

# Rapport annuel 2025

Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise - IPGP





## Sommaire

> Remerciements .....	3
<b>1. Présentation de l'observatoire .....</b>	<b>4</b>
> Préambule .....	4
> Liens avec les services nationaux d'observation labellisés par le CNRS/INSU .....	5
> Budget .....	7
> COMP .....	8
<b>2. Personnel OVPF et accueil d'étudiants - missionnaires .....</b>	<b>9</b>
> Situation du personnel .....	9
> Contribution personnels LGSR – Université de La Réunion .....	11
> Accueil de stagiaires, doctorants et missionnaires .....	11
<b>3. Résumé de l'activité en 2025 .....</b>	<b>14</b>
<b>4. Sismicité .....</b>	<b>20</b>
> Le réseau sismologique de l'OVPF .....	20
> Activité sismique en 2025 .....	21
<b>5. Géodésie .....</b>	<b>29</b>
> Les réseaux de surveillance de la déformation .....	29
> Observation des déformations en 2025 .....	34
<b>6. Géochimie .....</b>	<b>39</b>
> Surveillance des émissions gazeuses du massif du Piton de la Fournaise .....	39
> Émission de SO <sub>2</sub> (Réseau DOAS « NOVAC ») .....	40
> Station sommitale MultiGaS .....	42
> Les émissions de CO <sub>2</sub> par le sol .....	43
<b>7. Imagerie .....</b>	<b>46</b>
> Utilisation de l'imagerie optique pour la cartographie des coulées de lave en 2D et 3D .....	46
<b>8. Réalisations techniques et informatiques .....</b>	<b>51</b>
> Réalisations techniques .....	52
> Réalisations informatiques .....	73
<b>9. Projets ambitieux au sein de l'OVPF ou en collaboration avec l'OVPF .....</b>	<b>80</b>
> Projets ANR .....	80
> Autres projets .....	82
> Collaborations internationales d'échanges .....	85
<b>10. Sollicitations médiatiques et interventions grand public.....</b>	<b>86</b>
> Sollicitations médiatiques .....	86
> Rédaction pour des revues .....	86



## Rapport annuel 2025

### Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise - IPGP

> Interventions auprès du grand public et des scolaires.....	86
> Réseaux sociaux et site web .....	89
> Distinctions .....	89
<b>11. Implications de l'OVPF dans le suivi de l'activité à Mayotte.....</b>	<b>90</b>
> Surveillance H24 de l'activité sismo-volcanique de Mayotte .....	91
> Campagnes en mer .....	100
<b>12. Implications de l'OVPF pour l'observatoire magnétique de La Réunion.....</b>	<b>102</b>
<b>13. Publications.....</b>	<b>103</b>
> Publications dans des revues scientifiques internationales de rang A .....	103
> Congrès scientifiques nationaux et internationaux .....	104

#### > Remerciements

Atmo-Réunion, BRGM, Cité du Volcan, CNDRS, CNES, CNRS, CNRS/INSU, CREPS, Conseil départemental de La Réunion, Collège de Cambuston, Collège de Bois d'Olive, DEAL, EDF, EDF énergies nouvelles, EMZPCOI, ENS, EOS, Gendarmerie nationale, Ifremer, IGN, INGV, IRD, IRT, ISDeform, ISTerre, ITES, LMV, Mairie du Tampon, Mairie de Sainte Rose, Mairie de Saint Philippe, MAPPPROM, Météo-France, MétéoR-OI, Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche, Ministère de l'Intérieur, Ministère des Outre-Mer, Ministère de la transition écologique, Musée de Villèle, ONF, OPGC, ORA, OSU-Lyon, OSU-Réunion, OVK, Parc National de la Réunion, PGHM, Préfecture de la Réunion, Région Réunion, SAG, SDIS, SEAS-OI (UR/IRD), SHOM, TAAF, Université d'Arizona, Université des Açores, Université Clermont Auvergne, Université de Gottingen, Université de Munich, Université de la Réunion, Université de Toulouse, Université de Turin, USGS...

Certaines données présentées dans ce rapport ont fait déjà l'objet de publications publiques et de diffusions dans les bulletins mensuels de l'OVPF-IPGP et les communiqués exceptionnels d'activité de l'OVPF-IPGP lors des éruptions. ISSN 2610-5101  
Ces diffusions sont à retrouver sur le site internet de l'IPGP et sur les réseaux sociaux de l'OVPF-IPGP.

 [www.ipgp.fr/ovpf/](http://www.ipgp.fr/ovpf/) <https://www.facebook.com/ObsVolcanoPitonFournaise> <https://bsky.app/profile/ovpf.bsky.social>

©Photo de couverture : Nicolas Villeneuve (Université de La Réunion, IPGP)



## 1. Présentation de l'observatoire

Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise – IPGP  
14 RN3 – Km 27, 97418 La Plaine des Cafres, La Réunion - [www.ipgp.fr/fr/ovpf/actualites-ovpf](http://www.ipgp.fr/fr/ovpf/actualites-ovpf)  
facebook : [ObsVolcanoPitonFournaise](#) - bluesky : [@ovpf.bsky.social](#) - youtube : [Chaîne IPGP](#)



Figure 1 : photo prise par drone de l'observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise situé à Bourg Murat (km 27, La Plaine des Cafres) (©OVVF-IPGP).

### > Préambule

L'observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise (OVVF-IPGP) dépend de l'institut de physique du globe de Paris (IPGP), grand établissement d'enseignement supérieur et de recherche. L'IPGP héberge l'UMR 7154 IPGP, qui regroupe l'ensemble des activités de recherche de l'institut, et en assure la tutelle avec l'Université Paris Cité (dont il est établissement composante) ainsi qu'avec le CNRS (Centre national de la recherche scientifique), l'Université de La Réunion et l'IGN. L'IPGP héberge l'UAR 3454 IPGP qui regroupe toutes les activités d'observation de l'institut et en assure la tutelle avec le CNRS.

Avec ses observatoires volcanologiques et sismologiques (intégrés au SNOV du CNRS/INSU), à la Guadeloupe (OVSG : *observatoire volcanologique et sismologique de Guadeloupe*), à la Martinique (OVSM : *observatoire volcanologique et sismologique de Martinique*) et à La Réunion (OVVF : *observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise*), l'IPGP assure des observations permanentes sur les systèmes volcaniques actifs français d'Outre-mer. Depuis 2019, le *REVOSIMA* (*réseau de surveillance volcanologique et sismologique de Mayotte*) est également opéré par l'IPGP en collaboration avec le BRGM. Ces observations sont d'un grand intérêt pour développer la connaissance scientifique et participent à la prévention et à la mitigation des risques sismiques, volcaniques, de tsunami et de mouvements de terrain en France et à l'étranger. Les observatoires diffusent l'information scientifique vers les préfectures et les services de l'État (par exemple, État-Major de Zone et ministères), comme vers le public. En cas de crise liée à un séisme, un tsunami ou une éruption volcanique, les observatoires contribuent auprès des préfets et des ministères à la gestion de crise, en apportant leur expertise scientifique.

Ainsi, depuis décembre 1979, date de son inauguration, l'OVVF est en charge de la surveillance de l'activité du Piton de la Fournaise et du suivi de l'activité sismique à l'échelle de l'île de La Réunion. À cette mission principale, s'ajoutent deux autres



## Rapport annuel 2025

### Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise - IPGP

missions : la recherche sur le fonctionnement et l'évolution des édifices volcaniques en général et du Piton de la Fournaise en particulier, ainsi que la diffusion des connaissances. Pour mener à bien ses missions, l'OVPF gère un parc de 116 capteurs de surveillance déployés sur 78 sites différents, dont les données sont distribuées par le centre de données de l'IPGP - Volobsis - et accessibles également via les infrastructures de recherche Epos-France et DataTerra ([doi:10.18715/REUNION.OVPF](https://doi.org/10.18715/REUNION.OVPF)).

Depuis 2020, l'OVPF a également en charge la surveillance opérationnelle de l'activité volcano-sismologique de Mayotte. En effet, depuis mai 2018, Mayotte connaît une activité sismo-volcanique liée à une éruption sous-marine située à 50 km à l'est de Mayotte. La mission de surveillance de cette zone volcanique a été confiée à l'IPGP par le cabinet du Premier Ministre et les ministères concernés afin qu'il mette en place le réseau de surveillance volcanologique et sismologique de Mayotte (REVOSIMA). Ce réseau est ainsi opéré par l'IPGP avec le soutien du BRGM et est sous la responsabilité de l'observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise et de la direction régionale du BRGM à Mayotte. Ce réseau de surveillance, financé par l'État (Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche, Ministère de la transition écologique, Ministère de l'intérieur, Ministère des Outre-mer), bénéficie de l'appui d'un large consortium de partenaires scientifiques français: IPGP et Université Paris Cité, BRGM, IFREMER, CNRS, BCSF-RéNaSS, ITES et Université de Strasbourg, IGN, ENS, SHOM, TAAF, CNES, Université Grenoble Alpes et ISTerre, Université Clermont Auvergne, LMV et OPGC, Université de La Réunion, Université Paul Sabatier, Toulouse et GET-OMP, Université de la Rochelle, Université de Bretagne Occidentale, IRD et collaborateurs.

Enfin, en novembre 2022, une station magnétique permanente a été installée à Bourg Murat, sur une parcelle de l'ONF, par l'observatoire magnétique de Chambon la Forêt (IPGP) en collaboration avec l'OVPF. L'OVPF maintient ce nouvel « observatoire magnétique de La Réunion » et en assure les mesures ponctuelles hebdomadaires.

L'objectif de ce rapport est de présenter l'activité 2025 de l'OVPF à travers 1) l'activité volcanique du Piton de la Fournaise et de ses précurseurs, ses actions de recherche, de développement et de maintenance technique, ses actions de diffusion de la connaissance et les moyens pour y parvenir, 2) ses actions menées pour le REVOSIMA et 3) son implication dans le suivi de l'observatoire magnétique de La Réunion.

> Liens avec les services nationaux d'observation labellisés par le CNRS/INSU

#### SNOV – service national d'observation en volcanologie

L'OVPF, comme les autres observatoires volcanologiques de l'IPGP est intégré au SNOV.

Le SNOV est un service national d'observation porté par l'institut physique du globe de Paris et l'observatoire de physique du globe de Clermont-Ferrand (OPGC). Il a pour mission d'orienter la science, la collecte, l'archivage et la distribution de données géophysiques, géologiques et géochimiques, caractéristiques des processus qui régissent le fonctionnement et l'évolution des volcans et de leur contexte tectonique. Ils s'organisent en 5 groupes de travail (GT) et 4 actions transverses (Figure 2) auxquels participent les membres de l'OVPF.



## Rapport annuel 2025

### Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise - IPGP

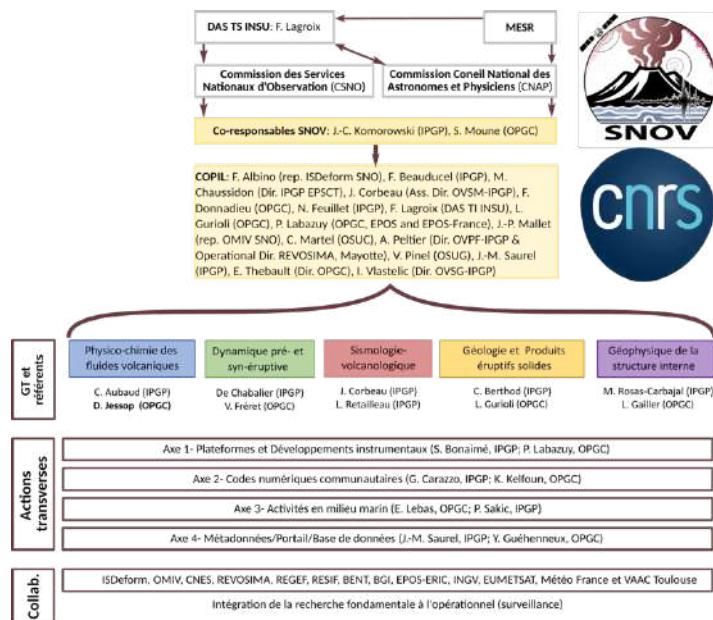


Figure 2 : organigramme représentant l'organisation du SNOV

#### ISDeform – service national d'observation : imagerie satellitaire des déformations de la Terre

ISDeform est porté par l'OSUG (observatoire des sciences de l'univers de Grenoble), en collaborations avec d'autres OSU (EOST, OPGC, OSUL, IPGP, OREME, OMP) et organismes (CNES, BRGM, IRD). Le service a vocation à accompagner les observatoires et la communauté scientifique principalement Terre Solide (TS), mais aussi Surfaces et Interfaces Continentales (SIC) dans l'utilisation massive, systématique et opérationnelle des images satellites radar et optique, pour fournir des produits (interférogrammes, champ de déplacement par corrélation d'images, cartes de vitesses, séries temporelles, modèles numériques de surface, ...) quantifiant la déformation de la surface de la Terre.

Lors des éruptions du Piton de la Fournaise, ISDeform fournit à l'OVPF (via OI2 – observatoire INSAR de l'océan Indien) des images SAR et des interférogrammes, ainsi que des cartes actualisées des contours des coulées de lave obtenues à partir des images de cohérence interférométrique.

#### BCSF-RéNaSS – bureau central sismologique français – réseau national de surveillance sismique

Le BCSF-Rénass est une composante de l'action nationale pour l'observation (ANO) « Sismologie » du service national d'observation « Terre Solide ». Situé à Strasbourg et piloté par l'école et observatoire des sciences de la terre (EOST), il est en charge notamment de la surveillance de l'activité sismique en France hexagonale et dans les zones frontalières.

Lors d'un séisme ressenti à La Réunion, un protocole existe entre l'OVPF et le BCSF-RéNaSS permettant d'envoyer une notification au BCSF-RéNaSS afin de créer automatiquement une page web invitant la population à faire part de leur témoignage. En 2020, une synchronisation des données a été mise en place entre le service web SNOV sur les séismes et la base de données du BCSF-RéNaSS. Le site web du BCSF-RéNaSS affiche ainsi en temps réel tous les séismes validés manuellement et localisés à La Réunion, et qui peuvent être également retrouvés sur le bulletin quotidien de l'OVPF.



**Rapport annuel 2025**  
Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise - IPGP

> Budget

Le budget annuel de l'OVPF est assuré principalement par l'IPGP (via des financements du Ministère de l'enseignement supérieur, de la recherche et de l'espace et du Ministère de la transition écologique), le CNRS (via des financements à l'UAR 3454 IPGP), la région Réunion et la préfecture de La Réunion (Tableau 1, Figure 3). A cela se sont ajoutés en 2025 deux dotations ponctuelles du CNRS, afin de réparer les dégâts sur les stations de surveillance de l'OVPF suite au passage du cyclone Garance à La Réunion et sur les stations de surveillance du REVOSIMA gérées par l'OVPF suite au passage du cyclone Chido. Au total en 2025 le budget de l'OVPF était d'environ 1,57 million d'euros de frais de personnel et 525 100 euros (dont 100 000 euros fléchés pour les réparations post-cyclones) de frais de fonctionnement/investissement.

En détail le budget annuel 2025 :

	Personnels permanents	Personnels non permanents	Financement récurrent (montant annuel variable)	Financement sur convention (annuelle ou pluriannuelle)	Autres
IPGP (MESR)	953 985		66 000		
IPGP (CNRS)	616 510		66 600		
IPGP (MTE)				72 000	
IPGP REVOSIMA				100 500	
Région Réunion				90 000	
Préfecture Réunion				30 000	
Enveloppe exceptionnelle CNRS post-Garance					50 000
Enveloppe exceptionnelle CNRS post-Chido					50 000
	Totaux Frais de personnel		Totaux Investissement / Fonctionnement		
	<b>1 570 495 €</b>		<b>525 100 €</b>		

Dépenses 2025 - Fonctionnement OVPF - Dépenses récurrentes			
Hélicoptère	12 903	Maintenance groupe électrogène	1 725
ZEOP_internet	12 369	Traduction bulletin REVOSIMA	1 175
Électricité	11 754	Fournitures bureau	1 091
Derichebourg_ménage	11 519	Abonnement téléphone satellite (avoir 2024)	1 020
Formation	9 260	Lél@	814
Orange_Starlink	8 000	ANFR radio	727
Assurance véhicules	6 552	Vérification électrique socotec	655
SFR_téléphonie – Réunion	6 396	EPI	599
Petits matériels informatiques	5 724	Abonnement InReach (avoir 2024)	576
Orange_internet et téléphonie	5 358	Courrier Dé douanement	562
Convention TAAF	5 000	Produits ménagers	404
Espace vert	4 500	Maintenance plomberie	401
Entretien véhicules	2 723	Eau	350
SFR_téléphonie – Mayotte	2 616	Cartouche encre	-
Maintenance extincteurs	2 345		
Essence véhicules	2 151		
<b>TOTAL</b>		<b>119 269</b>	

Tableau 1 : (En haut) Tableau synthétisant le budget annuel de de l'OVPF en 2025 (intégrant les financements dédiés à la surveillance REVOSIMA en bleu). (En bas) Tableau synthétisant les dépenses récurrentes de fonctionnement de l'observatoire en 2025. Ne sont pas répertoriées les dépenses d'équipements, de fournitures pour les stations, de missions, d'analyses, etc.

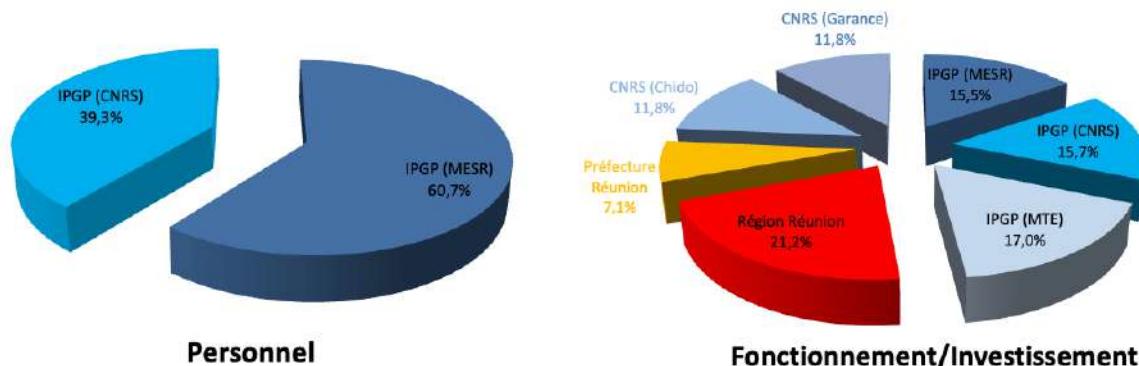


Figure 3 : (à gauche) répartition des frais de personnel et (à droite) de fonctionnement/investissement du budget annuel 2025 de l'OVPF (incluant le fonctionnement pour la surveillance opérationnelle du REVOSIMA).

> COMP

Fin 2025, l'IPGP a signé avec la Région Réunion un contrat d'objectifs, de moyens et de performance (COMP). Ce contrat définit le cadre du partenariat stratégique entre la Région Réunion et l'Institut de Physique du Globe de Paris (IPGP), en appui aux missions de recherche, d'observation et d'innovation portées localement par l'Observatoire Volcanologique du Piton de la Fournaise (OVPF-IPGP) et le Laboratoire Géosciences Réunion (LGSR – UMR 7154).

Ancré dans les spécificités scientifiques, territoriales et géophysiques de La Réunion, ce COMP vise à soutenir l'excellence scientifique, renforcer la résilience du territoire face aux risques naturels et favoriser les transferts de connaissances au bénéfice des populations insulaires.

Il s'inscrit dans la continuité des précédents accords-cadres signés entre la Région Réunion et l'IPGP.

Dans le cadre de ce COMP, un projet FEDER portant sur les phénomènes volcaniques extrêmes au Piton de la Fournaise dans un contexte de changement global devrait être proposé par l'OVPF début 2026.



## Rapport annuel 2025

### Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise - IPGP

## 2. Personnel OVPF et accueil d'étudiants - missionnaires

### > Situation du personnel

Le personnel de l'observatoire constitue une équipe mixte avec des membres rattachés à divers organismes et présentant des profils de compétence variés (Tableau 2 ; Figure 4). Le personnel de l'OVPF est ainsi constitué de (i) personnels fonctionnaires de l'établissement IPGP : personnels BIATSS de l'IPGP, enseignants-chercheurs du conseil national des astronomes et physiciens (CNAP) affectés à l'IPGP, (ii) personnels fonctionnaires d'organismes de recherche (CNRS affectés à l'UAR IPGP), (iii) personnels contractuels CDD sous contrat avec l'établissement IPGP.

Fin 2025, le personnel était constitué de seize personnes dont 2 CDD en post-doctorat (Tableau 2).

Prénom NOM	Fonction
<b>Équipe scientifique</b>	
François Beauducel	Physicien CNAP/IPGP – Géophysique
Zacharie Duputel	Chargé de recherche CNRS – Sismologie – <i>Directeur adjoint</i>
Gregory Etangsale	Post-doctorant – Géophysique
Fabrice Fontaine	Chargé de recherche CNRS - Imagerie thermique / modélisation / hydrothermalisme
Angèle Laurent	Post-doctorante – Géophysique
Aline Peltier	Physicienne CNAP/IPGP – Géophysique – <i>Directrice</i>
<b>Équipe technique</b>	
Patrice Boissier	Ingénieur d'études IPGP – Informatique – <i>Responsable informatique</i>
Christophe Brunet	Ingénieur de recherche CNRS – Instrumentation – <i>Codirecteur technique</i>
Kevin Canjamalé	Ingénieur d'études IPGP – Instrumentation
Philippe Catherine	Ingénieur d'études IPGP – Instrumentation
Nicolas Desfete	Assistant ingénieur IPGP – Instrumentation
Cyprien Griot	Ingénieur d'études IPGP – Informatique
Philippe Kowalski	Ingénieur de recherche CNRS – Instrumentation – <i>Référent Patrimoine OVPF</i>
Frédéric Lauret	Ingénieur d'études IPGP – Instrumentation – <i>Codirecteur technique</i>
Frédéric Pesqueira	Assistant ingénieur IPGP – Instrumentation
<b>Gestionnaires</b>	
Luciano Garavaglia	Technicien IPGP - Gestionnaire administratif et financier

Tableau 2 : Personnel de l'OVPF au 31/12/2025.



Rapport annuel 2025  
Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise - IPGP

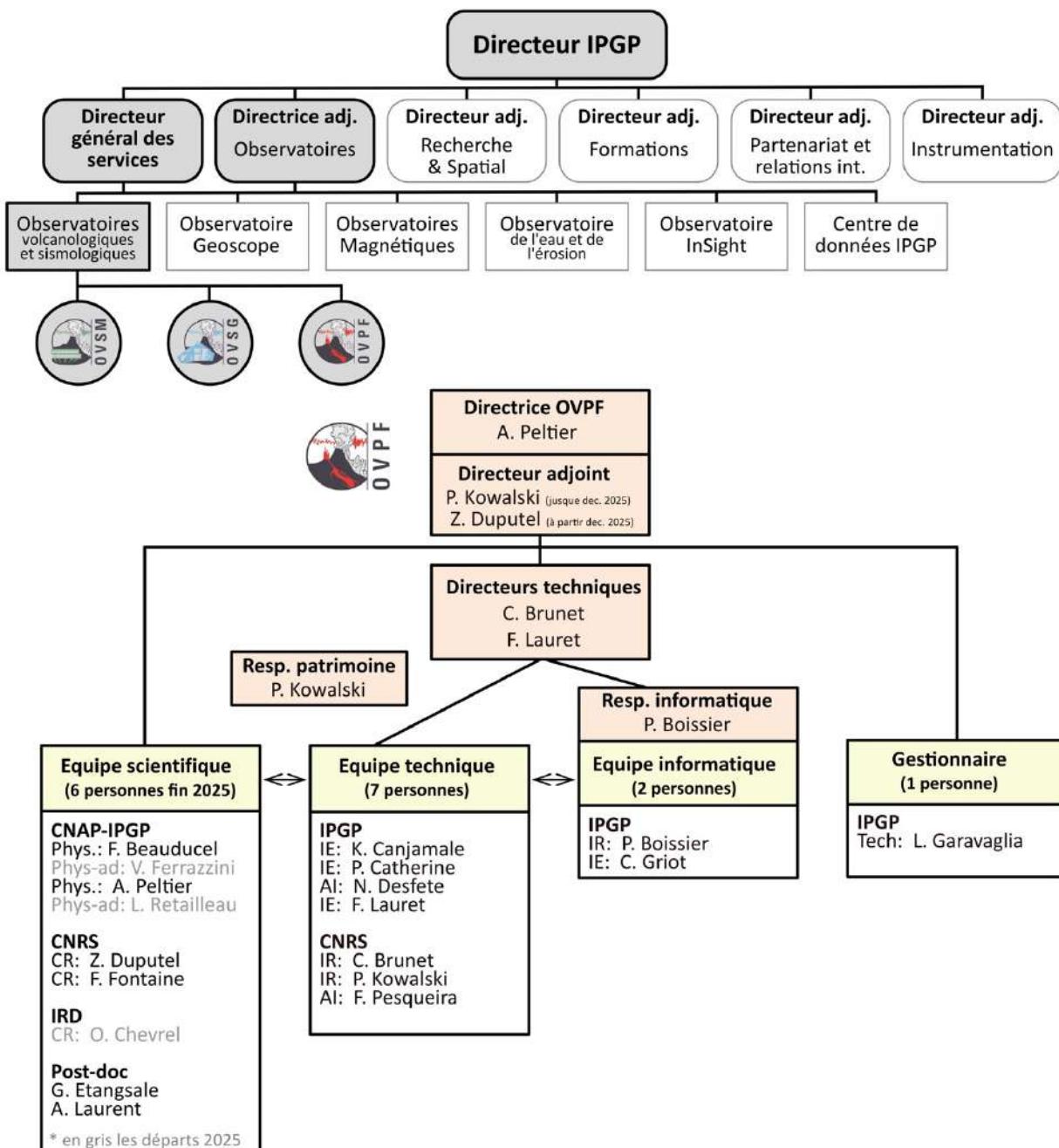


Figure 4 : Organigramme du personnel de l'OVPF au 31/12/2025. CR : Chargé de recherche, IE : Ingénieur d'étude, IR : Ingénieur de recherche, Phys. : Physicien, Tech : Technicien.



## Rapport annuel 2025

### Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise - IPGP

L'année 2025 aura été marquée par plusieurs départs et une arrivée au sein de l'équipe scientifique de l'OVPF avec :

- . en février 2025, le départ de Lise Retailleau (physicienne-adjointe), sismologue à l'OVPF depuis 2020 dans le cadre du REVOSIMA, avec un retour sur Paris (IPGP),
- . en juin 2025, le départ à la retraite de Valérie Ferrazzini (physicienne-adjointe), sismologue à l'OVPF depuis 1995, et qui a participé à la gestion scientifique de 58 éruptions devenant ainsi une grande experte de la sismicité du Piton de la Fournaise et de La Réunion,
- . en septembre 2025, la fin du détachement IRD d'Oryaelle Chevrel (chargée de recherche) depuis 2022, avec un retour sur Clermont-Ferrand (LMV-UCA),
- . en décembre 2025, la venue de François Beauducel (physicien) en provenance de l'IPGP (Paris).

À noter également qu'un changement de direction adjointe de l'OVPF a été opéré fin 2025, avec la nomination de Zacharie Duputel comme directeur adjoint, en remplacement de Philippe Kowalski qui prend la responsabilité « référent patrimoine de l'OVPF », fonction qui intègre le suivi du projet de reconstruction du nouvel observatoire.

#### > Contribution personnels LGSR – Université de La Réunion

Deux maîtres de conférences, Bhavani Benard et Nicolas Villeneuve, en poste à l'université de La Réunion au sein du laboratoire géosciences Réunion (intégré à l'UMR 7154 IPGP), contribuent également au travail de l'observatoire, notamment pour les astreintes et le travail de terrain.

#### > Accueil de stagiaires, doctorants et missionnaires

#### Accueil de stagiaires

Dans le cadre de sa mission de formation, l'OVPF accueille tous les ans de nombreux stagiaires de tous niveaux (collèges, lycées, BTS/IUT, universités, grandes écoles). En 2025, l'OVPF a accueilli 13 stagiaires (Tableau 3).

date début	date fin	Prénom Nom	Encadrants	Niveau	Origine
08/01/2025	09/01/2025	Fany Royer	Aline Peltier	Classe prépa	CCI Ile de La Réunion
24/03/2025	28/05/2025	Clara Palmieri	François Beauducel,	M1	IPGP
01/04/2025	26/06/2025	Tommaso Boni	Equipe OVPF	Erasmus	Université de Turin
05/05/2025	13/06/2025	Cyril Petit	Oryaelle Chevrel,	M1	Université de La Réunion
10/06/2025	04/07/2025	Romain-Louis Jeany	Zacharie Duputel	L2	Université de La Réunion
16/06/2025	26/06/2025	Kendra Canjamalé	Equipe OVPF	seconde	Lycée Bel-Air Sainte-Suzanne
23/06/2025	18/07/2025	Guillaume Leroux	Cyprien Griot	1 <sup>ère</sup> année	ESIROI Saint Pierre
03/07/2025	14/08/2025	Pablo Estève	Frédéric Lauret	2 <sup>ème</sup> année	INP-ENSEEIHT Toulouse
08/12/2025	12/12/2025	Noah Etheve	Equipe OVPF	3 <sup>ème</sup>	Collège Marthe Robin Le Tampon
08/12/2025	12/12/2025	Kiran Badin	Equipe OVPF	3 <sup>ème</sup>	Collège Marthe Robin Le Tampon
08/12/2025	12/12/2025	Raphael Vitry	Equipe OVPF	3 <sup>ème</sup>	Collège Marthe Robin Le Tampon
08/12/2025	12/12/2025	Nicolas Lauret	Equipe OVPF	3 <sup>ème</sup>	Collège de Trois Mares Le Tampon
08/12/2025	12/12/2025	Corentin Michel	Equipe OVPF	3 <sup>ème</sup>	Collège Paul Harmann St Pierre

Tableau 3 : Tableau synthétisant l'accueil de stagiaires et étudiants à l'OVPF en 2025.

Par ailleurs, l'équipe technique de l'OPVF-IPGP a encadré un alternant en BTS CIEL (financement CNRS et Région Réunion). Son projet d'étude portait sur le renforcement de la fiabilité des communications entre les stations de surveillance de Mayotte et



## Rapport annuel 2025

### Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise - IPGP

l'observatoire volcanologique de La Réunion, face à des interruptions récurrentes liées aux opérateurs télécoms, aux infrastructures sous-marines, aux événements climatiques majeurs et aux pannes. L'objectif principal était de garantir la continuité du service public de surveillance sismologique et volcanologique en augmentant significativement le niveau de disponibilité. Pour ce faire, une analyse complète des points de défaillance a été réalisée, suivie de la conception d'une architecture redondante intégrant plusieurs fournisseurs d'accès et des mécanismes de basculement automatique. Le projet, développé dans un cadre pédagogique, a abouti à une solution validée en laboratoire et prête à être testée en conditions opérationnelles avant déploiement sur le terrain.

#### Accueil de doctorants

En 2025, l'OVPF a accueilli une doctorante.

- Lise Firode

- . Sujet de thèse : Seismicity of Piton des Neiges and Piton de la Fournaise
- . Directeur de thèse : Zacharie Duputel (OVPF-IPGP)
- . Co-encadrants : Valérie Ferrazzini (OVPF-IPGP) et Olivier Lengliné (ITES)
- . École doctorale : ED 560 : STEP'UP, Université Paris Cité
- . Début et fin de thèse : 01/01/2022 - 28/02/2025
- . Date de séjour à l'OVPF : thèse hébergée intégralement à l'OVPF
- . Soutenance à l'IPGP : 22/04/2025

#### Accueil en apprentissage

Du 1<sup>er</sup> août 2024 au 31 juillet 2025, l'OVPF a également accueilli un étudiant en apprentissage financé en partie par le CNRS (salaire) et la Région Réunion (frais de formation). Il s'agit du premier apprenti CNRS à La Réunion.

- Lucas Lauret

- . Responsable : Frédéric Pesqueira



## Rapport annuel 2025

### Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise - IPGP

#### Accueil de missionnaires

L'OVPF a également accueilli 19 missionnaires (enseignants-chercheurs, ingénieurs, techniciens) provenant de différents instituts et universités françaises ou étrangères (Tableau 4).

date début	date fin	Prénom Nom	Origine
29/03/2025	03/06/2025	François Beauducel	IPGP
21/04/2025	30/04/2025	Lydie Gailler	LMV-UCA
21/04/2025	30/04/2025	Philippe Labazuy	LMV-UCA
21/04/2025	30/04/2025	Edouard Regis	LMV-UCA
21/04/2025	30/04/2025	Erwan Thébault	LMV-UCA
21/04/2025	30/04/2025	Clément Grace	LMV-UCA
28/04/2025	12/05/2025	Jean-Marie Saurel	IPGP
19/05/2025	23/05/2025	Pierre Sakic	IPGP
19/05/2025	23/05/2025	Andrea Di Muro	Université de Lyon
19/05/2025	30/05/2025	Jérôme Touvier	IPGP
25/10/2025	05/11/2025	Lucas Terray	LMV-UCA
25/10/2025	05/11/2025	Pierre Jean Gauthier	LMV-UCA
25/10/2025	05/11/2025	Valentin Niess	LMV-UCA
25/10/2025	05/11/2025	Vincent Breton	LMV-UCA
25/10/2025	05/11/2025	Jacques Marteau	Université de Lyon
27/10/2025	14/11/2025	Andrea Di Muro	Université de Lyon
27/10/2025	14/11/2025	Gilles Montagnac	Université de Lyon
27/10/2025	14/11/2025	Isabelle Daniel	Université de Lyon
27/10/2025	14/11/2025	Claudia Principe	Consiglio Nazionale delle Ricerche - Pise

Tableau 4 : Tableau synthétisant l'accueil de missionnaires à l'OVPF en 2025.



### 3. Résumé de l'activité en 2025

#### Au Piton de la Fournaise

##### Le réveil progressif du Piton de la Fournaise

L'année 2025 a marqué la fin d'une période exceptionnelle de calme pour le Piton de la Fournaise. Après deux ans et demi sans éruption et près de dix-neuf mois sans signe d'activité profonde, des signes clairs de réactivation du système d'alimentation magmatique du volcan ont été enregistrés par l'OVPF-IPGP fin 2025.

**Premiers signaux :** Dès la mi-septembre 2025, les instruments de surveillance de l'OVPF-IPGP ont détecté une sismicité profonde, localisée à environ 20 km de profondeur sous la région des Plaines (Plaine des Cafres et Plaine des Palmistes ; Figure 5) au niveau du flanc externe occidental du volcan. Ces séismes ont révélé des mouvements de magma en profondeur et/ou une augmentation de la pression dans les conduits internes du volcan.

**Migration de la sismicité :** À partir du 22 novembre, l'activité sismique est devenue plus superficielle et s'est rapprochée du cône terminal du Piton de la Fournaise, avec des séismes localisés entre 4 et 5 km de profondeur sous le sommet (Figure 5). Quatre jours plus tard, une augmentation de la sismicité superficielle (entre 1 et 2,5 km de profondeur) a été observée. Fin novembre, une inflation de l'édifice volcanique a confirmé la pressurisation du réservoir magmatique superficiel localisée vers 2 km de profondeur sous le cratère Dolomieu.

**Une réalimentation en magma :** Cette séquence sismique, depuis les profondeurs sous les Plaines jusqu'au sommet du Piton de la Fournaise, a illustré la remontée de magma profond vers le système d'alimentation superficiel du volcan.

**Première intrusion magmatique :** Le 5 décembre 2025, cette mise en pression du réservoir superficiel a provoqué une intrusion magmatique : le magma a commencé à se propager vers le sommet depuis le réservoir superficiel, sans toutefois atteindre la surface. Un signal Jerk a été détecté avec une amplitude de 0,1 nm/s<sup>3</sup>, soit le seuil minimum d'une intrusion magmatique. Le magma a migré verticalement sur une hauteur de moins de 500 m sous la bordure est du cratère Dolomieu (Figure 5). Il s'agissait de la première activité magmatique vers la surface depuis août 2023.

**Une réactivation toujours en cours :** Fin 2025, le processus de réactivation du système magmatique était toujours en cours. Cette phase de réactivation a mené à une nouvelle intrusion magmatique superficielle le 1<sup>er</sup> janvier 2026 puis finalement à une éruption sur le flanc nord du volcan le 18 janvier 2026.

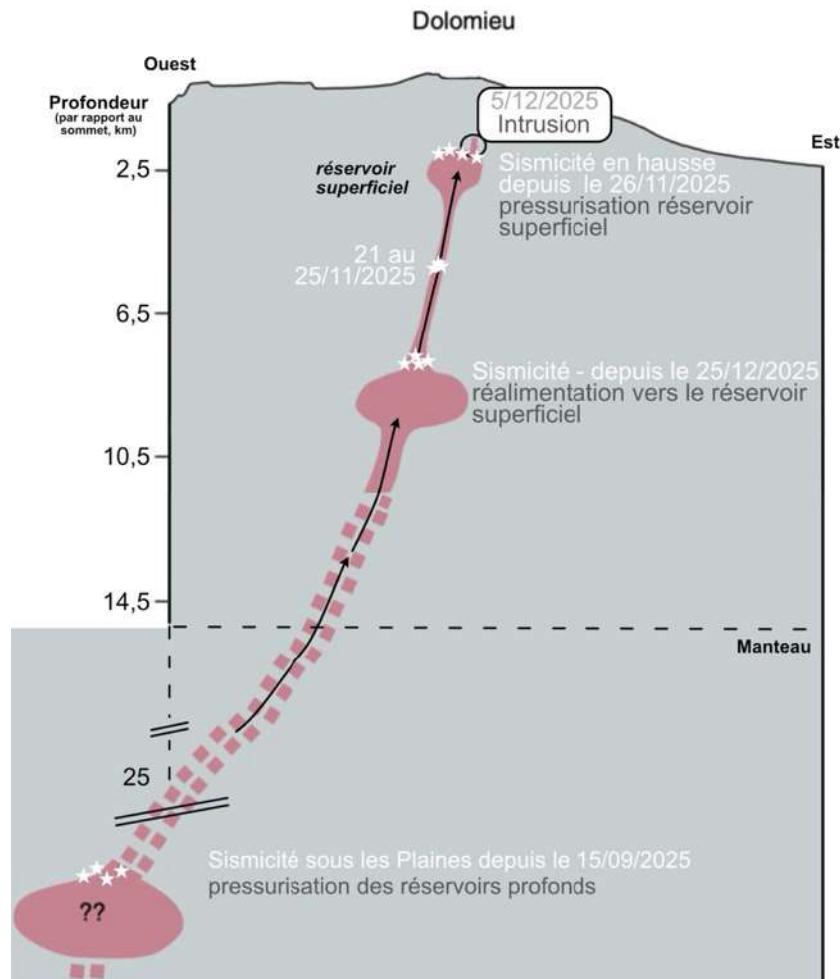


Figure 5 : Vue schématique du système d'alimentation magmatique du Piton de la Fournaise, illustrant les principales phases de réactivation observées depuis mi-septembre 2025. À noter que les séismes, de très faible magnitude, n'ont pour la plupart pas pu être localisés. Les étoiles en blanc représentent les localisations schématiques des séismes.

Cette reprise d'activité s'est traduite pour les équipes de l'OVPF par :

- 43 heures d'astreintes renforcées (en complément des astreintes H24 classiques) au cours desquelles le suivi de l'activité sismique s'est fait de manière continue ou régulière et non pas uniquement sur alarme instrumentale.
- 10 communiqués exceptionnels détaillés d'activité (période du 27/11/2025 au 31/12/2025), se rajoutant aux bulletins quotidiens semi-automatiques relatifs aux observations de la veille et aux bulletins mensuels). Ces bulletins sont consultables en ligne sur la page internet de l'observatoire (<https://www.ipgp.fr/observation/ovs/ovpf>).
- 1 VONA (Volcano Observatory Notice for Aviation) émis auprès des VAACs (Volcanic Ash Advisory Center) de Toulouse et de Londres, ainsi qu'auprès de Météo-France.
- 4 alertes en lien avec l'activité du volcan auprès de l'astreinte de l'État-major de zone et de protection civile de l'océan Indien – EMZPCOI (baisse ou augmentation de l'activité sismique, crises sismiques).

Ces différentes alertes auprès de l'EMZPCOI ont conduit à 4 changements de niveau d'alerte prévu dans le cadre du dispositif



## Rapport annuel 2025

Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise - IPGP

ORSEC « Volcan du Piton de la Fournaise », par le préfet de La Réunion :

20/06/2025 – 00h00 : Levée de la phase de Vigilance

28/11/2025 – 22h00 : Passage en Vigilance

05/12/2025 – 23h30 : Passage en Alerta 1

09/12/2025 – 08h00 : Passage en Vigilance

Le tableau ci-dessous récapitule le nombre de jours pour chacun des niveaux d'alerte du dispositif ORSEC « Volcan du Piton de la Fournaise » en 2025 :

<b>Pas d'alerte</b>	162 jours
<b>Vigilance</b>	199,5 jours
<b>Alerte 1</b>	3,5 jours

Les détails sur l'activité du Piton de la Fournaise 2025 sont à retrouver dans les communiqués et les bulletins mensuels de l'OVPF (ISSN 2610-5101) :

<https://www.ipgp.fr/ovpf>

Au jour le jour, l'activité du Piton de la Fournaise est à retrouver dans le bulletin quotidien de l'OVPF :

[https://www.ipgp.fr/volcanoweb/reunion/Bulletin\\_quotidien/bulletin.html](https://www.ipgp.fr/volcanoweb/reunion/Bulletin_quotidien/bulletin.html)



## Rapport annuel 2025

### Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise - IPGP

#### À l'échelle de La Réunion

En 2025, quatre séismes ont été ressentis par la population et ont fait l'objet d'un communiqué spécifique de l'OVPF (Figure 6), ainsi que d'une diffusion auprès de FranceSéisme (<https://www.franceseisme.fr/>) afin que la population puisse témoigner sur une page dédiée de leur site (Figure 7) :

- le 6 février 2025, 17h50 TU, magnitude 2.3, dans le secteur ouest-sud-ouest de Cilaos, (79 témoignages sur le site web de FranceSéisme),
- le 6 mars 2025, 21h08 TU, magnitude 1.8, dans le secteur de la Roche Écrite, (233 témoignages sur le site web de FranceSéisme),
- le 14 avril 2025, 16h04 TU, magnitude 2.4, dans le secteur de la Roche Écrite, (129 témoignages sur le site web de FranceSéisme),
- le 8 mai 2025, 17h45 TU, magnitude 2.4, dans le secteur de la Roche Écrite, (0 témoignage sur le site web de FranceSéisme).

