



Bulletin mensuel

Institut de physique du globe de Paris
Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise

ISSN 2610 – 5101

Juillet 2023

PITON DE LA FOURNAISE (VNUM #233020)

Latitude : 21.244°S

Longitude : 55.708°E

Altitude sommet : 2632 m

Le Piton de la Fournaise est un volcan basaltique de point chaud situé au sud-est de l'île de la Réunion (océan Indien).

Volcan actif, son histoire éruptive a débuté il y a environ 500 000 ans. Il produit des laves fluides à l'origine d'éruptions majoritairement effusives (avec émissions de fontaines de lave et de coulées de lave) dont la fréquence est en moyenne de deux par an depuis 1998. Plus rarement, des éruptions explosives (avec émissions de blocs recouvrant la zone sommitale et émissions de cendres pouvant se disperser sur de grandes distances) ont eu lieu par le passé avec une récurrence centennale.

La majorité des éruptions récentes sont limitées à la caldera de l'Enclos Fouqué, à l'exception de quelques éruptions « hors Enclos » qui ne représentent que 3% des éruptions totales sur les 300 dernières années (1977, 1986, 1998 pour les plus récentes). Ce type d'éruptions « hors Enclos » peut potentiellement représenter une menace pour la population.

Depuis fin 1979, l'activité du Piton de la Fournaise est surveillée et suivie par l'Observatoire Volcanologique du Piton de la Fournaise (OVPF), une station de l'Institut de Physique du Globe de Paris (IPGP).

Niveau d'alerte : Alerte 2-1

(depuis le 2 juillet 2023 – 8h50)

24 avril 2023 (14h00) au 2 juillet 2023 (8h00) : Vigilance
2 juillet 2023 (8h00) au 2 juillet 2023 (8h50) : Alerte 1

(Voir tableau en annexe)



A. Activité du Piton de la Fournaise

Sismicité

Au mois de juillet 2023, l'OVPF-IPGP a enregistré au niveau du massif du Piton de la Fournaise au total :

- 2189 séismes volcano-tectoniques superficiels (0 à 2,5 km au-dessus du niveau de la mer) sous les cratères sommitaux ;
- 45 séismes profonds (sous le niveau de la mer) ;
- 111 séismes de type longue-période ;
- 235 éboulements.

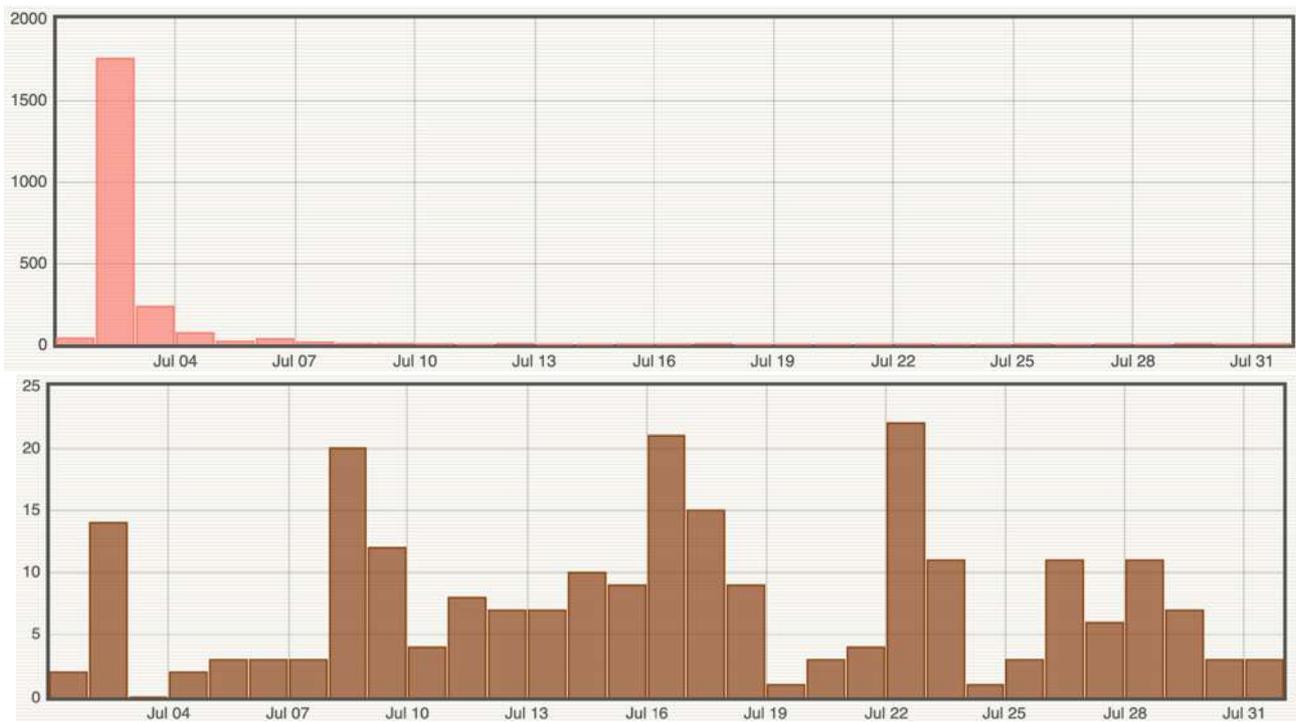


Figure 1 : Histogramme représentant le nombre de séismes volcano-tectoniques superficiels (en haut) et d'éboulements (en bas) par jour enregistrés en juillet 2023 (© OVPF-IPGP).

L'activité volcano-tectonique sous le Piton de la Fournaise en juillet 2023 aura été marquée par la crise sismique du 2 juillet (Figure 1, en haut).

La crise sismique a débuté à 07h36 (heure locale ; 03h36 UTC) et fut accompagnée de déformations rapides (cf. section suivante). Elle précéda de 54 minutes l'apparition d'un trémor éruptif (8h30 heure locale ; 04h30 UTC), indiquant l'arrivée du magma à proximité de la surface (cf. section B pour plus de détails). Cette éruption a été caractérisée par l'ouverture de fissures éruptives sur le flanc est du volcan vers 8h30 et 12h30 (heure locale, 4h30 et 8h30 UTC), puis sur le flanc sud-est du volcan vers 17h50 (heure locale, 13h50) à l'intérieur de la caldera de l'Enclos Fouqué (cf. section B pour plus de détails). L'éruption est toujours en cours à l'écriture de ce bulletin.

Au cours de cette crise sismique, 578 séismes volcano-tectoniques superficiels (0 à 2,5 km au-dessus du niveau de la mer) ont été enregistrés sous la bordure sud et nord du cratère Dolomieu (Figures 1 et 2).

Suite au début de l'éruption, la sismicité a perduré pendant plusieurs jours, notamment sous la zone sommitale ; ainsi 1754, 232, 70, 18, 33 et 12 séismes volcano-tectoniques superficiels ont été enregistrés respectivement les 2, 3, 4, 5, 6 et 7 juillet (Figure 1, en haut).



Une sismicité profonde sous le flanc Est (33 événements) a également été enregistrée le 2 juillet suite au début de l'éruption. Depuis le 7 juillet, la sismicité est restée faible.

Cette crise sismique - et l'éruption qui a suivi - ont été précédées par une augmentation de la sismicité à partir du 12 juin 2023. Ainsi entre le 12 juin et le début de la crise sismique du 2 juillet 2023, il a été enregistré 789 séismes volcano-tectoniques superficiels sous le sommet. Ces séismes étaient localisés sous le cratère Dolomieu entre -500 et 1200 m au-dessus du niveau de la mer (cf. bulletin mensuel de juin 2023).

De nombreux éboulements dans le Cratère Dolomieu, au Cassé de la Rivière de l'Est et au niveau de la coulée de l'éruption de septembre-octobre 2022 ont aussi été enregistrés en juillet 2023 (Figure 1, en bas).

