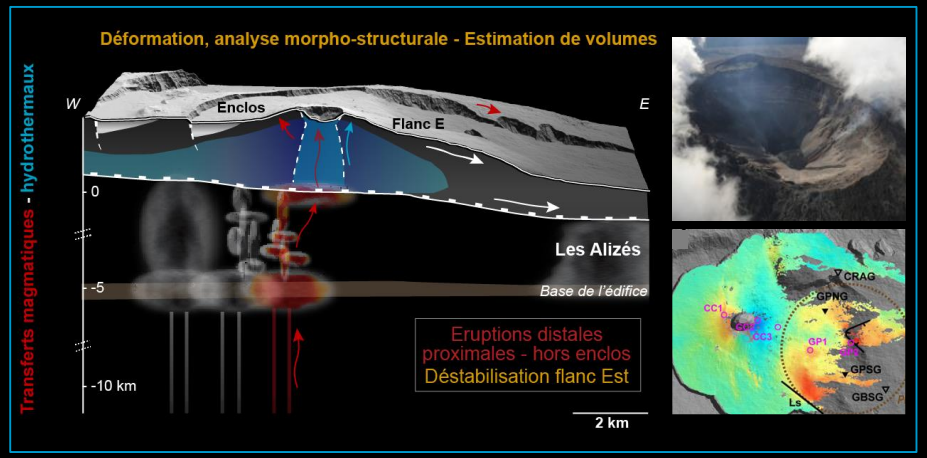
⇨ Quantification des aléas

Conclusions et perspectives

⇨ Cibles et problématiques

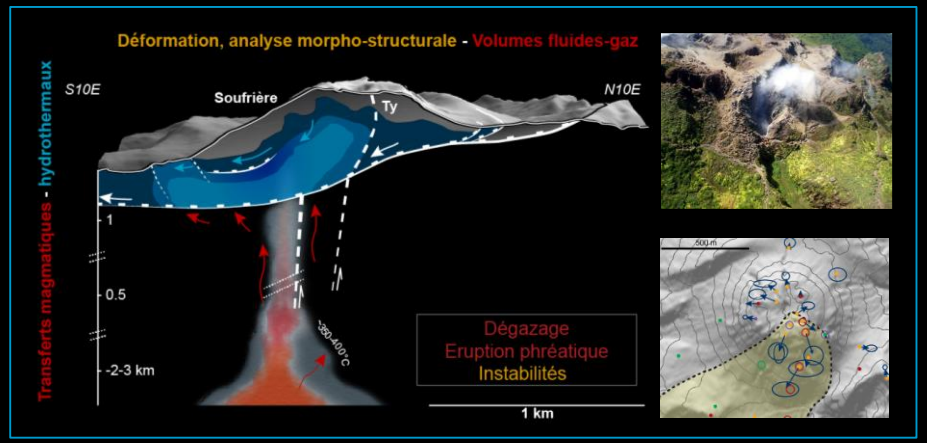
⇨ Compléter la couverture du Piton de la Fournaise

Perspective d'une modélisation 4D & multi-paramètres



⇨ Réactivation des Volcans Antillais

Connaissance des systèmes hydrothermaux et de leur évolution



Conclusions et perspectives

⇨ Cibles et problématiques



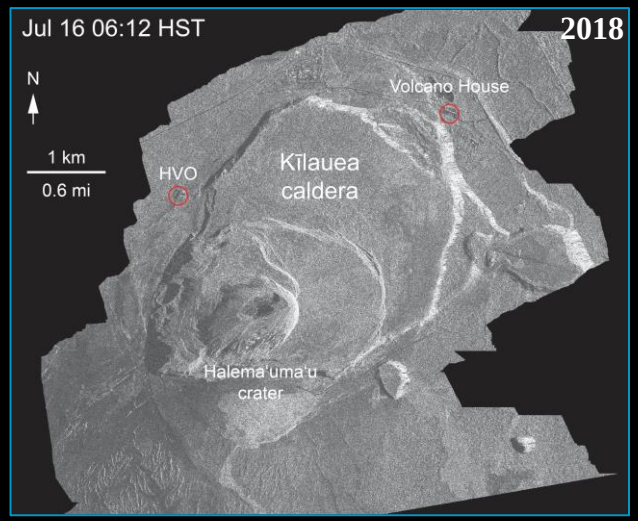


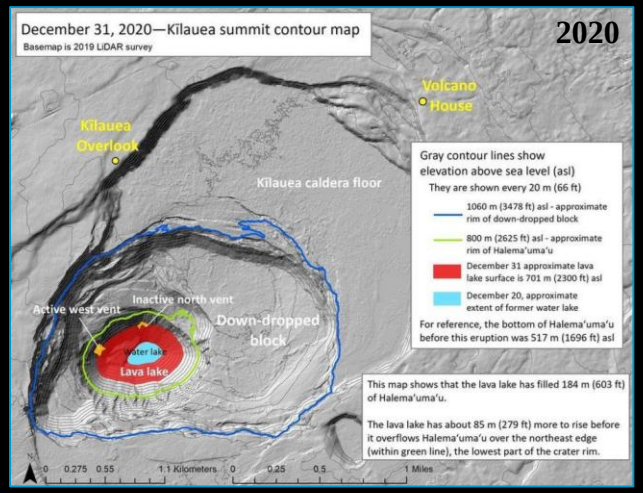
Kilauea 2018 : l'éruption du siècle

SCIENCE

Why Hawaii's Newest Eruption Makes Volcanologists Nervous







⇨ Géométrie, interaction entre systèmes magmatiques et hydrothermaux



Merci de votre attention