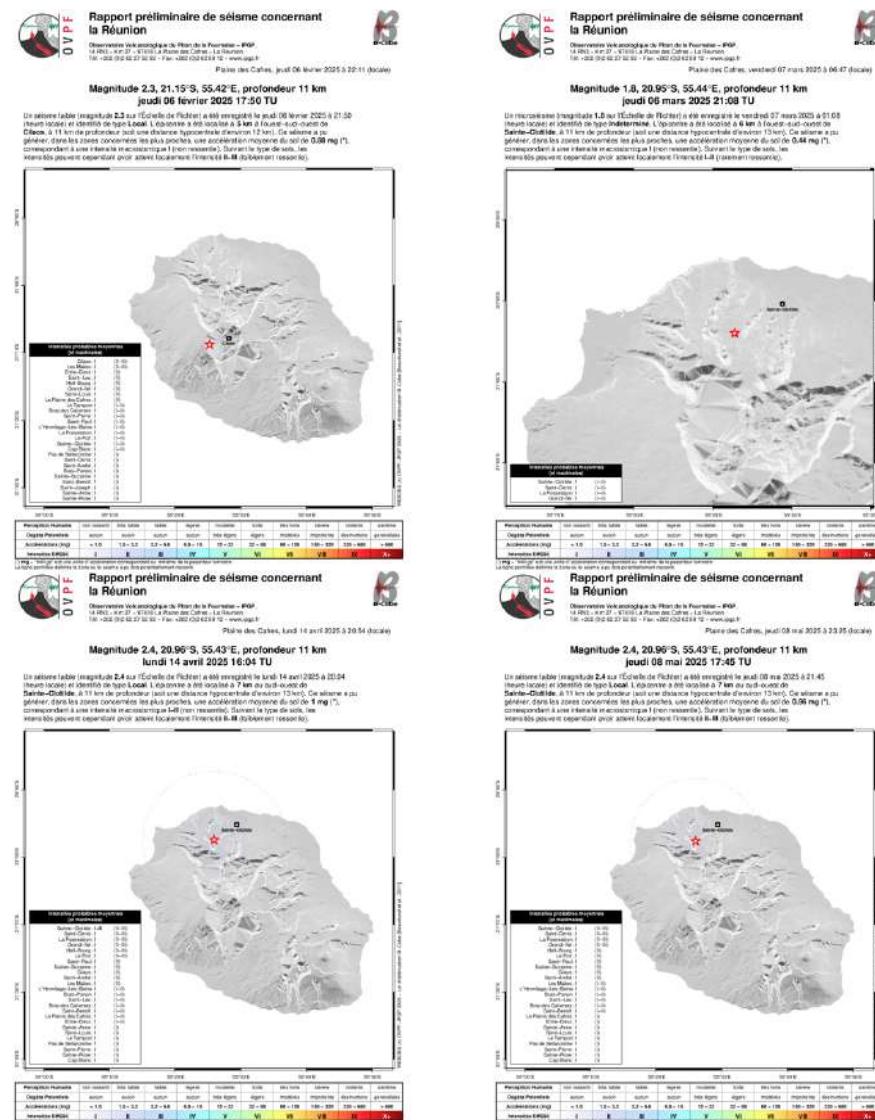
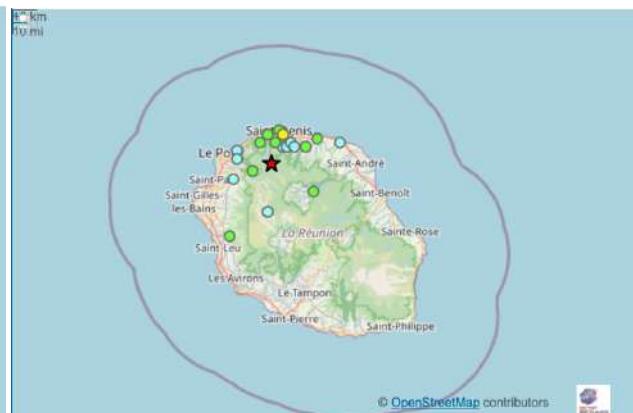
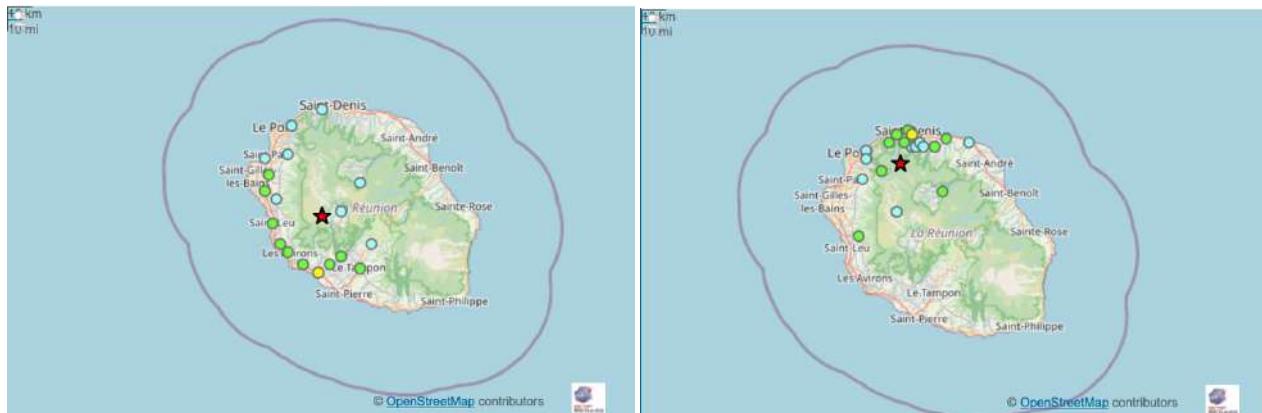


Figure 6 : Rapports concernant les 4 séismes ressentis à La Réunion en 2025 (@WebObs/OVPF).



## Rapport annuel 2025

### Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise - IPGP



Séisme du 14 avril 2025, 16h04 TU, magnitude 2.4



Figure 7 : Cartes d'intensités issues des témoignages de la population sur le site de FranceSéisme pour trois des quatre séismes ressentis en 2025 à La Réunion (le 4<sup>e</sup> séisme ressenti de 2025 n'a pas fait l'objet de témoignage sur le site de FranceSéisme).



## Rapport annuel 2025

Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise - IPGP

Trois de ces séismes ressentis ont eu lieu dans le secteur de la Roche Écrite, un secteur sous lequel plusieurs dizaines de séismes sont enregistrés chaque mois par le réseau sismologique de l'OVF.

Firode et al. (2024) ont analysé les séismes dans cette région à l'aide de techniques avancées pour pouvoir les détecter et les localiser précisément. Ils ont découvert que l'activité sismique se concentre principalement le long de failles situées dans la croûte océanique sous le Piton des Neiges. Contrairement à celle du Piton de la Fournaise, cette sismicité est liée à des failles tectoniques plutôt qu'à une activité magmatique profonde. Ces séismes sont probablement provoqués par l'effet combiné du champ de contraintes régionales et du poids exercé par l'édifice volcanique sur des failles préexistantes localisées dans la croûte océanique.

### Référence :

Firode, L., Z. Duputel, V. Ferrazzini, O. Lengliné (2024), Seismicity under a dormant volcano: unveiling active crustal faulting beneath Piton des Neiges, La Réunion, *Bulletin of the Seismological Society of America*, 114(3), 1626-1638.



#### 4. Sismicité

- **Collaborations nationales principales** : O. Lengliné (ITES/EOST) ; N. Shapiro (ISTerre) ; L. Michon (LGSR/IPGP) ; M. Gerbault (OMP)

- **Collaborations internationales principales** T. Lecoq (ROB) ; E. Eibl (U. Potsdam) ; C. Journeau (U. Oregon) ; Yan Zhan (CUHK)

> Le réseau sismologique de l'OVPF

Le réseau sismologique "PF" de l'Observatoire Volcanologique du Piton de la Fournaise (OVPF) est composé de 44 stations sismologiques représentant un total de 116 voies échantillonnées à 100 Hz transmises en temps réel à l'OVPF. Ce réseau comporte 34 stations large bande à 3 composantes, 2 stations 3 composantes courte période et 6 stations analogiques à 1 composante verticale (Figure 8).

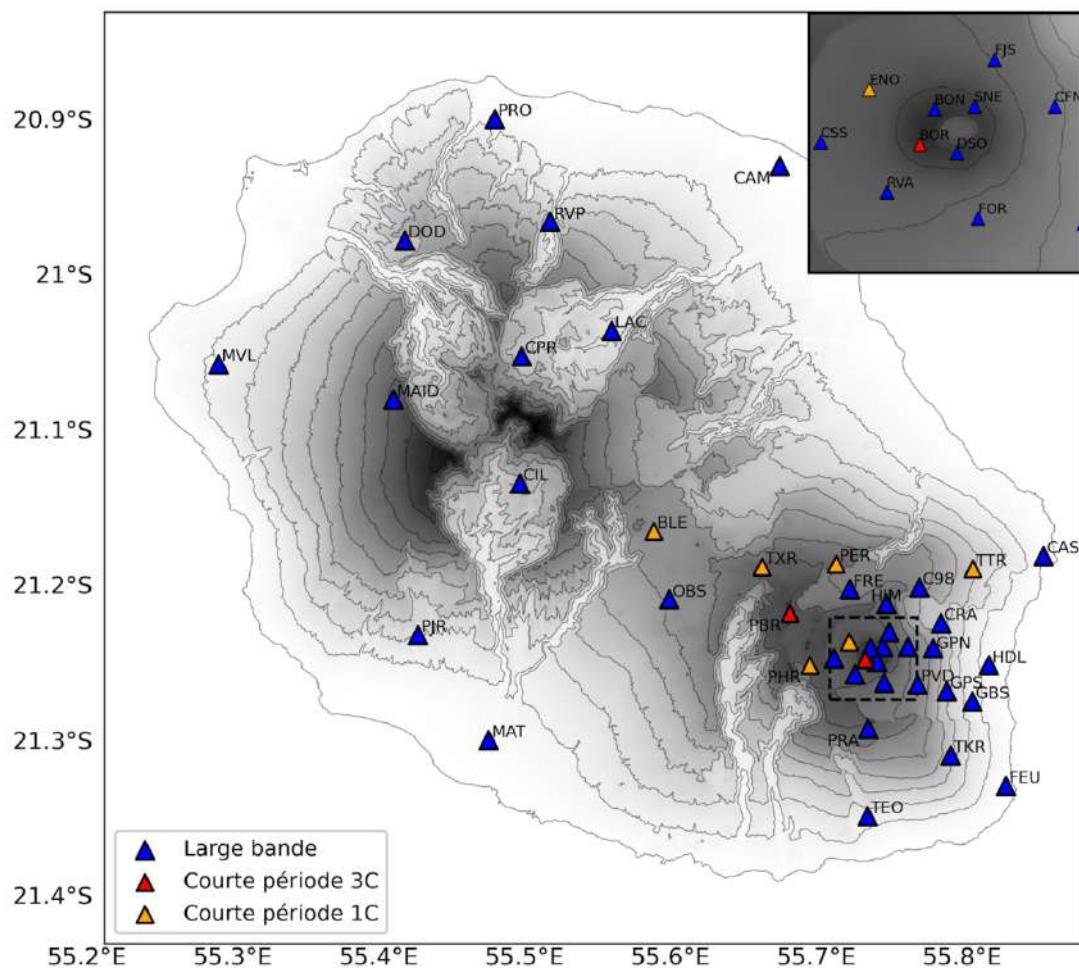


Figure 8 : Carte des réseaux sismologiques de La Réunion au 1<sup>er</sup> décembre 2025. Chaque triangle représente une station sismologique équipée d'un sismomètre large bande, d'un capteur courte période à 3 composantes (3C), ou vertical (1C).



## Rapport annuel 2025

### Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise - IPGP

L'année 2025 a été marquée par le passage du cyclone Garance le 28 février 2025 qui a considérablement impacté le réseau sismologique. À la suite du passage du cyclone, seulement 9 stations sismologiques sur 44 restaient opérationnelles. L'intervention rapide des équipes sur le terrain a permis une remise en état du réseau suite au passage du cyclone.

Le déploiement de nouvelles stations large-bande sur des sites auparavant équipés de stations courte-période s'est poursuivi en 2025. Grâce au travail de l'équipe technique, des stations large-bande ont ainsi été installées sur les sites de PJR et TEO, situés respectivement à l'ouest et au sud du massif du Piton de la Fournaise. Cette démarche de modernisation du réseau se poursuivra dans les prochaines années, en particulier pour les stations TTR, ENO, BLE, TXR, PER, BOR, PHR et PBR. Le remplacement de la station VIL (cratère Villèle, au sud de l'Enclos Fouqué), dont l'infrastructure a été détruite par une coulée de lave en avril 2021, est également prévu. Par ailleurs, plusieurs stations équipées de numériseurs Q330, présentant des défaillances récurrentes, feront l'objet d'une jouvence. La région Est de La Réunion est toujours assez mal couverte par le réseau actuel (ce qui est souvent problématique pour suivre la sismicité sous le cirque de Salazie; cf. Figures 8 et 10).

Les données sont disponibles en temps réel et via les protocoles seedlink et fdsnws sur le serveur du centre de données de l'IPGP. Les métadonnées décrivant les caractéristiques des instruments permettant de corriger les signaux de la réponse instrumentale sont régulièrement mises à jour ou corrigées. Les localisations des hypocentres sont disponibles après validation par un sismologue via le webservice de l'IPGP et sur le site du BCSF-RENASS.

#### > Activité sismique en 2025

L'OVPF effectue le suivi en continu de l'activité sismique se produisant au niveau du Piton de la Fournaise et plus largement à l'échelle de l'île de La Réunion. Le réseau sismologique de l'OVPF enregistre également l'activité sismique se produisant à l'échelle régionale (autour des Mascareignes) et à l'échelle mondiale (télésismes de forte magnitude). En plus des séismes, l'observatoire enregistre d'autres types de signaux comme le trémor éruptif (lié au dégazage du magma proche de la surface), des éboulements rocheux, des ondes sonores liées aux orages, du bruit lié à l'activité anthropique (e.g., hélicoptères) ou à l'interaction entre l'océan et la terre solide (bruit microsismique).



Figure 9 : Nombre d'événements par jour enregistrés dans la main courante de l'OVPF en 2025 (©WebObs/OVPF).

Le dépouillement des données sismologiques a permis de détecter notamment (Figure 9) :

- 2067 séismes volcano-tectoniques sommitaux (au-dessus du niveau de la mer, sous le sommet du Piton de la Fournaise),
- 102 séismes Longue Période (LP) ou très longue période (VLP) au niveau du Piton de la Fournaise,
- 236 séismes volcano-tectoniques profonds (sous le niveau de la mer au Piton de la Fournaise),
- 959 séismes locaux (sous l'île de La Réunion et à moins de 200km des côtes),
- 30 séismes régionaux (à des distances comprises entre 200 et 2000 km de l'île),
- 72 télésismes (à plus de 2000 km de l'île),
- 2184 éboulements,
- 653 ondes sonores (majoritairement associées à des orages mais aussi à quelques météores).

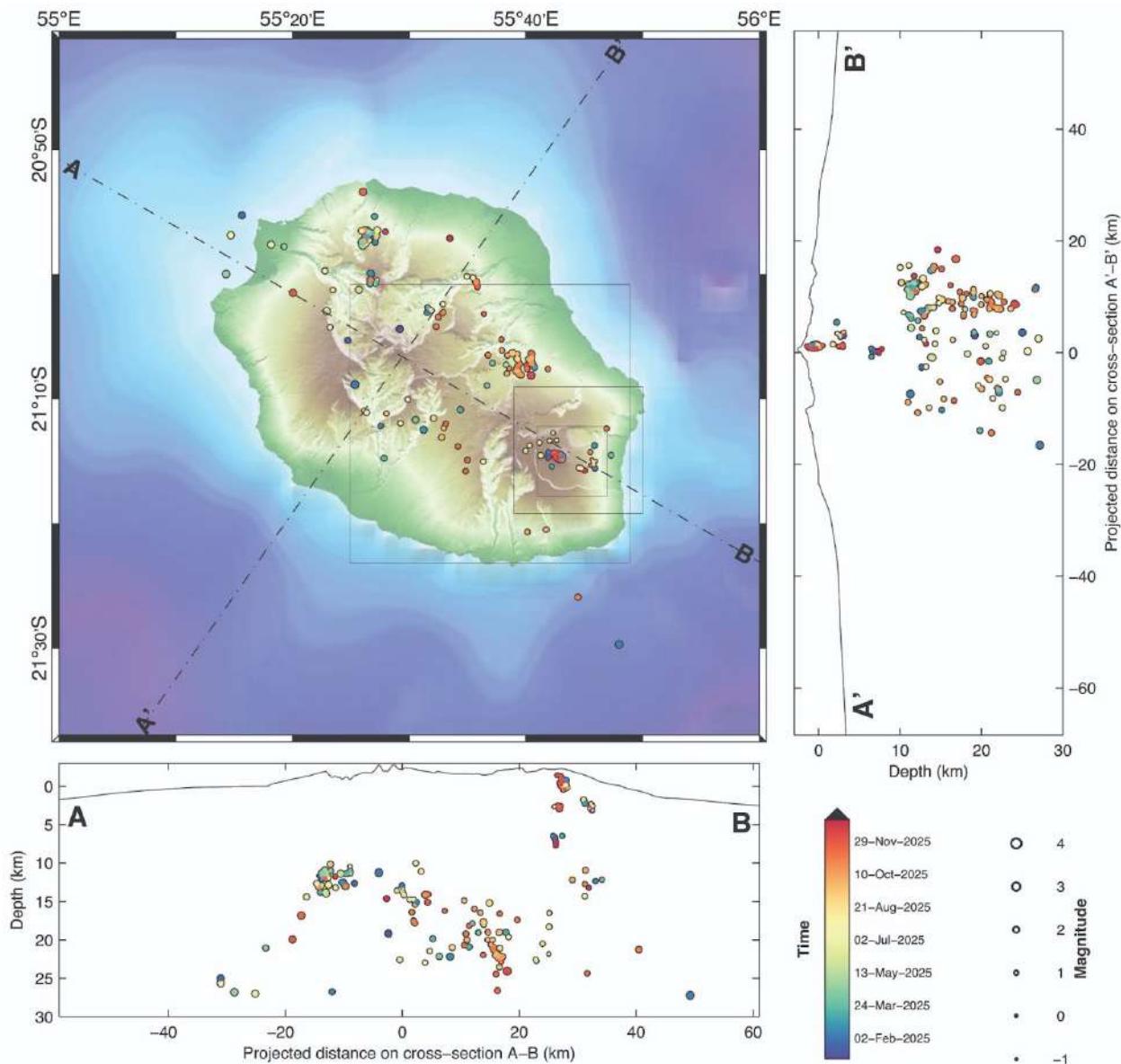


Figure 10 : Localisation des séismes au cours de l'année 2025. Chaque séisme est représenté par un cercle dont le diamètre dépend de la magnitude et la couleur indique la date du séisme. Le modèle de vitesse utilisé pour la localisation est un gradient de vitesse suivant la topographie. Seuls les séismes pointés manuellement sont présentés sur cette figure (©WebObs/OVPF).

#### Sismicité régionale

La majorité de l'activité sismique régionale est associée à la sismicité de la dorsale sud-ouest indienne et de la dorsale centrale indienne.



## Rapport annuel 2025

### Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise - IPGP

#### Sismicité locale

À l'échelle de l'île de La Réunion, on identifie plusieurs zones d'activité sismique (Figure 10). Cette sismicité locale est observée tout au long de l'année, avec parfois plus de 10 séismes par jour détectables sur les enregistrements de l'OVPF (cf. Figure 11).

Sur la Figure 10, on distingue une activité sismique tout au nord de l'île avec deux clusters de sismicité sous le massif de la Roche Écrite. Cette activité, persistante depuis plusieurs années, est localisée dans la croûte océanique sous l'édifice volcanique du Piton des Neiges. Cette sismicité analysée dans le cadre de la thèse de Lise Firode, correspond principalement à l'activité d'une faille inverse localisée dans la croûte océanique (Firode et al., 2024). Depuis fin 2022, on identifie également une nouvelle zone d'activité sismique à l'est du cirque de Salazie et au niveau de la Rivière du Mat. Ces événements semblent localisés légèrement plus en profondeur par rapport à l'activité sous la Roche Écrite. La localisation de ces séismes est cependant moins bien contrainte par le réseau de l'OVPF qui dispose d'un faible nombre de stations sismiques dans cette région de l'île (cf. Figure 8).

La région des Plaines plus au sud, en particulier la Plaine des Palmistes, a été marquée par une hausse de la sismicité à partir de mi-septembre, avec en moyenne un séisme détecté par jour jusqu'à la fin novembre (cf. Figure 11). Ces séismes ont majoritairement une magnitude inférieure à 1 et sont difficiles à localiser. Localisée entre 15 et 25 km de profondeur sous le niveau de la mer, cette activité ne correspond pas à une séquence de type choc principal-répliques, mais suggère un épisode de chargement transitoire lié à la mise en pression des parties profondes du système magmatique du Piton de la Fournaise, localisé sous ce secteur. Les mécanismes au foyer obtenus pour ces séismes indiquent des failles inverses orientées N120°, similaires à celles observées au niveau de la Roche Écrite. Cette activité profonde semble avoir baissé en intensité à partir de décembre 2025.

En 2025, quatre séismes ont été ressentis dont trois sous le massif de la Roche Écrite et dans le secteur du Petit Bénare/ouest de Cilaos (cf., Figures 6,7 et section 3 de ce rapport).

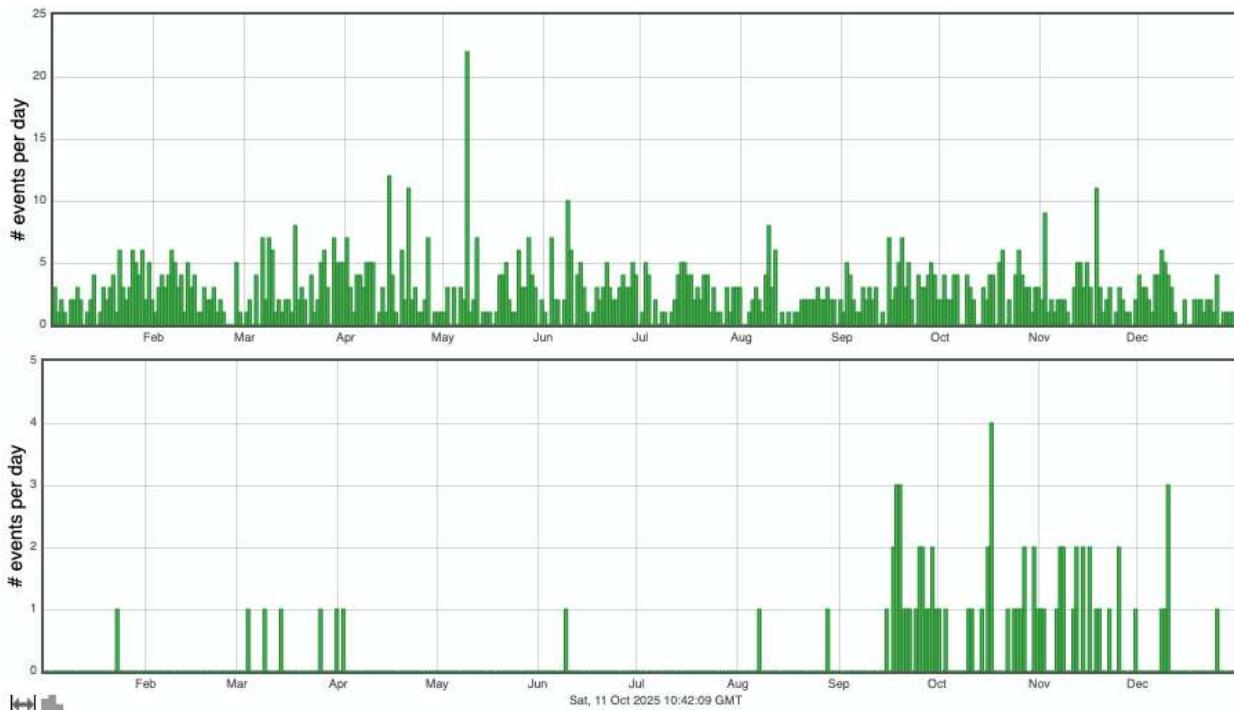


Figure 11 : Nombre de séismes locaux par jour en 2025 (en haut). En bas les événements localisés sous la région des Plaines qui a montré une hausse d'activité à partir de mi-septembre 2025 (©WebObs/OVPF).



## Rapport annuel 2025

### Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise - IPGP

#### Sismicité du Piton de la Fournaise

L'augmentation de la sismicité locale sous la région des Plaines a été suivie par une reprise conséquente de l'activité sismique sous le Piton de la Fournaise à partir de la fin du mois de novembre (Figures 12 et 13). Cette activité a débuté le 22 novembre par un essaim de séismes volcano-tectoniques profonds, localisés entre 4 et 5 km de profondeur sous le sommet (Figure 13 et 14). À partir du 24 novembre, cette activité a ensuite été accompagnée par l'occurrence d'événements longue période (Figure 13), généralement interprétés comme des marqueurs de variation de pression ou de circulations de fluides dans le système magmatique ou hydrothermal.

À partir du 26 novembre, une hausse importante de la sismicité volcano-tectonique sommitale est observée jusqu'à l'occurrence d'une première crise sismique le 5 décembre 2025, révélatrice d'une intrusion magmatique superficielle (Figures 13 et 14). Un signal Jerk a été observé (Beauducel et al., 2025), avec une amplitude de seulement  $0,1 \text{ nm/s}^3$  ce qui correspond au seuil minimum de déclenchement de l'alerte (Figure 15) et confirme qu'une intrusion magmatique a bien eu lieu. Lors de cette crise, on a pu observer un départ des hypocentres en profondeur dans le secteur sud-est du Dolomieu suivi d'une migration progressive vers le nord et vers la surface sur une distance d'environ 500 m, sans atteindre la surface (Figure 16).

À la suite de cette première injection magmatique depuis celle de juillet 2023, l'activité sismique est restée à un niveau élevé jusqu'à l'occurrence d'une nouvelle intrusion le 1<sup>er</sup> janvier 2026 et d'une éruption le 18 janvier 2026.



Figure 12 : Nombre de séismes volcano-tectoniques sommitaux, longue période et profonds détectés en 2025 au Piton de la Fournaise (©WebObs/OVPF).



Rapport annuel 2025  
Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise - IPGP



Figure 13 : Sismicité profonde (en haut), longue période (au milieu) et sommitale en novembre-décembre 2025 (©WebObs/OVPF).



Rapport annuel 2025  
Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise - IPGP

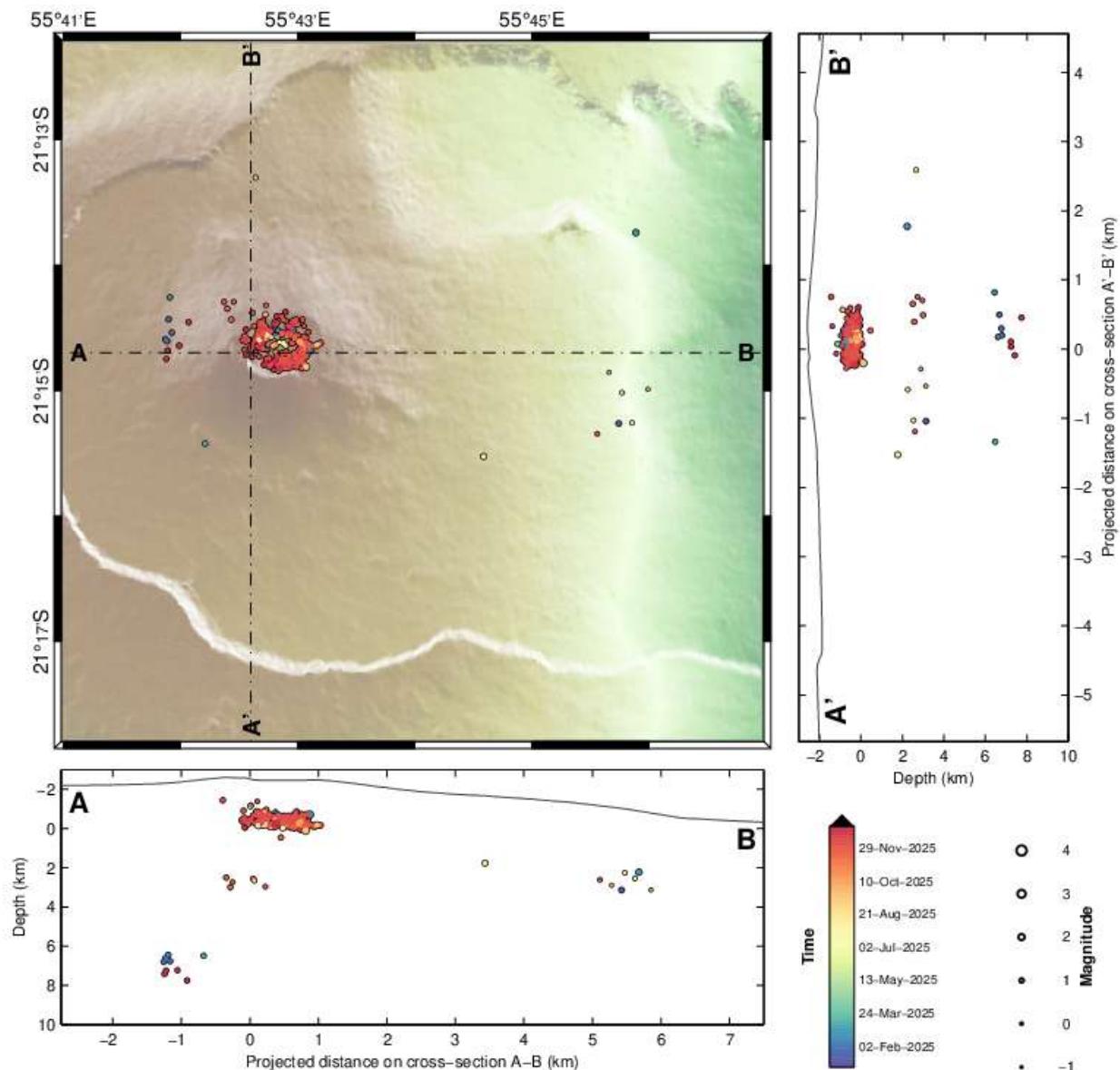


Figure 14 : Localisation des séismes à l'échelle de la caldera de l'Enclos Fouqué en 2025. Chaque séisme est représenté par un point dont la taille dépend de la magnitude et sa couleur indique le temps origine. Cette carte ne présente que les séismes détectés et localisés manuellement par l'OVPF (@WebObs/OVPF).



## Rapport annuel 2025

Rapport annuel 2020  
Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise - IPGP

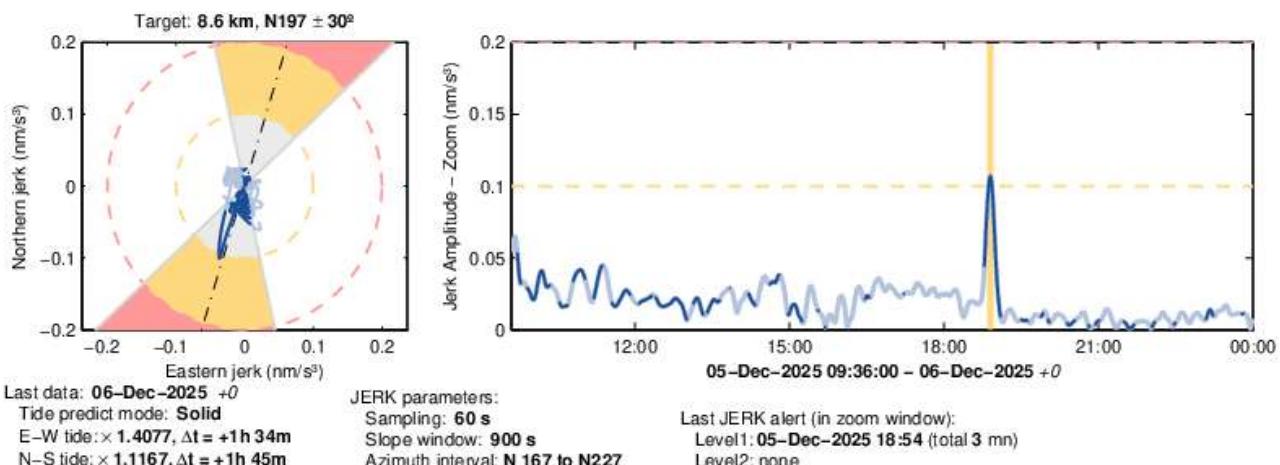


Figure 15 : Signal Jerk enregistré à la station RER lors de l'intrusion magmatique du 5 décembre 2025 : à gauche la trajectoire horizontale, à droite l'amplitude en nm/s<sup>3</sup>. La couleur bleu foncé indique lorsque le jerk est dans l'intervalle azimuthal du volcan. Le seuil de déclenchement de l'alerte est indiqué par les pointillés en orange (©WebObs/OVPF).



## Rapport annuel 2025

Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise - IPGP

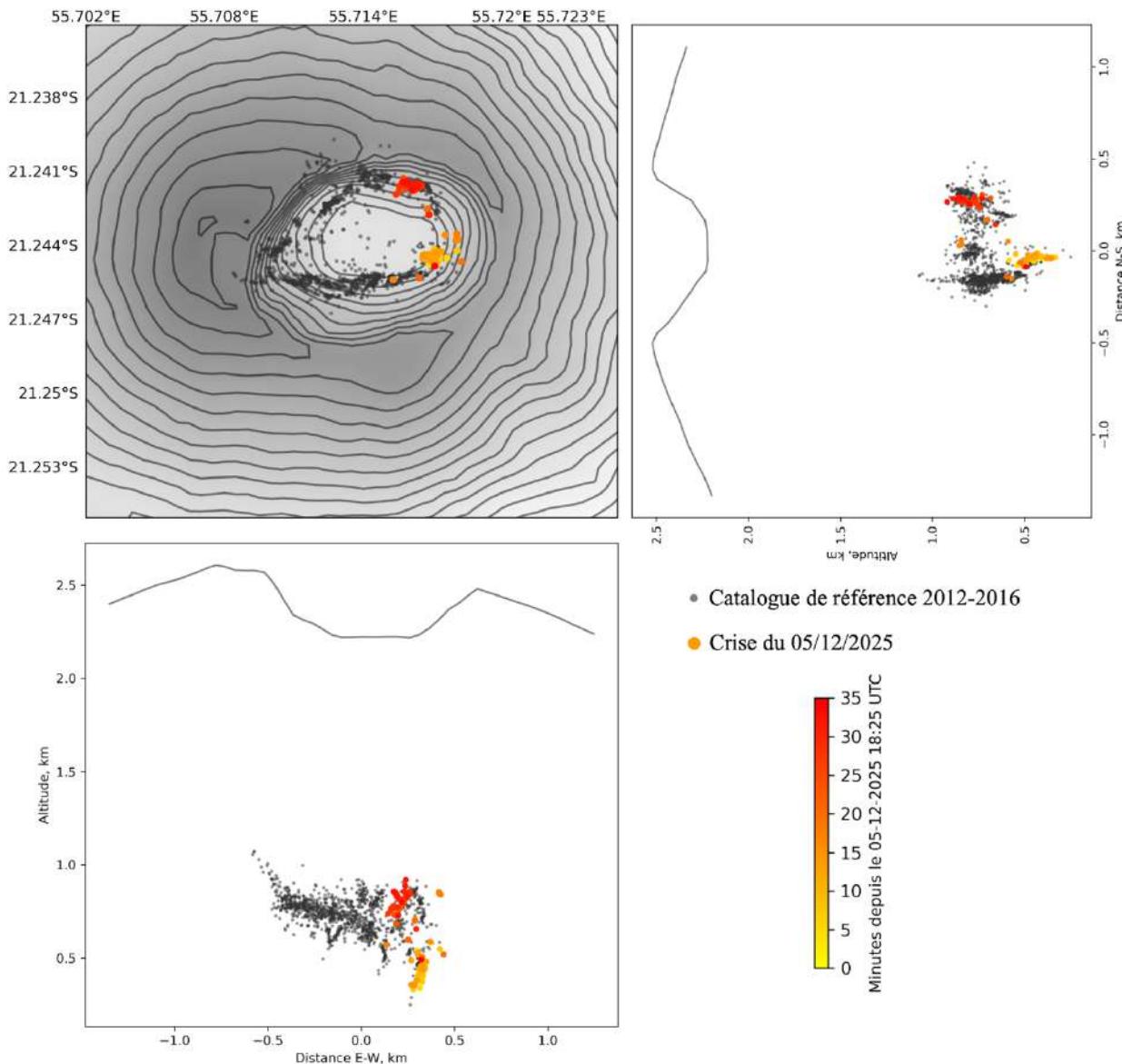


Figure 16 : Résultat du template-matching et de la re-localisation des séismes survenus lors de la crise sismique du 5 décembre 2025 (©Duputel/OVPF).

### Références :

- Beauducel F., G. Roult, V. Ferrazzini, A. Peltier, P. Jousset, P. Boissier, N. Villeneuve (2025), Jerk, a promising tool for early warning of volcanic eruptions, *Nature Communications*, 16, 11418. <https://doi.org/10.1038/s41467-025-66256-z>.
- Firode, L., Z. Duputel, V. Ferrazzini, O. Lengliné (2024), Seismicity under a Dormant Volcano: Unveiling Active Crustal Faulting beneath Piton des Neiges, La Réunion, *Bulletin of the Seismological Society of America*, <https://doi.org/10.1785/0120230284>.
- Firode, L., O. Lengliné, Z. Duputel, V. Ferrazzini (2025), Interplay of Flank Seismicity, Flank motion and Magma Transport at Piton de la Fournaise, La Réunion, en préparation pour *J. Geoph. Res. Solid Earth*.



## 5. Géodésie

- **Collaborations nationales principales** : F. Albino (ISTerre/ISDeform) ; V. Cayol (LMV/OPGC) ; JL. Froger (Université de Saint-Etienne, ISDeform) ; M. Gerbault (IRD Toulouse) ; JL. Got (ISTerre) ; J. Van Baelen (LACy/Université de La Réunion)

- **Collaborations internationales principales** : A. Bonforte (INGV) ; M. Poland (USGS) ; F. Sigmundsson (University of Iceland) ; B. Taisne (EOS)

### > Les réseaux de surveillance de la déformation

En 2025, le réseau permanent de surveillance de la déformation du Piton de la Fournaise comprenait :

- 27 stations GNSS (Global Navigation Satellite System)
- 11 couples d'inclinomètres sur 10 sites différents
- 3 extensomètres 3 composantes

#### Le réseau GNSS

En 2025, le réseau GNSS (Global Navigation Satellite System) permanent de l'OVPF comprenait un total de 27 stations permanentes sur le massif du Piton de la Fournaise (dont 10 sur le cône terminal, 7 sur le flanc est au-dessus des Grandes Pentes, dans les Grandes Pentes et le Grand Brûlé, 10 sur le pourtour extérieur de l'Enclos Fouqué ; Figures 17 et 18). À ces stations sur le massif du Piton de la Fournaise, s'ajoute 1 station au Maïdo, qui est une station conjointe OVPF / laboratoire du LACy de l'université de La Réunion.

L'OVPF utilise également les données de (i) la station RGP (Réseau GNSS Permanent de l'IGN) REUN (située dans le parc de l'observatoire), (ii) de 9 autres stations RGP, auxquelles l'OVPF a accès gratuitement via le site du RGP (depuis le 17/04/2018), (iii) ainsi que les 8 stations du réseau privé Lél@ (réseau de topographes de La Réunion) dont 1 des stations est également incluses dans le réseau RGP (BPAN, Figure 17).

À noter que suite à une défaillance sur le service de distribution FTP de Lél@, le traitement des données des stations Lél@ se fait de manière différée depuis avril 2023 à l'OVPF.

L'ensemble de ces stations couvre ainsi la totalité de l'île de La Réunion.

En 2025, le rapatriement des données jusqu'à l'observatoire se faisait toutes les 15 minutes pour 6 des stations de l'OVPF (5 stations sommitales : BOMG, BORG, DERG, DSRG et SNEG et une station à la base du cratère principal : CFNG). La récupération des données provenant des autres stations se fait 1 fois par jour. Le rapatriement toutes les 15 minutes permet de traiter plus rapidement et fréquemment les données, ceci étant de première importance en cas de gestion de crises éruptives ou intrusives.

Une fois rapatriées, les données sont désormais traitées uniquement avec le logiciel GipsyX (Bertiger et al., 2020). En effet en août 2025, l'OVPF a pris la décision d'arrêter les traitements via GAMIT/GLOBK dont la maintenance devenait complexe. GipsyX/JPL permet de calculer une solution journalière en traitement PPP (precise point positionning - positionnement précis de point) qui est plus adapté au temps-réel.

En 2024, une modernisation du système d'acquisition et de traitement des données (via GipsyX) a été faite grâce à la plateforme open-source de planification de flux de travail Apache Airflow. Apache Airflow permet de superviser de manière centralisée toutes les étapes de ces traitements depuis le téléchargement des données jusqu'à la production des résultats (Figure 19), ce qui a permis de déployer le traitement de solution quasi temps réel (15 minutes) sur les 5 stations sommitales (BOMG, BORG, DERG, DSRG et SNEG) et la station CFNG.



## Rapport annuel 2025

Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise - IPGP

Les données sont ainsi traitées toutes les 15 min, mais aussi recalculées quotidiennement en fin de journée et également au bout de 24 jours afin de prendre en considération les orbites définitives mises à disposition dans ce délai de temps, permettant d'affiner encore un peu plus la précision des calculs

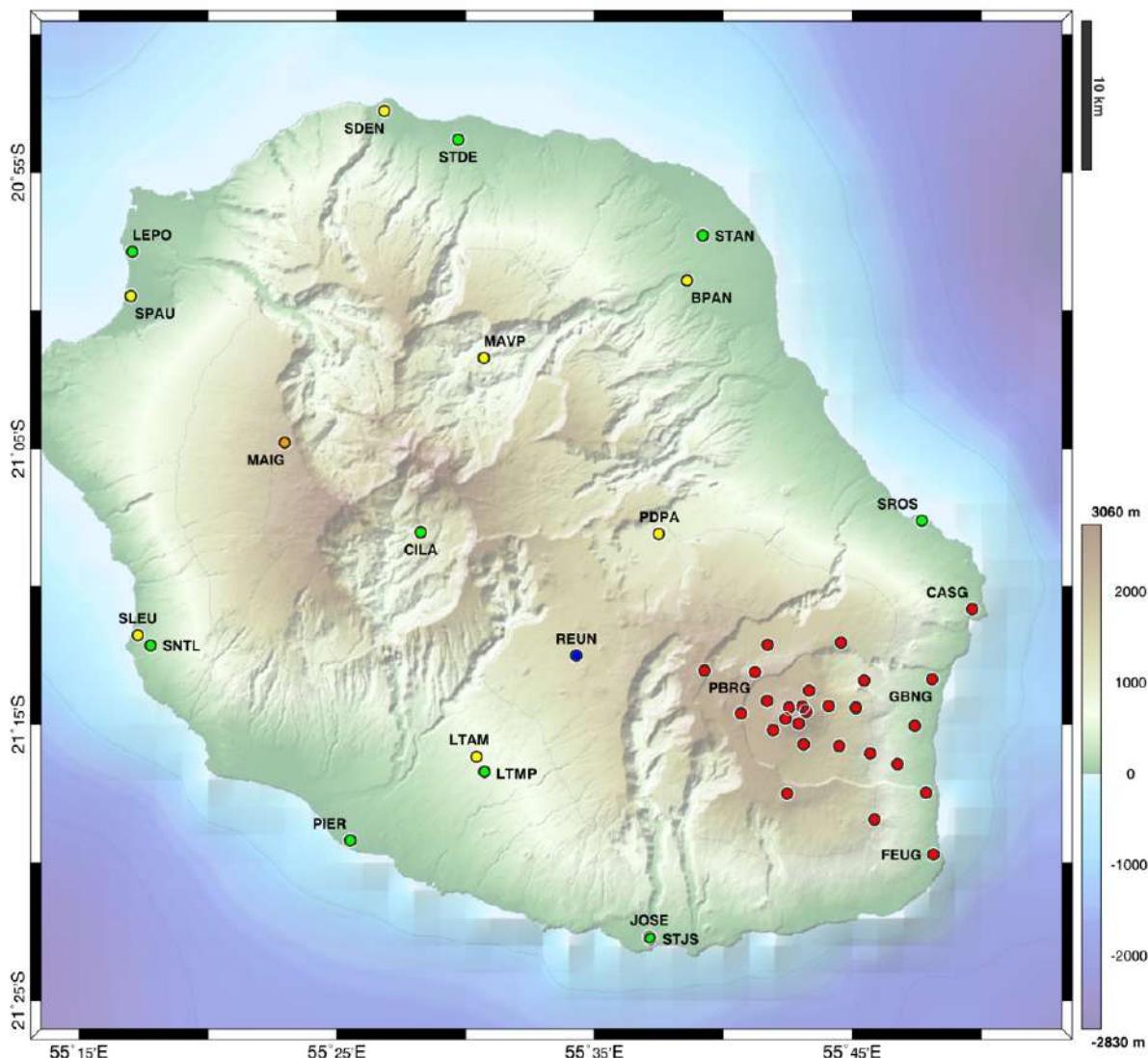


Figure 17 : Localisation des stations GNSS de l'OVPF et de ses partenaires sur l'île de La Réunion dont les positions sont calculées à l'OVPF en date du 31/12/2025. En rouge : les stations de l'OVPF, en orange : la station MAIG de l'OVPF/LACy, en jaune : les stations LéL@, en vert : les stations RGP, en bleu : la station REUN de l'IGN (@WebObs/OVPF).