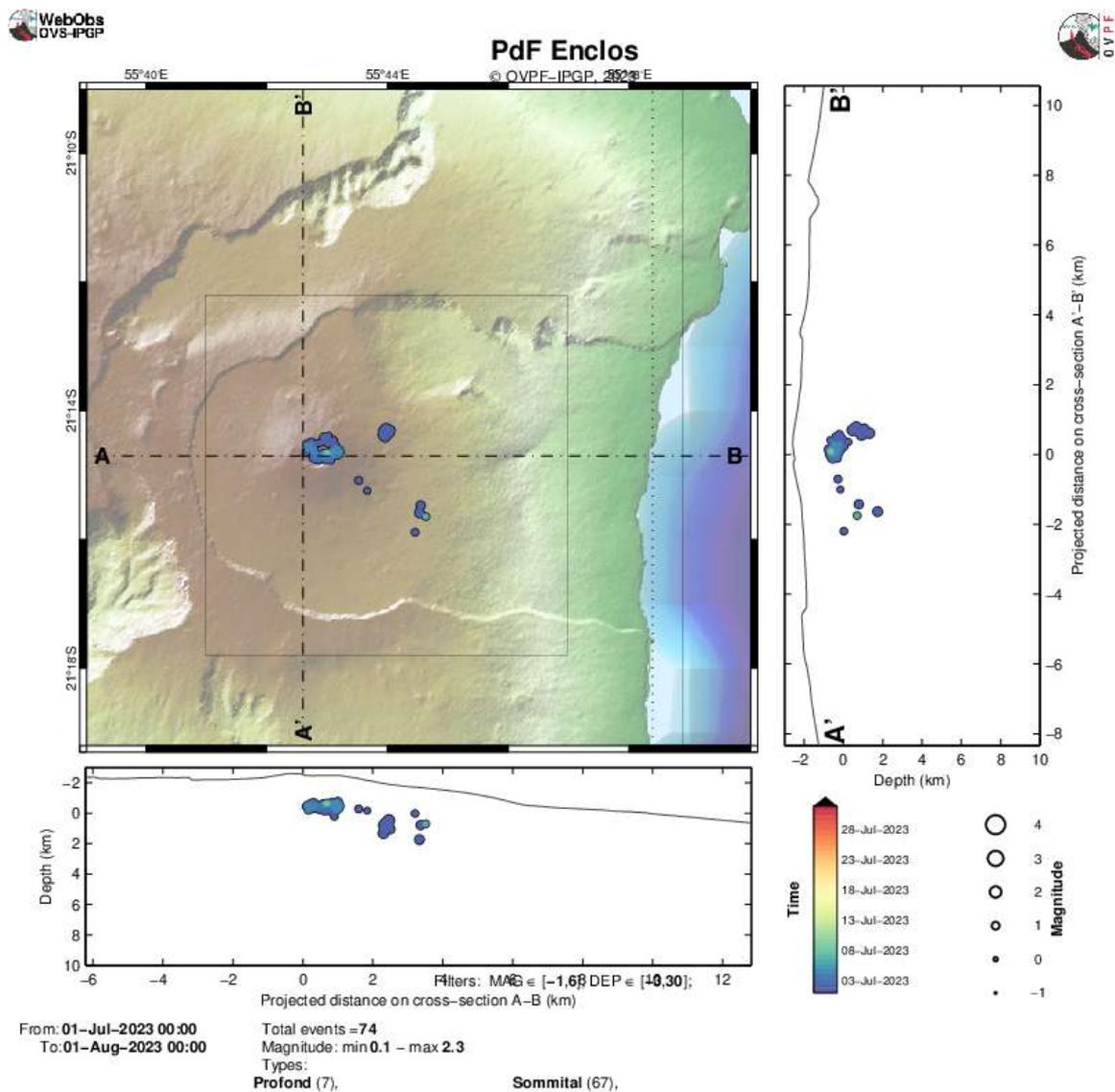


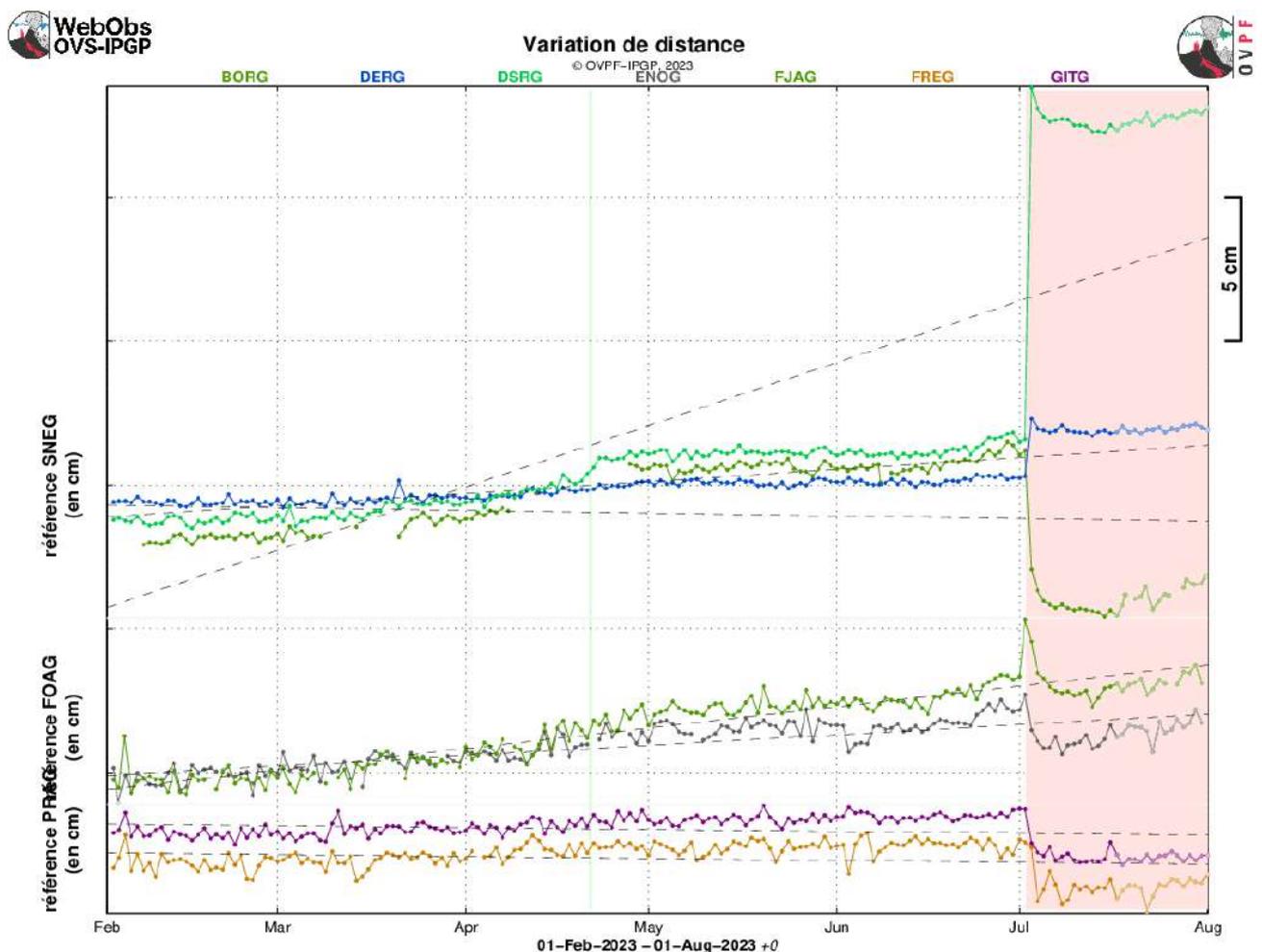
Figure 2 : Sismicité sous le Piton de la Fournaise au mois de juillet 2023. Carte de localisation (épicentres) et coupes nord-sud et est-ouest (montrant la localisation en profondeur, hypocentres) des séismes enregistrés et localisés manuellement par l'OVPF-IPGP. Seuls les séismes localisables sont représentés sur la carte (© OVPF-IPGP).



Déformation

L'inflation sommitale – liée à une mise en pression du réservoir magmatique superficiel localisé à 1,5-2 km de profondeur sous les cratères - qui avait repris mi-juin 2023 (Figures 3 et 4 ; cf. bulletin mensuel de juin 2023) s'est poursuivie jusqu'à l'injection de magma vers la surface, qui a conduit à l'éruption du 2 juillet 2023. Cette injection de magma vers la surface a été accompagnée par des déformations rapides (de quelques décimètres ; Figures 3 et 4), atteignant jusqu'à 75 cm de soulèvement sur le flanc est du cône terminal (cf. section B pour plus de détails).

Suite au début de l'éruption, une légère déflation de l'édifice - liée au transfert de magma depuis la zone de stockage magmatique située sous le sommet vers le site éruptif - a été enregistrée jusqu'à la mi-juillet (Figure 3). Depuis la mi-juillet, une faible inflation de la zone sommitale est enregistrée (Figures 3 et 4), indiquant une re-pressurisation du système d'alimentation du volcan, avec possiblement le transfert de magma profond vers ce dernier (cf. section B pour plus de détails).



PROC.GIPSYX / BASELINES - sysop@ipgp.fr/mesures - 01-Aug-2023 05:18:22 +0 - gnss.m (2022-06-12) / WebObs MMXXIII

Figure 3 : Illustration de la déformation sur les six derniers mois (les éventuelles périodes éruptives et intrusives sont respectivement représentées par un fond rouge et vert). Sont ici représentées les variations de distance entre deux récepteurs GPS 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) (cf. localisation sur la Figure 5). Une hausse est synonyme d'élongation et donc de gonflement du volcan ; inversement une diminution indique une contraction et donc un dégonflement du volcan (© OVPF-IPGP).



PROC.GIPSYX / BASELINES - sysop@ipgp.fr/mets - 01-Aug-2023 05:08:39 +0 - gnss.m (2022-06-12) / WebObs MMXXIII

Figure 4 : Illustration de la déformation en juillet 2023 (les éventuelles périodes éruptives et intrusives sont respectivement représentées par un fond rouge et vert). Sont ici représentées les variations de distance entre deux récepteurs GPS 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) (cf. localisation sur la Figure 5). Une hausse est synonyme d'élongation et donc de gonflement du volcan ; inversement une diminution indique une contraction et donc un dégonflement du volcan (© OVPF-IPGP).

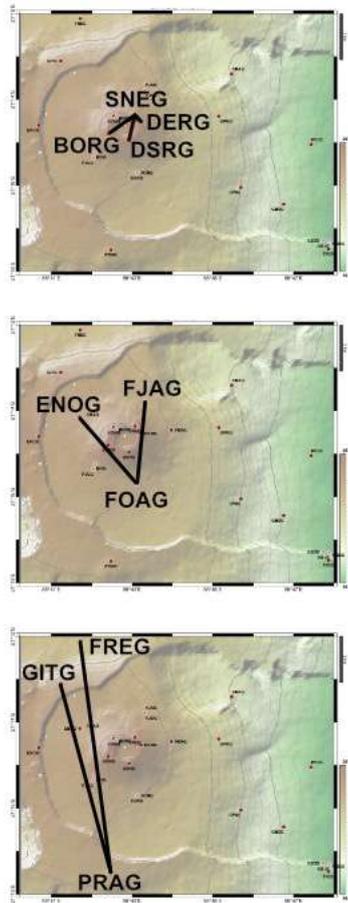


Figure 5 : Localisation des lignes de base représentées sur les figures 3 et 4 (© OVPF-IPGP).

* Glossaire : Les signaux GPS sommitaux sont le témoin de l'influence de sources de pression superficielles à l'aplomb du volcan alors que les signaux GPS lointains sont le témoin de l'influence de sources de pression profondes à l'aplomb du volcan. Une inflation est souvent synonyme d'une mise en pression ; à l'inverse une déflation est souvent synonyme d'une dépressurisation.



Géochimie des gaz

Concentration en CO₂ dans le sol

Sur le site proximal du Gîte du volcan, une chute brutale des flux avec des valeurs très faibles de CO₂ a été détectée après le 3 janvier 2022. A la fin de l'éruption du 22 décembre – 17 janvier 2022 une nouvelle phase d'augmentation a été enregistrée, mais avec un taux plus faible. Les fortes fluctuations observées au cours du mois de février 2022 sont certainement liées à des influences environnementales dues à deux événements cycloniques (Figure 6).

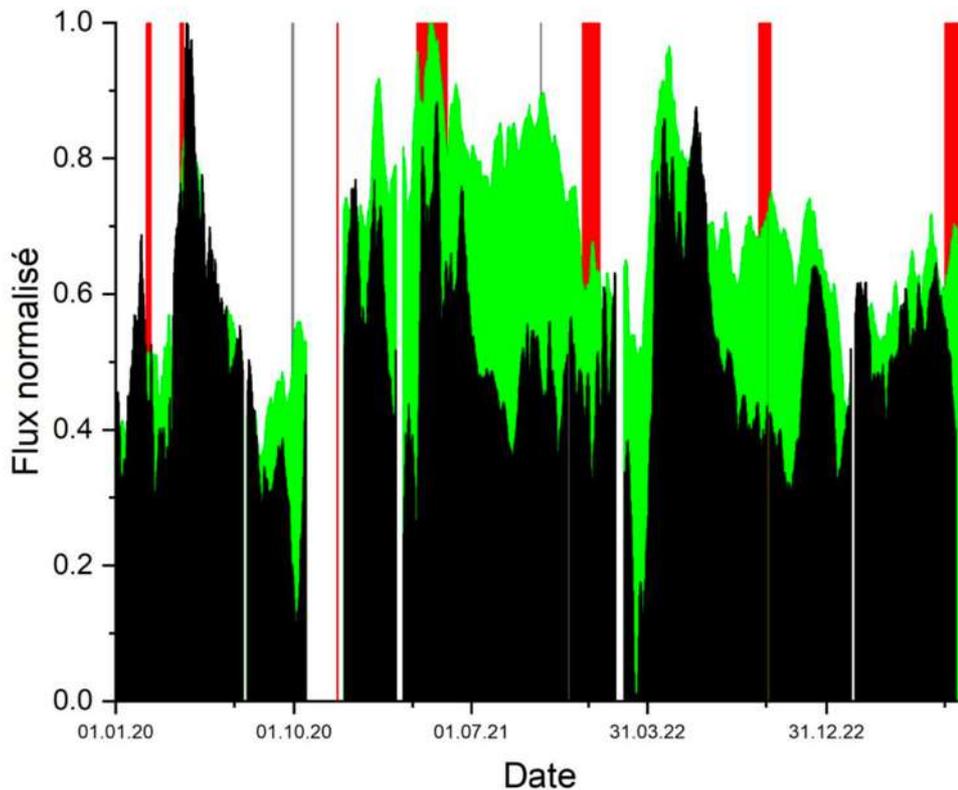


Figure 6 : Comparaison entre les moyennes normalisées des données de flux de CO₂ dans le sol, corrigées de l'influence à court terme (modèle OVPF ; moyennées sur une fenêtre glissante de 15 jours, en vert) et corrigées de l'influence à long terme des paramètres environnementaux (modèle INGV Malfit ; en noir), enregistrées sur les stations localisées en champ lointain depuis octobre 2016 (date d'installation de la dernière station). Les périodes éruptives sont représentées en rouge et les périodes intrusives en gris (© OVPF-IPGP).

Une nouvelle augmentation a été enregistrée à la fois en champ distal (Plaine des Cafres et Plaine des Palmistes) et proche (Gîte du volcan) à la fin février 2022 avec une forte accélération à la mi-mars 2022 (Figure 6). Cette phase d'augmentation a duré jusqu'au 5 mai en champ distal et jusqu'au 19 mai 2022 en champ proche.

Depuis mi-mai 2022, une tendance à la diminution des flux de CO₂ est enregistrée en champ distal et en champ proximal. L'éruption du 19 septembre – 5 octobre 2022 a débuté après une diminution significative des flux de CO₂, suggérant certainement le transfert progressif de magma vers des niveaux crustaux peu profonds. Depuis la fin de l'éruption du 19 septembre – 5 octobre 2022, les flux de CO₂ sont restés à un niveau stable.

Il est intéressant de noter que l'analyse isotopique des gaz échantillonnés sur les sites distaux (PNRN, BLEN, PCNR) et proximaux (P0 ; GITN) montre une augmentation marquée de la contribution magmatique au cours de la période mars-avril 2022 (Figure 7). La contribution magmatique a ensuite diminué dans la seconde moitié de 2022.

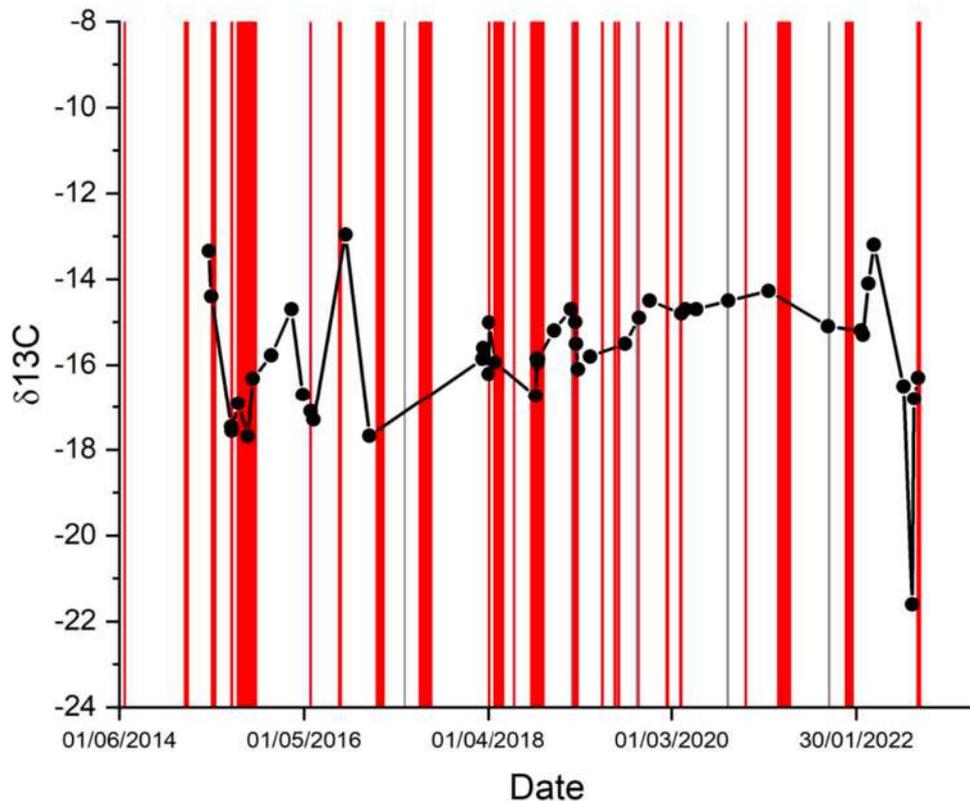


Figure 7 : Variations des isotopes du carbone ($\delta^{13}\text{C}$) dans le CO_2 des gaz du sol émis par le point de contrôle dont le flux est le plus élevé dans la zone proximale (point de contrôle : GIT0).

Une nouvelle tendance à l'augmentation des émissions de CO_2 dans le sol s'est amorcée depuis le début du mois de décembre 2022 au niveau des sites distaux et proximaux. L'augmentation s'est produite à un rythme élevé jusqu'à la mi-mars 2023, puis s'est ensuite ralentie.

Une diminution continue du taux d'émission de CO_2 sur les stations distales et proximales a ensuite été mesurée depuis la mi-juin, annonçant un possible transfert progressif du magma vers de plus faible profondeur.

Une augmentation modérée des émissions de CO_2 sur la station proximale est également observée depuis le 21 juillet 2023, pouvant refléter des impulsions dans le taux d'alimentation du magma.

* Glossaire : Le CO_2 étant le premier gaz à être libéré du magma à grande profondeur (depuis le manteau), sa détection en champ lointain peut être synonyme d'une remontée profonde de magma. Son évolution en champ proche peut être liée au transfert magmatique dans le système d'alimentation plus superficiel (environ $2-4\text{ km}$ sous la surface).

Composition des fumerolles sommitales par méthode MultiGas

- En attente du remplacement de la station existante par une nouvelle station.

* Glossaire : La méthode MultiGaS permet de mesurer les concentrations en H_2O , H_2S , SO_2 et CO_2 dans l'atmosphère au sommet du Piton de la Fournaise. Le transfert magmatique dans le système d'alimentation du Piton de la Fournaise peut se traduire en une augmentation des concentrations en SO_2 et du rapport C/S (carbone/soufre).



Flux de SO₂ dans l'air dans l'Enclos Fouqué par méthode DOAS

Les stations NOVAC situées sur les bordures de l'Enclos Fouqué (« Enclos0 » à l'ouest, « Piton de Bert » au sud et « Piton Partage » au nord) ont détecté le panache de gaz lié à l'éruption débutée le 2 juillet 2023 (Figure 8).

Les flux en début d'éruption étaient de l'ordre de 10-20000 t/jour le premier jour de l'éruption (détectés sur la station « Enclos0 »), puis < à 1000 t/jour les jours suivants.