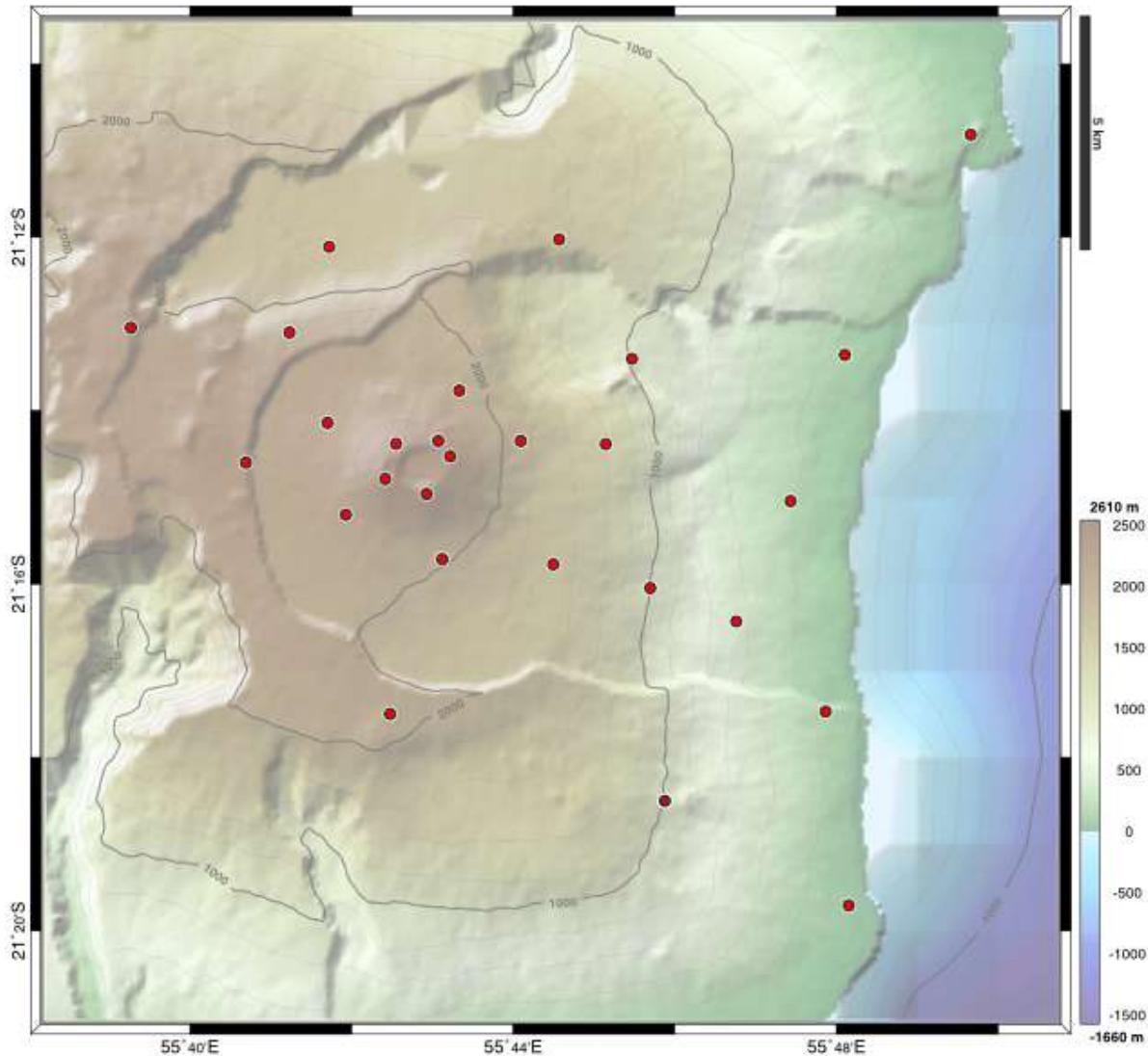


Figure 18 : Zoom sur la localisation des stations GNSS de l'OVPF dans et autour de l'Enclos Fouqué en date du 31/12/2025 (©WebObs/OVPF).

À noter que l'intégralité des séries temporelles GNSS ont été mises à jour courant juin 2025. Elles consistent en un retraitement homogène de l'intégralité des données GNSS, désormais disponibles au format RINEX3 pour les plus récentes (depuis la fin mai 2025 et rétrospectivement à partir du 1<sup>er</sup> janvier 2019). Le calcul est réalisé avec le logiciel GipsyX dans sa version 2.3 (Murphy et al., 2024). Ces calculs intègrent les nouveaux produits du JPL dans l'ITRF2020 (Altamimi et al., 2023, Rebischung et al., 2024) diffusés depuis le 25 août 2024, et mis à disposition rétrospectivement à partir du 1<sup>er</sup> janvier 2002 (Murphy et al., 2024). Les coordonnées calculées sont exprimées par rapport au Centre de Figure (CF). La dichotomie Centre de Figure / Centre de Masse (CM) étant un concept introduit par l'ITRF2020, et GipsyX 2.3 travaillant par défaut dans le CM, et nous avons fait le choix de réaliser une transformation CM > CF, plus adapté à des chantiers sur des petites zones.



## Rapport annuel 2025

### Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise - IPGP

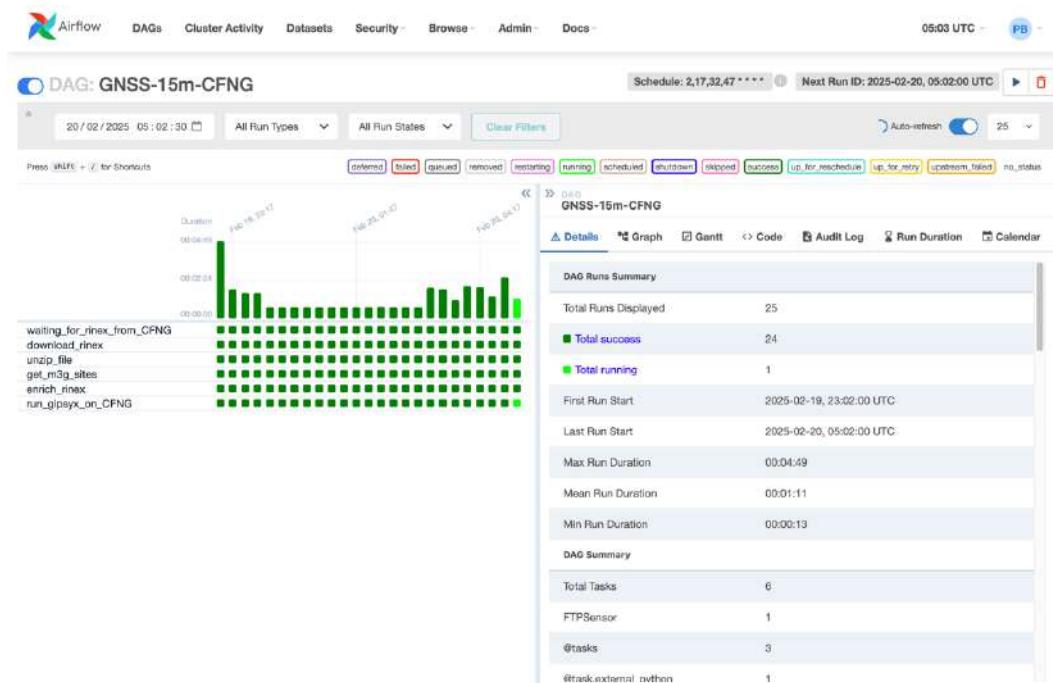


Figure 19 : Supervision des traitements GNSS 15 minutes de la station CFNG.

À ce réseau permanent, s'ajoute un réseau de 70 tiges installées sur le cône terminal du Piton de la Fournaise et à sa base afin de densifier les mesures GNSS. En effet après chaque éruption, des campagnes de mesure sur le terrain sont organisées pour réitérer ce réseau, permettant ainsi de mieux caractériser spatialement la distribution des déformations de surface et de mieux contraindre la localisation et le cheminement du magma vers la surface lors de l'injection du dike.

#### Le réseau inclinométrique et extensométrique

Le réseau inclinométrique et extensométrique de l'OVPF se composait en 2025 de (Figure 20) :

- 5 couples d'inclinomètres de type BLUM (4 à l'intérieur de la caldera de l'Enclos Fouqué et 1 à l'extérieur, à 8 km du sommet dans le tunnel de Rivière de l'Est, RERI) et 3 couples d'inclinomètres Spectron en service (installés en surface), le tout déployé sur 7 sites différents.

À noter que les inclinomètres de la station FORI (à proximité du cratère Château Fort) sur le flanc sud sont actuellement hors service.

- 3 inclinomètres de forage LILY – 2 composantes (installés en bordure de la caldera de l'Enclos Fouqué, PARI, ENCI, BERI). L'inclinomètre de la station ENCI est actuellement hors service.

- 3 extensomètres (3 composantes : ouverture, cisaillement et verticale), installés sur des fractures préexistantes (Figure 20).

Les données de ces stations sont transmises en temps réel vers l'observatoire.



## Rapport annuel 2025

Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise - IPGP

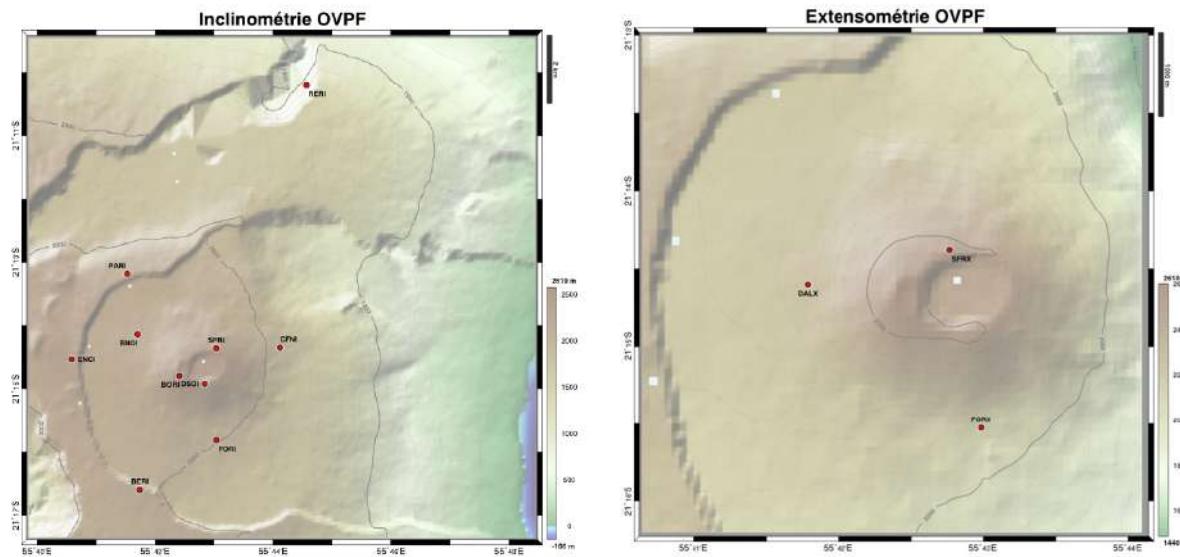


Figure 20 : Localisation des stations du réseau inclinométrique (à gauche) et extensométrique (à droite) de l'OVPF en date du 31/12/2025  
©WebObs/OVPF.



## Rapport annuel 2025

Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise - IPGP

### > Observation des déformations en 2025

Entre avril 2024 et novembre 2025, les données GNSS ont enregistré une déflation de l'édifice visible à la fois au niveau de la zone sommitale et en champ lointain (Figures 21 et 22). Les modélisations numériques indiquent pour cette période une source de déflation centrée sous le cratère Dolomieu juste au-dessus du niveau de la mer (Figure 23).

Fin novembre 2025, un changement de tendance a été enregistrée avec une augmentation des distances sur l'ensemble des lignes de base, traduisant une inflation de l'édifice (Figure 21). Cette inflation, dont la source est superficielle (au-dessus du niveau de la mer) et localisée sous le cratère Dolomieu (Figure 24), correspond à une mise en pression du réservoir magmatique superficiel (localisé aux alentours de 1-2 km sous la surface) lors de sa réalimentation par du magma profond (Peltier et al., 2009 ; Beauducel et al., 2020). Cette pressurisation fut à l'origine de l'intrusion du 5 décembre.

L'intrusion du 5 décembre n'a généré que de faibles déformations, non visibles sur les données GNSS mais uniquement sur les données inclinométriques, plus sensibles (de l'ordre de 8 microradians ; Figure 25).

Suite à cette intrusion, l'inflation a ralenti avant de cesser à partir du 14 décembre, puis de reprendre à la fin du mois de décembre 2025. Cette reprise de l'inflation est visible uniquement sur les stations sommitales et à la base du cône terminal (Figure 21). Au total entre le 25 novembre et le 31 décembre 2025, un maximum de 3 cm d'élongation a été enregistré au sommet.

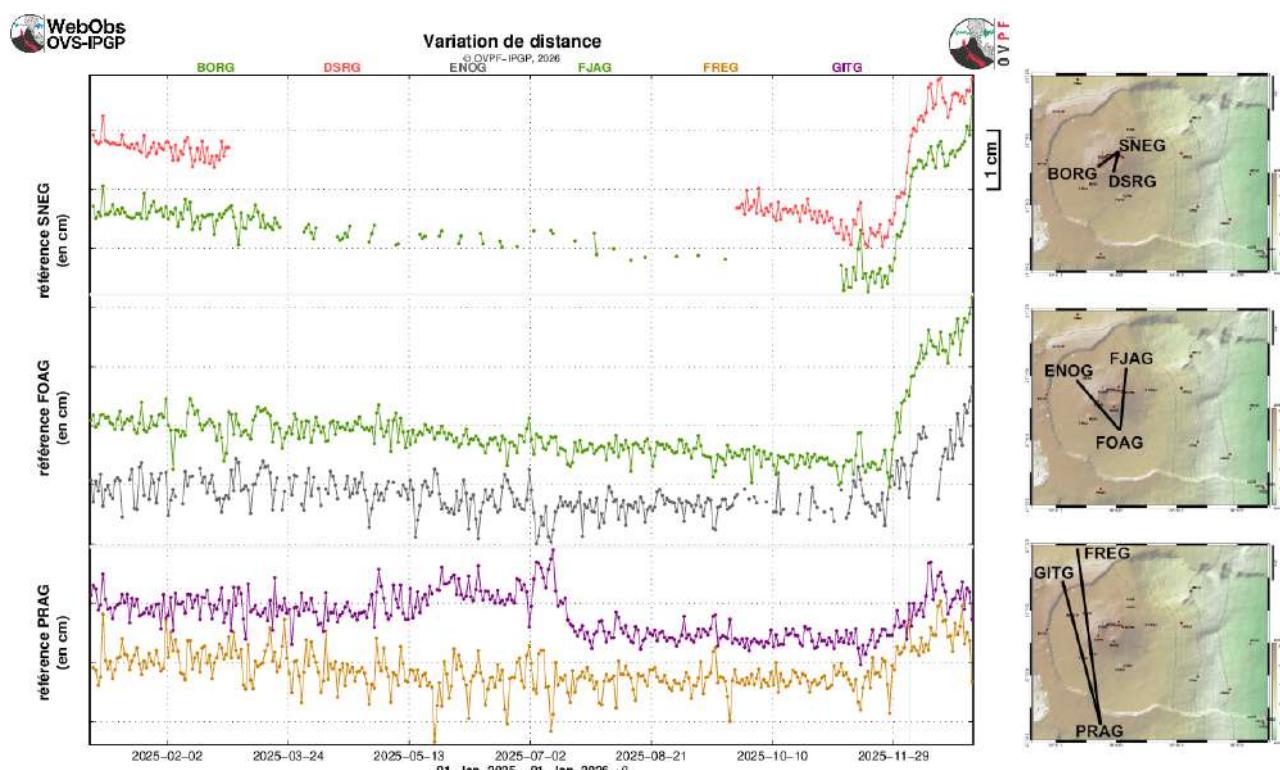


Figure 21 : Illustration de la déformation en 2025 (la barre verte représente l'intrusion du 5 décembre 2025). Sont ici représentées les variations de distance entre deux récepteurs GNSS traversant l'édifice du Piton de la Fournaise, au sommet (référence SNEG ; en haut), à la base du cône terminal (référence FOAG ; au milieu) et en champ lointain (référence PRAG ; en bas). La localisation des stations GNSS est indiquée à droite. Une hausse est synonyme d'élongation et donc de gonflement du volcan ; inversement une diminution indique une contraction et donc un dégonflement du volcan (©WebObs/OVPF). \*Suite au passage du cyclone Garance le 28 février 2025, 2 stations sommitales ont été complètement détruites et une 3<sup>e</sup> endommagée, expliquant les trous dans les données pour les lignes de base sommitales.



## Rapport annuel 2025

Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise - IPGP

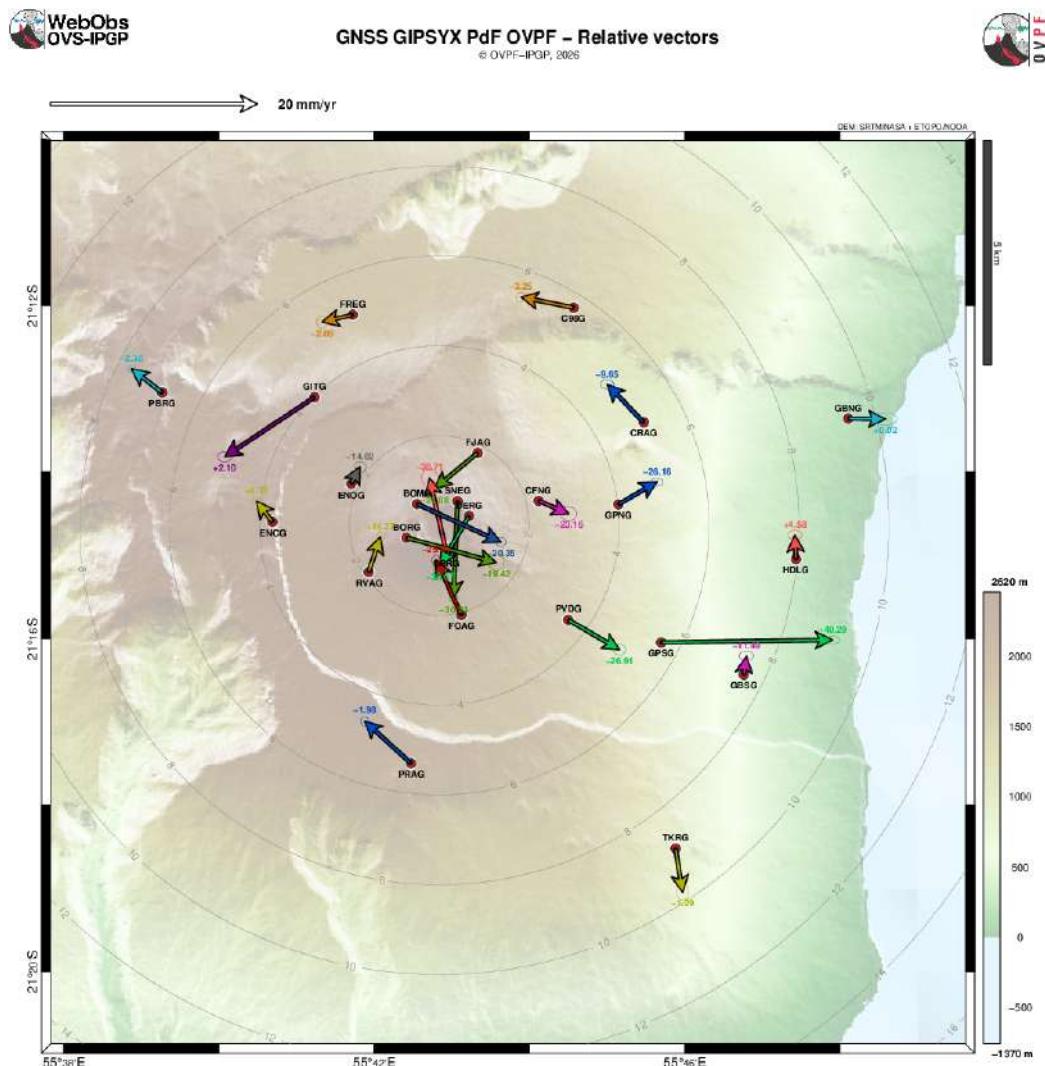


Figure 22 : Déplacements du sol (exprimés en vitesses) enregistrés sur les stations GNSS à l'intérieur et sur le pourtour de l'Enclos Fouqué entre le 1<sup>er</sup> janvier et le 25 novembre 2025. Les déplacements horizontaux sont représentés sous forme vectorielle et les déplacements verticaux sont indiqués par les valeurs chiffrées en couleur. Les ellipses représentent les erreurs de la mesure. Sur cette figure, les données sont corrigées du mouvement de la plaque tectonique (©WebObs/OVPF).



Rapport annuel 2025  
Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise - IPGP

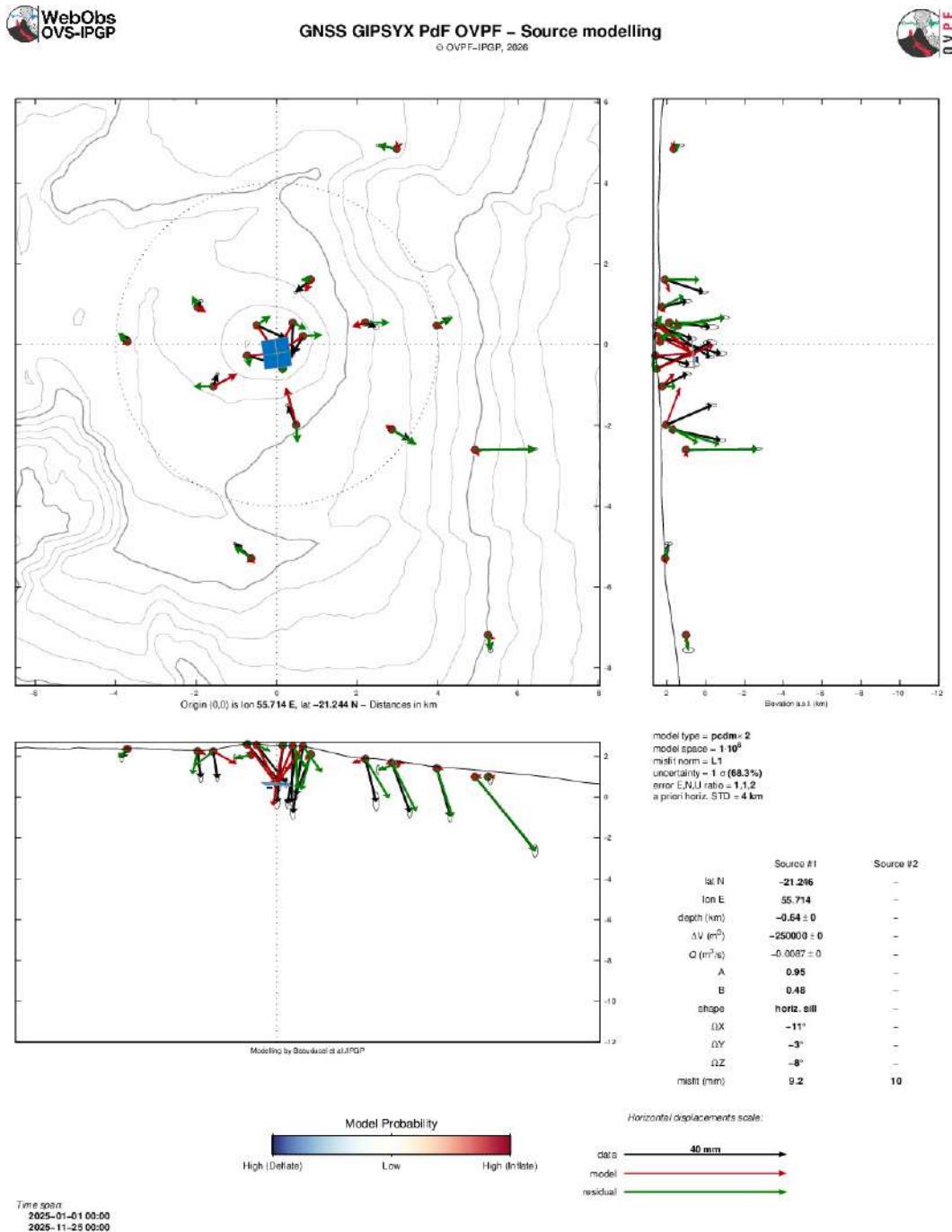


Figure 23 : Modélisation de la source de pression à l'origine des déplacements du sol entre le 1<sup>er</sup> janvier et le 25 novembre 2025 (modèle pCDM). Les vecteurs en noir représentent les données observées, les vecteurs en rouge les vecteurs modélisés et les vecteurs en vert les résidus entre vecteurs observés et modélisés (©WebObs/OVPF).



# Rapport annuel 2025

Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise - IPGP

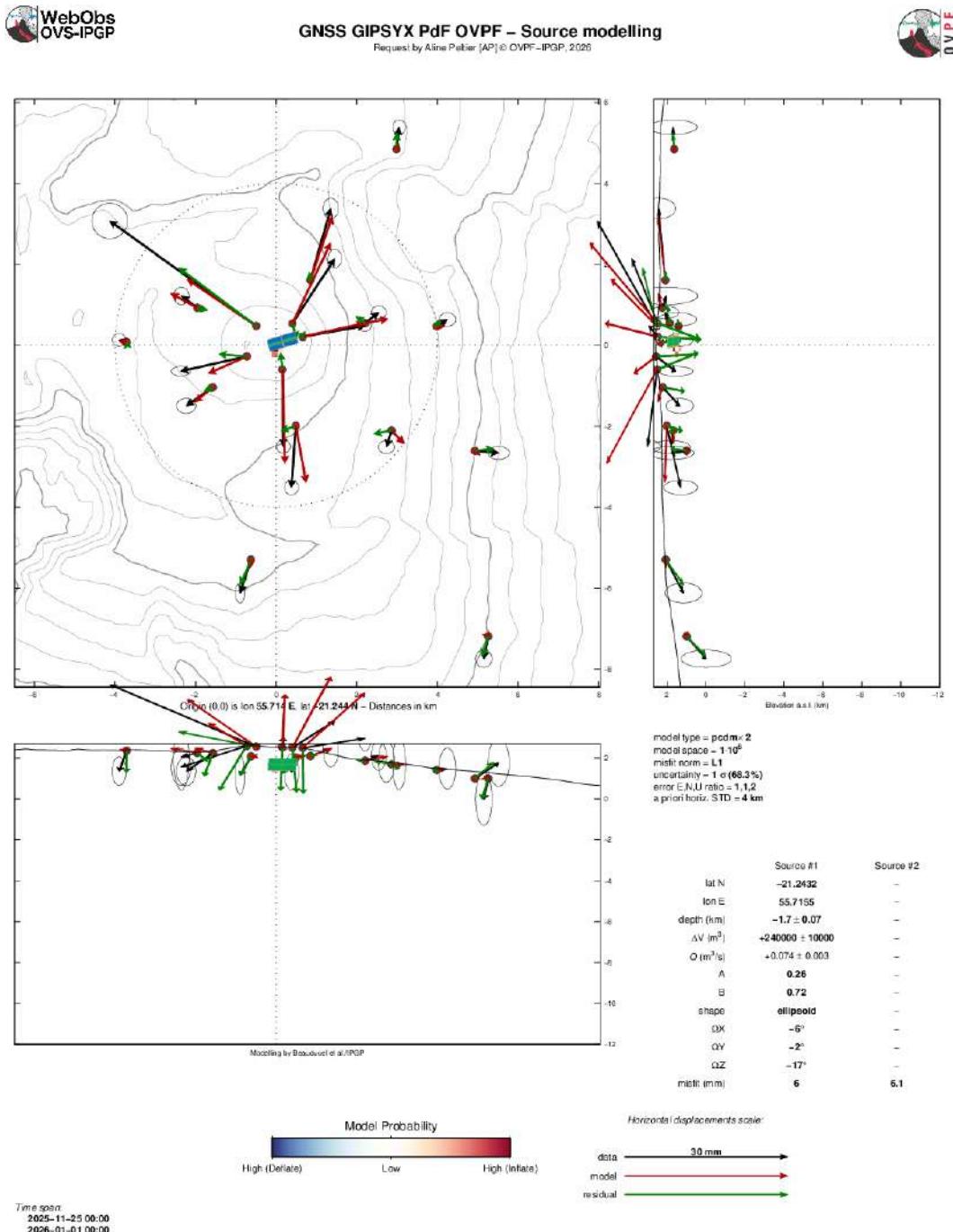


Figure 24 : Modélisation de la source de pression à l'origine des déplacements du sol entre le 25 novembre et le 31 décembre 2025 (modèle pCDM). Les vecteurs en noir représentent les données observées, les vecteurs en rouge les vecteurs modélisés et les vecteurs en vert les résidus entre vecteurs observés et modélisés (©WebObs/OVPF).



## Rapport annuel 2025

### Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise - IPGP

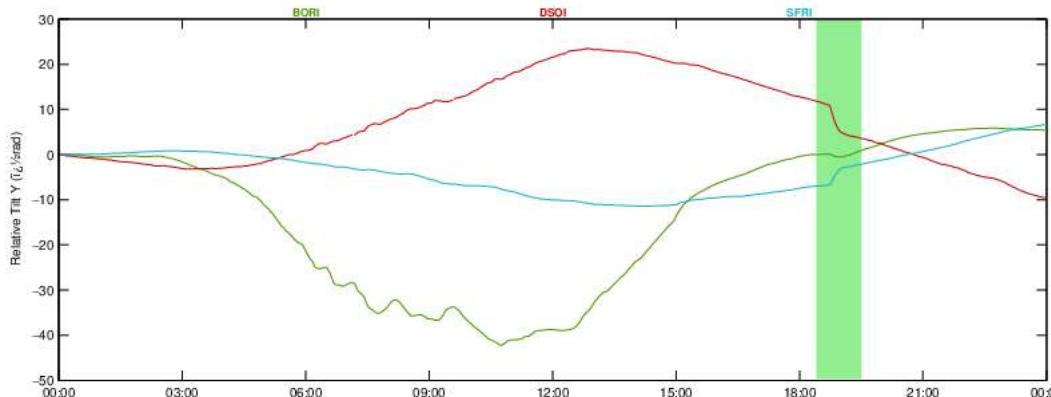


Figure 25 : Évolution de la variation de pente enregistrée sur les stations inclinométriques (composante radiale) au sommet du Piton de la Fournaise lors de la journée du 5 décembre 2025 (BORI : sud-ouest du cratère Bory, DSOI : sud du cratère Dolomieu, SFRI : nord du cratère Dolomieu). La barre verticale représente la durée de l'intrusion (©WebObs/OVPF).

#### Références :

- Altamimi, Z., P. Rebischung, X. Collilieux, L. Métivier, K. Chanard (2023), ITRF2020: an augmented reference frame refining the modeling of nonlinear station motions, *Journal of Geodesy*, 97(5), 47. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00190-023-01738-w>.
- Beauducel, F., A. Peltier, A. Villie, W. Suryanto (2020), Mechanical imaging of a volcano plumbing system from GNSS unsupervised modeling. *Geophysical Research Letters*, 47, e2020GL089419. <https://doi.org/10.1029/2020GL089419>
- Bertiger, W., Y. Bar-Sever, A. Dorsey, B. Haines, N. Harvey, D. Hemberger, ... & P. Willis (2020), GipsyX/RTGx, a new tool set for space geodetic operations and research, *Advances in space research*, 66(3), 469-489
- Murphy, D., W. Bertiger, D. Hemberger, A. Komanduru, A. Peidou, P. Ries, A. Sibthorpe (2024), Jet Propulsion Laboratory Analysis Center Technical Report 2024. In R. Dach & E. Bockmann (Eds.), *International GNSS Service Technical Report 2024 (IGS Annual Report)*, IGS Central Bureau and University of Bern; Bern Open Publishing. <https://doi.org/10.48350/191991>
- Peltier, A., P. Bachélery, T. Staudacher (2009), Magma transfer and storage at Piton de La Fournaise (La Réunion Island) between 1972 and 2007: a review of geophysical and geochemical data. *J. Volcano. Geotherm. Res.*, 184(1-2), 93-108
- Rebischung, P., Z. Altamimi, L. Métivier et al. (2024), Analysis of the IGS contribution to ITRF2020, *J Geod* 98, 49. <https://doi.org/10.1007/s00190-024-01870-1>



## 6. Géochimie

- **Collaborations nationales principales** : M. Ader (IPGP) ; S. Bonaime (IPGP) ; A. Groleau (IPGP) ; D. Jezequel (IPGP)

- **Collaborations internationales principales** : A. Aiuppa (Université de Palerme) ; S. Arellano (Chalmers University, Suède) ; M. Liuzzo (INGV Palermo) ; G. Giudice (INGV Palermo) ; F. Grassa (INGV Palermo) ; S. Gurrieri (INGV Palermo) ; M. Longo (INGV Palermo) ; A. Rizzo (Université de Milan)

> Surveillance des émissions gazeuses du massif du Piton de la Fournaise

Le réseau géochimique de suivi des émissions gazeuses du Piton de la Fournaise a été mis en place progressivement depuis fin 2007 par l'OVPF/IPGP avec le soutien de l'INSU, de l'OSU-Réunion, du projet européen NOVAC (<http://www.novac-project.eu/partners.htm>) et l'apport technique et scientifique de l'INGV (sections de Palerme et de Pise). Ces réalisations ont permis d'inscrire La Réunion dans la liste des sites DECADE du projet Deep Carbon Observatory (DCO).

Le réseau intègre des stations fixes (3 stations MAX-DOAS ; 1 station MultiGaS ; 4 stations de mesure du flux de CO<sub>2</sub> par le sol ; Figure 26) et de l'instrumentation portable du même type. La géométrie et composition des réseaux n'a pas évolué par rapport à l'année précédente.

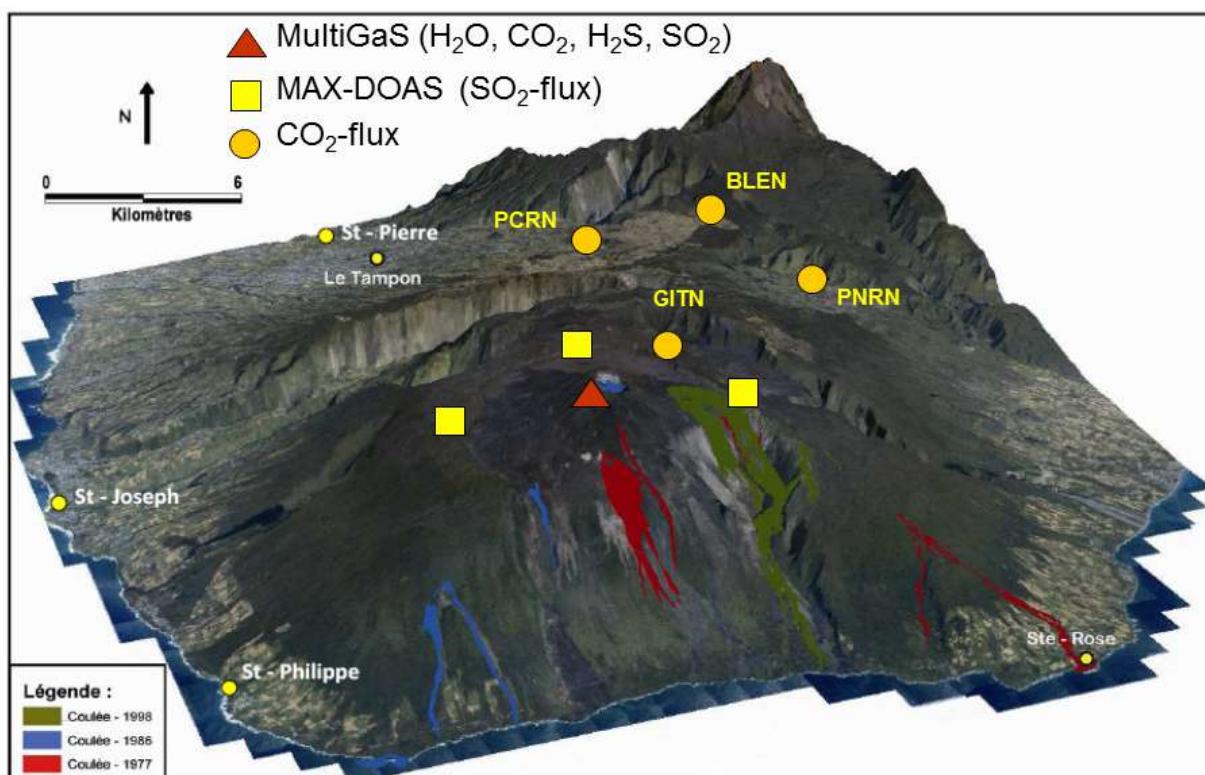


Figure 26 : Localisation des stations de l'OVPF pour le suivi géochimique des émissions gazeuses sur le massif du Piton de la Fournaise.

Les stations permanentes sont couplées à des capteurs qui permettent de quantifier les paramètres environnementaux (pression, température, humidité relative, vitesse et direction du vent et pluviométrie). L'analyse et la transmission en temps réel vers l'OVPF des données géochimiques permettent leur interprétation, leur correction en isolant les signaux dus aux phénomènes sismo-



## Rapport annuel 2025

### Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise - IPGP

volcaniques du bruit environnemental. La corrélation de l'effet des paramètres environnementaux facilite leur corrélation avec les paramètres géophysiques (ex. sismicité, déformations). La pause de l'activité du volcan suite à l'éruption de juillet-août 2023 et sa réactivation progressive fin 2025 ont permis pour la première fois depuis la création de l'OVPF d'acquérir des jeux de données très complets et à haute fréquence sur la composition et les flux des émissions gazeuses pendant une phase de réactivation du volcan.

#### > Émission de SO<sub>2</sub> (Réseau DOAS « NOVAC »)

Les trois stations Scanning DOAS (Spectroscopie par Absorption Optique Différentielle) ont été installées au Piton de la Fournaise dans le cadre du projet européen NOVAC après l'éruption majeure de mars-mai 2007. Les stations sont situées à proximité du rempart de l'Enclos Fouqué entre 3 et 4 km du cône sommital et mesurent (mesures diurnes) l'épaisseur optique de SO<sub>2</sub> (ppm.m) dans l'atmosphère sur le sommet du Piton de la Fournaise (angle de scan par rapport à la verticale : 60°).

Le réseau n'a pas subi de modification depuis son installation. En 2023, une quatrième station a été testée (station CFN ; installation prévue en 2024 mais reportée) avec l'objectif d'optimiser l'acquisition des données à partir du coté oriental du volcan. En effet, la géométrie actuelle du réseau ne permet pas une caractérisation des panaches associés à une activité située dans les Grandes Pentes, ou à des phases les plus intenses, quand le panache de grande altitude se disperse vers l'est. Malheureusement, les dégâts produits par le cyclone Belal (janvier 2024) ont imposé un redéploiement de la station initialement prévue à CFN sur le site de Piton de Bert (ancien réseau), dont la station a été fortement endommagée. L'acquisition et l'installation d'une quatrième station reste une priorité majeure pour l'optimisation du réseau DOAS en 2026.

La conversion des mesures d'épaisseur optique en flux de SO<sub>2</sub> est possible, à condition d'avoir des contraintes sur la géométrie du panache (hauteur) et sur sa vitesse de dispersion. Cette dernière est considérée comme proche de celle du vent à la même altitude. En première approximation, l'OVPF utilise les données de vitesse et de direction de vent fournies par Météo France, notamment celles acquises sur le site du Gîte du volcan.

Le projet NOVAC a permis d'acquérir une large base de données sur les émissions de SO<sub>2</sub> au niveau mondial avec plus de 10.000.000 mesures sur 41 volcans à travers le monde. La distribution des données est aujourd'hui assurée directement par le réseau NOVAC. L'intégration de ce jeu de données dans la liste des bases de données distribuées par EPOS-France a été suggérée et elle est en cours de discussion.

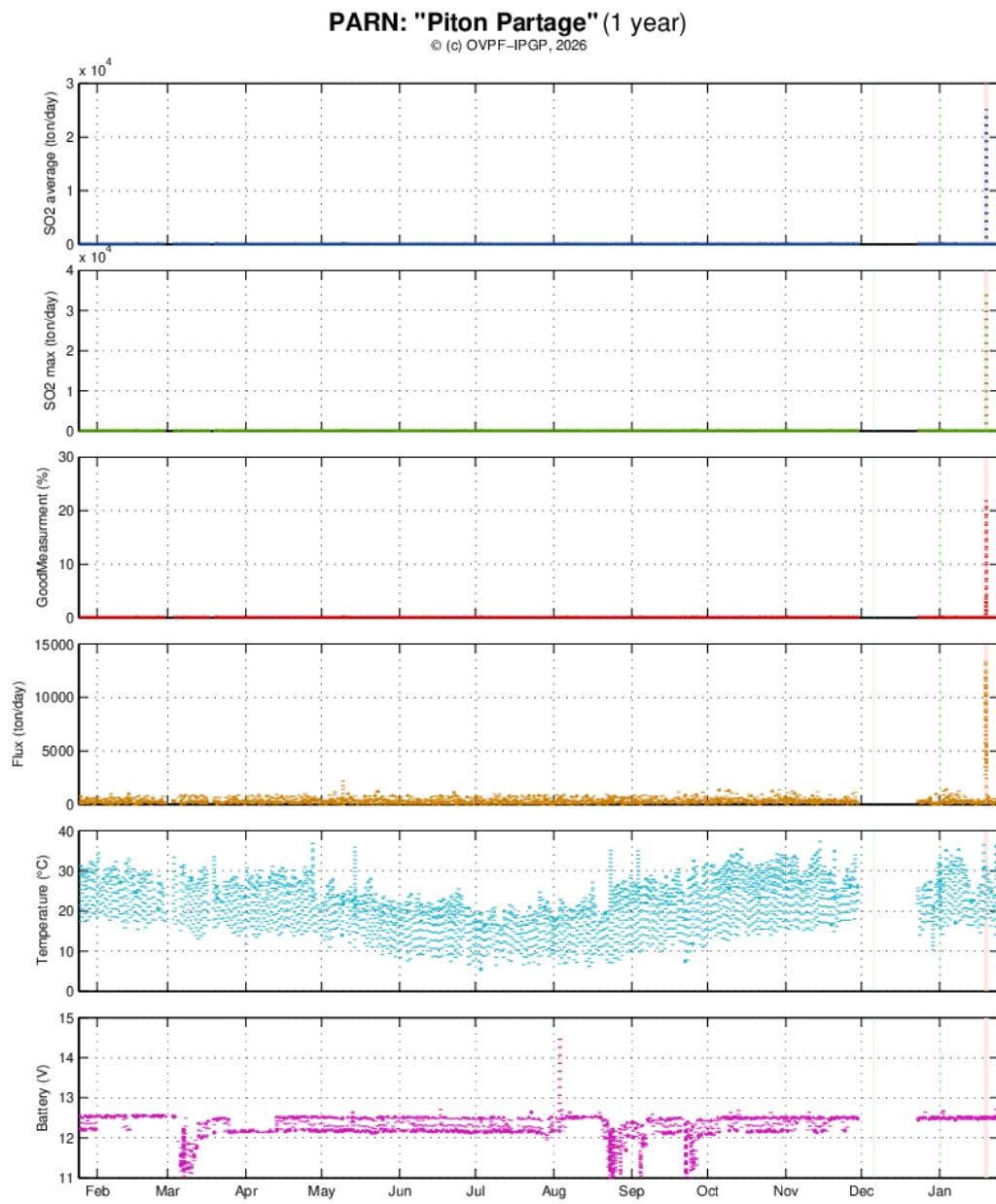
De façon à valoriser l'investissement effectué par chaque observatoire, les données brutes et réanalysées distribuées par NOVAC sont associées à un identifiant DOI spécifique pour chaque volcan selon des conditions qui garantissent la reconnaissance des « data providers » (Arellano et al., 2020).