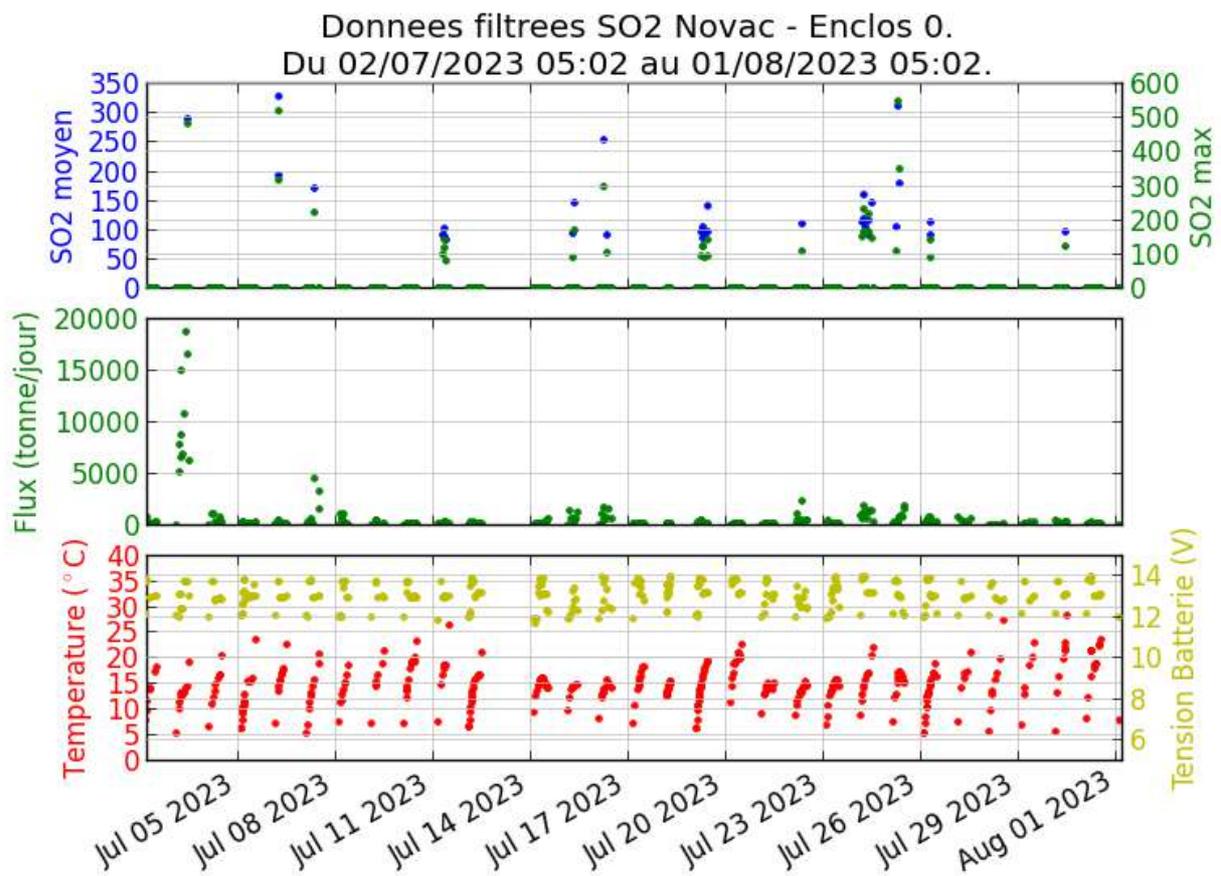


Figure 8a : Flux de SO₂ dans l'air détecté par méthode DOAS sur la station « Enclos0 » au mois de juillet 2023 (© OVPF-IPGP).

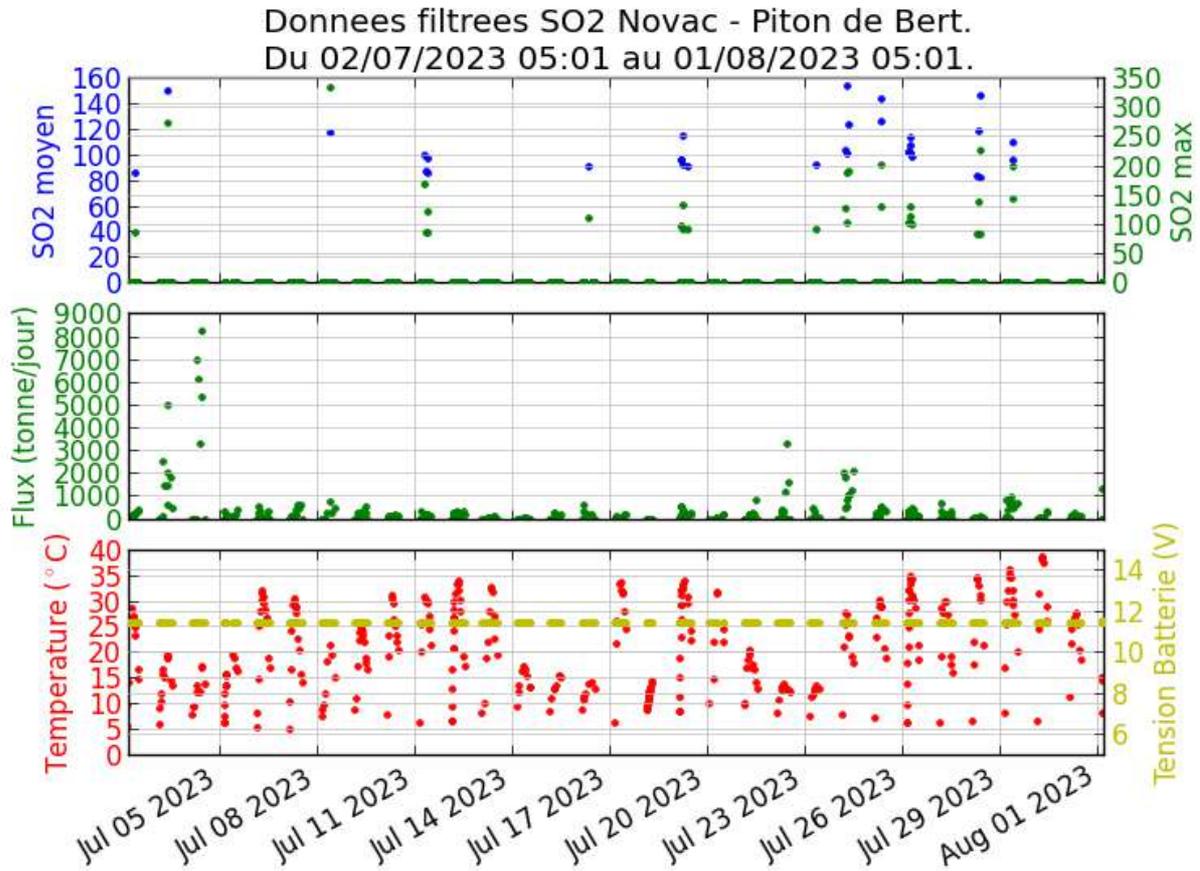


Figure 8b : Flux de SO₂ dans l'air détecté par méthode DOAS sur la station « Piton de Bert » au mois de juillet 2023 (© OVPF-IPGP).

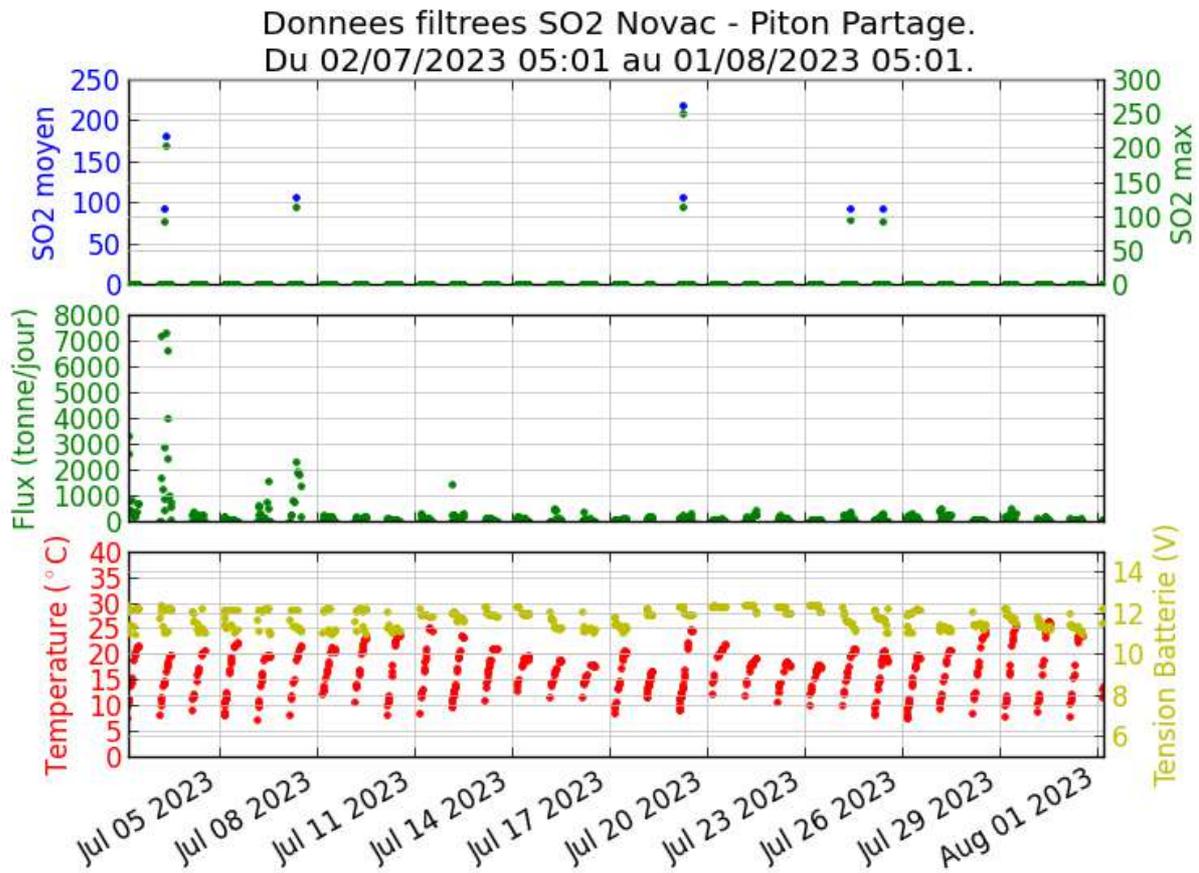


Figure 8c : Flux de SO₂ dans l'air détecté par méthode DOAS sur la station « Piton Partage » au mois de juillet 2023 (© OVPF-IPGP).

* Glossaire : Lors des phases de repos du volcan, le flux de SO₂ au Piton de la Fournaise est en-dessous du seuil de détection ; le flux de SO₂ peut augmenter lors du transfert magmatique dans le système d'alimentation plus superficiel ; pendant les éruptions, il est directement proportionnel à la quantité de lave émise à la surface.

Phénoménologie

Le mois de juillet 2023 aura été marqué par une éruption débutée le 2 juillet vers 8h30 (heure locale, 4h30 UTC) avec l'ouverture de fissures éruptives sur le flanc est du volcan (vers 8h30 et 12h30 heure locale), puis sur le flanc sud-est du volcan vers 17h50 (heure locale, 13h50) à l'intérieur de la caldera de l'Enclos Fouqué (cf. section B pour plus de détails).



Bilan

L'augmentation de la sismicité superficielle sous le sommet et la reprise de l'inflation de la zone sommitale à la mi-juin 2023, furent le témoin d'une pressurisation du réservoir magmatique superficiel par des remontées de fluides profonds. Cette réalimentation du réservoir superficiel et sa pressurisation ont conduit à l'éruption du 2 juillet avec l'ouverture de fissures éruptives sur le flanc est du volcan vers 8h30 et 12h30 (heure locale, 4h30 et 8h30 UTC), puis sur le flanc sud-est du volcan vers 17h50 (heure locale, 13h50) à l'intérieur de la caldera de l'Enclos Fouqué.

L'éruption est toujours en cours à l'écriture de ce bulletin (cf. section B pour plus de détails).



Sur le plus long terme, les éruptions du Piton de la Fournaise ont lieu après de longues phases de recharge profonde du système magmatique. Cette éruption s'inscrit dans une phase de réalimentation magmatique profonde qui se poursuit de manière plus ou moins continue depuis la reprise d'activité de juin 2014. Le suivi régulier des émissions de CO₂ par le sol suggère que ces phases de réalimentation magmatique profonde se traduisent par une augmentation progressive des concentrations en CO₂ dans le sol sur le flanc du volcan.

Une nouvelle tendance à l'augmentation des émissions de CO₂ dans le sol s'est amorcée depuis le début du mois de décembre 2022 au niveau des sites distaux (Plaine des Cafres, Plaines de Palmistes) et proximaux (Gîte du volcan). L'augmentation s'est produite à un rythme élevé jusqu'à la mi-mars 2023, puis s'est ensuite ralentie.

Une diminution continue du taux d'émission de CO₂ sur les stations distales et proximales a ensuite été mesurée depuis la mi-juin, annonçant un possible transfert progressif du magma vers de plus faible profondeur.

A court terme :

Le 2 juillet 2023, à 7h36 heure locale (3h36 UTC, Figure 10), une crise sismique, témoin de la rupture du toit du réservoir magmatique superficiel et de la propagation finale du magma vers la surface, a été enregistrée. Cette crise sismique fut accompagnée de déformations rapides (Figures 11, 12 et 13).

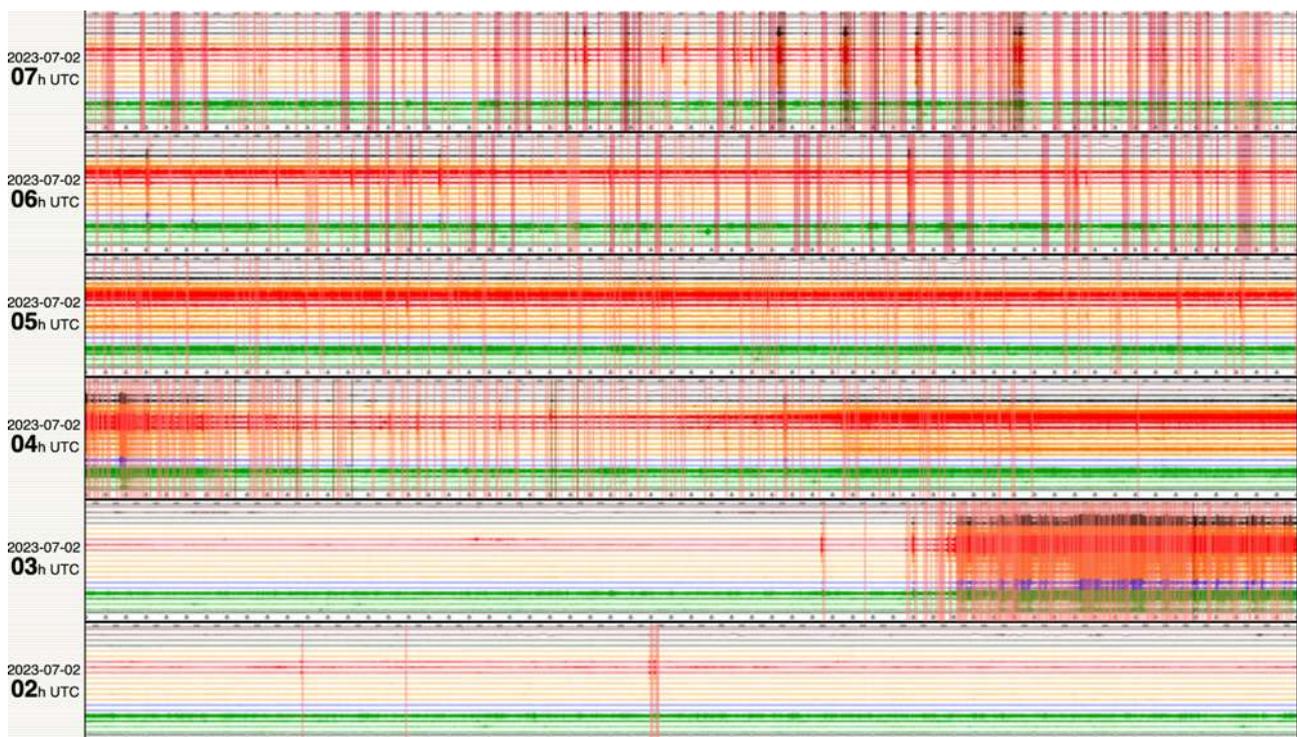


Figure 10 : Traces sismiques enregistrées entre 02h00 heure UTC (06h00 heure locale) et 07h59 heure UC (11h59 heure locale) le 2 juillet 2023. Pour chaque heure, le temps est croissant vers la droite. Chaque barre verticale rouge représente un séisme détecté par l'OVPF-IPGP. A noter l'apparition du trémor à partir de 4h30 heure UTC (8h30 heure locale) (© OVPF-IPGP).



Très rapidement la localisation de la sismicité et des sources de déformation ont montré une migration du magma vers le flanc est du volcan. Les déplacements de surface pluri-décimétriques, enregistrés par méthode GPS (Figure 11) ou par interférométrie radar (Figures 12 et 13), ont atteint jusqu'à 75 cm de soulèvement sur le flanc est du cône terminal (Figure 11).

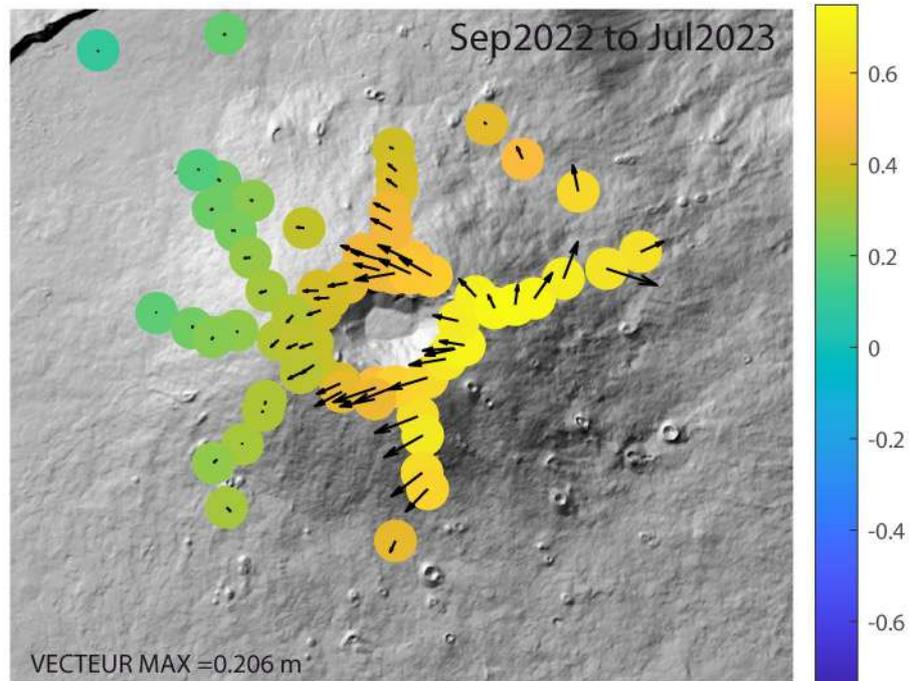


Figure 11 : Carte des déplacements du sol (en mètres ; mesurés lors de campagnes de mesures GPS) associés à l'injection de magma vers la surface ayant menée à l'éruption du 2 juillet 2023. Les vecteurs représentent les déplacements horizontaux (échelle donnée par la valeur numérique en bas à gauche) et les ronds colorés les déplacements verticaux (échelle donnée par la barre de couleur) (©OVPF/IPGP).