L'intégration du Piton de la Fournaise dans l'estimation des bilans mondiaux d'émissions volcaniques montre que, lors de ses phases d'activité éruptive, le Piton de la Fournaise atteint des taux moyens d'émission d'environ 10 kg/s, qui sont 2 à 4,3 fois plus faibles que les taux d'émissions moyens des grands volcans émetteurs de SO<sub>2</sub> (comme par exemple l'Etna, le Popocatepetl ou le Nyiragongo), mais il peut atteindre des taux sensiblement proches de ceux des volcans basaltiques à conduit ouvert tels que le Villarica. La série de données acquises pendant la phase de quiescence 2023-2025 montre clairement que les émissions permanentes hors période éruptive sont très faibles et en-dessous du seuil de détection du réseau.

En 2025, le réseau NOVAC n'a pas détecté d'émissions de SO<sub>2</sub>. Ceci est cohérent avec les très faibles concentrations mesurées par la station sommitale MultiGaS et confirme que les phases de quiescence du volcan sont associées à des émissions très faibles en espèces soufrées (Figure 27).



Rapport annuel 2025  
Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise - IPGP



Last data:  
24-Jan-2026 09:30:45 +0  
(min|avr|max)

1. SO<sub>2</sub> average = +0 ton/day (+0 | +2.1174 | +25203)
2. SO<sub>2</sub> max = +0 ton/day (+0 | +2.9238 | +34802)
3. GoodMeasurement = +0 % (+0 | +0.0026884 | +22)
4. Flux = +220.527 ton/day (+0 | +261.71 | +13525)
5. Temperature = +28.5 °C (+2.1 | +22.597 | +38.3)
6. Battery = +12.49 V (+11 | +12.296 | +14.56)

PROC.NOVACPF / rsparn\_01y - sysop@pitondescaumes - 24-Jan-2026 19:25:43 +0 - genplot.m (2022-11-24) / WebObs MMXXVI

Figure 27 : Routine de surveillance des émissions de SO<sub>2</sub> (©WebObs/OVPF) – exemple sur l'année 2025 avec la station Partage (secteur nord du volcan). Les données filtrées sont représentatives des détections réelles de SO<sub>2</sub> (trois premiers panneaux). Quatrième panneau : estimation du flux de SO<sub>2</sub> par l'algorithme temps-réel NOVAC sur l'ensemble des données acquises (détections fictives + détections réelles). Le traitement automatique utilise des conditions fixes (hauteur de la colonne : 1 km ; vitesse du vent 10 m/s) qui peuvent induire une surestimation des émissions réelles ; on remarquera l'absence de détections validées sur l'ensemble de l'année 2025 et l'augmentation des émissions pendant l'éruption de janvier 2026 (barre rouge). Deux derniers panneaux : conditions opérationnelles du spectromètre dans le boîtier, et tension des batteries.



## Rapport annuel 2025

### Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise - IPGP

#### > Station sommitale MultiGaS

La quantification du bilan des émissions gazeuses demande la détermination la plus complète possible de leur composition chimique. Le suivi en temps réel des émissions gazeuses du Piton de la Fournaise est effectif depuis 2011 avec la détermination des excès de H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> et H<sub>2</sub>S par rapport à l'atmosphère (méthode MultiGaS ; collaboration avec l'Université de Palerme - A. Aiuppa et l'INGV de Palerme - M. Liuzzo, S. Gurrieri et G. Giudice). Une station MultiGaS qui effectue 4 comptages/jour d'une ½ heure chacun (site DSON) est installée pour cela au sommet du Piton de la Fournaise. Les mesures de la station MultiGaS permettent la caractérisation à la fois des émissions de basse température qui remontent depuis la caldeira du Dolomieu et des phases de pollution atmosphérique liées aux panaches éruptifs. Une valise portable est aussi disponible pour être déployée à proximité des sites d'émissions (panaches, fumerolles et laves).

Depuis l'installation de la station MultiGaS au sommet du volcan, la surveillance en continu des émissions gazeuses du Piton de la Fournaise avait déjà permis de confirmer que :

- i) la vapeur d'eau est le composant principal des faibles émissions présentes au sein de la caldeira du Dolomieu, suivie par le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>),
- ii) le soufre est présent sous forme surtout de H<sub>2</sub>S dans les émissions fumeroliennes sommitales, qui ont une température moyenne faible (< 70 °C) pendant les phases de quiescence,
- iii) d'expliquer les rares pics de SO<sub>2</sub> - détectés par le réseau DOAS hors crise éruptive - par l'oxydation de l'H<sub>2</sub>S pendant son transport dans l'atmosphère.

Le suivi en continu de la composition des émissions fumeroliennes sommitales de basse température a permis de mettre en évidence des variations faibles, mais significatives associées aux phases de réveil du volcan, telles que des augmentations de concentrations en espèces soufrées (H<sub>2</sub>S et SO<sub>2</sub>) avant les éruptions.

La station MultiGaS a été fonctionnelle pendant l'année 2025 (Figure 28). En revanche, la dégradation du fonctionnement du capteur CO<sub>2</sub> a demandé son remplacement en janvier 2026 par une station récemment recalibrée. La réparation de l'ancienne station permettra d'envisager l'installation d'une deuxième station au sommet du Piton de la Fournaise. Cela est nécessaire afin d'augmenter la statistique des détections des faibles émissions qui caractérisent le volcan en phase de quiescence.

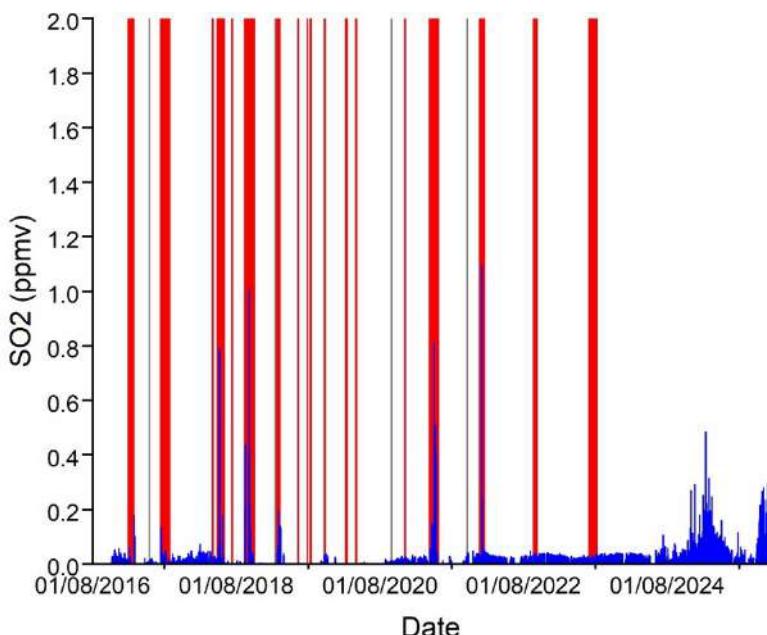


Figure 28 : Routine de surveillance des concentrations en SO<sub>2</sub> dans l'atmosphère au sommet du Piton de la Fournaise (©OVPF). La détection de faibles quantités de H<sub>2</sub>S et SO<sub>2</sub> en 2025 révèle une évolution de la composition des émissions fumeroliennes sommitales suite au réveil progressif du volcan.



## Rapport annuel 2025

### Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise - IPGP

#### > Les émissions de CO<sub>2</sub> par le sol

Les données acquises depuis 2012 montrent que les émissions de CO<sub>2</sub> sont focalisées le long des rift-zones, ainsi que le long des failles profondes qui découpent les flancs du Piton de la Fournaise (Liuzzo et al., 2015). Ainsi, les données ont confirmé l'existence d'anomalies concentrées le long des trois rift-zones (NE, SE, NW) identifiées sur le massif du Piton de la Fournaise. Une quatrième zone d'anomalies semble se dessiner le long d'un axe N30-N40 qui sépare les deux édifices du Piton de la Fournaise et du Piton des Neiges.

La cartographie initiale (2013-2015) des émissions de CO<sub>2</sub> par le sol a permis de choisir les sites pour l'installation de trois stations sur le flanc ouest du volcan pour leur suivi en continu (mesures horaires) : PCRN (site OVPF) installée en janvier 2013, PNRN (au sein du siège du Parc National de La Réunion) installée en janvier 2014, BLEN (secteur de Piton bleu, à l'extrême nord-ouest de la rift-zone) installée en avril 2015.

Suite à des campagnes de mesures géophysiques (polarisation spontanée et tomographie électrique) et CO<sub>2</sub> effectuées en collaboration avec l'Université de La Réunion sur le secteur du Gîte du Volcan, proche de la caldeira de l'Enclos Fouqué, une station permanente de mesure de CO<sub>2</sub> en champ proche a pu être installée en août 2018 (GITN-Gîte du Volcan).

Le réseau est donc constitué d'un pôle « distal » constitué des 3 stations permanentes PCRN, PNRN et BLEL à environ 14 km de distance du cône central. Ce pôle permet de suivre l'évolution temporelle de la concentration du CO<sub>2</sub> dans le sol sur le flanc ouest du volcan, dont les variations traduisent des transferts de magma profond entre le manteau et la base de la croute. Le pôle « proximal », constitué par la station GITN, vise quant à lui à suivre les transferts de magmas à des niveaux plus superficiels au sein de la croute. Les émissions du sol sur ces stations, ainsi qu'au niveau de points de contrôle correspondant à des secteurs avec de fortes concentrations en CO<sub>2</sub> dans les sols, sont également échantillonnés périodiquement en champ proche comme en champ lointain pour des analyses élémentaires et isotopiques.

Les études menées depuis 2017 ont permis d'affiner des algorithmes pour corriger l'influence des paramètres environnementaux sur le signal géochimique, afin de pouvoir les intégrer aux routines de surveillance de l'OVPF et de les corrélérer aux séries géophysiques.

D'une façon générale, les concentrations moyennes en CO<sub>2</sub> diminuent depuis le site le plus distal (BLEL : jusqu'à 2,5% CO<sub>2</sub>) vers les sites plus proches (PCRN, puis GITN : jusqu'à 1,3%). La station distale PNRN, située sur le bord nord de la rift-zone N120, enregistre des valeurs très faibles (< 0,2%) typiques des émissions de fond avec une forte signature isotopique organique. Une nette augmentation des émissions en CO<sub>2</sub> sol est mesurée sur l'ensemble du pôle distal entre 2019 et 2021 traduisant une réalimentation profonde de magma. Depuis l'éruption d'avril 2021, cette tendance s'est inversée (diminution des émissions de CO<sub>2</sub>), et la diminution progressive s'est poursuivie pendant la phase de quiescence du volcan. La diminution progressive du flux est cohérente avec la diminution de l'activité éruptive et l'entrée du volcan en une phase de repos de l'activité volcanique. Des fluctuations de deuxième ordre se superposent à la tendance générale à la baisse et leur origine est au moins en partie liée à des forçages externes et non pas à l'activité tellurique (Figure 29).

Une inversion de cette tendance en 2025 a été enregistrée par la station PCRN située sur la zone de rift N120 et les recherches en cours permettront de vérifier si elle est associée à la phase de réveil du volcan.

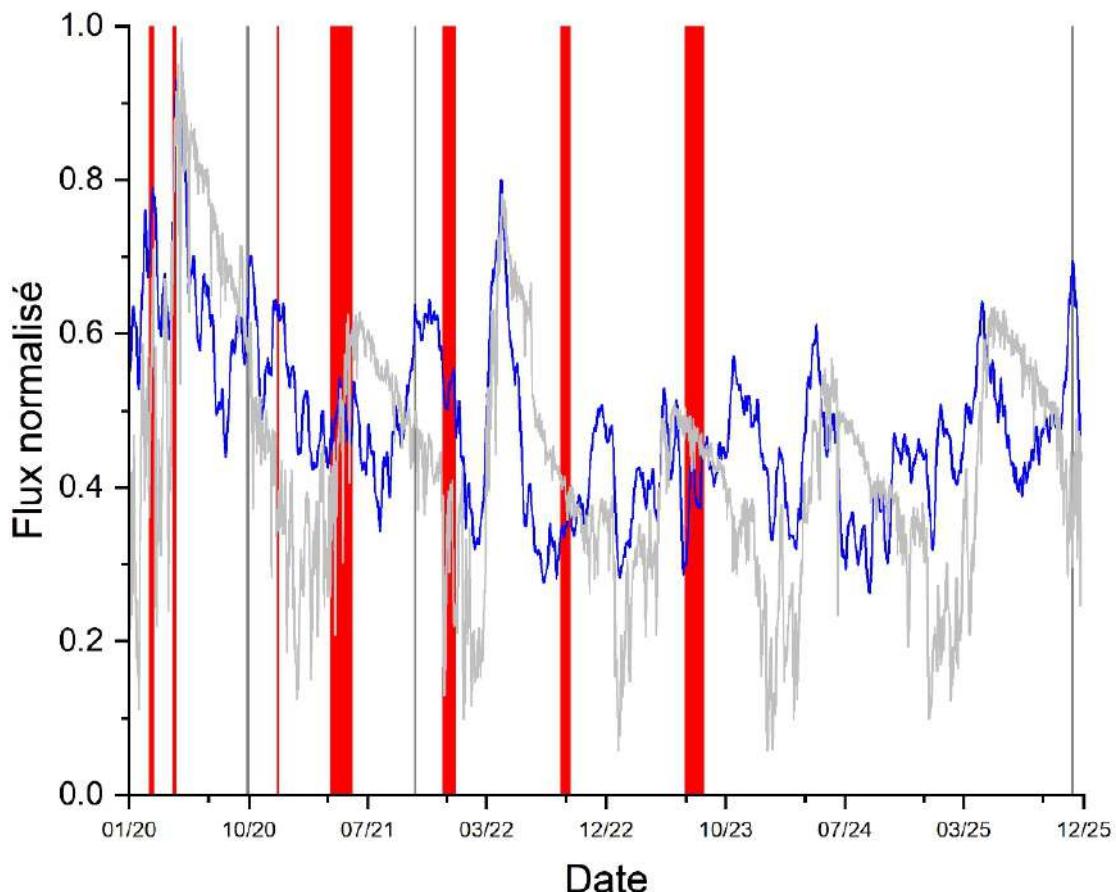


Figure 29 : Évolution temporelle moyenne des concentrations molaires en  $\text{CO}_2$  dans le sol (valeurs brutes horaires et données filtrées) sur le site PCRN situés sur le flanc ouest du volcan (secteur distal) entre 2020 et 2025. On remarquera la tendance à la baisse enregistrée pendant la phase d'arrêt de l'activité volcanique, suivie par une tendance à l'augmentation en 2025. Barres rouges : éruptions. Barres vertes : intrusions.

Entre 2015 et 2023, des points de contrôle sur des secteurs plus proches du volcan ont été réitérés régulièrement à l'aide de stations portables. Le site du Gîte (qui comprend la station GITN) situé à 4 km du sommet a ainsi été suivi régulièrement, initialement sur un profil de 10 points de contrôle. Des échantillons de gaz ont été prélevés régulièrement sur toutes les stations permanentes du réseau OVPF et sur les points de contrôle près du Gîte pour l'analyse isotopique du carbone ( $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ) afin d'identifier et de quantifier de possibles apports en fluides magmatiques (Figure 30). Depuis juin 2023, cette activité de suivi des points de contrôle n'a plus lieu et l'analyse isotopique est effectuée exclusivement sur les stations de surveillance.

Les données isotopiques ont montré une « positivisation » (augmentation des valeurs vers le pôle magmatique) du rapport isotopique pendant la phase de quiescence correspondant à une augmentation progressive de la proportion moyenne de fluides d'origine magmatique dans les émissions par le sol. L'évolution synchrone de ces tendances sur la plupart des sites surveillés suggère que ces variations sont liées à la dynamique du système d'alimentation profonde du Piton de la Fournaise.



## Rapport annuel 2025

Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise - IPGP

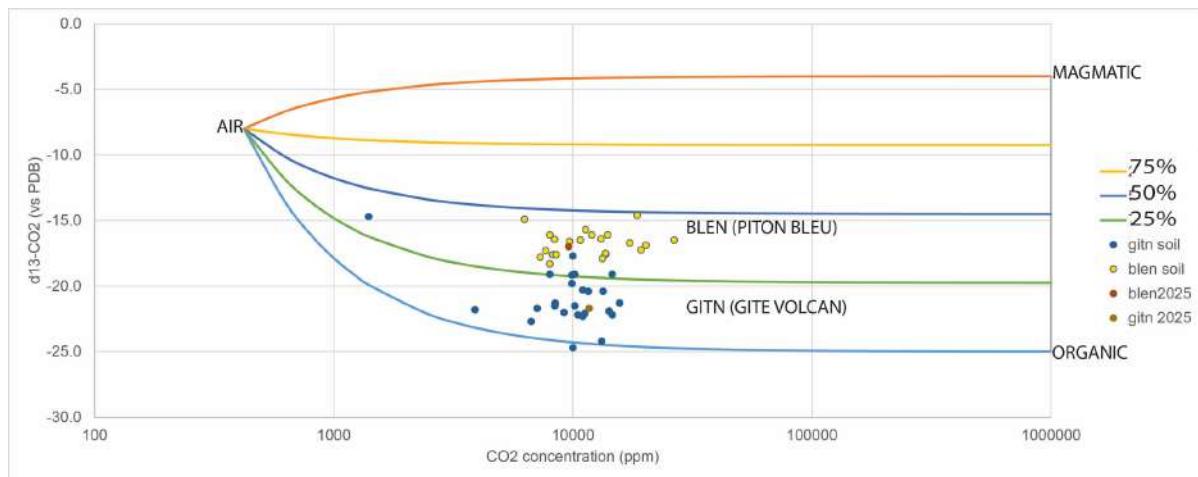


Figure 30 : Signature isotopique du carbone du CO<sub>2</sub> dans le sol (0,5 m de profondeur) mesurée sur les stations de BLEN (flanc ouest du volcan) et de GITN (gîte du volcan).

### Références :

- Arellano, S. et al. (2021), Synoptic analysis of a decade of daily measurements of SO<sub>2</sub> emission in the troposphere from volcanoes of the global ground-based network for observation of volcanic and atmospheric change, *Earth System Science Data*, 13, 1167-1188.
- Liuzzo, M., A. Di Muro, G. Giudice, L. Michon, V. Ferrazzini, S. Gurrieri (2015), New evidence of CO<sub>2</sub> soil degassing anomalies on Piton de la Fournaise volcano and the link with volcano tectonic structures, *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 16(12), 4388-4404.



## 7. Imagerie

- **Collaborations :** Nicolas Villeneuve (Université de La Réunion, IPGP)

> Utilisation de l'imagerie optique pour la cartographie des coulées de lave en 2D et 3D

### Préambule

Depuis 2 ans, nous avons entrepris de mettre à jour et de sanctuariser des bases de données cartographiques en 2D et 3D en profitant :

- (i) de la période de repos du Piton de la Fournaise en termes d'activité éruptive,
- (ii) de la mise à disposition pour la communauté scientifique d'un volume croissant d'images optiques de plus en plus résolues,
- (iii) du développement, au sein d'infrastructures de recherche nationales, d'algorithmes d'orthorectification, de géoréférencement et de calcul de Modèles Numériques d'Élévation (MNE).

### Origine de la démarche

*Trois raisons nous ont poussé à conduire ce travail en 2D*

1) La littérature scientifique sur le Piton de la Fournaise compte plus de 220 figures illustrant des cartes de coulées de lave (98), de cônes (17), de fissures et de fractures (105), à différentes échelles et résolutions. Pourtant, les producteurs de données ou leurs services sont rarement cités explicitement. Dans certains cas, l'un des auteurs a lui-même produit les données ; dans d'autres, il est probable que la réalisation d'un contour ne soit pas considérée comme une opération suffisamment complexe pour justifier une citation.

2) La mise à disposition par l'IGN d'orthophotographies à haute résolution permet une cartographie plus précise des coulées, des cônes, ainsi que des ouvertures de fractures et de fissures. Depuis 2012, les orthophotos de l'IGN atteignent une résolution supérieure à 20 cm. Celles des campagnes de 1989 et 1997 étaient à 1 mètre de résolution, et celles de 2008 à 0,5 mètre. Il convient de noter que, lors de la campagne de 2008, l'ensemble de la zone des Grandes Pentes n'a pu être acquis en raison des conditions météorologiques défavorables ; certaines zones ont donc été complétées par des images datant de 2003, ce qui n'a pas permis de cartographier entièrement certaines coulées.

Par ailleurs, l'IGN poursuit l'orthorectification d'archives plus anciennes : à ce jour, seule la campagne de 1950 a été orthorectifiée et géoréférencée.

3) Les outils d'orthorectification et de géoréférencement sont de plus en plus performants. En parallèle, les moyens d'acquisition (appareils photographiques haute résolution, GPS différentiels connectés, drones RTK, etc.) se perfectionnent également. La production de mosaïques géoréférencées améliore ainsi significativement la qualité des cartographies.

Enfin, notre démarche, fondée sur le principe d'ouverture des bases de données à l'ensemble de la communauté scientifique, exige que les données soient les plus fiables possibles, versionnées, traçables et accessibles via un portail unique. Cette approche, conforme aux exigences de la directive INSPIRE et aux principes FAIR, garantit l'accès à des données qualifiées, limite la diffusion de données erronées ou modifiées, et permet aux producteurs de valoriser leur travail (via des DOI, des data papers ou des citations).

*Trois raisons nous ont poussés à conduire ce travail en 3D*

1) L'existence des tri-stéréos Pléiades, 2) leur mise à disposition gratuite, 3) ainsi que les capacités de traitement en stéréophotogrammétrie satellitaire dans le cadre de l'infrastructure nationale Data Terra et de ses pôles thématiques intégrés DINAMIS et FORM@TER nous ont permis de produire des MNE depuis 2013 et de calculer, avec une méthode homogène et des erreurs quantifiées, les volumes émis lors de 31 éruptions.



## Résultats

### En 2D

Nous avons travaillé sur 169 événements éruptifs survenus entre le 30 décembre 1925 et le 18 janvier 2026.

Parmi ceux-ci, 164 shapefiles de coulées, de cônes de fissures ont été, au minimum, améliorés, et souvent entièrement refaits (Figures 31, 32 et 33).

En nous appuyant sur des orthophotographies orthorectifiées et géoréférencées de manière relative les unes par rapport aux autres, la dérive de la plaque n'est pas prise en compte ; seules subsistent des erreurs de calage et d'interpolation.

L'utilisation systématique de l'orthophoto la plus résolue disponible pour le tracé des contours améliore presque toujours la qualité cartographique.

Il ne s'agit bien sûr pas de critiquer les versions antérieures, réalisées avec des moyens et des méthodes moins précis.

Cependant, dans un souci de rigueur scientifique, l'amélioration des outils de mesure, d'imagerie et de calcul permet aujourd'hui d'obtenir des résultats significativement plus fiables.

### En 3D

En nous appuyant sur trois MNE LiDAR de l'IGN, un MNE TerraSAR-X et quinze acquisitions Pléiades tri-stéréo, nous avons calculé par stéréophotogrammétrie satellitaire les volumes de 26 éruptions sur les 31 survenues entre le 1<sup>er</sup> septembre 2009 (MNS LiDAR IGN) et le 11 avril 2024 (Pléiades tri-stéréo).

Nous montrons que le volume des éruptions est fortement corrélé à leur surface ( $R^2 = 0,97$ ), selon une loi polynomiale de degré 2 (Figure 35).

Cette relation nous a permis d'estimer les volumes des cinq éruptions non mesurées directement à partir des MNE.

Ainsi, 31 volumes ont été obtenus, qualifiés par leurs incertitudes, puis comparés aux valeurs issues de la stéréophotogrammétrie aéroportée (avion, hélicoptère, ULM, drone) déjà publiées (Figure 36).

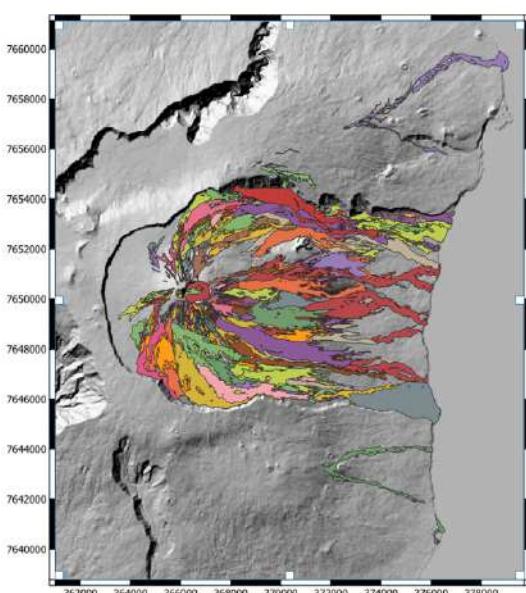


Figure 31 : Carte des coulées de lave au Piton de la Fournaise émises entre le 30 décembre 1925 et le 18 janvier 2026.



Rapport annuel 2025  
Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise - IPGP

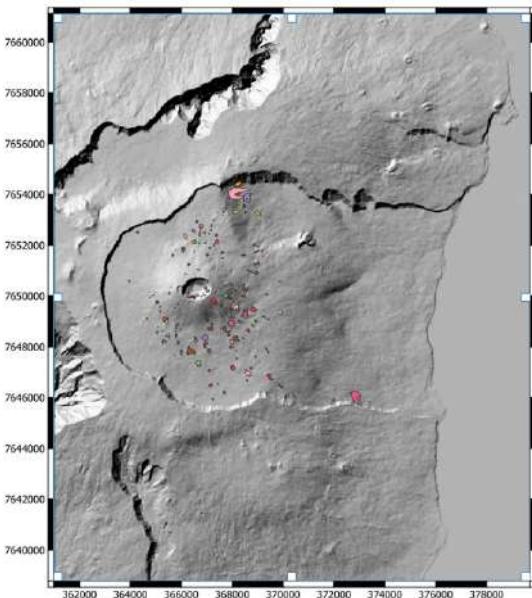


Figure 32 : Carte des cônes volcaniques. Il s'agit ici des formations dont les plus anciennes, parfois non datées étaient visibles sur les orthophotos depuis la campagne de 1950.

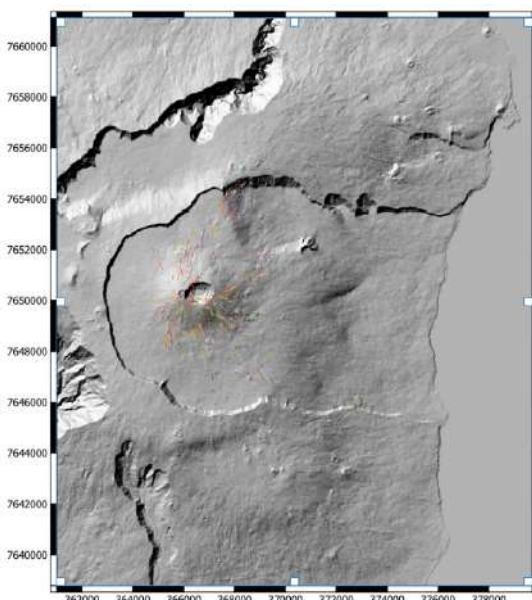


Figure 33 : Carte des fissures éruptives ouvertes (et identifiables sur les orthophotos depuis 1950) entre le 30 décembre 1950 et le 18 janvier 2026.



Rapport annuel 2025  
Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise - IPGP

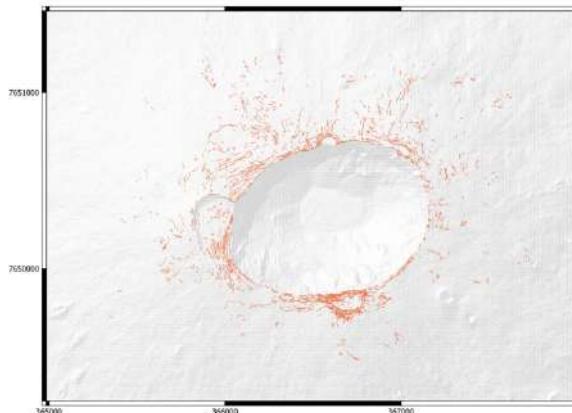


Figure 34 : Carte des fractures au sommet du Piton de la Fournaise visibles sur une orthophotographie à très haute résolution acquise en 2008.

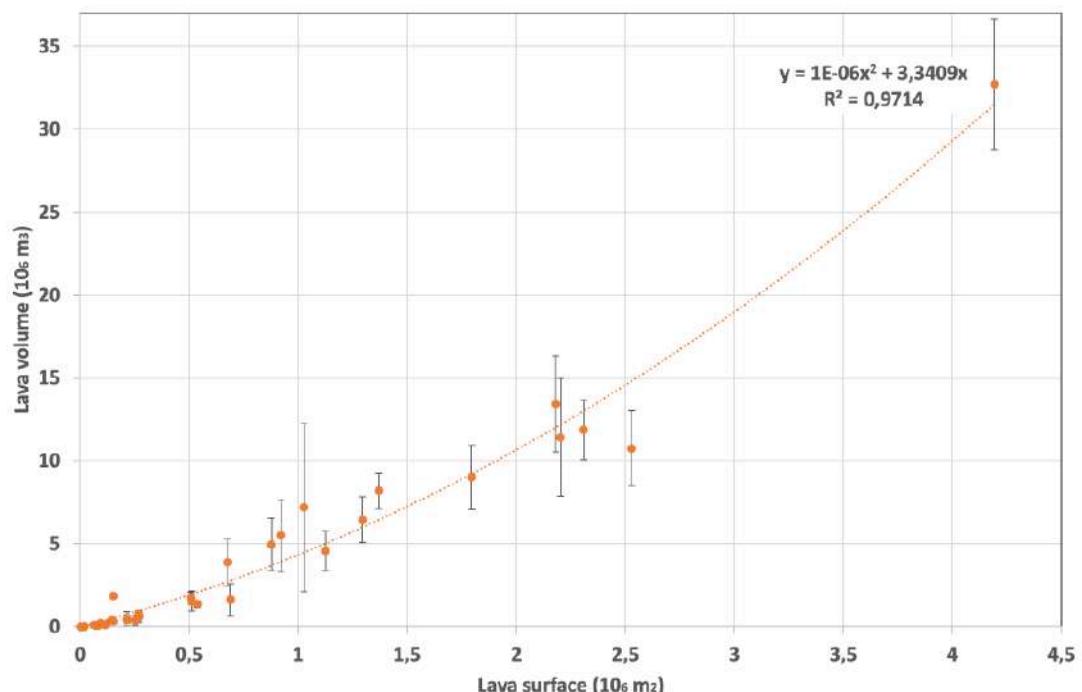


Figure 35 : Relation entre les volumes et les surfaces obtenues au Piton de la Fournaise par stéréophotogrammétrie satellitaire.



## Rapport annuel 2025

Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise - IPGP

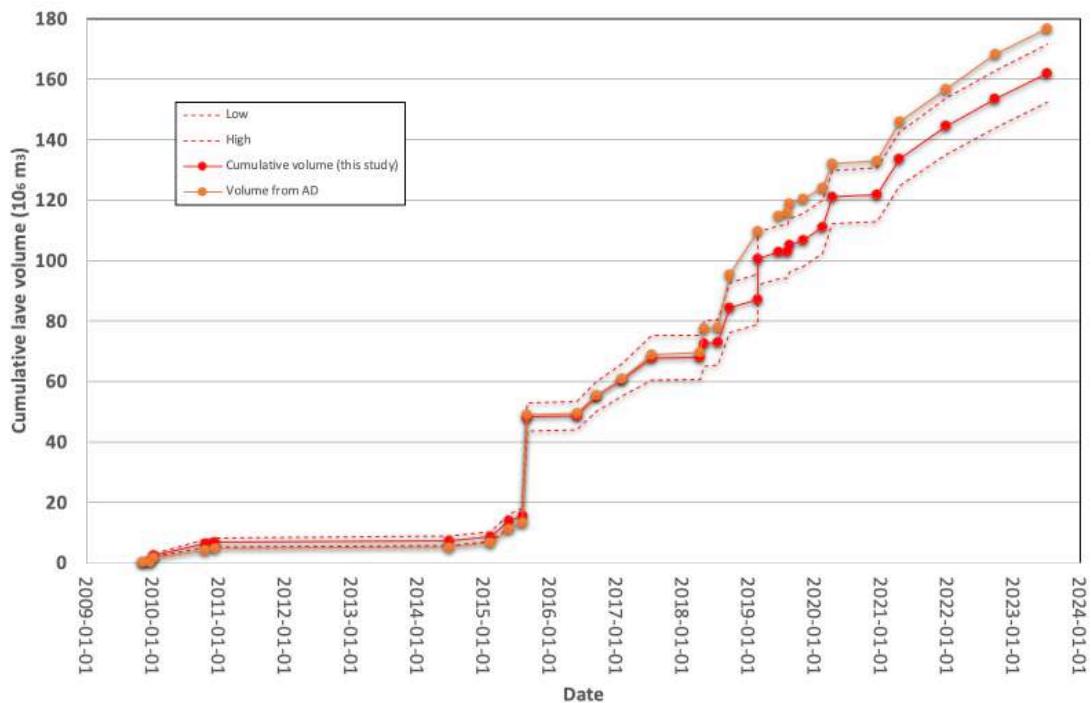


Figure 36 : Volumes cumulés des coulées de lave émises au Piton de la Fournaise entre octobre 2009 et juillet 2023 par stéréophotogrammétrie satellitaire. Comparaison avec les volumes calculés par la stéréophotogrammétrie aéroportée.



## 8. Réalisations techniques et informatiques

Éléments dont l'équipe technique a la charge et la responsabilité :

- Maintenance du réseau de surveillance et des ressources informatiques de l'OVPF 24h/24, 365j/an du Piton de la Fournaise, du Piton des Neiges et des stations REVOSIMA dont elle a la charge : ces opérations peuvent se faire in situ ou à distance. Cela concerne 116 capteurs et 78 infrastructures pour La Réunion, et 26 capteurs et 12 sites pour le REVOSIMA avec également la préparation des OBS (sismomètres fond de mer) et les missions en mer pour les déployer.
- Développer le réseau de surveillance et les moyens informatiques de l'OVPF et du REVOSIMA : étude, conception, réalisation et installation des nouvelles stations, et démontage des stations ne répondant plus aux exigences scientifiques ; étude et développement des solutions informatiques sur les serveurs.
- Développement et conception technologiques des stations des réseaux de surveillance de l'OVPF et du REVOSIMA pour les rendre plus fiables et plus robustes.
- Installation et maintenance de la solution de transmission et des services informatiques associés de deux stations sismiques du LGSR (Laboratoire Géosciences Réunion, Université de La Réunion).
- Conception de solutions instrumentales novatrices pour répondre à des besoins scientifiques spécifiques de l'OVPF (projets Inclinomètres, GETS).
- Implication dans l'installation et la calibration hebdomadaire de l'observatoire magnétique de La Réunion du réseau d'observatoires magnétiques de l'IPGP (cf. section 12).
- Implication dans les projets à la frontière de la recherche et de la surveillance à Mayotte : étude, conception, réalisation et installation d'une plateforme multi-capteurs sur lac Dziani à Petite Terre ; mise en place des solutions de stockage et de synchronisation des données (cf. section 11).
- Soutien aux projets de recherche externes à l'OVPF/IPGP avec dans la plupart des cas la prise en charge totale de l'étude, conception, réalisation et installation des stations (projets BlueSeis, Magnéto-tellurique, et DEMOVOR, cf. section 9) et des moyens de stockage et/ou des solutions informatiques sur les serveurs.
- La partie atterrage du projet MARMOR (Marine Advanced geophysical Research equipment and Mayotte multidisciplinary Observatory for research and Response) – projet ANR/Equipex+ financé par l'État dans le cadre de son 3<sup>ème</sup> plan d'investissement d'avenir (PIA3) qui prévoit entre autres l'installation d'une infrastructure d'observation sous-marine câblée à Mayotte. Dans ce cadre l'OVPF participe à la rédaction des cahiers des charges et à terme son exploitation, sa maintenance et son développement aussi bien pour la partie matérielle que pour l'interfaçage IHM et la surveillance de l'observatoire fibré.
- Soutien technique pour la maintenance du réseau de surveillance du Karthala aux Comores et de son observatoire l'OVK (cf. section 9).
- Comme l'ensemble du personnel de l'OVPF, participation aux astreintes pour la surveillance du Piton de la Fournaise et du REVOSIMA 24h/24 et 365j/an, ainsi qu'aux astreintes renforcées lors des éruptions. Localisation des séismes du REVOSIMA pour certains personnels.



> Réalisations techniques

\* les réalisations techniques effectuées dans le cadre du REVOSIMA sont présentées dans la section 11.

**Réseau de surveillance du Piton de la Fournaise**

Le réseau de surveillance de l'OVPF se compose de 116 capteurs en incluant le projet BlueSeis répartis sur 78 sites (Figures 37) sur lesquels les différentes disciplines et expertises scientifiques peuvent s'appuyer. A ces 78 sites s'ajoutent 2 sites occupés par des relais de transmission sans capteur.

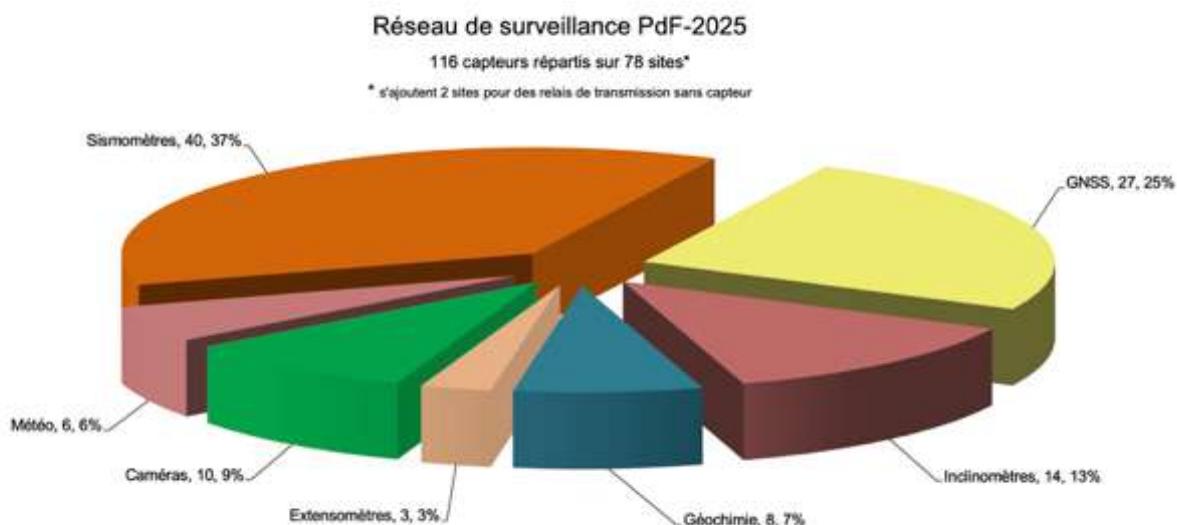


Figure 37 : Répartition des capteurs du réseau de surveillance de l'OVPF en 2025 (capteur, quantité et pourcentage).



## Rapport annuel 2025

Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise - IPGP



Figure 38 : Carte du réseau de surveillance de l'OVPF en 2025.

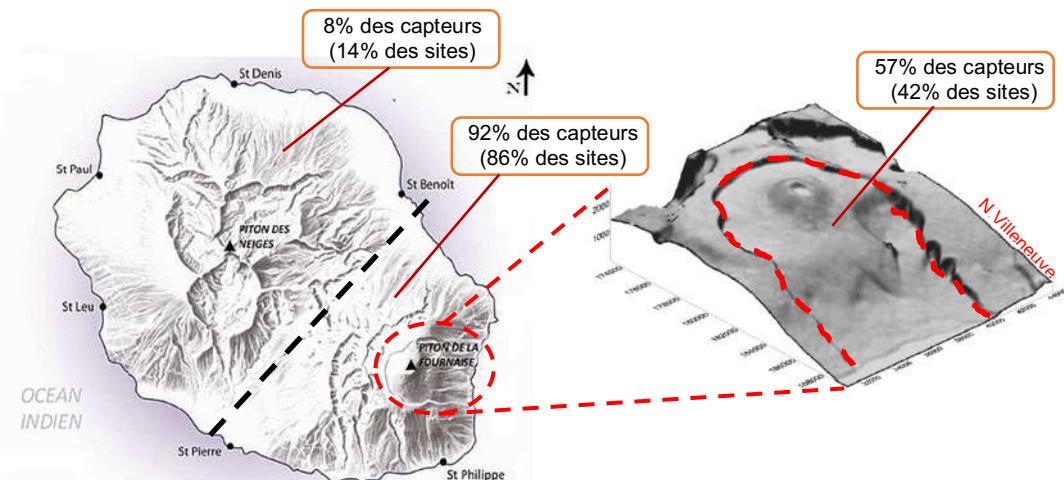


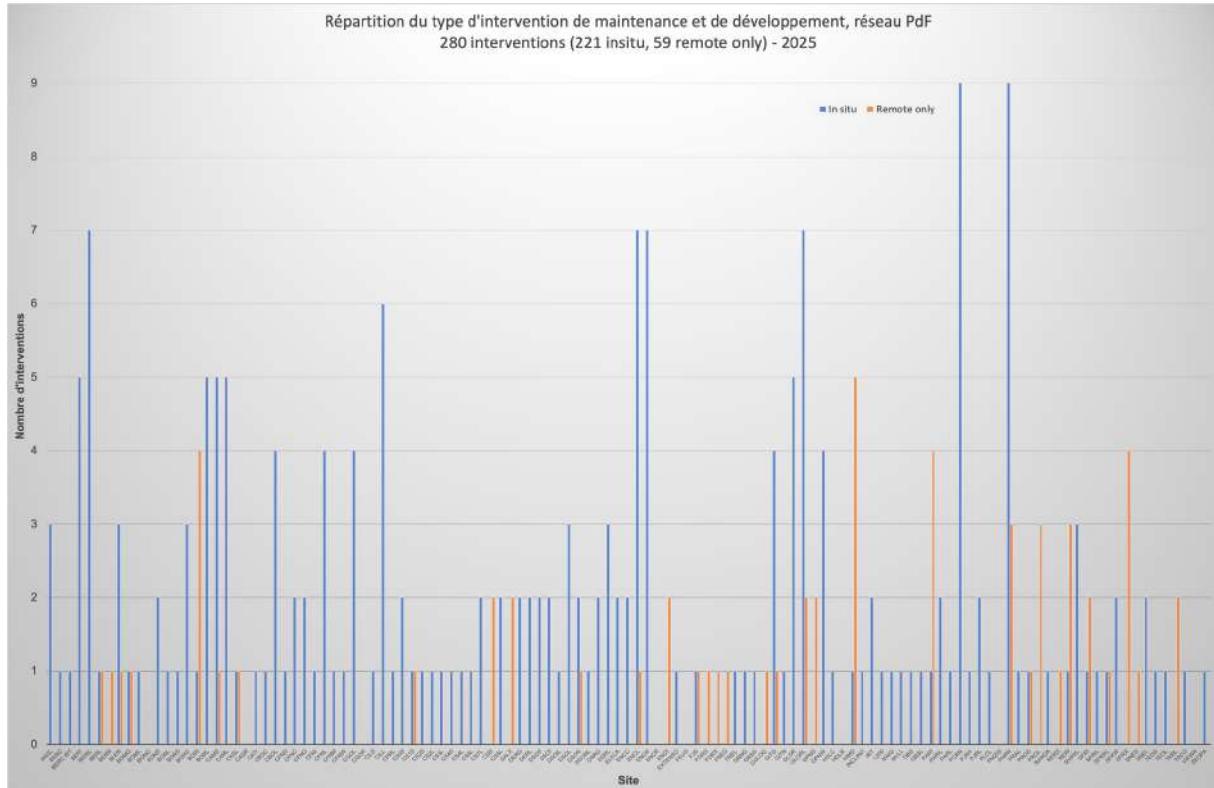
Figure 39 : Répartition géographique des capteurs du réseau de surveillance de l'OVPF en 2025. L'Enclos Fouqué, les Grandes Pentes et le Grand Brûlé concentrent 57% des capteurs ( $\sim 1$  capteur/ $2\text{km}^2$  et  $1$  site/ $3\text{km}^2$ ) ; et le massif du Piton de la Fournaise dans son ensemble, 92% des capteurs.