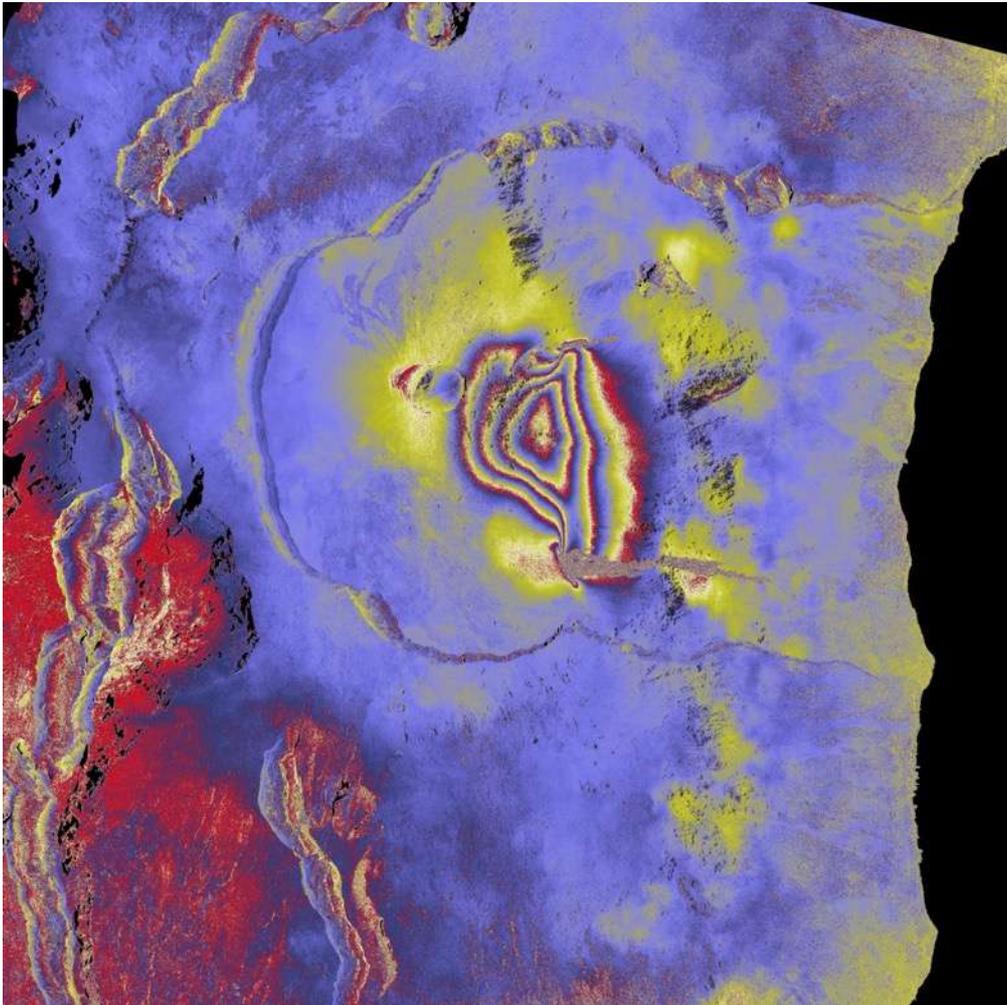


Figure 12 : Interférogramme montrant les déplacements produits par l'éruption du 2 juillet 2023. Cette image interférométrique est obtenue à partir de deux acquisitions du satellite ALOS2 (Bande L) en mode Spotlight (SPT_158 Descending Right Look Angle $\sim 30^\circ$) le 22/06/2023 et le 06/07/2023. Les données montrent un déplacement sur le flanc est sud-est du cône sommital avec ~ 4 franges soit ~ 45 -50 cm de déplacement du sol vers le satellite (©ISDeform ; OSUG-EOST-OSUL-IPGP-OPGC).

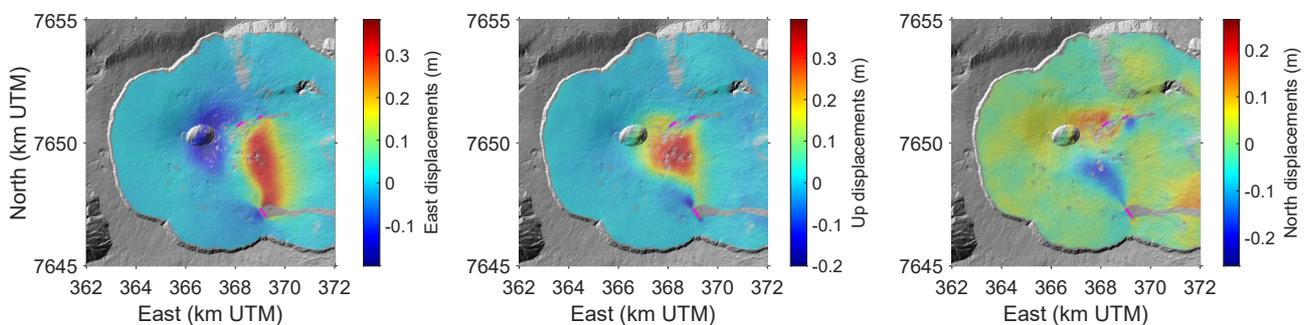


Figure 13 : Cartographie des déplacements (en mètres) est-ouest (à gauche), verticaux (au milieu) et nord-sud (à droite) liés à l'éruption du 2 juillet 2023 calculés à partir des données InSAR (Carte produite par Q. Dumont à partir de produits ISDeform ; ©ISDeform ; OSUG-EOST-OSUL-IPGP-OPGC).



L'éruption

Le trémor, synonyme d'arrivée du magma proche de la surface, est apparu vers 8h30 heure locale (4h30 UTC ; Figure 10). Les cartes de trémor ont rapidement montré un maximum d'intensité sur le flanc Est du cône terminal, à proximité du Piton Voulvoul (Figure 14).

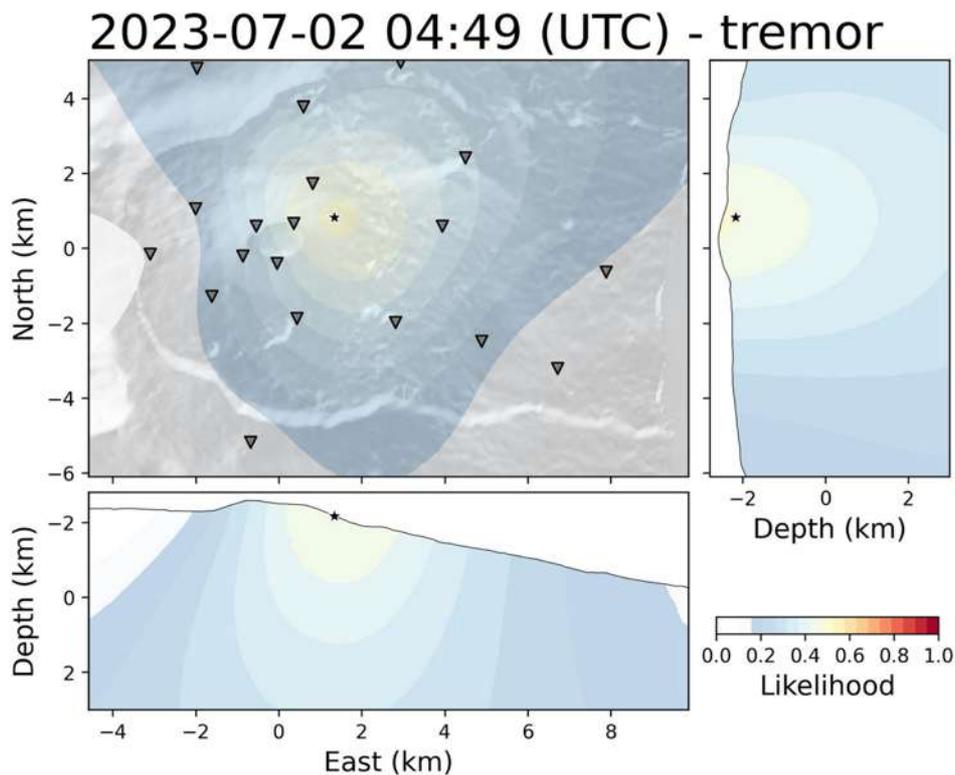


Figure 14 : Carte de localisation du trémor éruptif le 2 juillet 2023 à 4h49 UTC (8h49 heure locale). Les triangles représentent la localisation des stations sismiques et l'étoile la localisation du maximum de trémor (©OVPF-IPGP).

L'activité éruptive des premières heures fut caractérisée par l'ouverture de trois fissures éruptives sur le flanc est du volcan à l'intérieur de la caldera de l'Enclos Fouqué.

La première fissure s'est ouverte aux alentours de 8h30 heure locale (4h30 UTC) à proximité du Piton Voulvoul entre 2120 et 1990 m d'altitude (voir localisation sur la Figure 15).

L'amplitude du trémor a augmenté fortement en début d'éruption avant de chuter comme cela est observé habituellement lors des premières heures d'éruption au Piton de la Fournaise (Figure 16). Entre 11h45 heure locale (7h45 UTC) et 12h30 heure locale (8h30 UTC) seul un trémor résiduel était enregistré alors que plus aucune activité de surface n'était visible. Le trémor a de nouveau augmenté à partir de 12h30 heure locale (8h30 UTC ; Figure 16) avec une source du trémor localisée à plus basse altitude, correspondant à l'ouverture de nouvelles fissures éruptives dans le prolongement de la précédente.

Ce sont au final deux nouvelles fissures en-échelons qui s'ouvrent entre 1850 et 1750 m d'altitude (voir localisation sur la Figure 15).