Ce réseau dense nécessite une maintenance et un développement permanent pour le rendre performant, robuste et pérenne. Une évolution constante du matériel, des infrastructures et du savoir-faire, associée à de nombreuses interventions in situ et à distance, permet d'assurer des conditions opérationnelles 24h/24 et 365j/an du réseau de surveillance, et de transmettre les données de 99% des capteurs en temps réel (1 seule station est concernée par des relevés de données manuels).



## Interventions

Avec la mise en place d'équipements réseaux - qui permettent d'une part d'affiner les diagnostics de panne et d'autre part d'effectuer des "réparations" ou des contrôles à distance - les interventions in situ sont mieux ciblées, plus efficaces et moins nombreuses.





## Rapport annuel 2025

### Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise - IPGP

Le nombre d'interventions (Figure 41) sur le réseau de surveillance est en hausse régulière depuis l'année 2019 mais avec un volume comparable à 2024 pour un nombre de capteurs stable. Le remplacement de certains équipements obsolètes comme les récepteurs GNSS a nécessité un certain volume d'intervention. Les infrastructures ont également nécessité de l'entretien surtout à la suite du passage du cyclone Garance. Plusieurs interventions ont également eu lieu sur les équipements de transmission (obsolescence, mises à jour et pannes).

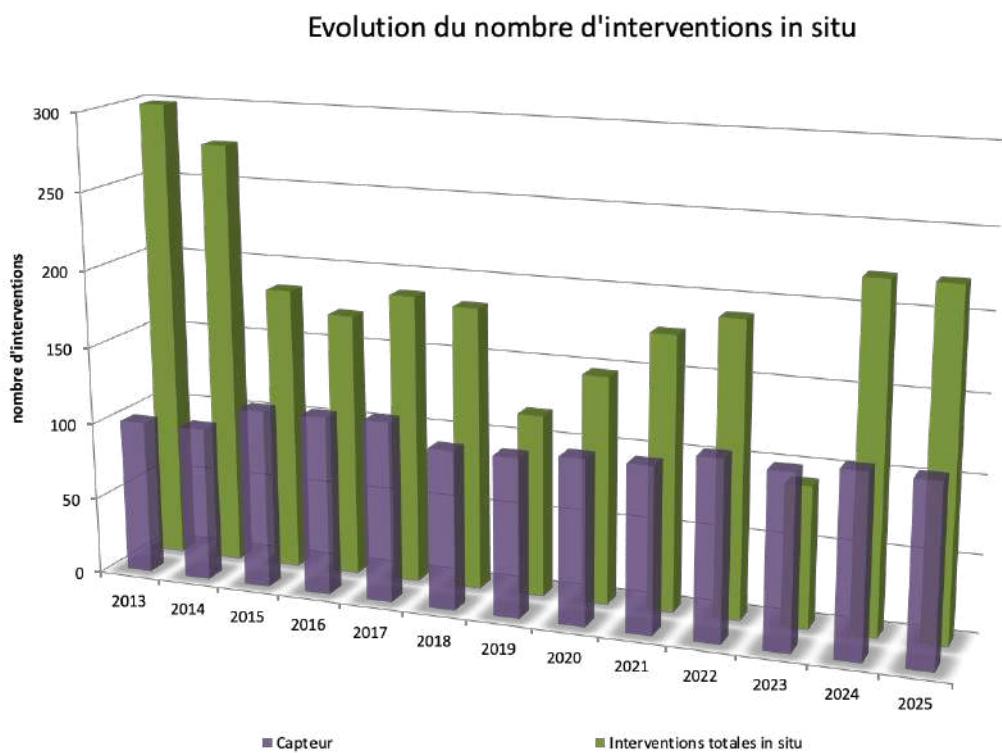


Figure 41 : Évolution du nombre d'interventions sur le réseau de surveillance de 2013 à 2025 avec un nombre total de capteurs relativement stable (14 capteurs supplémentaires entre 2015 et 2018 issus de l'ERC Slidequakes, 8 capteurs supplémentaires en 2022 issus du projet de recherche BlueSeis). La maîtrise des interventions reflète les améliorations réalisées sur les infrastructures (structure des stations, gestion de l'énergie et protections foudre), la robustesse du matériel (capteurs et transmission) et la supervision du réseau par l'équipe technique de l'OVPF. A ces interventions viennent s'ajouter les mesures ponctuelles de terrain (géodésie et échantillonnages lors des éruptions) et les interventions de télémaintenance non répertoriées pour les années antérieures à 2021.

#### Capteurs et équipements

Le parc de capteurs, des équipements associés et des moyens de transmission n'est pas homogène, que ce soit par choix scientifique, technique ou budgétaire (Figure 42).



Rapport annuel 2025  
Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise - IPGP

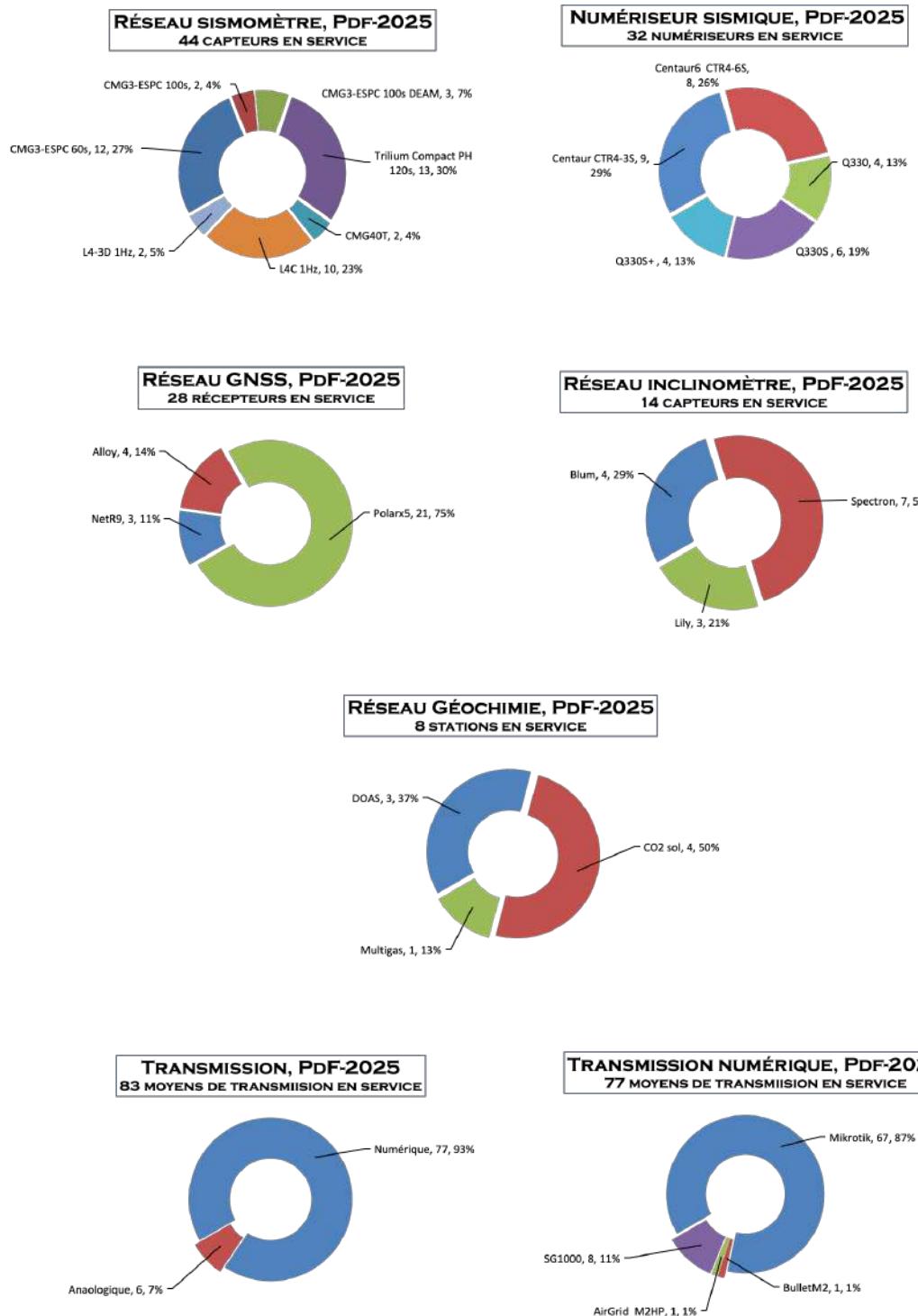


Figure 42 : Répartition des équipements des réseaux sismique, géodésique, géochimique et des moyens de transmission (équipement, nombre, pourcentage).



## Rapport annuel 2025

### Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise - IPGP

#### Cyclone Garance le 28 février 2025

L'observatoire et son réseau de stations de surveillance ont été particulièrement impactés par le passage du cyclone Garance sur l'île le 28 février 2025 (alerte rouge sur tout le territoire de La Réunion du 27 février 19h au 1<sup>er</sup> mars 10h, incluant une alerte violette le 28 février de 9h à 12h).

##### *Impact sur le bâtiment*

Le vendredi 28 février au matin, une coupure EDF a impacté tout le village de Bourg-Murat où se situe l'observatoire. Le groupe électrogène de l'OVPF a pris le relai automatiquement afin d'assurer le fonctionnement et les missions de l'OVPF-IPGP. En matinée du 28 février la ligne internet opérée par ZEOP a été coupée. Seule la 2<sup>e</sup> ligne internet opérée par Orange (fournie par l'Île de La Réunion tourisme) était toujours fonctionnelle.

Lors de la reconnaissance faite sur les bâtiments par une équipe de l'OVPF-IPGP le 1<sup>er</sup> mars, il a été constaté la chute d'un arbre dans l'impasse qui avait arraché la fibre optique ZEOP ; la fibre Orange était à terre mais fonctionnait encore (Figure 43, à droite). Il a été également constaté une coupure dans l'alimentation en eau.

Les vents cycloniques ont entraîné la chute de nombreux arbres et ont cassés de nombreuses branches au niveau de l'impasse menant à l'observatoire, empêchant un accès aux bâtiments. L'impasse a été dégagée à la sortie de l'alerte rouge par les équipes de l'OVPF-IPGP et grâce à l'aide d'une tractopelle venue en renfort (Figure 43). Sur la parcelle de l'observatoire, seules quelques branches ont été cassées et dispersées.

Sur le bâtiment de l'observatoire, aucun dégât majeur n'a été constaté. Néanmoins des lattes du toit se sont envolées et ont été retrouvées un peu partout sur la parcelle, d'autres étaient prêtes à se détacher, quelques morceaux de gouttières ont été arrachés, le système de verrouillage du portail a été cassé, une antenne retournée et une antenne TV arrachée.

Une des antennes du projet SVOM (Space Variable Objects Monitor) installée par le CNES en 2020 sur l'un des bâtiments de l'observatoire a également été arrachée.

A l'intérieur des bâtiments, des fuites d'eau se sont produites dans les bureaux et l'eau de ruissèlement est passé sous la porte de l'entrée. Grâce à la pose préventive de bâches et à la mise en sécurité du matériel informatique avant le passage du cyclone, aucun équipement n'a été endommagé.

Lors du rétablissement de la ligne EDF le 2 mars (raccord d'un câble qui s'était détaché), la 2<sup>e</sup> ligne internet (Orange) a été coupée, probablement lorsque les techniciens d'EDF ont retiré l'arbre sous lequel la fibre se trouvait pour accéder au poteau électrique, privant ainsi toute liaison internet entre l'observatoire et l'extérieur. Concrètement cela s'est traduit par la perte de lien direct avec l'observatoire en distanciel et de visualisation directe sur les données qui nous parvenaient encore du terrain, ainsi que par la perte de l'ensemble des données provenant des stations du REVOSIMA pour la surveillance de l'activité sismo-volcanique de Mayotte. Malgré cela, 4 stations (situées à la base du cône terminal et hors enclos) - dont les données nous parvenaient encore du terrain - étaient toujours reliées à l'alarme sismique, permettant ainsi d'appeler la personne d'astreinte en cas de séismes visibles sur ces stations.

L'État-major de zone et de protection civil de l'océan Indien (EMZPCOI) a été saisi afin de faire accélérer le processus de réparation. Ainsi, les opérateurs ZEOP et Orange sont intervenus dès le lendemain et les connexions ont été rétablies le 3 mars, en matinée pour la fibre ZEOP et dans l'après-midi pour Orange.

Le 5 mars, suite à l'intervention du SDIS sur la parcelle adjacente à l'observatoire, la fibre optique ZEOP a de nouveau été arrachée. L'EMZPCOI a été saisi une nouvelle fois - la coupure de cette fibre dégradant considérablement la surveillance de l'activité à La Réunion et à Mayotte puisqu'une partie des données des stations de surveillance transitent par ce canal. L'opérateur ZEOP a pu intervenir le 5 mars en fin d'après-midi pour rétablir la connexion.

L'alimentation en eau est revenue le 5 mars (suite à la mise en place par Sudéau d'un groupe électrogène sur le réservoir Souprayen permettant de démarrer les pompes alimentant le réservoir de Piton Dugain). Entre le 3 et le 5 mars, la majorité du personnel de l'OVPF est resté en télétravail. Des réserves d'eau avaient été faites avant le cyclone afin de permettre une alimentation en eau minimale pour les sanitaires pour le personnel devant être présent.



## Rapport annuel 2025

Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise - IPGP



Figure 43 : Photos de l'impasse menant à l'observatoire suite au passage du cyclone Garance (photos du 28 février 2025).

### Impact sur le terrain

Lors du passage du cyclone sur le volcan, l'OVPF a perdu le lien avec une grande partie de son réseau, notamment du fait de la perte des liaisons 4G et internet (fibres optiques rompues à l'observatoire).

Le 28 février midi, l'OVPF-IPGP ne recevait plus que les données de 16% de ses stations, à savoir :

- . 9 stations sismologiques sur 44 (20%)
- . 3 stations GNSS sur 27 dont une seule station en near-real time (11%)
- . 1 station inclinométrique sur 10 sites instrumentés (10%)
- . 0 station extensométrique sur 3 (0%)
- . 2 stations CO<sub>2</sub>-sol sur 4 (50%)
- . 0 station NOVAC (SO<sub>2</sub>-air) sur 3 (0%)
- . 0 station multigaz sur 1 (0%)
- . 1 webcam sur 10 (10%)

L'OVPF a réussi à maintenir à tout moment une surveillance opérationnelle minimale de l'activité volcanique, malgré un « mode très dégradé ».

Au lundi 3 mars matin, seulement 11% des stations restaient joignables :

- . 9 stations sismologiques sur 44 (20%)
- . 0 station GNSS sur 27 (0%)
- . 0 station inclinométrique sur 10 sites instrumentés (0%)
- . 0 station extensométrique sur 3 (0%)
- . 2 stations CO<sub>2</sub>-sol sur 4 (50%)
- . 0 station NOVAC (SO<sub>2</sub>-air) sur 3 (0%)



## Rapport annuel 2025

### Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise - IPGP

- . 0 station multigaz sur 1 (0%)
- . 0 webcam sur 10 (0%)

Le lundi 3 mars en soirée, grâce à l'intervention des équipes sur le terrain — en particulier sur les relais stratégiques —, les antennes endommagées ont pu être remplacées et celles retournées par les vents cycloniques réorientées. Ainsi, 66 % des stations étaient à nouveau opérationnelles et transmettaient leurs données à l'observatoire.

- . 29 stations sismologiques sur 44 (66%)
- . 21 stations GNSS sur 27 (78%)
- . 5 stations inclinométriques sur 10 sites instrumentés (50%)
- . 3 stations extensométriques sur 3 (100%)
- . 2 stations CO<sub>2</sub>-sol sur 4 (50%)
- . 1 station NOVAC (SO<sub>2</sub>-air) sur 3 (33%)
- . 0 station multigaz sur 1 (0%)
- . 6 webcams sur 10 (60%)

La reconnaissance héliportée réalisée le 5 mars a permis l'inspection de toutes les stations de la zone sommitale et de la majorité des stations de l'Enclos Fouqué. Elle a permis de constater un fort impact du cyclone sur les stations de l'OVPF, notamment sur les stations installées au sommet (à savoir les zones qui ont été exposées aux vents les plus forts). Il a été constaté :

- la destruction totale d'une station GNSS (DERG) située sur la partie est du cratère Dolomieu (Figure 44). L'instrumentation ramenée à l'observatoire pour test fonctionnait toujours.
- la destruction totale d'une station GNSS (DSRG) située sur la partie sud du cratère Dolomieu. L'instrumentation ramenée à l'observatoire pour test fonctionnait toujours (Figure 45).
- la destruction totale d'une station sismologique (DSO) située sur la partie sud du cratère Dolomieu - le sismomètre a été retrouvé renversé à quelques mètres de son site initial et sans protection mécanique. L'instrumentation ramenée à l'observatoire a été testée : sismomètre Guralp, son câble ainsi que le GPS Centaur étaient hors service. Le numériseur Centaur et son câble d'alimentation fonctionnaient toujours mais les connecteurs étaient abimés, l'ensemble sera à changer.

- la destruction partielle d'une station inclinométrique (DSOI) située sur la partie sud du cratère Dolomieu (Figure 46).
- la destruction de la structure ainsi que les câbles arrachés d'une station inclinométrique (BERI) située vers le Piton de Bert,
- la destruction de panneaux solaires sur les stations BOR (Figure 47), CBOC (Figure 48) et SNE situées respectivement, au sud-ouest du cratère Bory, dans le cratère Bory et au nord du cratère Dolomieu,
- la destruction totale de 5 antennes et une dizaine d'autres endommagées,
- la perte de 4 portes de coffret, d'une porte de cabane (BOR, Figure 47) et d'une trappe métallique permettant l'accès à un sismomètre (BORI) qui ont mis à mal les instruments,
- 1 camera PTZ de haute résolution hors service (ENCC),
- la destruction de protections d'instruments (BON et BORI).

Sur les stations épargnées par les effets du cyclone, de nombreuses antennes ont dû être réorientées afin de rétablir l'envoi de leurs données vers l'observatoire ; ainsi que certaines caméras.

À noter que le cyclone a également endommagé la caméra de l'Île de La Réunion tourisme (IRT) installée au Piton de Bert et la station magnétique de l'observatoire de physique du globe de Clermont-Ferrand (OPGC) située à la station BOR (sud-ouest du cratère Bory).

Le 7 mars, une semaine après le passage du cyclone, grâce à la forte mobilisation sur le terrain et à l'expertise des équipes de l'OVPF-IPGP, 83% du réseau de surveillance du Piton de la Fournaise était de nouveau opérationnel.

Le 6 septembre et le 4 novembre 2025, les stations détruites étaient réinstallées sur site et les derniers déchets évacués. Ces remplacements ont pu être réalisés grâce à un financement exceptionnel de l'INSU-CNRS de 50 000 euros et complétés par des fonds propres de l'OVPF.



Rapport annuel 2025  
Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise - IPGP



Figure 44 : Station DERG située sur la bordure est du cratère Dolomieu suite au passage du cyclone Garance (photos du 5 mars 2025).



Figure 45 : Station DSRG située sur la bordure sud du cratère Dolomieu suite au passage du cyclone Garance (photos du 5 mars 2025).



Rapport annuel 2025  
Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise - IPGP



Figure 46 : Station DSOI située sur la bordure sud du cratère Dolomieu suite au passage du cyclone Garance (photos du 5 mars 2025). La station DSO n'est pas visible sur la photo (projeté à plusieurs centaines de mètre dans la pente, difficile d'accès).



Figure 47 : Station BOR située au sud-ouest du cratère Bory suite au passage du cyclone Garance (photos du 5 mars 2025).



## Rapport annuel 2025

### Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise - IPGP



Figure 48 : Station CBOC située dans le cratère Bory suite au passage du cyclone Garance (photos du 5 mars 2025).

#### Interventions sur le réseau de surveillance

Ci-dessous les principales interventions réalisées en 2025 suivants les réseaux considérés (nombre d'interventions, pourcentage) et leurs répartition (Figure 49). À noter qu'à chaque installation ou démontage complet d'une station ou un remplacement d'équipement (batterie, antenne, électronique, etc.) tous les déchets sont évacués et suivent une filière agréée pour leur recyclage et leur traitement suivant la réglementation en vigueur.

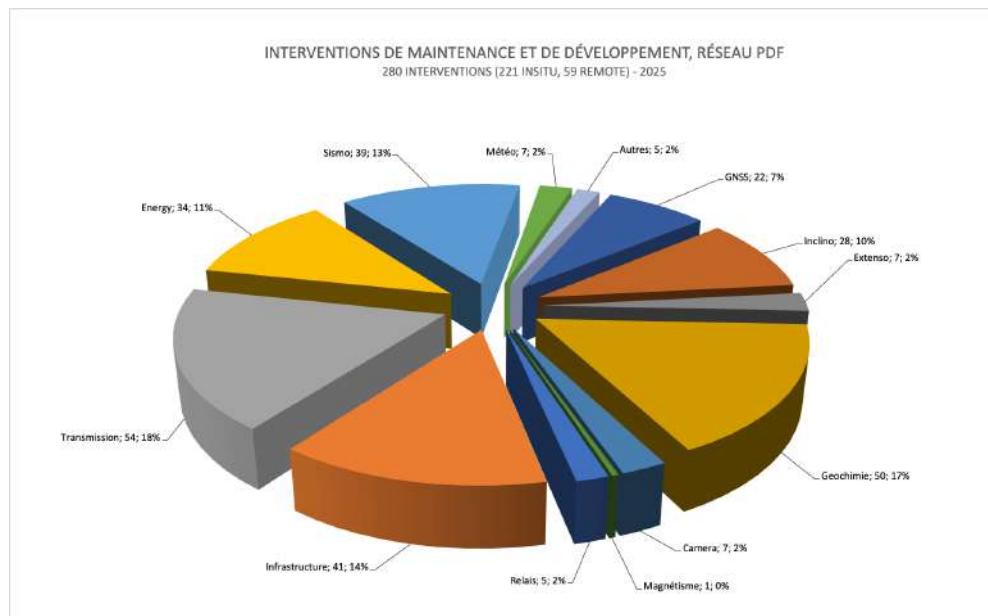


Figure 49 : Répartition des interventions sur les stations suivants les disciplines (nombre d'interventions, %) pour l'année 2025.



## Rapport annuel 2025

### Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise - IPGP

#### Sismologie

Interventions : 39, 13%

Le réseau des stations sismiques est composé fin 2025 de 32 stations larges bandes numériques et de 8 stations courtes périodes analogiques. Depuis quelques années l'OVPF modernise ce réseau en migrant les stations courtes périodes en larges bandes avec des équipements plus performants : sismomètres TCPH et numériseurs Centaur. Toute l'infrastructure doit alors être repensée pour tenir compte de la transmission numérique et du dimensionnement de l'énergie (panneaux photovoltaïques et batteries).

- Plusieurs interventions liées aux cyclones Garance sur les stations BON (Bory Nord), CS1 (Cratère Séry), CS2 (Cratère Séry) et CS4 (Cratère Séry), SNE (Soufrière Nord Est).

- Plusieurs numériseurs Q330 remplacés par des numériseurs Centaur ou par des Q330 récupérés sur des stations. Les numériseurs Q330 sont en fin de vie et il en reste encore 14 en production. L'OVPF se dote de nouveaux numériseurs Centaur pour remplacer les Q330 suivants les financements.

- CAM (Collège Cambuston) : plusieurs pannes dues au numériseur qui a finalement été remplacé (Q330).
- CIL (Cilaos) : déplacement de la station et remplacement du capteur et du numériseur (Centaur, TCPH).
- CS0 (Cratère Séry) : remplacement du capteur sismique rotationnel.
- DSO (Dolomieu Sud-Ouest) : remplacement de tous les éléments de la station suite au cyclone Garance.
- DSR (Dolomieu Sud) : remplacement de tous les éléments la station suite au cyclone Garance.
- Plusieurs interventions sur la partie software pour FJS (Faujas), FOR (Chateau Fort), GPN (Grande Pente Nord), HIM (Himiltrude).
- HIM (Himiltrude) : remplacement du GPS du numériseur.
- PJR (Pièce Jeanne) : remplacement de tous les éléments de la station, passage en numérique (4D), sismomètre 3 composantes large bande (TCPH).
- TEO (Téophane) : remplacement de tous les éléments de la station, passage en numérique (4D), sismomètre 3 composantes large bande (TCPH).
- PRO (Providence, ONF) : remplacement du numériseur (Q330).

S'ajoutent à cela :

- des interventions à distance pour le centrage ponctuel des masses des sismomètres, le redémarrage ou la reconfiguration des numériseurs,

- la complétude des données sismiques est également assurée avec la récupération des données non télétransmises (transmission en panne, etc.) pendant l'année et le nettoyage des espaces de stockage des numériseurs pour éviter la saturation et la perte de données,

- la mise à jour des *dataless* (fichiers décrivant les caractéristiques des instruments permettant de corriger les signaux de la réponse instrumentale) des stations sismiques suivants les modifications et la création des stations.

Ces trois points sont également réalisés pour les stations à terre du réseau REVOSIMA (présenté en section 11).

#### Géodésie

Interventions : 22, 7%

- BOM (Bory Nord) : remplacement du câble d'antenne.
- BOM (Bory Nord), BOR (Bory), GIT (Gîte) : mise à jour du firmware.
- CFN (Cratère Fontaine) : remplacement du récepteur, du câble d'antenne et de l'antenne suite à la foudre.



## Rapport annuel 2025

### Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise - IPGP

- DER (Dolomieu Est), DSR (Dolomieu Sud) : remplacement du récepteur, du câble d'antenne et de l'antenne suite au cyclone Garance.
- GIT (Gite), GBS (Grand Brûlé Sud) : remplacement du récepteur Trimble NetR9 par un Septentrio PolarRx5.
- GIT (Gite) : remplacement de la tige de l'antenne.

À noter également les relevés des données de GBN (Grand Brûlé Nord), seule station du réseau de surveillance dont les données ne sont pas télétransmises.

#### Inclinométrie et extensométrie

Interventions : 35, 12%

- BER (Bert) et PAR (Partage) : remplacement et réglages de l'acquisition et de la transmission.
- BOR (Bory) : reset de l'acquisition à plusieurs reprises.
- CAT (Cratère Catherine) : démontage de la station.
- CFN (Cratère Fontaine) : station hors service suite à la foudre (à remplacer).
- DSO (Dolomieu Sud-Ouest) : réinstallation complète de la station suite au cyclone Garance.
- ENO (Enclos Nord-Ouest) : reset de l'acquisition.
- RER (Rivière de l'Est) : plusieurs reset de l'acquisition.
- DAL (Dalle), FOR (Château Fort), SFR (Soufrière) : reset et redémarrage de l'acquisition.

#### Géochimie

Interventions : 50, 17%

- BER (Bert) : redémarrage de l'acquisition.
- BLE (Piton Bleu) : redémarrage et reset de l'acquisition.
- DSO (Dolomieu Sud-Ouest) : modification des paramètres et maintenance annuelle (filtre et nettoyage du captage).
- ENC (Enclos) : remplacement du GPS, redémarrage de l'acquisition, démontage et remontage complet suite au cyclone Garance.
- PCR (Plaine des Cafres) : plusieurs opérations sur les aspects software et sur la ligne de captage pour garantir de bonnes mesures.
- PNR (Parc National Réunion) : plusieurs interventions pour le remplacement de la pompe, nettoyage et contrôle de la ligne de captage.

#### Caméras

Interventions : 7, 2%

- BER (Bert) : réorientation suite au cyclone Garance.
- BER (Bert) IRT : remplacement du globe de protection et réinstallation.
- CBO (Cratère Bory) : remplacement de la caméra.
- CFN (Cratère Fontaine) : remplacement de la caméra suite à la foudre.
- ENC (Enclos) : remplacement de la caméra par une caméra haute définition PTZ (orientable à distance).

La station SFR (Soufrière) a été complètement détruite suite au passage du cyclone Garance et n'a pas été remise en service.



## Rapport annuel 2025

### Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise - IPGP

#### Transmission

Interventions : 59, 20%

La transmission des données est un élément majeur pour permettre une analyse en temps réel des phénomènes volcaniques. C'est pourquoi nous y apportons une attention toute particulière.

Dans un souci de fiabilisation et d'augmentation de la résilience face aux pannes, une pré-étude a été engagée. Nous avons testé les nouvelles stations avec deux voies de communication, à savoir : 4G/4G, 4G/Wi-Fi, et bientôt 4G/Satellite. Ces tests visent à garantir une meilleure redondance et à assurer une communication continue même en cas de défaillance de l'un des canaux. Cette démarche s'inscrit dans un objectif global de renforcement de la fiabilité et de la robustesse de nos infrastructures de surveillance.

- Plusieurs interventions liées au cyclone Garance avec des réorientations et des remplacements d'antenne notamment : BAS (Basaltes), BERI (Bert inclinomètre), BON (Bory Nord), CS3 (Cratère Sery), CSS (Cratère Séry), DSON (Dolomieu Sud multigas), PLC (Piton Lacroix), SFRR (Soufrière Relais), FRE (Fond de la Rivière de l'Est), HDL (Hubert de Lisle) et SNE (Soufrière Nord Est). Mais également l'évacuation et la réinstallation complète des stations DSO (Dolomieu Sud-Ouest), DSR (Dolomieu Sud Réunion) et DER (Dolomieu Est Réunion) avec une nouvelle infrastructure et capteurs opérationnels.

- Des maintenances correctives sur plusieurs équipements Wi-Fi de type Mikrotik ont été réalisées pour les stations PRA (Puys Ramond), PRO (Providence), RVPR (Rivière des Pluies relais), SFRR (Soufrière Relais) et TKR (Takamaka).

La migration du matériel de transmission numérique vers des équipements plus performants (Mikrotik) se poursuit avec pour l'année 2025 les stations BERI (Bert Inclinomètre), PARI (Partage Inclinomètre), PBR (Piton des Basaltes Réunion), BAS (Piton des Basaltes) pour le point d'accès vers FRE (Fond de la Rivière de l'Est). En outre, ces équipements sont systématiquement installés avec du matériel permettant de réaliser des opérations de télémaintenance (carte relais et/ou port de diagnostic) diminuant ainsi les interventions sur site et la perte de données). Il reste 3 équipements de transmission à remplacer par des Mikrotik.

Autres interventions :

- o CAM (Cambuston) : remplacement du boîtier VPN.
- o CFN (Cratère Fontaine) : remise en place du coffret de routage suite à la foudre.
- o CIL (Cilaos) : passage de la transmission en 4G via la solution Mikrotik.

#### Infrastructure et énergie

Interventions : 75, 25%

- Suite au passage du cyclone Garance, plusieurs interventions sur les stations pour remettre en place ou évacuer les structures mécano-soudées qui accueillent des panneaux solaires, les batteries, les équipements électroniques et la transmission ; également des portes de coffret arrachées,

Remplacement de batteries usagées sur les stations CAM (Cambuston), BERI (Bert Inclinomètre), CGO (Chemin Go), Réfection de la station BOR (Bory), SNE (Soufrière Nord Est)

- o Réaménagement des supports des équipements dans la cabane.
- o Mise à jour des équipements de transmission, de la gestion de l'énergie (MPPT), et de la gestion des alimentations.
- o Remplacement des structures de panneaux solaires vieillissants et endommagés suite aux derniers cyclones par une structure mécano-soudée à 6 panneaux solaires (600W).
- o Réfection de la cabane (étanchéité du toit).
- o Remplacement de la porte d'accès de la cabane.
- o Récupération de la trappe d'accès de la cave du sismomètre



## Rapport annuel 2025

### Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise - IPGP

#### Météorologie et magnétisme

Interventions : 8, 4%

Opérations de maintenance sur la partie software et sur la fixation du pluviomètre de GPN (Grande Pente Nord).  
Remplacement du pluviomètre de SFR (Soufrière).

Remise en place du mât de la sonde magnétique à BOR (Bory).

#### **Conception et développement**

##### Veille technologique

Afin de garder un réseau performant, une veille technologique est assurée par l'ensemble de l'équipe technique suivants les domaines d'expertise de chacun.

##### Projet inclinomètre

Mini inclinomètre de forage : le design réalisé l'année précédente a été testé. Plusieurs améliorations ont été intégrées dans une étude complémentaire : composant, architecture, routage et software. L'intégration du composant 9 axes a également été pris en compte. Un nouveau design de la carte électronique est en cours de réalisation et sera testé courant 2026. L'étude de l'assemblage mécanique est terminée et les différents éléments ont été usinés. Dès leurs livraisons ils seront assemblés et testés avec l'intégration des parties électroniques.

Principaux points réalisés sur le nouveau design électronique :

- Développement et mise en œuvre des librairies de contrôle des composants.
- Développement du programme de contrôle de polarité d'alimentation du capteur et d'acquisition synchronisée.
- Réalisations de mesures d'acquisition de test recherche et interprétation des performances.
- Réalisation d'un nouveau schéma électronique qui corrige les défauts électriques trouvés.
- Début création d'un nouveau PCB avec des empreintes de composant encore plus petites et avec les corrections du nouveau schéma.

##### GETS : Geochemical Easily Transported System

Conception d'une station géochimique avec des capteurs low-cost, facilement transportables système autonome de mesure des gaz par technologie IoT. Ce prototype, en cours de développement, permettra d'installer des capteurs au plus proche d'un site éruptif ou sur un drone.

Une version allégée de test avait été déployée sur deux sites pilotes : le lac Dzani et le sommet du Piton de la Fournaise. Au cours de l'année, seule la station du Piton de la Fournaise a maintenu son activité, celle du lac Dzani ayant cessé d'opérer suite au cyclone Chido. La robustesse du système a été démontrée par l'absence totale d'intervention sur la station du Piton de la Fournaise durant toute l'année 2025. Toutefois, en raison du seuil de sensibilité des capteurs utilisés vis-à-vis des espèces chimiques ciblées ( $\text{SO}_2$  et  $\text{H}_2\text{S}$ ) et de la faible activité volcanologique constatée, les données recueillies ne permettent pas à ce stade de valider pleinement les performances des capteurs. Par conséquent, aucune conclusion définitive ne peut être tirée quant à l'efficacité du système dans des conditions actuelles. Le développement de la version complète et optimisée du système se poursuit.



## Rapport annuel 2025

### Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise - IPGP

#### Collaborations sur projets

##### □ Projet Magnétisme – OPGC-LMV-Université Clermont Auvergne

Dans la continuité de l'ANR SlideVolc et du projet ANR JCJC Scan4Volc qui a débuté en 2022 (cf. section 9), la mise en œuvre de mesures géophysiques, notamment magnétiques, s'est avérée primordiale pour renforcer le réseau d'étude et la compréhension du système volcanique dans son ensemble.

L'objectif est aussi de poursuivre l'expérience en effectuant des mesures magnéto-telluriques (MT) ponctuelles complémentaires (quelques jours de mesures sur différents sites pour compléter l'étude structurale, plusieurs séries de mesures avant et après une éruption par exemple si l'activité le permet) pour imager la distribution des résistivités à grande profondeur dans le cadre d'une étude structurale en lien avec la dynamique de l'édifice impliquant :

- 1) l'installation et la maintenance d'une station MT dans l'Enclos du Piton de la Fournaise sur différents sites et d'une station de référence (hors Enclos) pour la correction des mesures,
- 2) l'analyse des données par cycle d'acquisition et modélisation 1D,
- 3) l'intégration au jeu de données existant et modélisation 2D,
- 4) selon l'activité éruptive sur la période considérée et les résultats issus des mesures en différents points, la comparaison avec les signaux sismiques.

C'est dans ce cadre qu'ont été installés :

- en décembre 2020, une station de variations magnétiques (GSM90, financement SNOV-CNES) au sommet du Piton de la Fournaise au sud du cratère Bory à proximité de la station sismique de l'OVPF,
- en mai 2024, une station MT au niveau de la station Cratère Fontaine de l'OVPF,
- en avril 2025, une station magnétique au niveau de la station Cratère Fontaine de l'OVPF.

##### □ Projet BlueSeis - Université de Potsdam (cf. section 9)

L'installation pour quelques années d'un nouveau type de capteur sismique rotationnel BlueSeis à la station RER (Rivière de l'Est Réunion) a pu avoir lieu en 2021 avec une mise à disposition des données en temps réel sur les serveurs de l'IPGP. Un second capteur avec une antenne sismique associée a été installé à la station CSS (Cratère Séry) en 2022. La préparation, l'étude et la validation ont été faites par l'équipe technique de l'OVPF avec un dimensionnement des aspects énergie et transmission des données et l'intégration des nouveaux équipements sur les stations existantes. Un dispositif en antenne sismique a également été installé par l'OVPF avec 7 stations dans l'Enclos Fouqué. Toutes les données sont transmises en temps réel à l'OVPF et la maintenance est assurée par l'OVPF (Figures 50, 51 et 52).

Le sismomètre BlueSeis de RER a été retiré suite à des pannes à répétitions et celui de CS0 a été remplacé. La fin du projet est programmée pour fin septembre/début octobre 2026 : toutes les stations et les équipements seront démontés et évacués.



## Rapport annuel 2025

### Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise - IPGP

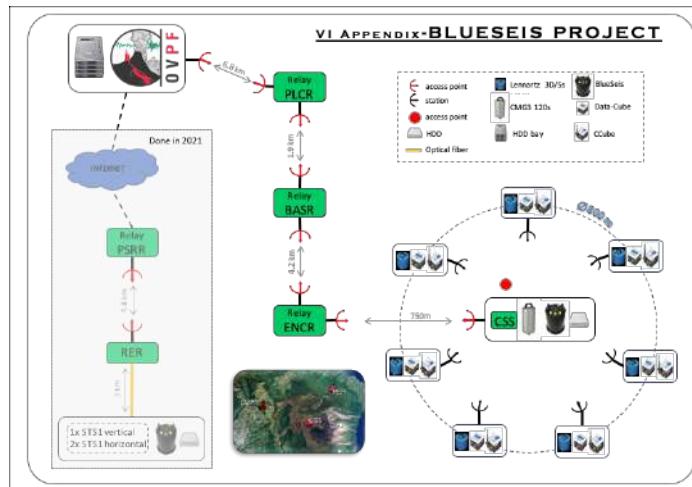


Figure 50 : Architecture des équipements installés pour le projet BlueSeis.



Figure 51 : Installation des équipements du projet BlueSeis. A gauche, le sismomètre rotationnel à la station CSS (Cratère Sery), au milieu de l'infrastructure de la station CSS, à droite une des 7 stations sismiques constituant l'antenne sismique autour de CSS.



Figure 52 : Localisation des stations du projet BlueSeis dans l'Enclos Fouqué.

□ Laboratoire Géoscience Réunion, LGSR, Université de La Réunion

Collaboration pour la transmission en temps réel des données d'une station située dans la Rivière des Pluies RVP : mise en place d'un relais, des équipements de transmission de télémaintenance et maintenance.



## Rapport annuel 2025

Rapport annuel 2020  
Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise - IPGP

DEMOVOR (cf. section 9)

Le projet propose de suivre les dégazages diffus de mercure (concentration et isotopie) dans différents réservoirs de la zone critique (atmosphère - dégazage diffus et "bruit de fond" atmosphérique -, eaux et sols) le long d'une diagonale ONO-ESE qui correspond au trajet des magmas du Piton de la Fournaise, et sur laquelle sont localisés les suivis pérennes des sols, de l'OSU-Réunion, l'Université de La Réunion, l'OVPF et l'OPAR (Figure 53). Les suivis sont prévus sur une durée proche de 3 ans (jusque fin 2026) avec un remplacement des capteurs tous les 3 mois et tous 6 mois au sommet. Des mesures ponctuelles lors des événements éruptifs à proximité de l'évent seront également réalisées durant la durée du projet.

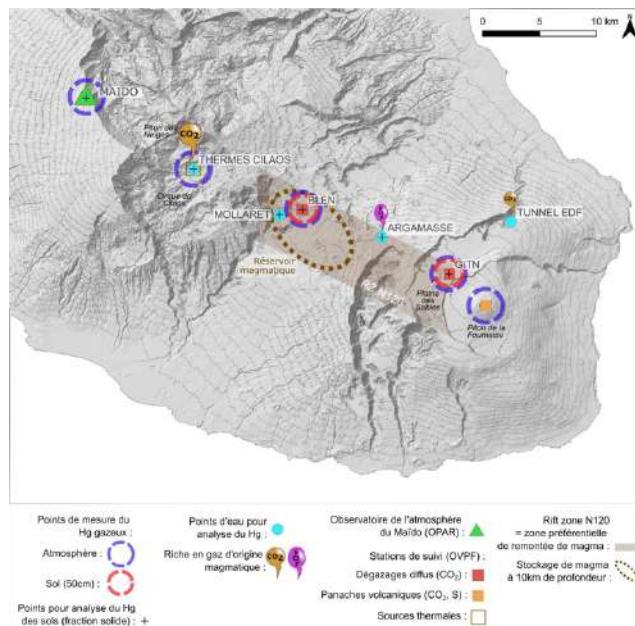


Figure 53 : Profil des suivis du dégazage diffus de mercure.

Ainsi les collectes et déterminations des teneurs en mercure élémentaire gazeux (GEM) dans l'atmosphère et dans le sol ont été réalisées au moyen des dispositifs passifs (Mercury Passive Air Sampler - MerPAS) déployés en 2024 sur certaines stations de l'OVPF : BLE (Piton Bleu) et GIT (Gîte) en captage aérien et au sol, et DSO (Dolomieu Sud-Ouest) en captage aérien (Figure 54). Les dispositifs MerPAS sont renouvelés tous les 3 à 6 mois.



Figure 54 : Projet DEMOVR, captage aérien à la station GIT (photo de gauche) et au sol à la station BLE (photo du milieu et de droite).



## Rapport annuel 2025

### Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise - IPGP

#### Accueil d'équipements extérieurs

Dans le cadre de différentes conventions et de différents projets, l'OVPF accueille dans son réseau des équipements d'établissements extérieurs à l'IPGP :

##### □ Station GNSS, IGN

Sur le site de l'observatoire à la Plaine des Cafres, station de référence GNSS REUN.

##### □ Système de référence DORIS, IGN

Sur le site de l'observatoire à la Plaine des Cafres, système développé par le CNES conjointement avec l'Institut national de l'information géographique et forestière (IGN) et le Groupe de Recherches de Géodésie Spatiale (GRGS). Ce système a pour objectif de positionner finement des satellites d'observation.

La station DORIS a été déplacée en 2020 et à ce titre l'équipe technique a accompagné le CNES dans le choix d'un nouvel emplacement sur le site de l'OVPF, la réalisation d'un pilier et l'intégration du flux de données dans l'infrastructure de l'OVPF.

##### □ Laboratoire PIMENT, Université de La Réunion

Sur le site de l'observatoire à la Plaine des Cafres, installation de plusieurs bâtiments à échelle réduite afin de quantifier l'impact d'un environnement des hauts de La Réunion sur le comportement thermo-hydrique de certains matériaux et composants du bâtiment.

##### □ Camera IRT

Une caméra haute résolution et pilotable à distance est installée sur le site de Piton de Bert en collaboration avec l'Île de La Réunion tourisme - IRT (Région Réunion).

##### □ CNES, SVOM, Space-based multiband astronomical Variable Objects Monitor

Dans le cadre du suivi des sursauts gammas provenant de l'espace, le SVOM a installé en 2020 deux antennes VHF sur le site de l'OVPF à Bourg Murat. L'équipe technique a accompagné le SVOM dans le choix de l'emplacement et l'intégration du flux de données dans l'infrastructure de l'OVPF et assure la maintenance de premier niveau.

##### □ CNRS, Université de Toulouse : RSPL-Run

Le projet « Réseau de suivi de la pression lumineuse à La Réunion » (RSPL-Run) consiste à équiper l'île de La Réunion d'un ensemble de capteurs photométriques de type TESS-W servant à mesurer en continu et sur le long terme la brillance du ciel nocturne et, en conséquence, d'extraire des données récoltées la pression lumineuse d'origine anthropique (pollution lumineuse). La mise en œuvre du RSPL-Run et l'exploitation des données qu'il produit font partie intégrante des travaux de recherche que mène, depuis 2021, l'Observatoire de l'environnement nocturne du CNRS à La Réunion.

La Figure 55 ci-dessous présente la morphologie du RSPL-Run en date du 21 mars 2024. Elle révèle un déficit de capteurs dans l'Est de l'île de La Réunion, et plus particulièrement sur la zone du Piton de la Fournaise (zone en tirés rouges.). C'est pour combler ce manque que l'Observatoire de l'environnement nocturne, hébergé au sein de l'UMR5602 GODE du CNRS, a pris l'attache de l'Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise (OVPF) de l'IPGP afin de solliciter un accueil de photomètres sur certaines de leurs stations sismologiques sur la zone du Piton de la Fournaise.



## Rapport annuel 2025

Rapport annuel 2016  
Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise - IPGP

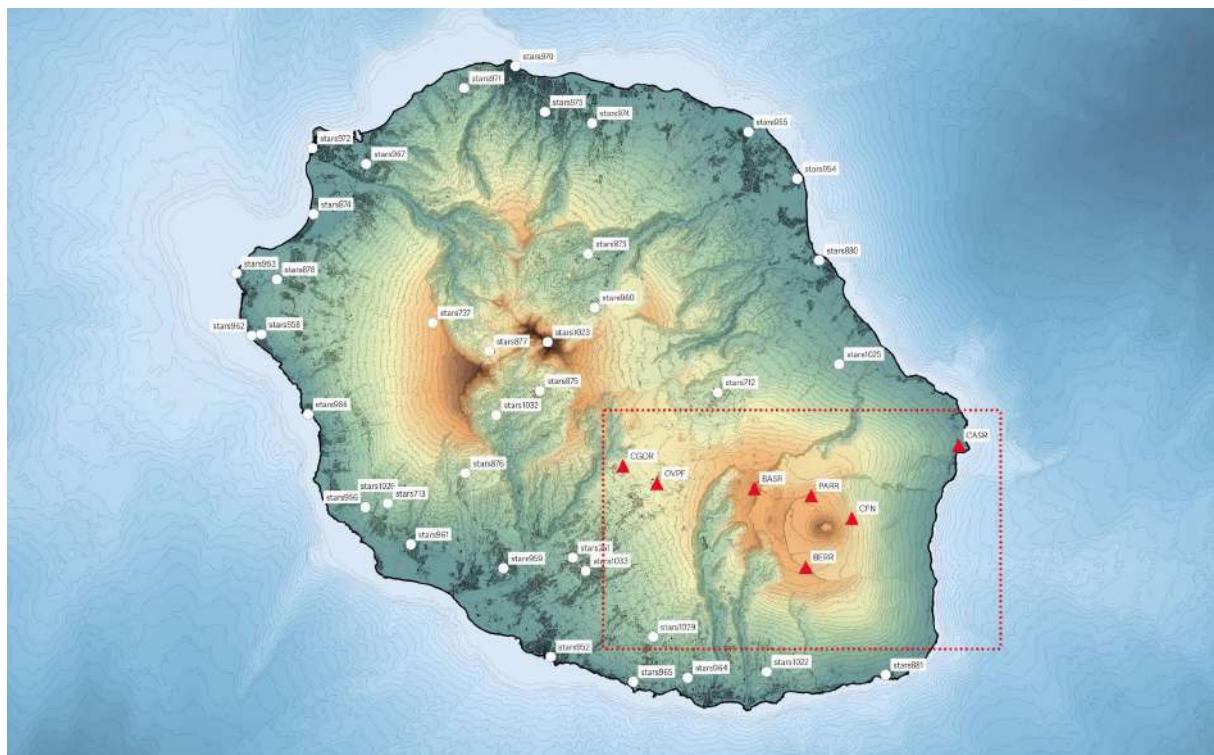


Figure 55 : Cartographie de la morphologie du RSPL-Run de l'OEN du CNRS au 21 mars 2024 (capteurs repérés par des ronds blancs). La zone délimitée par des pointillés rouges révèle le déficit, en date du 21 mars 2024, de capteurs photométriques dans la région du Piton de La Fournaise. L'installation de capteurs sur certaines stations de l'OVPF-IPGP, repérées ici par des triangles rouges vise à combler ce déficit. Données: IGN (BD TOPO®, RGE ALTI®), SHOM, OEN-CNRS, OVPF-IPGP. Réalisation : Samuel Challéat (OEN, GEOFAC, CNRS).

Du point de vue de l'exploitation des données du RSPL-Run, il s'agit pour l'OEN d'étudier et de suivre l'évolution temporelle et spatiale de la pression lumineuse en fonction des différentes conditions météorologiques. La brillance naturelle du ciel nocturne, due à la lumière zodiacale, à la chimioluminescence atmosphérique, aux étoiles, à La Voie Lactée et à l'émission diffuse extragalactique, sera modélisée grâce à l'outil GAMBONS basé sur les données du satellite Gaia pour caractériser son évolution temporelle sur les sites d'installation des photomètres du RSPL-Run, et ainsi extraire la composante anthropique des mesures au sol. Cette analyse permettra de construire des indicateurs fiables de pression lumineuse qui pourront utilement être mobilisés par les chercheurs en écologie du temps nocturne, par les gestionnaires d'aires protégées (le Parc national de La Réunion, la Réserve naturelle marine, ou encore la Réserve naturelle nationale de l'Étang Saint-Paul) et plus largement par les collectivités et la puissance publique.



## Rapport annuel 2025

Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise - IPGP

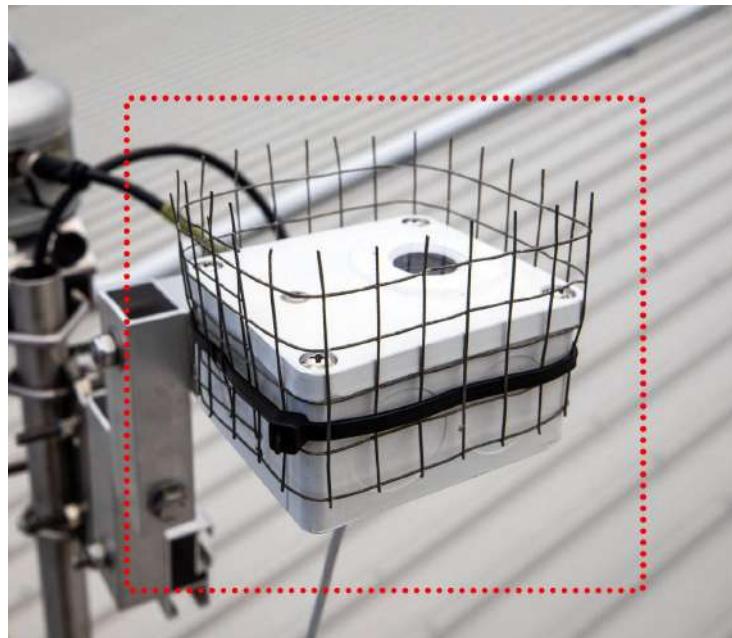


Figure 56 : Photomètre TESS-W de l'Observatoire de l'environnement nocturne, installé ici sur une station de mesure de rayonnement solaire du laboratoire ENERGY-Lab (Université de La Réunion). Photographie : Samuel Challéat (OEN, GODE, CNRS).

Il a ainsi été convenu que 8 capteurs TESS-W (Figure 56) seront installés sur les stations de l'OVPF qui fournira l'énergie et la transmission des données. Les stations sélectionnées sont les suivantes :

- OVPF (Plaine des Cafres)
- BAS (Basaltes)
- CGO (Chemin Go)
- BERR (Bert relais)
- PARR (Partage relais)
- CAS (Cascades)
- CFN (Cratère Fontaine)
- TEO (Teophane)

En 2024 et 2025 les sites OVPF, BAS, CGO, BERR et PARR ont été équipés de TESS-W. Les sites restant CAS, CFN et TEO devraient être équipés courant 2026.



## Rapport annuel 2025

### Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise - IPGP

#### > Réalisations informatiques

En 2025, le Service Informatique de l'OVPF a réalisé environ 1380 tâches couvrant les projets, les résolutions de pannes, les assistances utilisateurs, les dépannages divers, la maintenance du parc informatique, etc.

#### Projets

##### • *Refonte du Système d'Information de l'Observatoire*

Le projet de refonte de l'infrastructure informatique de l'OVPF s'est poursuivi en 2025. Des travaux ont été menés sur l'architecture réseau ainsi que sur l'infrastructure de virtualisation et de stockage. De manière plus détaillée, le service informatique de l'OVPF a procédé à :

- Le début migration du pare-feu en production sur une plate-forme plus moderne,
- L'amélioration du brassage réseau,
- Le renforcement de la politique de sécurité sur le pare-feu en production,
- La supervision plus fine sur les machines virtuelles (VM),
- La migration de toutes les VMs sur le nouveau cluster de virtualisation,
- L'amélioration et le durcissement de la sécurité des VPN pour le personnel et les stations de mesures,
- La migration de l'ensemble des données de l'OVPF sur le nouveau système de stockage et mise au rebut de l'ancien.

##### • *MARMOR*

Dans le cadre du projet MARMOR (Marine Advanced geophysical Research equipment and Mayotte multidisciplinary Observatory for research and Response) – projet ANR/Equipex+ financé par l'État dans le cadre de son 3<sup>ème</sup> plan d'investissement d'avenir (PIA3) qui prévoit entre autres l'installation d'une infrastructure d'observation sous-marine câblée au large de Mayotte - le Service Informatique a participé à diverses réunions avec les différents intervenants de ces groupes de travail et a réalisé diverses actions tout au long de l'année :

- Suivi de l'évolution technologique du projet,
- Suivi de l'évaluation du projet par l'ANR,
- Suivi du développement des capteurs sismiques HALIOS.

##### • *Refonte de l'infrastructure d'acquisition et de traitement sismique*

Une fois la refonte de l'infrastructure d'acquisition et de traitement GNSS terminée, le Service Informatique s'est attelé à la refonte de l'infrastructure sismologique. Les principaux objectifs de ce projet sont la modernisation des outils et la simplification de l'architecture. Le Service Informatique a mené les actions suivantes :

- Déploiement d'un unique serveur d'acquisition et de traitement des données sismiques basé sur SeisComP6 en remplacement des 3 serveurs SeisComP3,
- Déploiement de la solution Nanometrics ApolloServer pour la récupération des séries temporelles sismiques et la complétude des données,
- Modernisation des outils de localisations et optimisation de leur déploiement sur les postes client à l'aide de la technologie Docker,
- Migration en cours sur des services Web modernes (remplacement de Arclink par fdsnws),
- Déploiement de nouveaux outils de détection et localisation (PhaseWorm),
- Préparation à la migration des systèmes de traitements sismiques Earthworm,
- Réflexions sur la refonte des outils de complétude et d'évaluation de la qualité des données.

##### • *Nouvel observatoire volcanologique*

Dans le cadre du projet de construction du nouvel observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise, le Service Informatique a pris part à la rédaction des pré-programmations et programmations techniques pour tous les aspects informatiques du futur bâtiment. Plus précisément, le Service Informatique a mené les actions suivantes :

- Participation à la rédaction des documents techniques en collaboration avec le Service Technique et le programmeur,



## Rapport annuel 2025

### Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise - IPGP

- Participation aux réunions,
- Réflexions sur le fonctionnement de la structure pendant les travaux,
- Chiffrage préliminaire de l'infrastructure informatique.

#### Développement

Pour les besoins spécifiques des missions de l'OVPF (acquisition et traitement de données, recherche et surveillance), le Service Informatique est amené à concevoir, développer et maintenir des applications.

- *AUTORINO : la nouvelle chaîne d'acquisition GNSS des Observatoires Volcanologiques et Sismologiques (OVS) de l'IPGP*

Le projet AUTORINO (Assisted Unloading, Treatment & Organisation of RINex Observations) vise à moderniser et unifier les chaînes d'acquisition GNSS des OVS de l'IPGP. Le Service Informatique participe activement à ce projet au travers :

- La rédaction des spécifications de ces nouveaux outils en partenariat avec la direction des OVS,
- L'assistance à la définition des méthodes et des outils de génie logiciel,
- La participation hebdomadaire à la réunion du groupe de travail,
- La mise en production de l'outil Apache Airflow pour l'orchestration des tâches planifiées,
- L'optimisation des performances des traitements GNSS,
- L'arrêt des solutions obsolètes (GAMIT/GLOBK et les outils associés),
- La documentation et le transfert de compétence à l'ensemble du Service informatique,
- La montée en version d'AUTRINO fin 2025.

Le système a été mis en production dans le courant de l'année 2025 et fonctionne sans discontinuer depuis.

- *WebObs*

WebObs est un système de gestion de données de surveillance en observatoire développé à l'IPGP. Ce système prend la forme d'un portail web de surveillance intégré temps réel et devient un support d'échanges solides pour le personnel scientifique et technique. Il est largement ouvert à la modélisation interdisciplinaire en temps réel.

Dans la terminologie WebObs :

- un NODE représente une ressource (capteur, station, équipement, batterie, etc.),
- une VIEW représente un groupe de NODES correspondant en général à une discipline spécifique afin d'organiser leur gestion et de proposer une carte pour les situer,
- une PROC permet, à travers une liste de NODES de type capteur et des données correspondantes, d'effectuer des calculs spécifiques, de la modélisation et d'afficher les résultats associés.

Le Service Informatique a la charge de l'administration de WebObs (mise à jour, ajout d'utilisateur, ajout de NODE, de VIEW et de PROC). Les principales actions menées en 2025 ont été :

- La participation aux comités de pilotage du projet,
- La participation à des sessions techniques (développement, bases de données),
- Le développement de patchs (bugs, durcissement de la sécurité, etc.),
- L'amélioration des outils de génération semi-automatique de bulletins,
- La simplification du déploiement de WebObs grâce à la technologie Docker et au développement d'un script de déploiement automatisé,
- Participation à l'article sur la méthode Jerk,
- Déploiement de la nouvelle alarme Jerk basée sur la méthode du même nom.
- La mise à jour vers la version 2.7.1 puis vers la 2.7.3. et enfin vers la 2.8.

#### Administration système et réseaux

Le Service Informatique a la charge de la maintenance et de l'évolution du système d'information de l'Observatoire. Pour cela, il effectue diverses tâches d'administration au quotidien.



## Rapport annuel 2025

### Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise - IPGP

Les tâches classiques de l'administration système sont :

- les mises à jour logicielles,
- la sauvegarde,
- la supervision,
- la gestion des espaces disque,
- le remplacement de composants défectueux,
- les diagnostics et résolutions de pannes,
- le déploiement d'applications sur les postes utilisateurs ou les serveurs,
- la revue régulière de la sécurité informatique,
- la production de documentation,
- l'assistance aux utilisateurs et dépannage (répondre aux demandes, besoins particuliers et soucis informatiques).

Les tâches classiques de l'administration réseau sont :

- l'ouverture d'accès réseaux,
- les mises à jour de règles du pare-feu
- les diagnostics et résolutions des pannes,
- l'entretien de la salle serveur,
- la production de documentation et mises à jour des procédures existantes, la création de checklists, etc.

Dans les tâches notables de 2025, on peut citer :

- La maintenance et la sécurité du système d'information avec :
  - la montée en version de l'antivirus sur l'ensemble du parc informatique,
  - le blocage de tentatives d'intrusion sur le routeur de l'OVPF,
  - la mise à jour des logicielles et systèmes de l'ensemble des serveurs physiques.
- L'installation d'un nouveau serveur dans le cluster de virtualisation et de deux nouvelles machines utilisateurs, ainsi que la réforme de 2 machines utilisateurs.
- L'intégration ou la mise à jour de 4 stations de mesures dans le système d'information (PJR, TEO et KAW2).
- La vérification de la cohérence de l'ensemble des données de l'OVPF sur le nouveau serveur de stockage, suite à différentes migrations.
- La migration vers la messagerie instantanée du secteur public Tchap à la place de Citadel pour les communications internes de l'OVPF.
- Les mises à jour :
  - de l'outil d'inventaire GLPI vers la version 10.0.18,
  - du système de stockage TrueNAS vers la version 13.0U6.8,
  - du système de virtualisation ProxmoxVE (3 versions successives : 8.3, 8.4 et 9)
  - de l'outil de traitement des données géodésiques GipsyX vers la version 2.3
- La gestion des nouveaux arrivants, des départs et du personnel en mission ayant des besoins informatiques (1 permanent, 2 CDD, 1 doctorant, 3 stagiaires et 2 missionnaires).
- Le suivi de stagiaire (1 stage en informatique et plusieurs stages de troisième),
- Le calcul précis des ETP du Service Informatique, avec un remaniement dans la suite du travail mené par l'équipe.
- Le traitement de pannes majeures :
  - Suite au cyclone Garance les 2 fibres opérateurs ont été arrachées.
  - Une migration du type des partages réseaux utilisés à l'observatoire a créé beaucoup de problèmes pour l'ensemble des serveurs. Cela a nécessité environ 2 journées de travail sans perte de données.



## Rapport annuel 2025

### Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise - IPGP

#### Administratif

Le Service Informatique gère un budget annuel d'environ 50 k€. Il s'occupe des demandes de devis, du suivi des commandes, des relances et du service après-vente. Il gère l'inventaire (entrées et sorties) du matériel informatique.

Le Service Informatique fait un suivi hebdomadaire des tâches réalisées.

En complément de cette gestion administrative, un certain nombre de tâches supplémentaires incombent au Service Informatique :

- La préparation des plannings d'astreintes et d'astreintes renforcées pour l'ensemble de l'équipe.
- Les recrutements de contractuels et stagiaires.

#### Gestion du parc instrumental GNSS (Global Navigation Satellite System)

Le Service Informatique gère le parc instrumental de capteurs de positionnement par satellite (GNSS). Cela comprend :

- l'achat du matériel (bons de commande, suivi des achats),
- l'inventaire des récepteurs et antennes GNSS,
- la gestion des métadonnées sur la plateforme européenne M3G<sup>1</sup>,
- la configuration des récepteurs GNSS pour déploiement ou remplacement sur le terrain,
- la gestion des pannes (diagnostics, procédures de SAV, etc.),
- l'assistance pour les missions de terrain avec une composante GNSS,
- l'administration et la configuration du système d'acquisition et de traitement des données (GipsyX),
- la distribution des données vers le Centre de Données de l'IPGP.

En 2025, le Service Informatique a géré l'achat de 2 nouveaux récepteurs GNSS de la marque Septentrio. Il a préparé 6 récepteurs et antennes et participé à leur déploiement sur le terrain. Chacun de ces déploiements a donné lieu à la mise à jour des métadonnées sur le site du M3G.

#### Divers

- Comme l'ensemble du personnel de l'observatoire, participation aux tâches d'observatoire :
  - interventions sur le terrain pour environ une dizaine de stations durant l'année,
  - participation aux campagnes de mesures GNSS,
  - participation aux astreintes de surveillance de l'activité volcanique dans le cadre de l'OVPF et du REVOSIMA,
  - mesures absolues du champ magnétique terrestre,
  - localisation des séismes dans le cadre du REVOSIMA,
  - campagne océanographique : MayOBS33 du 25/09 au 14/10 (cf section 11),
  - mission à Mayotte du 14 au 18 mai 2025.
- Animation de réseaux métiers :
  - Organisation des rencontres trimestrielles des informaticiens gestionnaires de données en observatoire à La Réunion : le Café Péi. Une édition a eu lieu en 2025 réunissant des collègues de l'Observatoire des Sciences de l'Univers de la Réunion (OSU-R), de la station de Surveillance de l'Environnement Assistée par Satellite pour l'Océan Indien (SEAS-OI) et du laboratoire Energy Lab de l'Université de La Réunion.
  - Mission Data Terra (E-Infrastructure de recherche du domaine système Terre et environnement) à La Réunion le 17 septembre 2025 au CYROI. Organisée par l'OSU-Réunion et Data Terra, cette mission a permis d'échanger et de discuter avec les acteurs de la recherche autour de l'offre Data Terra, son potentiel pour répondre aux besoins et enjeux de La Réunion. Cette réunion a permis en particulier de présenter le dispositif des Animations Régionales Thématisques (ART) qui va voir le jour prochainement.

<sup>1</sup> <https://gnss-metadata.eu/>



## Rapport annuel 2025

### Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise - IPGP

- Formations délivrées :
  - Mini formations sur l'utilisation de WebObs.
- Veille technologique pour rester au courant de l'actualité informatique, des menaces en cyber sécurité, des évolutions matérielles et logicielles, etc.

L'ensemble des tâches réalisées en 2025 par le Service Informatique de l'OVPF s'est réparti de la manière suivante (Figures 57 et 58) :

- 55% de tâches planifiées,
- 18% de demandes non planifiées,
- 3% d'assistance aux utilisateurs,
- 24% de gestion de pannes.

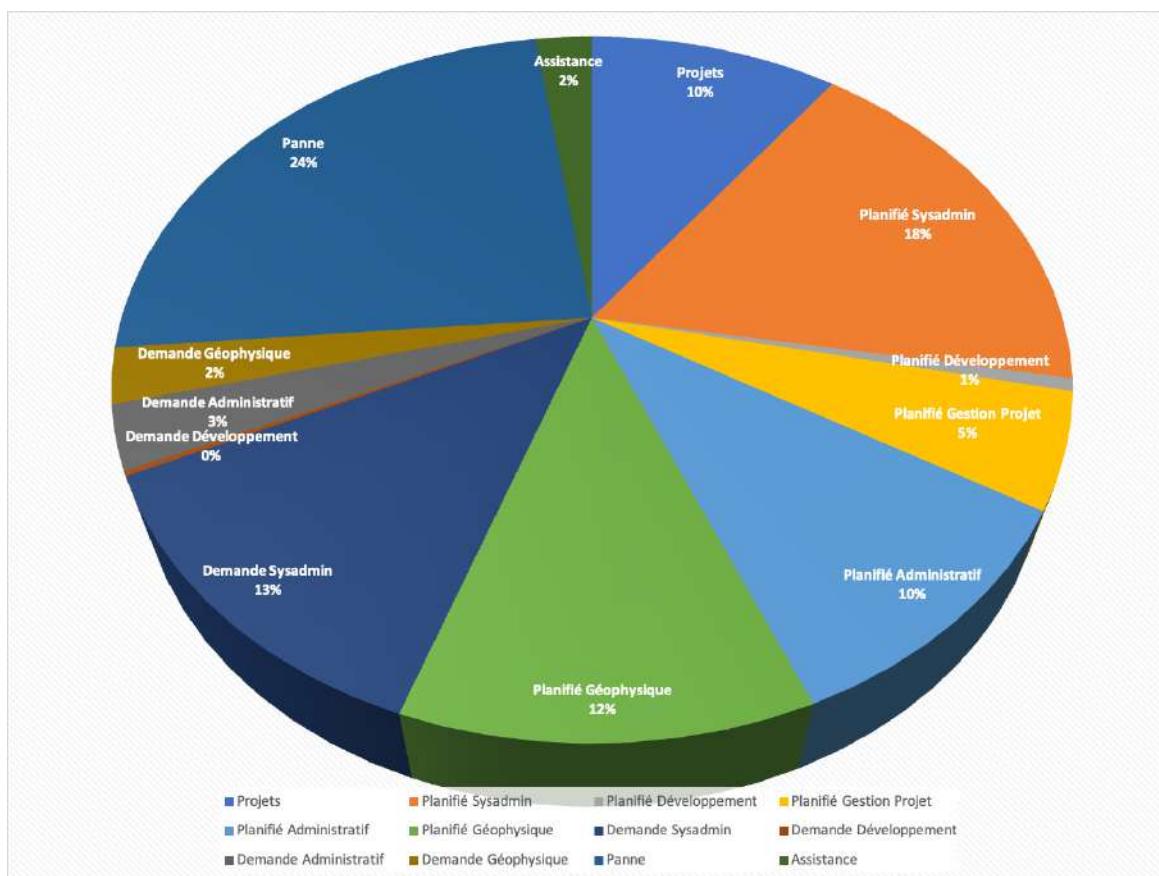


Figure 57 : Ensemble des tâches réalisées en 2025 par le Service Informatique de l'OVPF



## Rapport annuel 2025

### Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise - IPGP

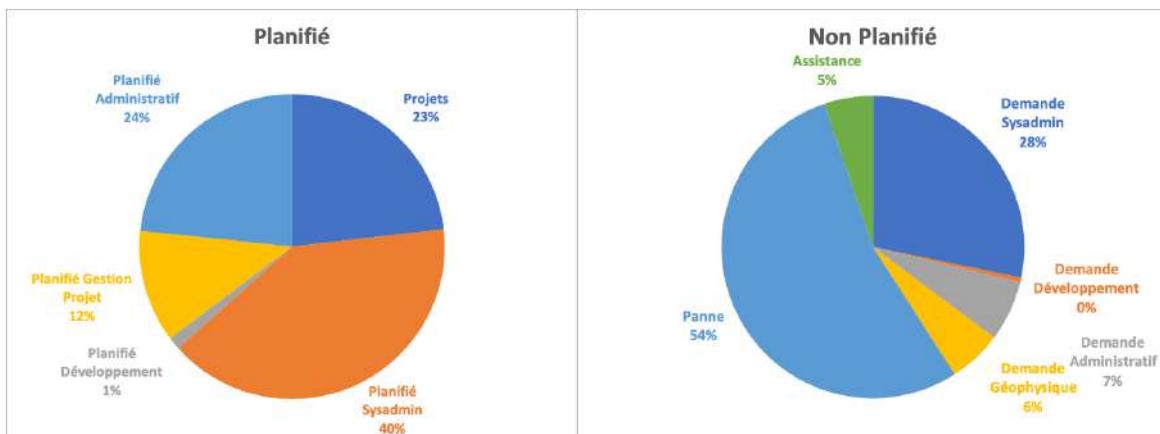


Figure 58 : Ensemble des tâches réalisées en 2025 par le Service Informatique de l'OVPF. A gauche : tâches planifiées. A droite : tâches non planifiées.

## Données

Le total du volume de données numériques acquises et produites en 2025 est d'environ 825 Go (Figure 59). Les disciplines qui produisent le plus de données sont principalement la sismologie, l'imagerie et le GNSS.

À noter : le calcul des données a été refait par rapport à l'année dernière et ne considère désormais que les données brutes.

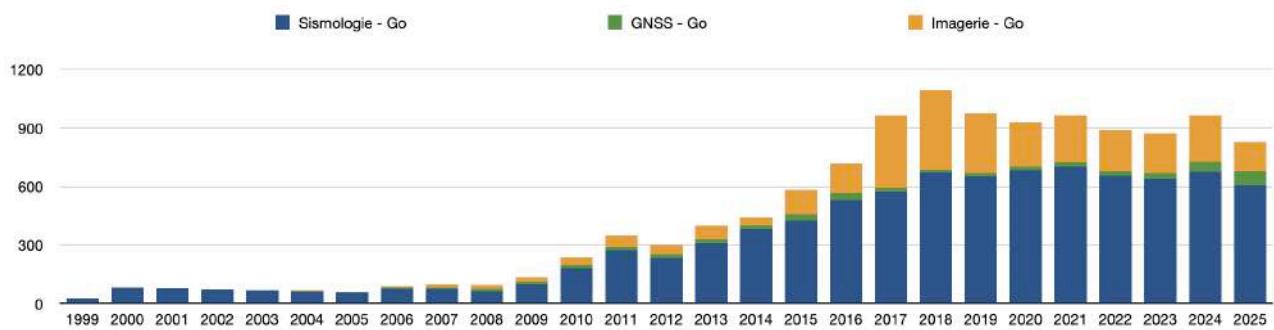


Figure 59 : Données produites par l'OVPF par an et par discipline.

## Alarmes automatiques

138 alertes téléphoniques interactives ont été reçues et validées par les personnels d'astreinte de l'OVPF en 2025 (Figure 60). La majorité des alertes proviennent des dépassements de seuils RSAM (91 pour l'année 2025). Suivent les alertes sur le dépassement de seuils de sismicité au Piton de La Fournaise (33 pour 2025). 5 alertes ont été reçues pour des séismes à Mayotte dépassant le seuil de ressenti potentiel par la population (en rouge sur la Figure 60). 4 alertes associées à la méthode Jerk ont été reçues. Pour finir 5 alertes associées à des pannes électriques ont été enregistrées. À noter qu'il y a un grand nombre de fausses alertes, pour le RSAM en particulier, principalement liées aux conditions météorologiques (vent, pluie, houle, orages, etc.).



## Rapport annuel 2025

Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise - IPGP

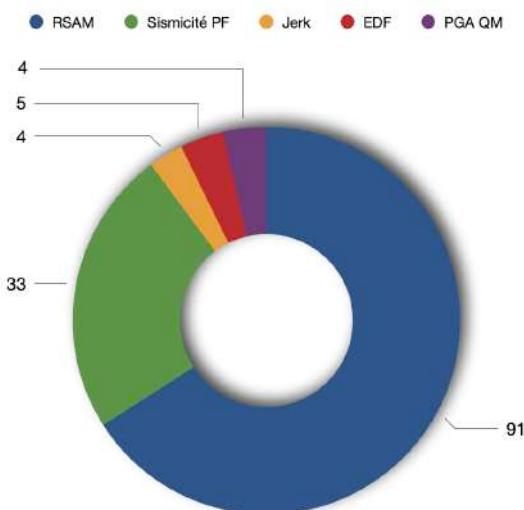


Figure 60 : Distribution des alarmes téléphoniques en 2025.



## 9. Projets ambitieux au sein de l'OVPF ou en collaboration avec l'OVPF

### > Projets ANR

Un projet de l'Agence Nationale de la Recherche (ANR), focalisé sur le Piton de la Fournaise dans lequel l'OVPF est fortement impliqué, a débuté fin 2021 et s'est poursuivi en 2025.

#### - ANR Scan4Volc : SCANner les édifices volcaniques par la géophysique sol et aéroportée : vers une modélisation 4D des dynamiques VOLCaniques (fin 2021-fin 2025)

Porteur du projet : Lydie Gailler (LMV, Université Clermont Auvergne)

Laboratoires impliqués LMV-Université Clermont Auvergne, IPGP, Université de La Réunion

Montant : 458 304 euros

Lien : <https://anr.fr/Projet-ANR-21-CE49-0015>

#### Résumé du projet ANR Scan4Volc :

Imager les relations entre structures volcaniques profondes et manifestations en surface reste un challenge en volcanologie, pour mieux appréhender les risques associés à l'activité éruptive. Le comportement des systèmes volcaniques (magmatiques et hydrothermaux) dépend fortement de paramètres physiques. Les méthodes de résistivité électrique et magnétiques sont particulièrement pertinentes, car très sensibles aux teneurs en fluides, à l'altération et à la température. Ce projet a pour objectif de développer des approches récentes et innovantes (tomographie de résistivité 3D profondes, réitération de mesures magnétiques aéroportées) dédiées à une modélisation intégrée 4D des systèmes volcaniques. Le projet se focalise sur le Piton de la Fournaise (PdF), une cible majeure en termes d'objectifs à la fois scientifiques et sociétaux.

Pour progresser dans la connaissance de la structure et de la dynamique du PdF, le projet Scan4Volc est structuré en trois Work Packages (WP) complémentaires, chacun d'entre eux construit pour aborder une problématique majeure, dont les résultats permettront de contribuer à mieux gérer les risques volcaniques.

Le WP1 est dédié à l'imagerie multidisciplinaire à haute résolution du PdF en utilisant les progrès récents considérables des méthodes géophysiques (approches de résistivité 3D, mesures magnétiques par drone). Des approches innovantes de tomographie électrique 3D seront combinées à des sondages magnétotelluriques 1D profonds, à l'imagerie magnétique haute résolution par drone, et à la cartographie thermique IR. Ce couplage permettra de caractériser avec précision la géométrie des zones de faiblesse structurale et des systèmes magmatiques et hydrothermaux. Les réitérations de ces mesures en fonction des phases d'activité contribueront à quantifier l'évolution spatio-temporelle de la dynamique et des processus volcaniques, avant et après une éruption.

Le WP2 vise à une modélisation 4D des données de résistivité et de magnétisme par une approche multi paramétrique intégrée. Les données géophysiques acquises sur le terrain dans le cadre du WP1 seront modélisées en 4D en utilisant 1) des approches de modélisation numérique dédiées, 2) des contraintes provenant d'expériences en laboratoire sur les propriétés physiques d'échantillons soigneusement sélectionnés (par exemple, résistivité, magnétisation, porosité, perméabilité), et 3) des paramètres multidisciplinaires supplémentaires provenant d'observations et de recherches de différents groupes (par exemple, déformation, sismicité, fluides).

Le WP3 se concentre sur la gestion, la communication publique et le transfert d'expertise autour de l'évaluation des risques en relation avec les dynamismes magmatiques et hydrothermaux (éruption phréato-magmatique et phréatique), et les hétérogénéités mécaniques en profondeur (zones de faiblesse et trajets préférentiels, instabilités mécaniques). Ce volet gestion d'équipe et de projet-communication avec les autorités de protection civile et les acteurs du risque, est fondamental pour mieux prévoir les répercussions des crises volcaniques, tout en tirant parti de l'expertise des sciences sociales.

Sur la base d'une solide expérience dans les domaines envisagés, les connaissances acquises par les études géophysiques seront transférées à la communauté scientifique afin de renforcer les connaissances sur les autres volcans du monde. Une telle approche intégrée contribuera à la mise en œuvre d'algorithmes d'apprentissage profond sur diverses cibles dans le monde. A



## Rapport annuel 2025

### Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise - IPGP

plus long terme, une telle approche contribuera donc à implémenter les algorithmes de deep-learning sur diverses cibles à travers le monde.

Dans le cadre de ce projet ANR, un article scientifique, impliquant du personnel de l'OVPF, a été publié en 2025 (Gailler et al., 2025).

Cet article présente une nouvelle image haute résolution du sous-sol sous le cône terminal, s'étendant jusqu'à 1 km sous le sommet. Cette image a été réalisée par une méthode de tomographie électrique 3D innovante. Ce modèle permet d'obtenir l'image d'une vaste zone hydrothermale sous les coulées de lave stratifiées, mais aussi de révéler des ramifications conductrices s'étendant vers la surface sous le cratère Bory et le long des failles liées au cratère Dolomieu. Ces résultats suggèrent que l'activité hydrothermale est fortement influencée par les caractéristiques volcano-tectoniques du sommet. Cette étude fournit des informations précieuses sur la circulation des fluides, le transfert de magma et l'instabilité, offrant un nouveau cadre pour comprendre la structure actuelle du Piton de la Fournaise et proposant une approche novatrice pour étudier l'évolution spatio-temporelle des volcans dans le monde entier.

Gailler, L, R. Guillard, S. Buvat, P. Labazuy, A. Finizola, E. Rouleau, JF. Lénat, the ERT3D Scan4Volc team (2025), A unique electrical resistivity experiment reveals the 3D interior of Piton de la Fournaise, Scientific Reports, 15, 35794, <https://doi.org/10.1038/s41598-025-17161-4>

**L'OVPF est également impliqué dans deux autres projets ANR portant sur d'autres contextes volcaniques :**

**- ANR COPHRE : Caractérisation et modélisation du déclenchement d'éruptions phréatiques REcurrentes (janvier 2025 – janvier 2029)**

Porteur du projet : Marina Rosas-Carbalal (IPGP)

Laboratoires impliqués : IPGP

Montant : 317 881 euros

Lien : <https://anr.fr/Projet-ANR-24-CE01-5839>

Résumé du projet COPHRE :

Les éruptions phréatiques sont des événements de petite taille mais dangereux qui surviennent avec peu de précurseurs. Elles peuvent éjecter des bombes et des cendres, voire donner lieu à des écoulements pyroclastiques. Malgré la prise de conscience croissante du risque élevé associé aux éruptions phréatiques, un manque de connaissance persiste concernant les processus qui les déclenchent. Plusieurs hypothèses ont été avancées pour les expliquer, notamment une modulation saisonnière due à l'infiltration de la pluie, des changements dans le système hydrothermal et/ou l'apport du système magmatique en profondeur. Cette absence de connaissances se traduit par une grande incertitude dans la prévision des éruptions phréatiques et dans l'évaluation de l'évolution d'une éruption phréatique en événements phréato-magmatiques ou magmatiques de plus grande envergure.

Le projet COPHRE vise à combler cette lacune de connaissances. Nous allons mener une série d'études complémentaires sur les éruptions phréatiques, notamment : des simulations numériques de la dynamique hydrothermale du système, l'imagerie de la structure interne des parties moins profondes d'un édifice volcanique, et la collecte et l'analyse de données pétrologiques sur des éruptions récentes. Le volcan Copahue est l'un des volcans les plus actifs de la Patagonie et connaît des éruptions phréatiques récurrentes depuis plusieurs années. En raison de son activité et des communautés situées à proximité, il présente le risque volcanique le plus élevé parmi les 39 volcans actifs en Argentine. L'activité phréatique récurrente en cours et la priorité de surveillance font de ce volcan un cas idéal pour appliquer nos investigations. Une meilleure compréhension des processus fondamentaux qui déclenchent les éruptions phréatiques pourrait être utilisée pour atténuer leurs risques sur ce volcan et sur d'autres volcans du monde entier, comme La Soufrière en Guadeloupe.



## Rapport annuel 2025

### Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise - IPGP

**- ANR UNREST : Compréhension des signaux de surveillance en termes de processus magmatiques pré-éruptif dans le but de mieux contraindre la prévision des éruptions volcaniques (avril 2025 – avril 2029)**

Porteur du projet : Carole Berthod (OVSG-IPGP)

Laboratoires impliqués : IPGP, OVSG-IPGP, LMV-UCA, Université Paris Saclay, BRGM, SEDISOR

Montant : 430 789 euros

Lien : <https://anr.fr/Projet-ANR-24-CE49-5386>

#### Résumé du projet UNREST :

De nombreux efforts ont été faits afin d'anticiper l'activité éruptive des volcans en s'appuyant sur des approches telles que la surveillance sismique et géodésique, ou les variations de la composition des gaz. Cependant, il est de plus en plus indispensable de comprendre la signification de ces signaux en termes d'évolution des systèmes magmatiques en profondeur et de leur dynamique de déstabilisation. De plus, sur de nombreux volcans, il n'existe pas de bons enregistrements instrumentaux des éruptions passées, et le besoin de quantifier et d'établir les liens de causalité entre les processus magmatiques profonds et les processus éruptifs en surface est donc encore plus crucial. Ce défi est au cœur du projet UNREST, orienté vers la contribution de la pétrologie et de la géochimie pour la surveillance des réactivations des systèmes volcaniques. Dans ce projet, nous reconstruirons le système magmatique sous La Soufrière de Guadeloupe et son évolution au cours du temps, en nous appuyant sur les compositions chimiques et les propriétés physiques des produits volcaniques. Nous identifierons et caractériserons les processus magmatiques conduisant à la rupture d'un réservoir magmatique et l'ascension du magma ainsi que leur cinétique associée. Ces résultats seront ensuite modélisés en termes de signaux géophysiques pouvant être enregistrés par les réseaux de surveillance et seront appliqués sur La Soufrière de Guadeloupe. Les résultats de UNREST seront partagés avec les observatoires volcanologiques de l'arc des Petites Antilles.

> Autres projets

#### **. Projet Université de Potsdam « Seismic Precursory Signals before Effusive Eruptions at La Réunion »**

Porteur du projet : Eva Eibl (Université de Potsdam)

Laboratoires impliqués : Université de Potsdam, IPGP

Ce projet a permis l'installation d'un nouveau type de sismomètre compact « nouvelle génération » (appelé BlueSeis) fonctionnant avec une fibre optique et un réseau sismique composé de 7 stations sismiques installées dans un rayon de 400 m (stations satellites) autour du sismomètre BlueSeis. L'installation sur le terrain est prévue pour une durée de 4 ans. Cette configuration de réseau sismique permettra de mieux localiser les séismes et le trémor et d'étudier l'emplacement et la géométrie des injections magmatiques du Piton de la Fournaise.

L'installation s'est faite sur un site existant (station CSS de l'OVPF) où se trouve déjà une station du réseau de surveillance du Piton de la Fournaise afin de bénéficier des équipements de transmission des données en temps réel.

Le sismomètre à fibre optique pourra ainsi être comparé à l'instrument déjà en place.

Ce nouveau type de capteur permet d'explorer les mouvements rotatifs du sol avec une technique novatrice basée sur des gyroscopes à fibre optique (FOG). Il permettra :

- l'analyse et l'étude des signaux sismiques précurseurs d'éruptions volcaniques générés par les mouvements de magmas en profondeur ;
- l'étude de la sismicité pour estimer la géométrie et la taille du corps magmatique en mouvement en profondeur ;
- l'étude des séismes et du passage au trémor volcanique lorsque le magma approche de la surface.

#### **. Projet OMNCG de l'OSU-Réunion - « DEMOVOR » - année 2**

Porteur du projet : Olivier Magand et Bhavani Benard (Université de La Réunion)

Laboratoires impliqués : Université de La Réunion, OVPF-IPGP, OSU-Lyon, GET (Toulouse), IGE (Grenoble)

Montant : 15 000 euros

Le risque lié aux émissions de mercure par les volcans est mal appréhendé par la communauté scientifique du fait des nombreuses incertitudes qui persistent sur les modalités de dégazage des magmas et sur les interactions de ces gaz avec la zone critique. Le projet répond à cette problématique en étudiant les dégazages de mercure d'origine volcanique à La Réunion -



## Rapport annuel 2025

### Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise - IPGP

où des teneurs élevées ont déjà été observées dans les sols *a contrario* de faibles teneurs atmosphériques observées hors période éruptive - à partir de mesures réalisées dans différents réservoirs de la zone critique, le long du trajet des magmas, sur des sites où une contamination par d'autres gaz magmatiques est déjà reconnue.

#### . Projet MITI-Programme interne blanc CNRS « Radon Observation Using Gamma-rays and Atmospheric muons Imaging at La Réunion: looking for Synergies »

Porteur du projet : Luca Terray

Laboratoires impliqués : LMV-LPCA-Clermont-Ferrand, IP2I-LGL-Université de Lyon, OVPF-IPGP, LGSR-Université de La Réunion

Montant : 20 000 euros

La muographie et la mesure du radon par spectrométrie gamma sont deux techniques émergentes d'observation des volcans basées sur les concepts, instruments et méthodes issues de la physique des hautes énergies et qui présentent un potentiel inexploité de complémentarité pour l'étude des systèmes hydrothermaux volcaniques. Dans le même temps, ces deux approches ont en commun un même problème de simulation du signal et du bruit attendus, les muons et la radioactivité naturelle pouvant interférer de façon croisée au sein des détecteurs. Le projet ROUGAILS a pour objectif d'explorer ces complémentarités à la fois volcanologiques et techniques en développant un nouveau champ d'applications de ces méthodes sur le volcan du Piton de la Fournaise (île de La Réunion), où l'étude du système hydrothermal revêt une importance majeure (i) pour son rôle dans le déclenchement des éruptions, (ii) pour l'anticipation d'éruptions phréatiques ou phréato-magmatiques (rares mais plus impactantes que l'activité typique du volcan), et (iii) pour son impact sur la stabilité mécanique des flancs de l'édifice. Pour ce faire, le potentiel de chacune des méthodes sur le Piton de la Fournaise sera d'abord évalué par des simulations Monte-Carlo (multi-particules), des ré-analyses de données et des caractérisations sur le terrain. Un premier relevé muographique sera ensuite effectué pendant plusieurs mois et la surveillance du radon sera relancée avec une nouvelle technique de gammamétrie in-situ. Les données obtenues seront analysées de façon conjointe et intégrées dans le schéma d'interprétation de l'activité du volcan. Enfin, il est attendu que le projet serve d'amorce à d'autres projets plus conséquents, qui permettront de pérenniser le suivi muon/radon et l'appliquer à d'autres systèmes naturels.