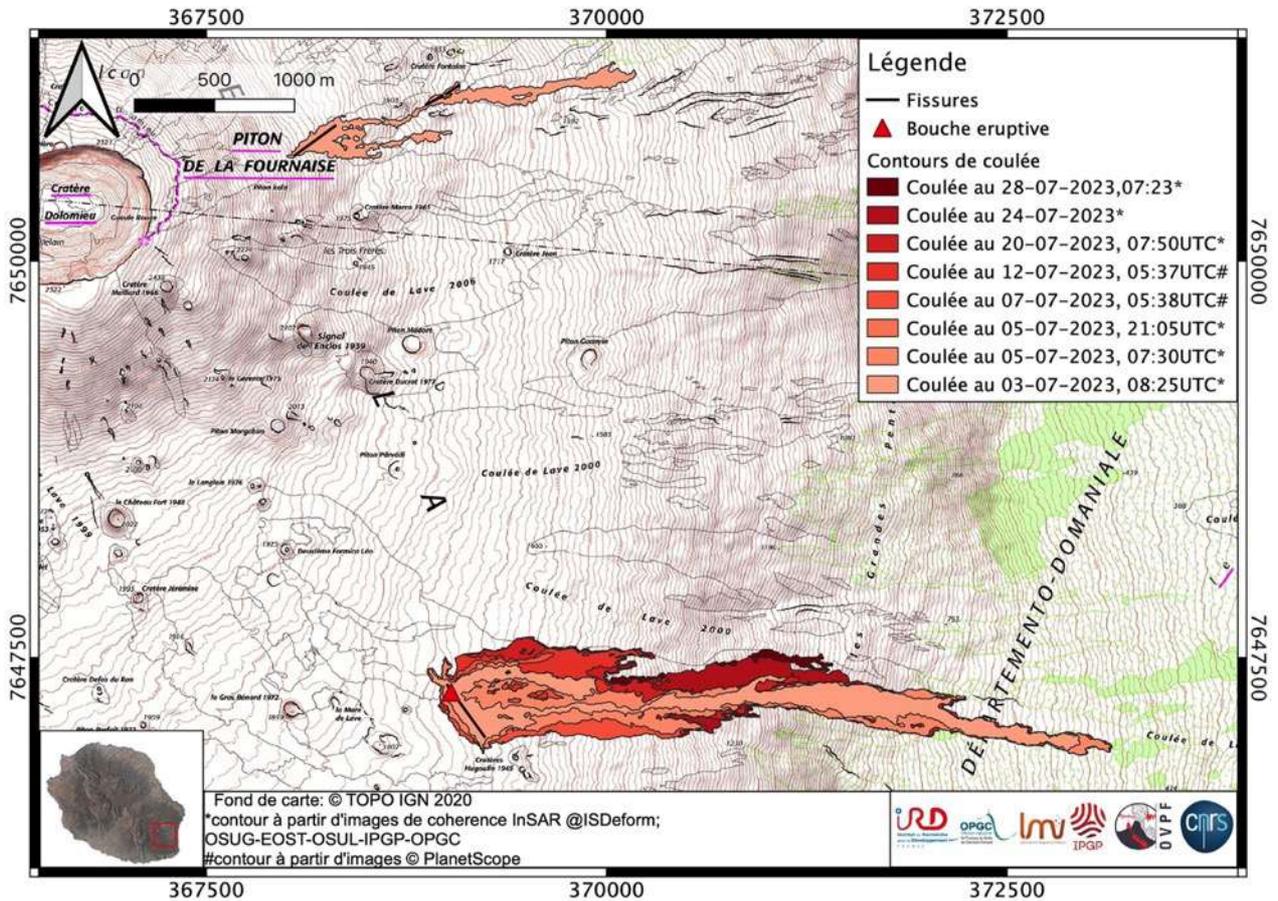


Figure 15 : Évolution des écoulements de lave cartographiés à partir de données satellites entre le 03/07/2023 et le 28/07/2023 (© ISDeform, OSUG-EOST-OSUL-IPGP-OPGC).

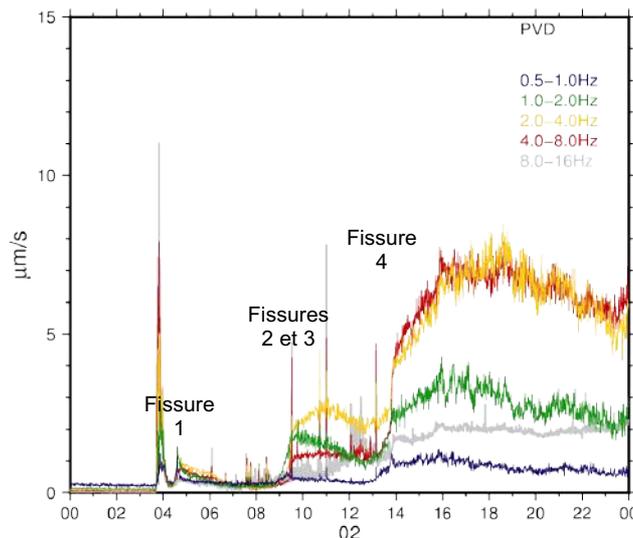


Figure 16 : Évolution de l'amplitude du trémor à la station sismologique PVD (Piton Parvedi) le 02/07/2023. Les courbes RSAM (Real-time Seismic-Amplitude Measurement) représentent l'amplitude moyenne du signal sismique sur une période de 1 minute dans différentes bandes de fréquences (cf. légende en haut, à droite) (© OVPF/IPGP)



Suite au début de l'éruption une importante sismicité était toujours enregistrée – à la fois sous la zone sommitale et sous le flanc est – ainsi qu'une déformation du sol sur la station GPS « PVDG ; Piton Parvedi » de l'OVPF-IPGP (située sur le flanc est sud-est du volcan à 1698 m d'altitude, voir localisation sur la Figure 17).

La déformation enregistrée sur la station PVDG, ainsi que la sismicité, indiquaient la poursuite de la propagation du magma en profondeur. Les données de la stations GPS PVDG montraient une source de pression se propageant au sud-ouest de la station aux alentours de 14h20 heure locale (10h20 UTC, Figure 17).

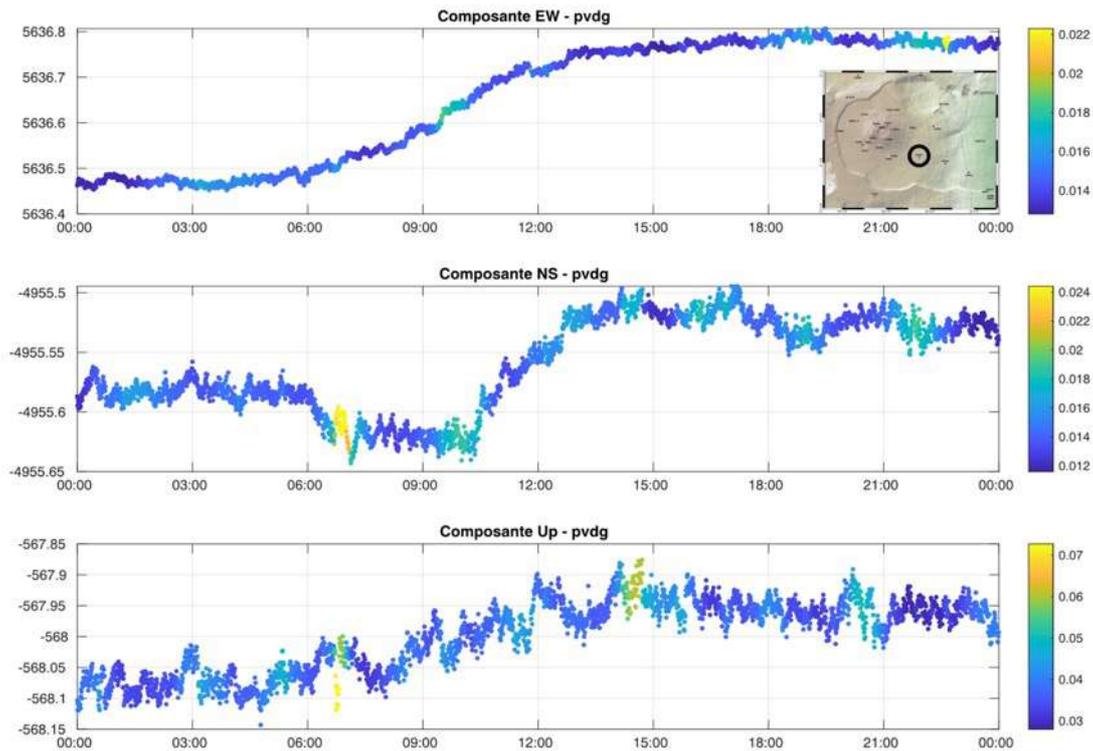


Figure 17 : Déplacements (en mètres) de la station GPS PVDG localisée sur le flanc sud-est du volcan à 1698 m d'altitude le 02/07/2023 (les heures sont en heure UTC) – en haut : composante Est-Ouest, au milieu : composante Nord-Sud, en bas : composante verticale. Les couleurs représentent l'incertitude sur les données. La localisation de la station PVDG est indiquée par un cercle noir au niveau de l'encart.

A 17h50 heure locale (13h50 UTC), une nouvelle fissure – de 500 m de long environ – s'ouvrit sur le flanc est sud-est du volcan, toujours à l'intérieur de l'Enclos Fouqué (Figures 15 et 18).

Les déformations sur la station GPS PVDG s'arrêtèrent avec l'ouverture de cette fissure (Figure 17).



Figure 18 : Prises de vue du site éruptif situé au sud-est de l'Enclos Fouqué à 8h15 heure locale le 03/07/2023 (©OVPF-IPGP).

Lors du survol des deux sites éruptifs le 03/07/2023 aux alentours de 8h heure locale par une équipe de l'Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise l'activité éruptive avait cessé sur les trois premières fissures ouvertes sur le flanc est. Seul un dégazage des fissures éruptives était observé. Le front de coulée associé à ces fissures avait stoppé sa progression vers 1470 m d'altitude après s'être propagé sur environ 2 km de long depuis le point le plus haut de la première fissure (Figure 15). L'activité éruptive de surface se focalisait sur la fissure ouverte sur le flanc sud-est du volcan avec une activité de fontaine de lave encore soutenue sur toute sa longueur (Figure 18). Une coulée principale émanant de cette fissure dévalait les Grandes Pentes et se situait après 14h d'activité à 570 m d'altitude (Figures 15, 19, 20 et 21).



Figure 19 : Prises de vue des coulées de lave actives dans le secteur des Grand Pentes depuis la webcam de l'OVPF-IPGP située à Piton des Cascades. Les dates et heures sont indiquées sur les images en heure UTC (©OVPF-IPGP).