#### . Projet APR CNES « Détection Automatique des Déplacements VOLCaniques par analyse conjointe GNSS et InSAR »

Porteur du projet : Fabien Albino (Université de Grenoble)

Laboratoires impliqués : ISTerre-Université de Grenoble, LGL-Université de Lyon, OVPF-IPGP

Montant : 12 000 euros

L'objectif de ce projet est d'améliorer nos connaissances sur les signaux précurseurs liés à la réalimentation de magma sous les édifices volcaniques par une analyse approfondie des séries temporelles de déformation en combinant l'imagerie radar et les données sol. Du fait de leur très bonne résolution temporelle (~1min), les données sol GNSS sont au cœur du réseau de surveillance des Observatoires Volcanologiques car elles permettent le suivi en continu et en temps réel des déplacements du volcan et l'évaluation des aléas potentiels lors de la gestion de crise. Cependant, la faible résolution spatiale des données sol limite leur utilisation pour caractériser le champ de déplacements ce qui induit des incertitudes dans les modèles de sources proposés pour caractériser l'origine des déformations volcaniques. L'interférométrie radar (InSAR) permet de pallier cette limitation en produisant des cartes de déplacements à des résolutions spatiales élevées (<100m) ; cependant, l'utilisation de ces données InSAR pour la surveillance en routine reste encore limitée au sein des Observatoires du fait de multiples limitations :

- la faible résolution temporelle et le délai entre l'acquisition de l'image radar et la production des séries temporelles InSAR,
- la présence d'artefacts atmosphériques qui réduit le rapport signal sur bruit et donc limite la détection de déplacements d'origine volcanique,
- la difficulté d'interprétation des produits InSAR pour les personnels d'Observatoire du fait des spécificités de la méthode.

Pour le développement et l'application des méthodes et outils, nous nous focaliserons sur les cibles volcaniques prioritaires définies par le SNO ISDeform et pour lesquels les membres du projet disposent d'une longue expertise scientifique :

- volcan Merapi (V. Pinel, projet CNES MagmaTrack) dans le cadre de la coopération entre l'IRD et le CVGHM, organisme national Indonésien en charge de la gestion des risques naturels dont le risque volcanique,



## Rapport annuel 2025

### Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise - IPGP

- volcan Piton de la Fournaise (A. Peltier, J-L Frogner, F. Albino) dans le cadre de coopération entre les Services Nationaux d'Observation (SNOV et le ISDeform), et l'Observatoire Volcanologique du Piton de la Fournaise (OVPF).

L'objectif principal de ce projet est d'implémenter un suivi InSAR opérationnel des cibles volcaniques en travaillant sur plusieurs verrous méthodologiques :

- 1) la mise à jour en routine de séries temporelles InSAR,
- 2) la production à la demande de cartes de délais atmosphériques pour corriger le bruit dans les séries temporelles,
- 3) la mise en place d'algorithmes robustes et adaptés pour automatiser la détection d'anomalies dans les séries temporelles InSAR.

. **Code numérique communautaire INSU Terre Solide WebObs.** Financements IPGP / MEDDED / OZCAR / INSU-CNRS, 2023-2028.

Porteur du projet : François Beauducel (OVPF-IPGP)

Laboratoires impliqués : IPGP, LGSR, IRD

Montant : 5 k€/an + support poste ingénieur d'études

WebObs est un logiciel libre autonome, destiné initialement à répondre aux besoins quotidiens des observatoires volcanologiques et sismologiques français et désormais utilisé par d'autres observatoires de la zone critique, en France et à l'international. Cet outil permet en particulier la gestion des réseaux d'observation permanents et temporaires et le suivi opérationnel et temps-réel de données pluridisciplinaires en appui à la surveillance ou à l'étude des phénomènes naturels. Conçu il y a plus de 20 ans, WebObs est le premier logiciel à obtenir le label Code Communautaire Terre Solide de l'Institut national des sciences de l'univers (INSU) en 2023 et il reçoit pour cela un soutien du CNRS.

. **Site instrumenté VELI : Indonesian Explosive Volcanoes Laboratory - site instrumenté.** Financements IRD/OSUG/INSU, depuis 2017.

Porteur du projet : François Beauducel (OVPF-IPGP)

Laboratoires impliqués : ISTerre, IPGP, LMV, IRS

Montant : 20 k€/an + support poste VIA

VELI a pour objectif de développer une activité d'observatoire sur des volcans indonésiens explosifs fréquemment actifs, considérés comme des volcans analogues des volcans français des Antilles, peu actifs en comparaison. Les volcans indonésiens permettent d'aborder certains aspects typiques de l'activité catastrophique de ces volcans à dômes (gaz de haute température, déclenchement et mise en place des coulées pyroclastiques ou lahars, déformations actives, dynamique des dômes) qui ne peut être abordé sur des volcans comme la Montagne Pelée ou la Soufrière de Guadeloupe actuellement en activité hydrothermale de basse température. Les volcans indonésiens constituent des sites idéaux pour la mise en place de réseaux d'observation, le développement et la validation d'instrumentation et de méthodes de surveillance, ou la préparation d'équipes françaises aux situations de crise sur ce type de volcans.

. **Projet LMI SIR : Laboratoire Subductions Indonésiennes et Risques associés.** Financement IRD / CNRS, 2022-2027.

Porteur du projet : Jean-Philippe Métaxian (IRD) et Devy K. Syahbana (CVGHM)

Laboratoires impliqués : ISTerre, LMV, GET, IPGP, ISEM, GéoAzur, CVGHM, ITB, UGM, LIPI, IPB, PUSGEN, BMKG, BNPB, UNPAD

Montant : 40 k€/an

Le projet SIR est un laboratoire mixte international qui se propose de mener des recherches en géosciences sur les aléas associés (tsunamis, lahars, éboulements, liquéfaction...) aux séismes et éruptions volcaniques des zones de subduction au travers de l'exemple de l'Indonésie. Il a pour objectif de faire un lien entre ces processus et la société indonésienne qui pourra en tirer aussi bien des bénéfices que des contraintes. Pour cela, il associe des collègues de SHS, de biologie et des agences publiques de gestion des risques. Les activités sont organisées en différents workpackages dont certains alimentent les travaux des autres et un workpackage transversal dédié à la formation à la recherche.



> Collaborations internationales d'échanges

**Échanges avec l'observatoire volcanologique d'Hawaii (Hawaii Volcano Observatory, HVO)**

Une collaboration contractualisée par une convention entre l'United States Geological Survey (USGS) et l'IPGP a permis le rapprochement de l'OVPF avec le Hawaii Volcano Observatory (HVO). Dans ce cadre, un échange bilatéral est susceptible d'avoir lieu chaque année avec l'accueil, dans chacune des structures, d'un chercheur ou d'un ingénieur pour travailler sur des problématiques scientifiques et techniques communes. En 2025, Zacharie Duputel, sismologue à l'OVPF, a pu se rendre 2 semaines à Hawaii pour échanger et travailler avec les sismologues du HVO et pour participer à la conférence Chapman de l'American Geophysical Union sur les éruptions lors des effondrements calderiques en milieu basaltique qui s'est tenue à Hilo du 9 au 14 février 2025.

**Échanges avec l'observatoire volcanologique du Karthala (OVK, Grande Comore)**

Depuis 40 ans, l'Institut de Physique du Globe de Paris et l'Université de La Réunion collaborent avec le CNDRS pour l'étude et la surveillance des aléas telluriques aux Comores. La Convention Cadre (dernier avenant : 28/07/1998) signée entre le CNDRS, l'IPGP et l'Université de La Réunion définit les domaines de coopération et échange en matière de recherche, d'enseignement, de formation du personnel, de suivi et de caractérisation des risques naturels aux Comores. Dans ce cadre, l'observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise, l'observatoire volcanologique du Karthala (OVK) et le laboratoire Géosciences Réunion (LCSR) œuvrent à l'amélioration continue des réseaux de mesure nécessaires au suivi de l'activité sismo-volcanique aux Comores et mènent des recherches conjointes pour caractériser les processus en œuvre et minimiser les effets des aléas telluriques.

Pour fortifier ce partenariat, un protocole d'accord a été signé le 15 novembre 2021 entre l'IPGP et le CNDRS pour définir les actions de collaboration entre les deux instituts et un contrat de collaboration de recherche a été signé le 25 juin 2024 pour préciser l'engagement des deux organismes concernant les modalités d'échanges de données géophysiques et géochimiques acquises au sol par le CNDRS (OVK) et l'IPGP (dans le cadre du REVOSIMA), ainsi que les modalités d'engagement de l'IPGP et de l'IPGP-OVPF concernant un soutien technique et scientifique auprès de l'OVK en dehors des périodes de gestion de crise du Karthala.

En 2025, la collaboration entre l'OVK et l'OVPF s'est déroulée dans un contexte particulier : les moyens humains et financiers étaient limités et absents, et les équipes déjà mobilisées sur de nombreux projets prioritaires. Malgré cela, les équipes de l'OVPF se sont pleinement investies pour maintenir à distance les infrastructures de l'OVK en état de marche et garantir la continuité du service dans le cadre de la convention.

Sur le terrain, cet engagement s'est concrétisé par la gestion et la maintenance régulière des accès VPN pour le personnel de l'IPGP impliqué dans les activités de l'OVK. Cela a permis d'assurer des échanges sécurisés et des opérations à distance sans interruption. Lorsque des problèmes sont survenus dans le transfert des données sismiques vers le centre de données de l'IPGP, un diagnostic approfondi a été réalisé, suivi de corrections rapides, le tout sans intervention sur site.

Les équipes ont également apporté un soutien technique aux personnels de l'OVK pour des opérations de maintenance spécifiques, notamment sur les stations de mesure de CO<sub>2</sub> et les infrastructures de télécommunication associées, comme les réseaux 4G et Wi-Fi. Cet accompagnement a permis de sécuriser l'exploitation quotidienne des équipements et de réduire les risques de coupure.

En parallèle, un travail continu a été mené sur l'administration des réseaux informatiques et sur l'optimisation des dispositifs d'alimentation de secours de la salle serveur. L'objectif était de renforcer la résilience des systèmes face aux aléas techniques, climatiques ou énergétiques, en tenant compte des contraintes existantes.

Toutes ces actions ont été réalisées à distance, de manière pragmatique, en ciblant les enjeux les plus critiques. Il reflète, malgré tout, la volonté commune de l'OVK et de l'OVPF de poursuivre une coopération efficace, fondée sur la solidarité technique, l'expertise et une adaptation constante aux réalités opérationnelles.

**Échanges avec l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV, Italie)**

Depuis 2010, des collaborations techniques et scientifiques ont été mises en place entre l'INGV et l'OVPF-IPGP.



## 10. Sollicitations médiatiques et interventions grand public

### > Sollicitations médiatiques

Malgré l'absence d'éruption, le Piton de la Fournaise a suscité cette année encore un vif intérêt médiatique et de nombreuses sollicitations pour l'OVPF auprès des médias locaux (parmi lesquels Antenne Réunion, Réunion La 1<sup>ère</sup> TV, RTL Réunion, Réunion La 1<sup>ère</sup> radio, Radio Freedom, Imaz Press, Zinfos974 et Parallèle Sud) notamment pour aborder la phase de réveil du volcan observée à la fin de l'année 2025 (novembre-décembre) et les 4 séismes qui ont été ressentis à La Réunion en 2025.

Aux interventions liées à l'actualité du Piton de la Fournaise ou à la sismicité ressentie à La Réunion se sont rajoutées :

- des interventions concernant l'activité sismo-volcanique à Mayotte et les missions de surveillance associées (presse réunionnaise et mahoraise),
- des sollicitations pour des reportages et des émissions grand public sur le volcanisme, le Piton de la Fournaise ou l'observatoire, sur de grandes chaînes nationales (TV) et dans la presse écrite/web à grande audience parmi lesquelles :
  - . Réunion La 1<sup>ère</sup> : A l'ombre des 4 géants (29 janvier 2025).
  - . Magazine Science et Vie Junior : Mon métier va vous étonner - Volcanologue (mars 2025).
  - . France 5 : C'est pas si loin : Se protéger des volcans (9 avril 2025).
  - . Magazine Georges : Reportage sur le Piton de la Fournaise (juillet 2025).
  - . Le Figaro : Bâtiments ensevelis, air empoisonné, soleil escamoté... La menace dormante des super volcans, série "Les incroyables scénarios de la fin du monde" (13 août 2025).
  - . Magazine Science et Vie Junior : Les volcans, architectes de la terre et de la vie (décembre 2025).

### > Rédaction pour des revues

La revue Terres & Sciences (revue trimestrielle éditée par la société géologique de France) a consacré dans son numéro de décembre 2025 un dossier sur « Mayotte : surveillance nationale des événements magmatiques et sismologiques ».

Plusieurs membres de l'OVPF ont participé à la rédaction de 5 des articles publiés dans ce dossier :

- . Le Réseau de surveillance volcanologique et sismologique de Mayotte - par Jean-Marie Saurel, Aline Peltier, Anne Lemoine, Nicolas Zornette.
- . L'activité sismique liée au volcan Fani Maoré - par Lise Retailleau, Jean-Marie Saurel, Angèle Laurent, Anne Lemoine.
- . Déformation du sol liée à l'éruption Fani Maoré - par Aline Peltier, François Beauducel.
- . Déformation du plancher océanique ; Géodésie en fond de mer - par Angèle Laurent et Valérie.
- . Dialogue entre science et société civile au REVOSIMA - par Matthieu LeDuff, Lise Retailleau, Aline Peltier, Louise Le Vagueresse, Maud Deves.

### > Interventions auprès du grand public et des scolaires

#### - Conférences grand public

Comme chaque année les membres de l'OVPF ont participé à diverses conférences grand public, ainsi qu'aux manifestations « Lancement de l'année de la mer » à Sainte-Rose organisée par la DMSOI (Direction de la mer Sud océan Indien) et le Ministère de la transition écologique (18 février 2025) et « Jours de feu » organisée par la commune de Sainte-Rose (5 au 7 septembre 2025).

En 2025, 3 conférences grand public ont ainsi été animées par des membres de l'OVPF (Figure 61) :



## Rapport annuel 2025

### Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise - IPGP

- . 18/02/2025 (Sainte-Rose) – *Le Piton de la Fournaise : histoire, activité et surveillance de l'un des volcans les plus actifs au monde* - Aline Peltier
- . 26/06/2025 (Chambéry) – Échange / débat avec le public suite à la diffusion du film « Au cœur des volcans » du réalisateur Werner Herzog - Aline Peltier (OVPF) et Patrick Allard (IPGP)
- . 06/09/2025 (Sainte-Rose) – *Le volcanisme littoral au Piton de la Fournaise* - Aline Peltier



Figure 61 : Lancement de l'année de la mer à Sainte-Rose le 18 février 2025 (©Cité du Volcan).

#### - Journée de la résilience (5 octobre 2025)

Le 5 octobre 2025 s'est tenu la 4<sup>e</sup> édition de la Journée Nationale de la Résilience à Mayotte en écho à la journée internationale pour la réduction des risques de catastrophes de l'Organisation Internationale des Nations Unies.

Cette journée s'inscrivait dans la volonté du gouvernement français de développer la culture du risque sur l'ensemble du territoire. Tous les risques menaçant Mayotte y ont été abordés par les acteurs institutionnels, scientifiques et associatifs, dont le risque volcanique avec notamment un stand du REVOSIMA.

A cette occasion, le Marion Dufresne II a fait escale dans le lagon de Mayotte, au milieu de la campagne océanographique de surveillance (cf. section 11). Cela a permis à Angèle Laurent (post-doctorante à l'OVPF) de participer à l'une des conférences grand public. Au total, plus de 250 personnes sont venues visiter les stands et échanger avec les scientifiques.

#### - Fête de la science (3 au 13 octobre 2025)

Dans le cadre de la Fête de la Science, les membres de l'OVPF sont intervenus auprès de scolaires (de l'école primaire au lycée) et du RSMA RE (Régiment du service militaire adapté de La Réunion) ; pour un volume horaire de 10 heures, avec 5 interventions sur des créneaux de 2h. Au programme : présentation sous forme d'atelier - dans un stand dédié à l'OVPF - du métier de volcanologue et des instruments de surveillance en volcanologie (Figure 62).



Figure 62 : Animation du stand de l'OVPF à la Cité du Volcan lors de la Fête de la Science 2025 (©OVPF et Cité du Volcan).



## Rapport annuel 2025

### Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise - IPGP

#### - Interventions auprès des scolaires

Les membres de l'OVPF sont également intervenus, sur des sollicitations ponctuelles, auprès de scolaires ou d'associations :

- . 31/01/2025 - Lycée Paul Verges de Saint-Paul - Dans le cadre du projet Déclics, intervention d'1h30 avec présentation de parcours universitaires et professionnels et tables rondes avec les lycéens - Aline Peltier
- . 26/02/2025 - Lycée Pierre Lagourgue du Tampon - intervention de 4 heures - Journée Unesco, Erasmus et EDD sous le thème de la diversité (thème UNESCO 2024) - Philippe Kowalski
- . 04/04/2025 – Lycée Jules Verne de Johannesburg en visite à la Cité du Volcan - Intervention d'1h - Les volcans et le métier de volcanologue - Aline Peltier
- . 10/06/2025 - Collège Via Domitia de Manduel (Gard) (en visioconférence) - Intervention de 45 min - Les volcans et le métier de volcanologue - Aline Peltier
- . 07/09/2025 - Cité du Volcan - Intervention de 2h - Présentation des travaux de l'OVPF à un groupe d'enseignants dans le cadre d'un projet ERASMUS commun (Enseignants turcs, islandais et espagnols (Tenerife)) - Philippe Kowalski
- . 28/08/2025 - Cité du Volcan - Intervention de 2h - Présentation des travaux de l'OVPF à un groupe d'élèves d'un collège et lycée Franco-Malgache de Tananarive à la demande de l'Attachée de Coopération Éducative de l'Ambassade de France (Service de Coopération et d'Action Culturelle) à Madagascar - Philippe Kowalski
- . 28/10/2025 - Centre de détention du Port - Intervention de 2h - Présentation à un groupe d'élèves de l'atelier d'écriture travaillant sur un recueil sur l'histoire de l'île de La Réunion - Origine de La Réunion et le fonctionnement des volcans - Aline Peltier
- . 02/11/2025 - Association ANPEIP – Parcours géologique de la route du volcan - Patrice Boissier
- . 18/11/2025 - École Elie de Saint-Leu – Intervention de 2h – Les éruptions volcaniques. Explication et observation - Patrice Boissier
- . 10/12/2025 - Collège Aimé Césaire d'Étang Salé – Intervention de 2h - Les éruptions volcaniques. Explication et observation - Patrice Boissier

À cela s'ajoute la participation de Zacharie Duputel et Fabrice Fontaine, tous deux CR CNRS, au concours « Chimie & physique étonnantes pour un Grand Oral percutant », en tant que parrains. Ce concours a été créé suite à un partenariat national entre le CNRS et le ministère de l'Éducation nationale et vise à préparer les lycéens à l'épreuve du Grand Oral du baccalauréat. C'est une occasion de créer des liens entre les lycéens et le monde de la recherche et de leur présenter la diversité des thématiques scientifiques. <https://www.youtube.com/watch?v=3EEAM2oI9mk>

#### - Intervention dans le cadre de la formation « tropicale et équatoriale » du DE AMM (Diplôme d'état accompagnateurs en moyenne montagne)

- . 01/12/2025 - Intervention au CREPS de La Réunion - *Le Piton de la Fournaise, les risques associés, les mesures préventives et la gestion de crise* – Philippe Kowalski

#### - Interventions autres

#### > PREAC

Les Pôles de Ressources pour l'Éducation Artistique et Culturelle (PREAC) sont des pôles de formation qui s'adressent à un public intercatégoriel de professionnels de l'EAC susceptibles d'être prescripteurs de formations ou de projets partenariaux ambitieux, issus des domaines de l'éducation, de la culture, et de l'enfance et de la jeunesse. Dans le cadre des formations nationales des PREAC, l'OVPF a participé à la formation PREAC : Du battant des lames au sommet des montagnes : Volcans : de la lave à la vie – La Réunion avec 2 séminaires :

- . 25/03/2025 (Cité du Volcan) – *Le Piton de la Fournaise, activité et surveillance de l'un des volcans les plus actifs au monde* – Aline Peltier
- . 09/04/2025 (Webinaire) – *L'éruption du Fani Maoré à Mayotte* – Aline Peltier



## Rapport annuel 2025

### Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise - IPGP

#### > Marrainage

Dans le cadre de l'année des Géosciences 2024-2025, Aline Peltier, directrice de l'OVPF, était la marraine de la promotion 2025 licence et master de l'UFR (Unité de formation et de recherche) des Sciences et Technologies de l'université de La Réunion, l'occasion de partager son expérience avec les étudiants.

#### > Journée d'acculturation de la gendarmerie

Comme chaque année l'OVPF a participé à la journée d'acculturation de la gendarmerie avec une présentation sur le volcanisme :  
. 18/09/2025 - Journée d'acculturation de la gendarmerie - *Le Piton de la Fournaise : les risques associés, les mesures préventives et la gestion de crise* - Aline Peltier

#### > Projet « Paré Pas Paré »

L'OVPF reste très impliqué dans le projet « Paré Pas Paré » piloté par la PIROI (Plate-forme d'Intervention Régionale de l'Océan Indien) de la Croix Rouge Française, sur la sensibilisation des plus jeunes (niveau écoles primaires) et du grand public aux risques naturels à La Réunion.

#### > Réseaux sociaux et site web

L'OVPF dispose d'un compte Facebook et bluesky. Ces comptes sont consultables aux adresses suivantes :

- . <https://www.facebook.com/ObsVolcanoPitonFournaise/>
- . <https://bsky.app/profile/ovpf.bsky.social>

Les réseaux Facebook et bluesky de l'OVPF comptaient fin décembre 2025 respectivement 154 et 34 402 abonnés (augmentation de 11% par rapport à 2024).

La moyenne des portées des publications Facebook est d'environ 35 000 vues.

Ces réseaux sociaux viennent compléter la page actualité de l'OVPF où les images des webcams de l'observatoire sont diffusées en direct et où les bulletins d'activité sont régulièrement mis en ligne. L'OVPF émet quotidiennement un bulletin d'activité relatif aux observations de la veille.

- . <https://www.ipgp.fr/observation/ovs/ovpf/>
- . [https://www.ipgp.fr/volcanoweb/reunion/Bulletin\\_quotidien/bulletin.html](https://www.ipgp.fr/volcanoweb/reunion/Bulletin_quotidien/bulletin.html)

En phase éruptive des bulletins détaillés viennent compléter ces bulletins automatiques. Sauf problème technique, la fréquence d'émission des bulletins détaillés de l'observatoire pendant les éruptions est quotidienne. En phase non éruptive, en l'absence de changement majeur dans l'activité ou dans les signaux enregistrés, la fréquence d'émission des bulletins détaillés de l'observatoire est mensuelle :

- . <https://www.ipgp.fr/observation/ovs/ovpf/>
- . <https://www.ipgp.fr/communiques-et-bulletins-de-lobservatoire/>

Depuis juin 2018, les bulletins mensuels sont également consultables en anglais.

#### > Distinctions

En 2025, Philippe Kowalski — alors directeur adjoint et désormais référent Patrimoine de l'OVPF — s'est vu décerner la Médaille d'honneur de l'engagement ultramarin, échelon bronze. Cette médaille — avec ses trois échelons bronze, argent et or — est destinée à mettre à l'honneur les personnes s'étant distinguées par leur engagement personnel au service des Outre-mer. Cette distinction est partagée avec tous les membres de l'OVPF dont l'action collective est centrale pour mener à bien les missions de l'observatoire au profit des Réunionnais et des Réunionnaises.



## 11. Implications de l'OVPF dans le suivi de l'activité à Mayotte

En mai 2018, l'île de Mayotte est affectée par une activité sismique, avec de nombreux séismes ressentis par les habitants. Une importante mobilisation interministérielle et scientifique s'est formée spontanément pour comprendre ce phénomène nouveau et mettre en place les mesures d'anticipation adaptées. En mai 2019, une campagne océanographique (MD220-MAYOBS1) sur le Marion Dufresne a permis la découverte d'un nouveau site éruptif sous-marin (désormais baptisé Fani Maoré) à 50 km à l'est de Mayotte qui a formé un édifice d'au moins 800 m de hauteur sur le plancher océanique situé à 3500 m sous la surface.

En réponse à cette crise sismo-volcanique au large de Mayotte, un travail collégial a été fourni par l'IPGP et les autres instituts impliqués (dont CNRS, BRGM et Ifremer) pour organiser la réponse scientifique et opérationnelle à cette crise et, dans le cadre de réunions de travail interministérielles, pour faire des propositions concrètes d'actions prioritaires à mener à la fois en recherche et en surveillance sur le court, moyen et long terme. Le projet de création du Réseau de surveillance volcanologique et sismologique de Mayotte (REVOSIMA) a ainsi été présenté le 4 juin 2019 aux ministères impliqués (ministère des Outre-mer, ministère de l'Intérieur, ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation et ministère de la Transition écologique et solidaire).

Le 18 juin 2019, le cabinet du Premier Ministre a validé :

- a) la mise en place d'un comité scientifique et technique de suivi de crise ;
- b) la création du Réseau de surveillance volcanologique et sismologique de Mayotte – REVOSIMA) à Mayotte avec la mise en place d'un suivi de l'activité volcanologique et sismologique en temps réel et en continu ;
- c) la mise en place d'actions scientifiques spécifiques pour :
  - 1- suivre la dynamique sismo-éruptive à terre et en mer, en particulier en lien avec des campagnes en mer et l'instrumentation sous-marine afin de suivre la possible migration de la sismicité et du volcanisme,
  - 2- suivre la déformation et la submersion marine,
  - 3- caractériser et suivre les instabilités gravitaires et l'aléa tsunami,
  - 4- améliorer la connaissance de la tectonique et du contexte géodynamique de Mayotte,
  - 5- assurer le suivi de la géochimie des fluides volcaniques.

La mission de surveillance de cette zone volcanique a été confiée par le cabinet du Premier Ministre et les ministères concernés à l'IPGP, afin qu'il mette en place ce Réseau de surveillance volcanologique et sismologique de Mayotte (REVOSIMA), opéré par l'IPGP avec le soutien du BRGM et est sous la responsabilité de l'observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise (OVPF-IPGP) et de la direction régionale du BRGM à Mayotte. Ce réseau de surveillance, financé par l'État (Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche, Ministère de la transition écologique, Ministère de l'intérieur, Ministère des Outre-mer), bénéficie de l'appui d'un large consortium de partenaires scientifiques français: IPGP et Université Paris Cité, BRGM, IFREMER, CNRS, BCSF-RéNaSS, ITES et Université de Strasbourg, IGN, ENS, SHOM, TAAF, CNES, Université Grenoble Alpes et ISTerre, Université Clermont Auvergne, LMV et OPGC, Université de La Réunion, Université Paul Sabatier, Toulouse et GET-OMP, Université de la Rochelle, Université de Bretagne Occidentale, IRD et collaborateurs.

Les données sismiques et GNSS sont distribuées par l'IPGP ([volobsis.ipgp.fr](http://volobsis.ipgp.fr)), RESIF, le RENASS et le RGP et ont le soutien du Service national d'observation en volcanologie (SNOV-INSU).

En 2019, le REVOSIMA a fonctionné en phase d'intérim (REVOSIMA-1), en faisant appel à un soutien de personnels scientifiques provenant de laboratoires de l'INSU-CNRS et de leurs universités associées (BCSF-RENASS, CNRS, ITES et Université de Strasbourg, Université Grenoble Alpes et ISTerre, Université Paul Sabatier, Toulouse et GET-OMP, Université Clermont Auvergne et OPGC, BRGM, IPGP et Université Paris Cité et Université de La Réunion), sous le pilotage de l'IPGP, de l'OVPF-IPGP et du BRGM Mayotte ; et sur la base d'un protocole et d'outils mis en place par l'IPGP, le BCSF-RENASS, l'OVPF-IPGP et l'IFREMER. Avec ses partenaires du REVOSIMA, les équipes des observatoires volcanologiques et sismologiques de l'IPGP ont développé des outils et contribuer au renforcement des réseaux de capteurs pour le suivi de l'activité sismo-volcanique de Mayotte.

Depuis le 1<sup>er</sup> février 2020, la surveillance opérationnelle de ce réseau est opérée par l'OVPF-IPGP. Ainsi,



## Rapport annuel 2025

### Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise - IPGP

- les protocoles et routines en place à l'OVPF pour la surveillance du Piton de la Fournaise ont ainsi été étendus aux données du réseau en place à Mayotte ;
  - les astreintes concernant le REVOSIMA ont été mutualisées avec celles de l'OVPF ;
  - un protocole a été mis en place avec les différents partenaires, notamment le BRGM de Mayotte et les préfectures de Mayotte et de La Réunion (le préfet de La Réunion est le Préfet de la zone de défense du sud de l'océan Indien) en cas de séisme ressenti afin de pouvoir rapidement publier une carte de localisation et de magnitude. Ce même protocole sera activé en cas de changement notable d'activité (déformation, sismicité, dégazage ou activité volcanique) ;
  - la gestion des stations à terre se fait par l'équipe technique de l'OVPF, en étroite collaboration avec le BRGM de Mayotte ;
  - un bulletin mensuel sur l'activité sismo-volcanique à Mayotte est rédigé et publié en début de chaque mois (disponible sur ce lien : <http://www.ipgp.fr/fr/revosima/actualites-reseau>) ;
  - en complément et sur le même format que les bulletins d'activité quotidiens concernant l'activité du Piton de la Fournaise, un bulletin semi-automatique préliminaire d'activité relatif aux activités de la veille et validé par un.e analyste, a été développé et mis en place ;
- Il est publié quotidiennement et accessible directement sur ce lien : [http://volcano.ipgp.fr/mayotte/Bulletin\\_quotidien/bulletin.html](http://volcano.ipgp.fr/mayotte/Bulletin_quotidien/bulletin.html);
- enfin, les directions de l'OVPF-IPGP et du BRGM de Mayotte ont un rôle de coordination à l'échelle nationale avec les scientifiques de différents instituts nationaux impliqués dans le REVOSIMA, notamment lors des réunions mensuelles du comité de suivi de la surveillance du REVOSIMA.

#### > Surveillance H24 de l'activité sismo-volcanique de Mayotte

Les protocoles, routines et astreintes mutualisés avec ceux existants pour le Piton de la Fournaise permettent le suivi opérationnel de l'activité sismo-volcanique de Mayotte grâce aux réseaux permanents de stations de surveillance à terre (Figures 63 et 64).

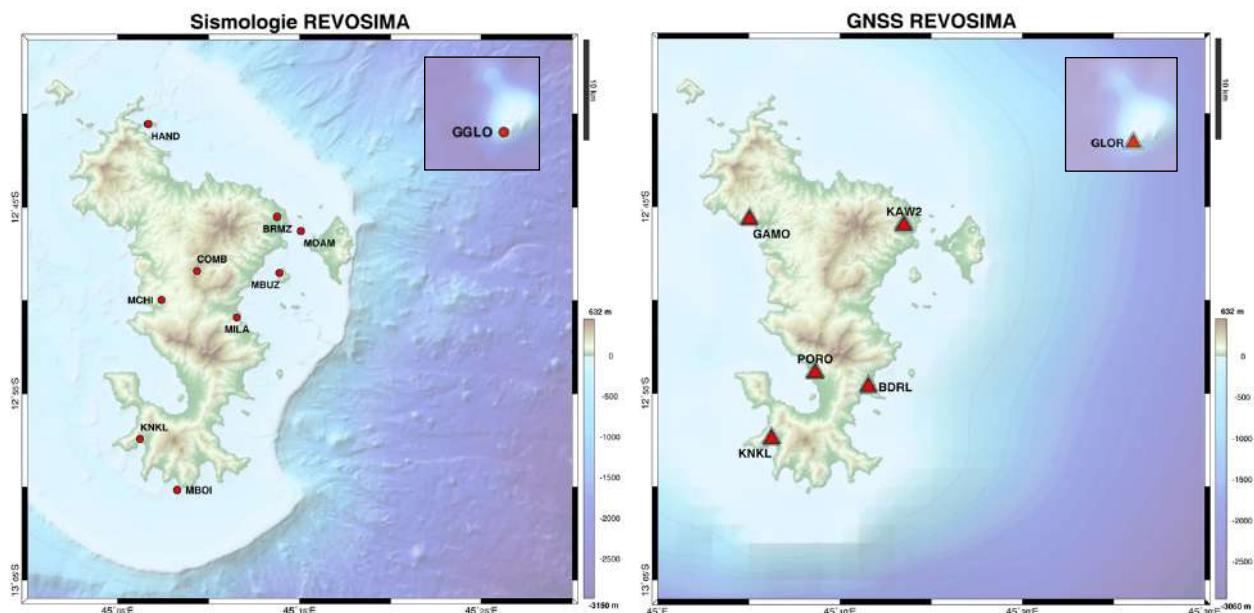


Figure 63 : Cartes de localisation (à gauche) des sismomètres et (à droite) des stations GNSS à Mayotte, opérés par l'OVPF (©WebObs/OVPF).



## Rapport annuel 2025

Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise - IPGP

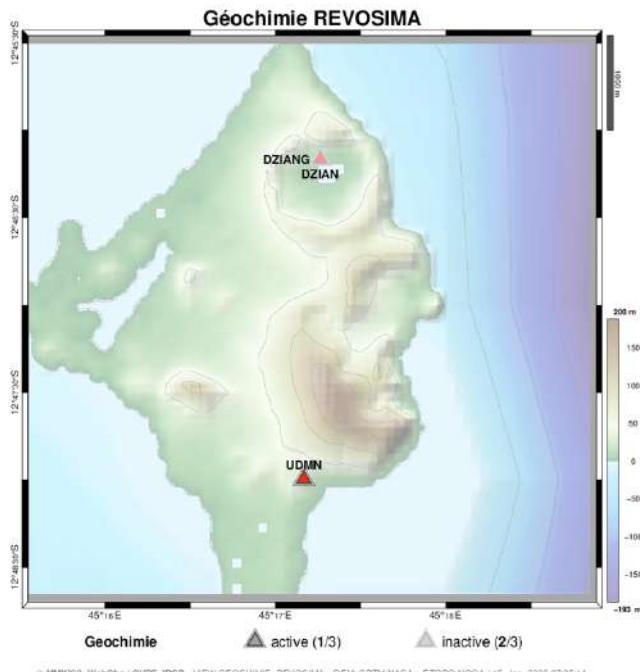


Figure 64 : Carte de localisation des stations géochimiques à Mayotte opérées par l'OVPF (©WebObs/OVPF).

En 2025, les réseaux comprenaient pour la surveillance opérationnelle :

- 9 stations sismiques sur Mayotte dont 1 appartenant au réseau accélérométrique permanent (RAP), 1 issue d'un projet « sismos à l'école » et 1 station à Grande Glorieuse (Figure 63),
- 5 stations GNSS sur Mayotte (Figure 63) et 1 station à Grande Glorieuse. Ces stations sont gérées par l'OVPF et différents partenaires (EXAGONE, Précision Topo – LéL@, CNES),
- 1 station de mesure de CO<sub>2</sub> dans le sol et 1 plateforme DZIA non fonctionnelle en 2025 suite au passage du cyclone Chiso en décembre 2024 (Figure 64).

Sur toutes ces stations, 9 sites sont gérés par l'OVPF dans le cadre du REVOSIMA (Figure 65) :

- COMB (Combani) : sismomètre,
- GGLO (Île de Glorieuse) : sismomètre et GNSS pour le suivi régional,
- HAND (îlot Handrema) au nord de Grande Terre,
- KNKL (Kani-Kéli, Grande Terre) : sismomètre et GNSS,
- MBOI (îlot M'Bouini) au sud de Grande Terre,
- MBUZ (îlot Mbouzi, entre Grand Terre et Petite Terre) : sismomètre,
- MOAM (îlot Mogné Amiri) entre Grand Terre et Petite Terre,
- UDMN (Usine de dessalement, Petite Terre) : CO<sub>2</sub>,
- DZIA (lac Dziani, Petite Terre) : O<sub>2</sub> et CO<sub>2</sub> dissous, SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> et O<sub>2</sub> gazeux, Salinité, pH, Pression atmosphérique, Pluie, Vent, Humidité Relative Imagerie, Vidéo – station non fonctionnelle en 2025



Rapport annuel 2025  
Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise - IPGP

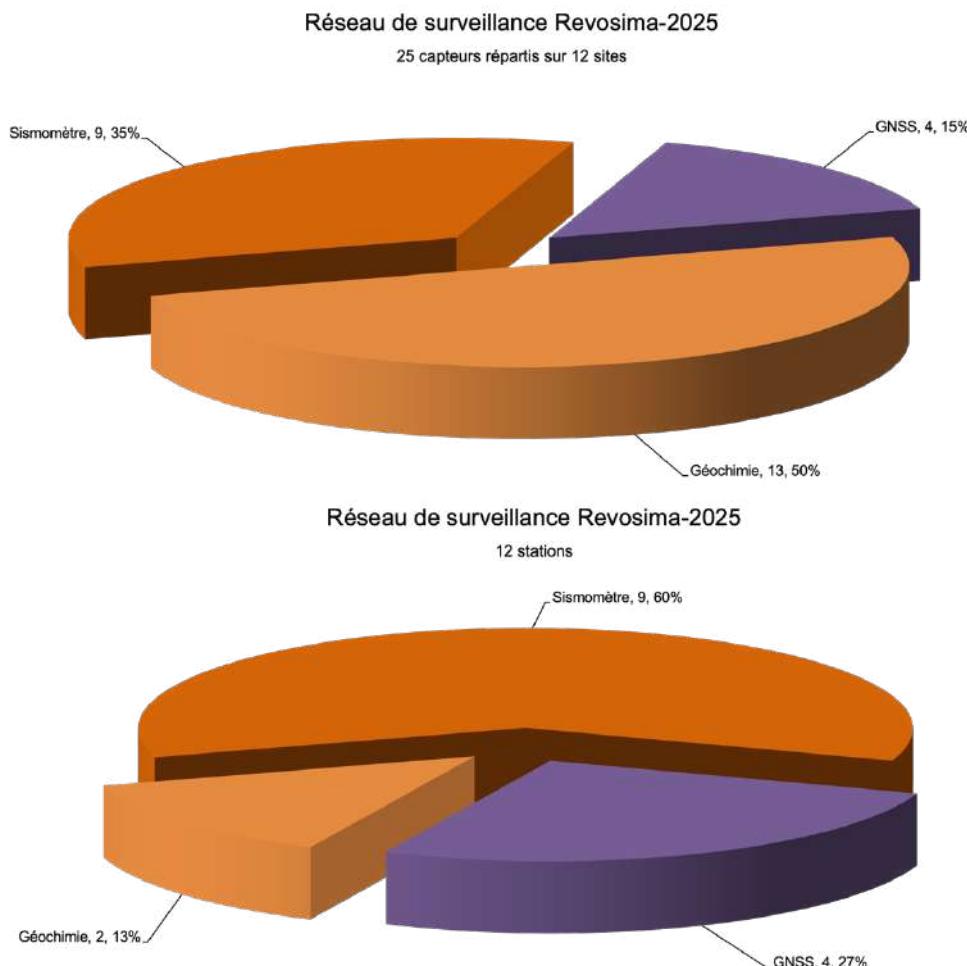


Figure 65 : Répartition des stations et opérées par l'OVPF à Mayotte ; nombre de capteurs par thématique (en haut) et par site (en bas).

Pour ces stations, l'équipe technique de l'OVPF assure :

- l'installation des stations à terre opérées par l'observatoire,
- la maintenance des stations en collaboration avec le BRGM-Mayotte,
- la transmission des données en temps réels,
- le traitement, la sauvegarde et la distribution des données.



## Rapport annuel 2025

### Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise - IPGP

#### Interventions

Pour l'année 2025 il y a eu 34 opérations de maintenance/installation réalisées avec le concours du BRGM de Mayotte (cf Figure 66).

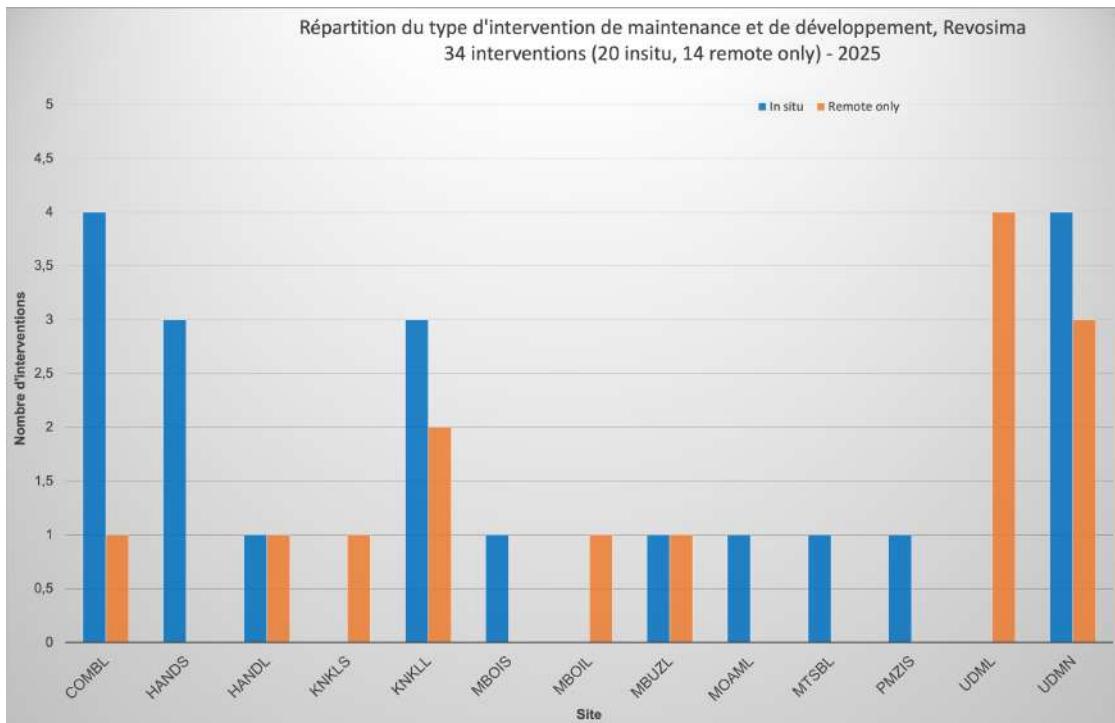


Figure 66 : Répartition entre interventions *in situ* (en bleu) à distance (remote only ; en orange) sur les différentes stations du réseau opéré par l'OVPF.

- COMB : Remplacement des panneaux solaires et consolidation de l'infrastructure suite au passage du cyclone Chido.  
Nettoyage de la végétation.
- GGLO : Plusieurs interventions sur la partie GNSS (antenne, câble d'antenne).  
Remplacement de la batterie.  
Suppression de la transmission OVPF ; connexion de la transmission mise à disposition par les TAAF.  
Isolation thermique du coffret d'acquisition.
- HAND : Remplacement du sismomètre, du câble et du numériseur suite au passage du cyclone Chido.  
Renforcement de l'infrastructure suite au passage du cyclone Chido.  
Nettoyage de la végétation.
- KNKL : Remplacement du chargeur de batterie.
- MBOI : Recentrage du sismomètre *in situ*.  
Nettoyage de la végétation.
- MBUZ : Remplacement des batteries.  
Nettoyage de la végétation.
- MOAM : Nettoyage de la végétation.
- UDMN : Remplacement de ligne de captage et des filtres.  
Remplacement de l'anémomètre.  
Nettoyage de la végétation.



## Rapport annuel 2025

### Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise - IPGP

Réglages de la configuration de la solution de transmission et/ou de routage des données sur les stations suivantes : COMB, GGLO, HAND, KNKL, MBOI, MBUZ, UDMN.

La plateforme DZIA qui accueille 12 capteurs, principalement géochimiques, avait été retournée par les vents violents supérieurs à 150 km/h du cyclone Chido (cf. Figure 67).



Figure 67 : DZIA, à gauche la station installée fin 2024, à droite la station après le passage du cyclone Chido.

Fin 2025, une mission a permis de retourner la station (Figures 68 et 69). Structurellement la plateforme est en bon état. Tous les éléments électriques et les capteurs de surface sont hors service. Les capteurs immergés doivent être testés et validés. Aucun élément n'a été perdu (batteries, panneaux solaires, ancrages, cordage, filet, ...).

La station DZIA est actuellement en standby sur le lac en attendant sa remise en service après une étude sur sa réhabilitation.



Figure 68 : DZIA, phase de retournement.



Figure 69 : DZIA, retournement complet.



## Rapport annuel 2025

### Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise - IPGP

#### Mission drone à Mayotte

Dans le cadre du suivi des phénomènes de bullage au niveau du lac Dziani et de la plage sur Petite Terre, l'OVPF s'est rendu sur place afin de réaliser une mission de surveillance par drone du 6 au 9 octobre 2025. Les zones étudiées ont été les suivantes :

- Plage
  - Cartographie de la zone active à une altitude de 15 m
  - Cartographie de la zone étendue à une altitude de 50 m
- Lac Dziani
  - Cartographie du lac à une altitude de 30 m
  - Réalisation de vidéos de 5 minutes des zones de bullage sur les deux sites principaux
  - 3 vidéos par site, réparties sur 2 jours

- Activité sismique en 2024

Dans le cadre du suivi de la sismicité à Mayotte, les membres de l'observatoire analysent chaque jour les signaux enregistrés par les stations sismologiques déployées sur l'île. La Figure 70 représente le nombre d'événements par jour identifiés au cours de l'année 2025, répartis en trois catégories distinctes : les séismes volcano-tectoniques (VT ; séismes dont la gamme de fréquence est la plus large, de 2 Hz à 40 Hz), les séismes Longue Période (LP ; basse fréquence, fréquence entre 0,5 et 5 Hz) et les séismes Très Longue Période (VLP ; très basse fréquence, période d'environ 15 secondes).

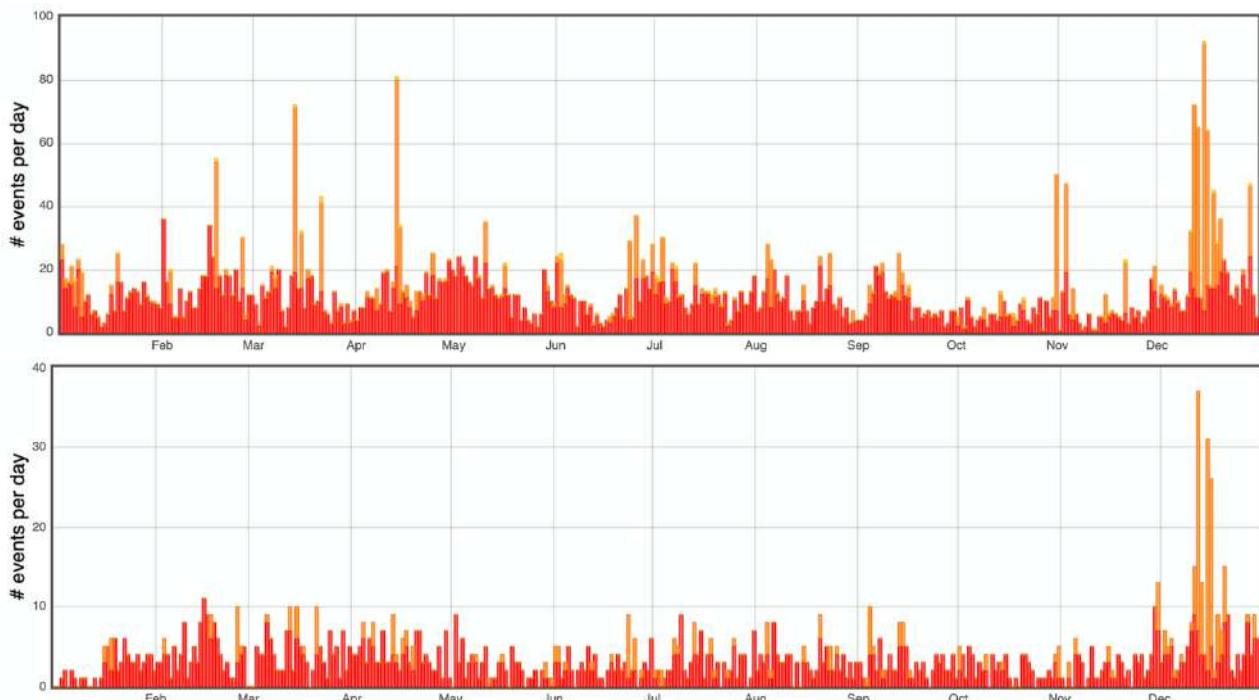


Figure 70 : Histogramme représentant le nombre de séismes par jour détectés (en haut) et localisés (en bas) en 2025 par le réseau sismologique du REVOSIMA. En rouge les séismes volcano-tectoniques, en orange les séismes longues périodes, en jaune les séismes très longues périodes, en bleu les éboulements (©WebObs/Revosima).



## Rapport annuel 2025

Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise - IPGP

Cette figure montre que la sismicité VT est restée assez stable en 2025 avec une moyenne de 10 événements par jour. La majorité des séismes LP, quant à eux, a eu lieu lors d'essaims de quelques dizaines de minutes, et est souvent associée à des signaux VLP. Ce comportement est habituel à Mayotte. Ces signaux LP et VLP sont associés dans la littérature à des résonances et des mouvements de fluide (magmatique ou hydrothermal). Entre le 11 et le 20 décembre 2025, 16 essaims de séismes de type Longue Période se sont succédés (Figure 70).

La Figure 70 montre le nombre journalier d'événements détectés par un nombre suffisant de stations pour permettre leur localisation. La localisation manuelle des séismes détectés automatiquement est effectuée par un groupe composé de 10 agents de l'IPGP (6 basés à l'OVPF, 3 basés à Paris) et un agent du BRGM Orléans.

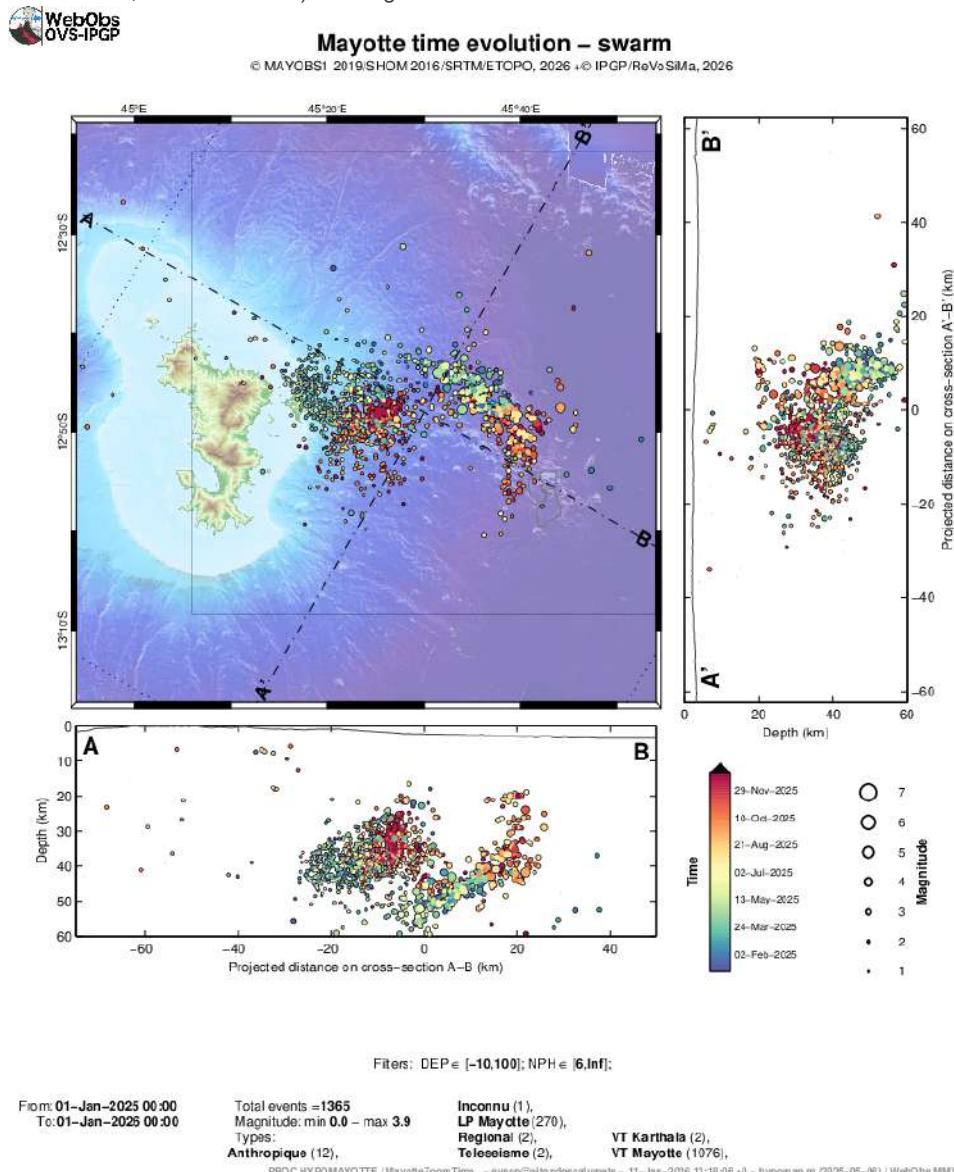


Figure 70 : Carte des épicentres ( $\pm 5$  km) des séismes localisés avec les réseaux sismiques à terre (IPGP-IFREMER-CNRS-BRGM-BCSF-RéNaSS-ITES) en 2025 (échelle temporelle de couleur). Sont aussi représentées les projections des hypocentres des séismes le long de coupes transverses et axiales le long de la ride montrant la localisation estimée en profondeur (la précision varie entre  $\pm 5$  km et  $\pm 15$  km) des séismes en fonction de la magnitude (taille des symboles) et de la date (échelle temporelle de couleur, ©WebObs/RevoSima).



## Rapport annuel 2025

### Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise - IPGP

Depuis le début de l'activité sismique en mai 2018, ces séismes sont localisés au sein de deux essaims avec des épicentres regroupés en mer, entre 5 et 15 km à l'est de Petite-Terre pour l'essaim sismique proximal (le plus proche de Petite-Terre), et à 25 km à l'est de Petite-Terre pour l'essaim sismique distal (le plus éloigné de Petite-Terre et qui s'étend le long de l'alignement de cônes volcaniques jusqu'au site éruptif), à des profondeurs comprises majoritairement entre 25 et 50 km. La Figure 71 représente la localisation des événements en 2025. L'activité est principalement focalisée au niveau de ces deux essaims. Les événements de faible profondeur dans cette zone ont des sources anthropiques ou sont des séismes dont la localisation n'a pas pu être effectuée correctement et devra être vérifiée grâce aux réseaux de sismomètres en mer. Une détection et une relocalisation automatique de la sismicité sont en effet effectuées après les récupérations de données des sismomètres fond de mer tous les six mois.

En 2025, deux séismes ont été ressentis à Mayotte. Le premier, de magnitude 3.8, a eu lieu le 21 avril (localisé à 21 km à l'est de Dzaoudzi, à 56 km de profondeur), et le second, de magnitude 3.5, a eu lieu le 20 juin (localisé à 28 km à l'est-nord-est de Dzaoudzi, à 48 km de profondeur, Figure 72). Ces deux séismes étaient localisés dans la partie ouest de l'essaim distal à l'est de Mayotte.

Comme pour chaque séisme ressenti, l'OVPF, en association avec le BRGM de Mayotte, active un protocole permettant d'informer les autorités, ainsi que la population avec la diffusion d'un bulletin exceptionnel.

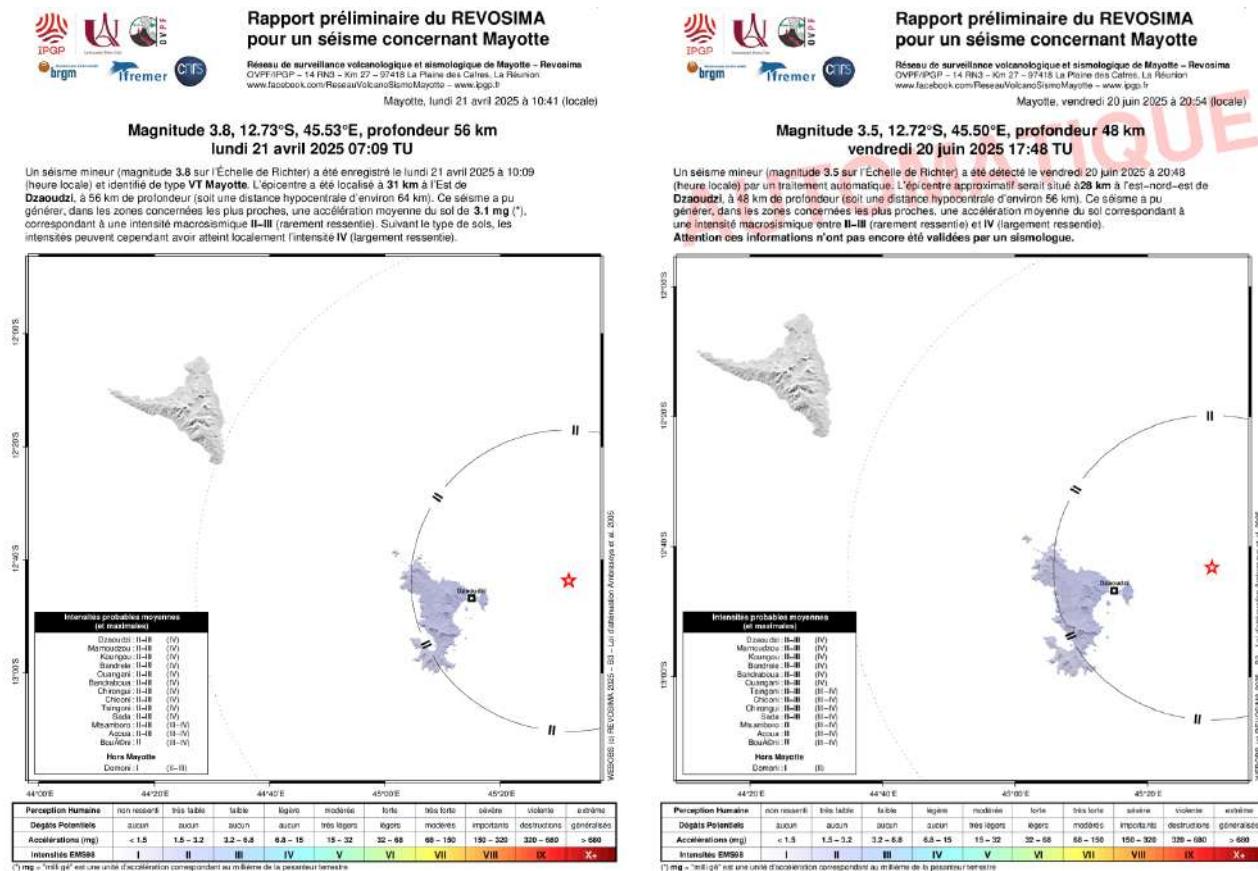


Figure 72 : Rapports concernant les 2 séismes ressentis à Mayotte en 2025.



## Rapport annuel 2025

### Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise - IPGP

#### - Déformation en 2025

Les mesures de déformation indiquent entre juillet 2018 et fin 2020 (Lemoine et al., 2020 ; Feuillet et al., 2021 ; Peltier et al., 2022) un déplacement d'ensemble de l'île vers l'est et un affaissement (Figure 73). En cumulé entre le 1<sup>er</sup> juillet 2018 et fin 2020 ces déplacements horizontaux sont d'environ 21 à 25 cm vers l'est, et l'affaissement (subsidence) d'environ 10 à 19 cm suivant les sites. À noter que vers avril-mai 2019, un premier ralentissement des déplacements a été observé. Début 2020 les déplacements ont de nouveau ralenti et depuis mars 2020 la subsidence est devenue négligeable sur certaines stations GPS (tels que MTSB, MTSB, PORO). Enfin depuis fin 2020 il n'y a plus de cohérence dans les signaux de déformation qui sont devenus trop faibles et ne sortent pas du bruit, il n'y a plus de signaux interprétables (Figure 73).

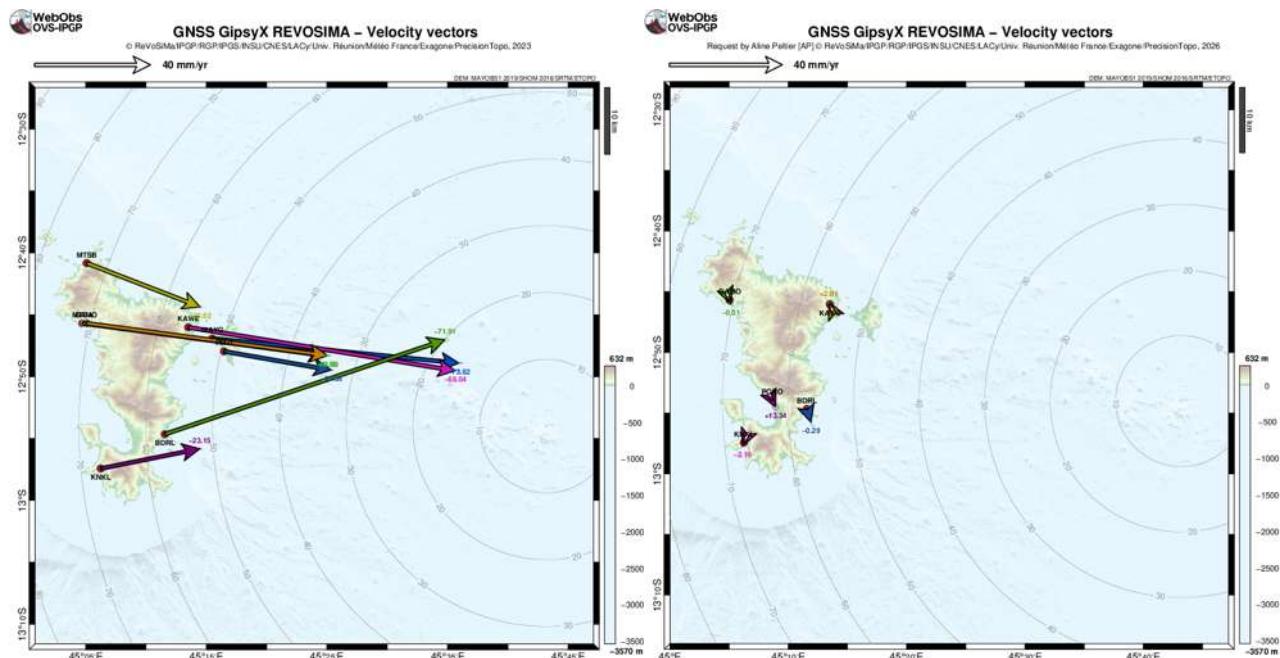


Figure 73 : Déplacements du sol enregistrés sur les stations GNSS de Mayotte entre le 1<sup>er</sup> juillet 2018 et fin 2020 (à gauche) et sur l'année 2025 (à droite). Les déplacements horizontaux sont représentés sous forme vectorielle et les déplacements verticaux sont indiqués par les valeurs chiffrées en couleur. Post-traitement de ces données réalisé par l'IPGP (©WebObs / REVOSIMA).

Compte tenu des faibles déplacements actuels, les données sont de plus en plus influencées par des effets de charges de surface induites par l'hydrologie et la dynamique atmosphérique à grande échelle. La modélisation des déformations horizontales et verticales sur la période 2002-2018, basée sur les données mensuelles issues de la mission gravimétrique GRACE (calcul IGN ; Chanard et al., 2018) montrent des fluctuations de l'ordre de 2 mm en horizontal et de l'ordre de 1 cm en vertical pic à pic sur des périodes de 12, 6 et 3 mois) qui dominent le signal observé. Par conséquent, les fluctuations des déplacements actuels sur ces échelles de temps doivent être interprétées avec prudence.

À noter que l'intégralité des séries temporelles GNSS ont été mises à jour courant juin 2025. Elles consistent en un retraitement homogène de l'intégralité des données GNSS, désormais disponibles au format RINEX3 pour les plus récentes (depuis la fin mai 2025 et rétrospectivement à partir du 1<sup>er</sup> janvier 2019). Le calcul est réalisé avec le logiciel GipsyX (Bertiger et al., 2020) dans sa version 2.3 (Murphy et al., 2024). Ces calculs intègrent les nouveaux produits du JPL dans l'ITRF2020 (Altamimi et al., 2023, Rebischung et al., 2024) diffusés depuis le 25 août 2024, et mis à disposition rétrospectivement à partir du 1<sup>er</sup> janvier 2002 (Murphy et al., 2024). Les coordonnées calculées sont exprimées par rapport au Centre de Figure (CF). La dichotomie Centre de Figure / Centre de Masse (CM) étant un concept introduit par l'ITRF2020, et GipsyX 2.3 travaillant par défaut dans le CM, et nous avons fait le choix de réaliser une transformation CM > CF, plus adapté à des chantiers sur des petites zones.



## Rapport annuel 2025

### Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise - IPGP

#### - Flux de CO<sub>2</sub> dans le sol en 2025

Depuis son installation en novembre 2020, la station CO<sub>2</sub> UDMN installée au sein de l'usine de dessalement de Petite Terre a fonctionné presque en continu, bien qu'ayant connu quelques pannes. Depuis fin 2020, une diminution progressive puis une stabilisation des émissions de CO<sub>2</sub> par le sol est mesurée (Figure 74). L'évolution cyclique annuelle des émissions de CO<sub>2</sub> du sol est principalement contrôlée par l'évolution saisonnière des paramètres environnementaux. La variabilité des concentrations en CO<sub>2</sub> détectées dans l'air est contrôlée par la variabilité de l'apport biogénique.

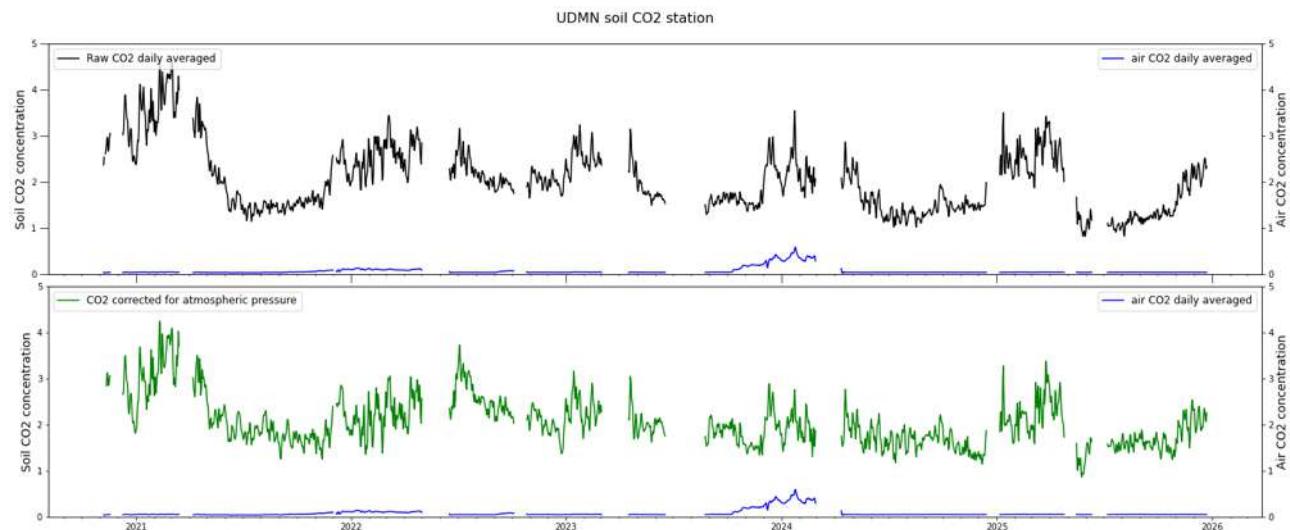


Figure 74 : Évolution des concentrations en CO<sub>2</sub> dans le sol (vert) et dans l'air (bleu) au niveau de la station UDMN (Petite Terre) depuis son installation.

#### > Campagnes en mer

En 2025, le REVOSIMA a organisé deux campagnes en mer pour la surveillance de l'activité sismo-volcanique à Mayotte, auxquelles l'OVPF a été associé.

- **Du 13 au 16 mai 2025 (MAYOBS32)** : le patrouilleur austral des TAAF Osiris II a permis la relève, la maintenance et le redéploiement des sismomètres de fond de mer (OBS) qui renforcent et complètent le réseau sismique à terre. Un ingénieur d'étude et un assistant-ingénieur de l'OVPF ont participé à cette mission. Plus spécifiquement les actions suivantes ont été réalisées :

- récupération des 3 SPOBS (Short Period Ocean Bottom Seismometer) déployés lors de MAYOBS30,
- extraction des données et maintenance de l'électronique,
- reconditionnement et redéploiement des 3 SPOBS,
- relocalisation acoustique des 3 SPOBS,
- tentative de récupération de l'OBS communicant HALIOS.

- **Du 25 septembre au 14 octobre 2025 (MAYOBS33)**, une campagne de surveillance a été menée à bord du navire océanographique Marion Dufresne II. Cette mission a permis, entre autres, d'assurer le suivi des émissions de fluides dans la colonne d'eau, d'identifier et localiser les sites d'émission de fluide sur le fond-marin au niveau de la zone du Fer à cheval, d'effectuer des prélèvements (eau et roches), de récupérer les données géophysiques et d'assurer le maintien opérationnel des



## Rapport annuel 2025

### Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise - IPGP

capteurs des différents réseaux sous-marins de surveillance (relève, maintenance et re-déploiement). Deux ingénieurs d'étude et une post-doctorante de l'OVPF ont participé à cette mission notamment dans le cadre des récupérations et déploiements d'OBS:

- récupération des 3 SPOBS et d'un BBOBS déployés lors de MAYOBS32 et MAYOBS30,
- extraction des données et maintenance de l'électronique,
- reconditionnement et redéploiement des instruments,
- défaillance de remontée d'un BBOBS après plusieurs essais (Broad Band OBS).

**Observations majeures réalisées lors des campagnes 2025 :** la campagne en mer de surveillance MAYOBS33 (du 25 septembre au 14 octobre 2025) n'a montré aucune évolution morphologique majeure dans la zone du volcan Fani Maoré ou dans la zone du Fer à Cheval (structure préexistante à Fani Maoré située à l'aplomb de l'essaim sismique proximal) en 2025. L'analyse des données acquises sur les émissions de gaz dans le Fer à Cheval a permis d'identifier sans ambiguïté la continuité de l'activité d'émission de fluides de 17 sites (sur 23) déjà observés lors des campagnes antérieures. Aucun nouveau panache excentré hors du Fer à Cheval n'a pu être identifié mais certains sites ont augmenté leur activité avec des panaches qui remontent jusqu'à 150 m de la surface et d'autres qui ont pris de l'ampleur.

Toute l'actualité du REVOSIMA est à retrouver sur le site web et les réseaux sociaux du REVOSIMA :

<http://www.ipgp.fr/fr/revosima/actualites-reseau>

<https://www.facebook.com/ReseauVolcanoSismoMayotte/>

<https://bsky.app/profile/revosima.bsky.social>

#### Références :

- Altamimi, Z., P. Rebischung, X. Collilieux, L. Métivier, K. Chanard, K. (2023), ITRF2020: an augmented reference frame refining the modeling of nonlinear station motions. *Journal of Geodesy*, 97(5), 47. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00190-023-01738-w>.
- Bertiger, W., Y. Bar-Sever, A. Dorsey, B. Haines, N. Harvey, D. Hemberger, et al. (2020), GipsyX/RTGx, a new tool set for space geodetic operations and research. *Advances in space research*, 66(3), 469-489
- Chanard, K. et al. (2018), Toward a global horizontal and vertical elastic load deformation model derived from GRACE and GNSS station position time series. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 123, 3225–3237.<https://doi.org/10.1002/2017JB015245>.
- Feuillet et al., Birth of a large volcano offshore Mayotte through lithosphere-scale rifting, *Nature Geosciences*, August 2021, <https://doi.org/10.1038/s41561-021-00809-x>.
- Lemoine et al. (2020), The 2018–2019 seismo-volcanic crisis east of Mayotte, Comoros islands: seismicity and ground deformation markers of an exceptional submarine eruption, *Geophys. J. Int.*, 223(1), 22–44, <https://doi.org/10.1093/gji/gqaa273>.
- Murphy, D., W. Bertiger, D. Hemberger, A. Komanduru, A. Peidou, P. Ries, A. Sibthorpe (2024), Jet Propulsion Laboratory Analysis Center Technical Report 2024. In R. Dach & E. Bockmann (Eds.), *International GNSS Service Technical Report 2024 (IGS Annual Report)*. IGS Central Bureau and University of Bern; Bern Open Publishing. <https://doi.org/10.48350/191991>
- Peltier, A., S. Saur, V. Ballu, F. Beauducel, P. Briole, K. Chanard, D. Dausse, JB. De Chabalier, R. Grandin, P. Rouffiac, YT. Tranchant, M. Bès de Berc, S. Besançon, P. Boissier, C. Broucke, C. Brunet, K. Canjamalé, E. Carme, P. Catherine, A. Colombain, W. Crawford, R. Daniel, G. Dectot, N. Desfete, C. Doubre, T. Dumouch, C. Griot, M. Grunberg, H. Jund, P. Kowalski, F. Lauret, J. Lebreton, F. Pesqueira, F. Tronel, P. Valty, J. van der Woerd (2022), Ground deformation monitoring of the eruption offshore Mayotte, *Comptes Rendus. Géoscience*, pp. 1-23. <https://doi.org/10.5802/crgeos.176>.
- Rebischung, P., Z. Altamimi, L. Métivier, et al. (2024), Analysis of the IGS contribution to ITRF2020. *J Geod* 98, 49. <https://doi.org/10.1007/s00190-024-01870-1>



## 12. Implications de l'OVPF pour l'observatoire magnétique de La Réunion

Le service des observatoires magnétiques de l'IPGP fournit des observations au sol du champ magnétique terrestre ainsi que des produits dérivés. Il fait partie du Bureau Central de Magnétisme Terrestre (BCMT) qui est un Service National d'Observation (SNO) du CNRS-INSU géré par l'IPGP, auquel participe aussi le service d'observation magnétique de l'EOST à Strasbourg. L'IPGP maintient douze observatoires au travers le monde, en collaboration avec des institutions françaises et internationales : l'observatoire magnétique national de Chambon-la-Forêt et ceux de Borok (Russie), Dalat (Vietnam), Île de Pâques (Chili), Edéa (Cameroun), Kourou (Guyane), Lanzhou (Chine), Sop/Niakhar (Sénégal), Phu Thuy (Vietnam), Pamatai (Polynésie française), Tamanrasset (Algérie), et de La Réunion (Figure 75).

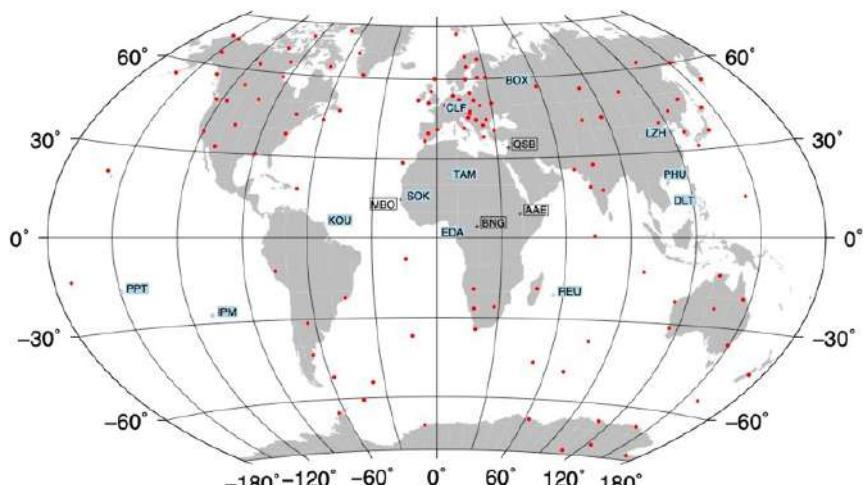


Figure 75 : Carte de localisation des observatoires magnétiques gérés par l'IPGP (en bleu). En noir : les observatoires fermés mais disposant de longues séries de données). En rouge : toutes les stations du réseau INTERMAGNET.

L'observatoire de La Réunion (code IAGA : REU) est une station instrumentale, opérationnelle depuis novembre 2022. Il est localisé à Bourg Murat, à 500 m de l'OVPF, sur une parcelle de l'Office national des forêts.

Comme tout observatoire magnétique, il nécessite des mesures d'étalonnage hebdomadaires ainsi que des maintenances régulières, assurées par des agents formés de l'OVPF, avec l'appui de l'équipe des observatoires magnétiques de Chambon-la-Forêt, qui fournissent les instruments et l'ensemble du traitement des données, garantissant la qualité des mesures et leur publication.

REU a officiellement intégré le réseau INTERMAGNET en septembre 2025. Cette intégration rapide au réseau international souligne le succès de la collaboration entre les équipes de l'OVPF et des observatoires magnétiques et la qualité des données fournies dorénavant sur les portails EPOS-France, [www.intermagnet.org](http://www.intermagnet.org) et [www.bcmt.fr](http://www.bcmt.fr) ainsi que les centres de données mondiaux pour les données magnétiques (World Data Centres - WDC) au Royaume-Uni, aux USA et au Japon. Ces données, temps réels, quasi-définitive et définitives, sont utilisées par l'ensemble de la communauté scientifique, civil et militaire pour améliorer la compréhension de la dynamique du noyau terrestre, de la croûte, de l'ionosphère et de la magnétosphère mais également comme des références d'orientation et comme outils pour le suivi de la météorologie de l'espace.

Dans le cadre d'un appui technique à l'équipe de l'Observatoire magnétique de Chambon-la-Forêt, un agent de l'OVPF a participé à une mission de maintenance du 25/11 au 15/12/2025 sur deux stations installées au Vietnam :

- intervention visant à améliorer la qualité des données acquises sur la station magnétique de Hanoï,
- dépannage et remise en service de la station magnétique de Dalat (sud du Vietnam), précédemment hors service.



## Rapport annuel 2025

### Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise - IPGP

#### 13. Publications

##### > Publications dans des revues scientifiques internationales de rang A

Les travaux de recherche de l'observatoire portant sur le Piton de la Fournaise et Mayotte, mais aussi sur d'autres zones géographiques du globe, ont été publiés dans des revues scientifiques internationales ou dans des chapitres de livres spécialisés.

En 2025, les membres de l'équipe de l'OVPF ont ainsi participé à la production de 9 publications dans des revues scientifiques internationales de rang A.

Albino, F., S. Gremion, V. Pinel, P. Bouygues, A. Peltier, F. Beauducel, J.-L. Froger, Agus Budi Santoso (2025), Benefits of GNSS local observations compared to global weather-based models for InSAR tropospheric corrections over tropical volcanoes: case studies of Piton de la Fournaise and Merapi, *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 130, e2024JB028898. <https://doi.org/10.1029/2024JB028898>.

Beauducel, F., G. Roult, V. Ferrazzini, A. Peltier, P. Jousset, P. Boissier, N. Villeneuve (2025). Jerk, a promising tool for early warning of volcanic eruptions, *Nature Communications*, <https://doi.org/10.1038/s41467-025-66256-z>.

Briole, P., A. Ganas, A. Serpetsidaki, F. Beauducel, V. Sakkas, V. Tsironi, P. Elias (2025), Volcano-tectonic interaction at Santorini. The crisis of February 2025. Constraints from geodesy, *Geophys. J. Int.*, <https://doi.org/10.1093/gji/gjaf262>.

Campus, A., N. Villeneuve, O. Chevrel, A. Peltier, A. Di Muro, D. Coppola (2025), Effusion rate trends at Piton de la Fournaise: A review of 24 years of space-based thermal observation, *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 130, e2024JB030962. <https://doi.org/10.1029/2024JB030962>.

Gailler, L., R. Guillard, S. Buvat, P. Labazuy, A. Finizola, E. Rouleau, JF. Lénat, the ERT3D Scan4Volc team (2025), A unique electrical resistivity experiment reveals the 3D interior of Piton de la Fournaise, *Scientific Reports*, 15, 35794, <https://doi.org/10.1038/s41598-025-17161-4>

Heumez, B., F. Pesquiera, A. Telali, V. Lesur (2025), A new magnetic observatory in La Réunion Island—meeting data quality requirements in a volcanic island setting, *Geoscientific Instrumentation, Methods and Data Systems*, 14(2), 225–235.

Laurent, A., C. Satriano, P. Bernard (2025), Source Parameters of Very Low Frequency Events During the Mayotte Seismo-Volcanic Crisis (May 2018–January 2022), *Geophysical Journal International*, ggaf512, <https://doi.org/10.1093/gji/ggaf512>.

Matabos, M., M. Cannat, V. Ballu, T. Barreyre, J. Blandin, A. Castillo, ... & PM. Sarradin (2025), The EMSO-Azores deep-sea observatory: 15 years of multidisciplinary studies of the lucky strike hydrothermal system, from sub-seafloor to the water column, *Journal of Sea Research*, 102625.

Van Ruymbeke, M., F. Beauducel, B. Ducarme, N. Cadicheanu (2025). Tidal Influence on Volcanic and Seismic Activities, *Pure Appl. Geophys.*, <https://doi.org/10.1007/s00024-025-03851-7>.



## Rapport annuel 2025

### Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise - IPGP

#### > Congrès scientifiques nationaux et internationaux

En 2025, les membres de l'équipe de l'OVPF ont participé ou ont été associés à 18 présentations de congrès nationaux et internationaux.

Accocella, V., M. Ripepe, E. Rivalta, A. Peltier, F. Galetto, E. Joseph (2025), Towards scientific forecasting of magmatic eruptions, Basaltic caldera-forming eruptions Chapman Conference, Hilo.

Albino, F., S. Gremion, V. Pinel, P. Bouygues, A. Peltier, F. Beauducel, JL. Froger (2025), MANGO Toolbox: Mitigating Atmospheric Noise with GNSS Observations, Abstract EGU2025- 11115, Vienna.

Anderson, K., A. Flinders, KJ. Lynn, A. Peltier, MP. Poland, T. Shea (2025), Caldera-Forming Eruptions at Basaltic Volcanoes: Outcomes from the 2025 AGU Chapman Conference in Hilo, Hawai'i, IAVCEI meeting, Geneva.

Beauducel F., G. Roult, V. Ferrazzini, A. Peltier, P. Jousset, P. Boissier, N. Villeneuve (2025), A successful and unequivocal new early warning method for magmatic intrusions at Piton de la Fournaise (La Réunion), 4<sup>th</sup> Annual Meeting of the LMI-SIR Project, Palu Indonesia.

Boissier, P., C. Griot, D. Pacaud (2025), Orchestration de flux de données avec Apache Airflow à l'Observatoire Volcanologique du Piton de La Fournaise, SIST 2025, La Rochelle.

Duputel, Z. (2025), The 2007 Summit Caldera Collapse at Piton de la Fournaise Volcano: A Comprehensive Review, In Chapman Conference on Caldera-Forming Eruptions at Basaltic Volcanoes: Insights and Puzzles from Kīlauea and Beyond, AGU, Hilo, Hawaii.

Duputel, Z. (2025), Hazard responses during historical caldera-forming eruptions, panelist (Workshop 1), In Chapman Conference on Caldera-Forming Eruptions at Basaltic Volcanoes: Insights and Puzzles from Kīlauea and Beyond, AGU, Hilo, Hawaii.

Duputel, Z. (2025), Working in a volcano observatory, panelist (Workshop 2), In Chapman Conference on Caldera-Forming Eruptions at Basaltic Volcanoes: Insights and Puzzles from Kīlauea and Beyond, AGU, Hilo, Hawaii.

Campus, A., N. Villeneuve, O. Chevrel, A. Peltier, A. Di Muro, D. Coppola (2025), Impact of the 2007 caldera collapse to eruptive variability at Piton de la Fournaise: insights from long-term satellite-retrieved effusion rate, IAVCEI meeting, Geneva.

Gerville, H., J. Van Baelen, L. Morel, F. Albino, F. Durand, A. Peltier, P. Boissier (2025), 3-D water vapor field retrieval by GNSS tomography for InSAR observation correction applied to deformations of Piton de la Fournaise in Réunion Island, Abstract EGU2025- 926, Vienna.

Got, JL., A. Peltier, D. Marsan (2025), What can we learn from progressive rock failure in volcanoes?, Abstract EGU2025- 12123, Vienna.

Got, JL., A. Peltier, V. Ferrazzini, D. Marsan (2025), Using a Damage Approach to Model Pre-Eruptive Surface Displacements and Help Forecast Volcanic Eruptions, IAVCEI meeting, Geneva.

Gurioli L., C. Berthod, P. Besson, O. Chevrel, V. Freret-Lorgeril, A. Di Muro, E. Lebas, E. Médard, A. Peltier, J. Vergne, I. Vlastelic (2025), Les défis et les réussites de la surveillance pétrologique sur les volcans français, Rencontres Epos-France 2025, Sète.

Komorowski, J-C., I. Vlastelic, C. Berthod, J. Vergne, J. Corbeau, A. Michaud-Dubuy, G. Carazzo, T. Esposti Ongaro, Y. Legendre, M. Peruzzetto, A. Le Friant, P. Poulain, O. Gillet, E. Daudé, F. Leone, K. Kelfoun, S. Moune, L. Gurioli, A. Metcalfe, A. Mangeney, F. Dondin, F. R. Fontaine, F. Beauducel, J-B. De Chabalier, C. Aubaud, M. Rosas-Carbajal, M., S. Deroussi, A.



## Rapport annuel 2025

Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise - IPGP

Andrieu, J-M. Saurel, A. Peltier (2025), Integrated hazard maps for eruption scenarios of La Soufrière de Guadeloupe and Montagne Pelée (Martinique): implications for crisis response and risk reduction, SHV30 Conference,Montserrat.

Vesely, N., E. Eibl, V. Ferrazzini, J. Wassermann, Z. Duputel, D. Vollmer, C. Brunet, F. Lauret (2025), Exploring seismic events on La Réunion: An analysis of rotational sensor and array source directions, IAVCEI 2025, Geneve.

Peltier, A. et l'équipe du REVOSIMA (2025), Contribution des données du REVOSIMA à la compréhension de l'activité sismo-volcanique à Mayotte, Rencontres Epos-France 2025, Sète.

Villeneuve, N., P. Boissier, A. Peltier, A. Derrien, O. Chevrel, JL. Froger, P. Bachèlery, T. Staudacher (2025), Révision et consolidation d'un siècle de cartes de fissures, cônes et coulées de lave au Piton de la Fournaise - Une base de données de référence et un SIG ouvert pour une utilisation scientifique, Les Rencontres Géomatiques de La Réunion 2025, Bourg Murat.

Villeneuve, N., JP. Mallet, D. Michea, A. Derrien, P. Boissier, A. Peltier (2025), Calcul des volumes des coulées de lave au Piton de la Fournaise par la méthodologie SfM. Utilisation des images Pléiades en stéréo et tri-stéréo pour compléter une base de données de 2009 à 2023, Les Rencontres Géomatiques de La Réunion 2025, Bourg Murat.