Figure 20 : Prise de vue des coulées de lave dans le secteur des Grandes Pentas à 8h20 heure locale le 03/07/2023 (©OVPF-IPGP).



Figure 21 : Prises de vue des coulées de lave dans le secteur des Grandes Pentès à 9h53 heure locale le 03/07/2023 (©OVPF-IPGP).



Figure 22 : Prises de vue du point d'émission actif situé au sud-est de l'Enclos Fouqué. Images zoomées depuis la webcam IRT-OVPF-IPGP située au Piton de Bert. Les dates et heures sont indiquées sur les images en heure UTC (©IRT et OVPF-IPGP).

Très rapidement l'activité s'est concentrée en un seul point à l'origine de l'édification d'un nouveau cône volcanique formé par l'accumulation des projections de lave (Figure 22). Le cône s'est très vite fermé latéralement favorisant un écoulement de la lave en tunnel. De nombreuses résurgences de coulées de lave ont été observées au toit du champ de tunnel de lave alimentant des coulées actives en surface.



Avec la baisse du trémor et des débits (Figures 23 et 24), le front de coulée est resté figé à 1,8 km de la route et n'a plus progressé depuis le 5 juillet (Figure 15), l'activité se concentrant à plus haute altitude (900-1700 m). A partir du 5 juillet la croissance du champ de lave s'est faite essentiellement par élargissement et épaissement au niveau des réseaux de tunnel de lave et des résurgences (Figure 15).

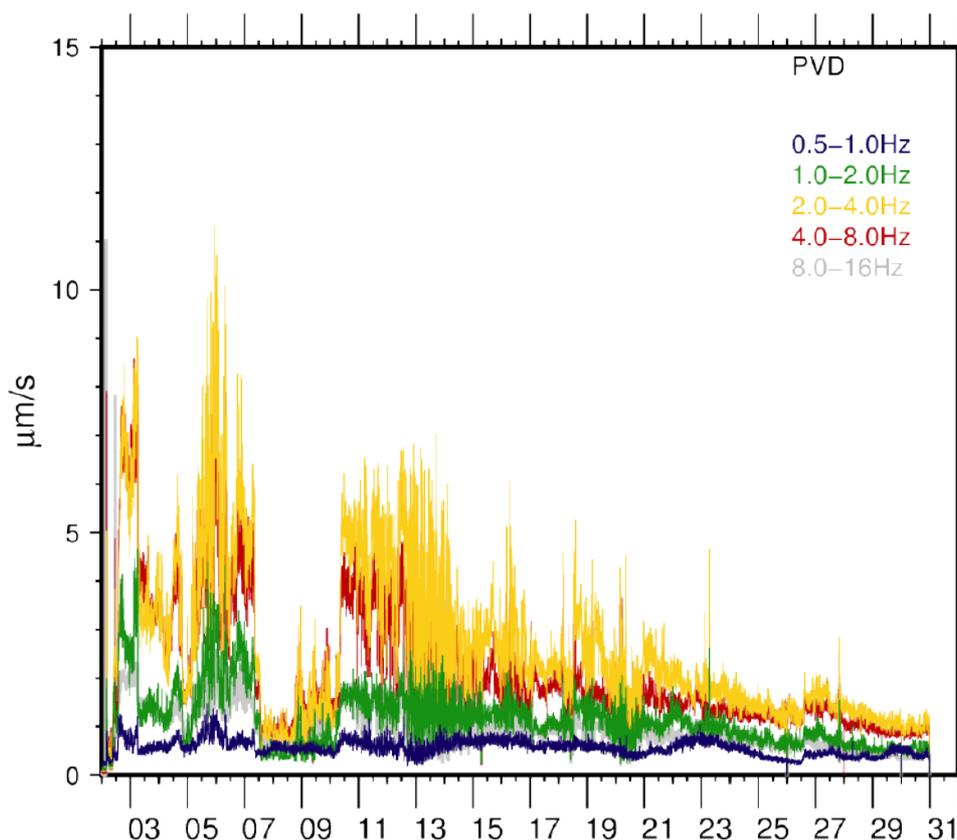


Figure 23 : Évolution de l'amplitude du trémor à la station sismologique PVD (Piton Parvedi) entre le 02/07/2023 et le 30/07/2023. Les courbes RSAM (Real-time Seismic-Amplitude Measurement) représentent l'amplitude moyenne du signal sismique sur une période de 1 minute dans différentes bandes de fréquences (cf. légende en haut, à droite) (© OVPF/IPGP)

A partir du 9 juillet, l'amplitude du trémor volcanique (indicateur d'une émission de lave et de gaz en surface) a montré des périodes de fluctuation au cours du temps à l'échelle de quelques dizaines de minutes, avec des phases de trémor continu et des phases de trémor intermittent (Figure 23). Les fluctuations observées dans le trémor se sont traduites au niveau du site éruptif par des variations d'intensité dans l'activité, avec des projections de fontaines de lave au niveau du cône éruptif plus ou moins intenses. L'amplitude du trémor restait néanmoins faible par rapport au début d'éruption (Figure 23) et depuis le 17 juillet, du fait de la faible activité au niveau du cône éruptif, sa morphologie a peu évolué (Figure 22).

Les débits en surface, estimés à partir des données satellites, via les plateformes HOTVOLC (OPGC –Université Clermont Auvergne) et MIROVA (Université de Turin) ont montré des valeurs moyennes de 20 m³/sec en début d'éruption, puis une stabilisation autour de 2-4 m³/sec (Figure 24). A noter que les variations dans les estimations peuvent s'expliquer en partie par la méthode, basée sur le rayonnement infrarouge de la coulée, dont la perception par les satellites est largement influencée par les conditions météorologiques au-dessus des coulées ainsi que les conditions de surface des coulées (écoulement à l'air libre ou en tunnel). Ces estimations sont donc des valeurs minimales.



A partir de ces flux, il est possible d'estimer qu'environ 9,6 ($\pm 3,4$) millions de m^3 de lave ont été émis en surface entre le 2 et le 25 juillet 2023 (Figure 24).

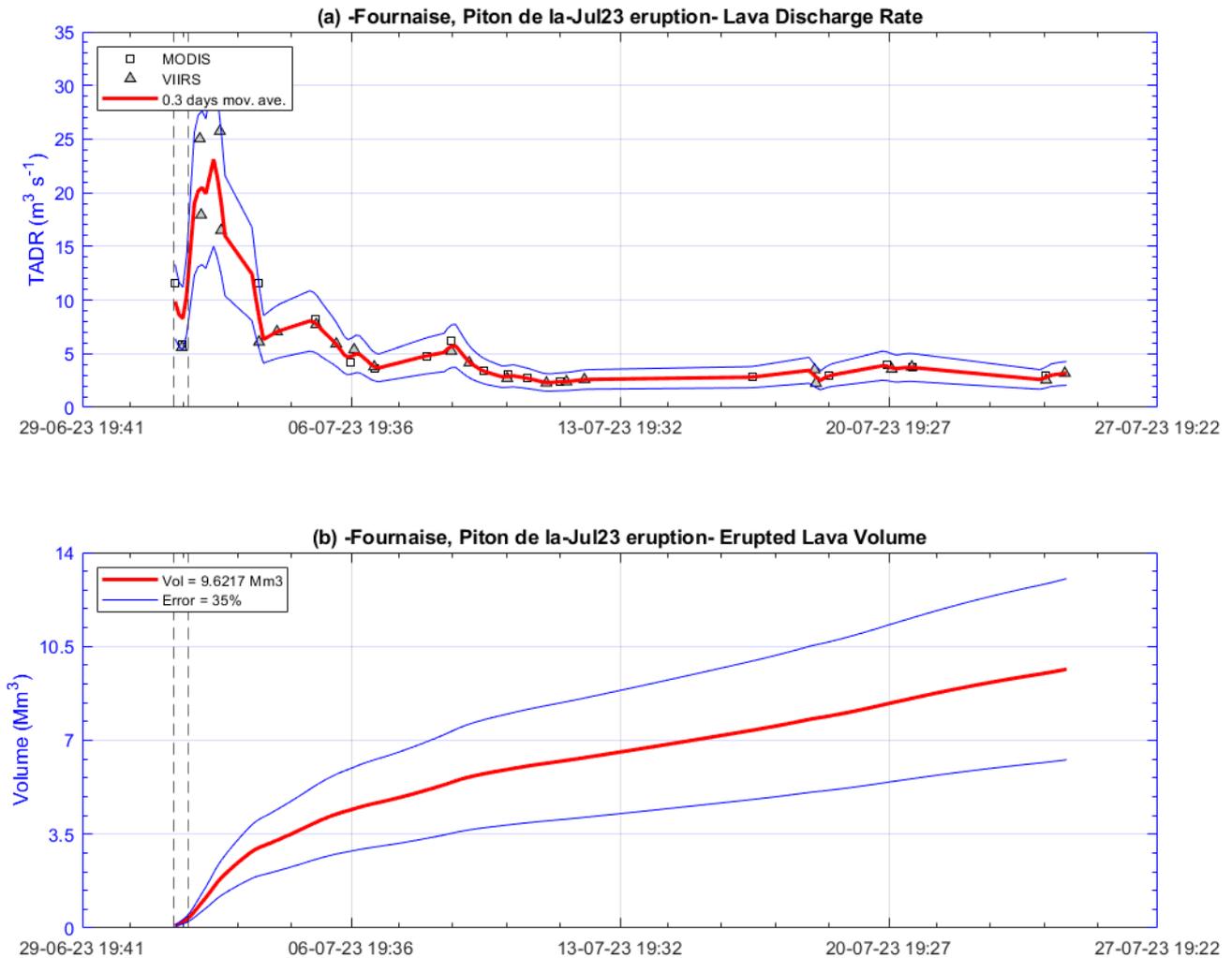


Figure 24 : Évolution des débits (en haut) et du volume cumulé (en bas) entre le 2 et le 25 juillet 2023 estimés à partir des images satellites (©MIROVA, Université de Turin).



C. Activité sismique locale et régionale

Sismicité locale et régionale

Au mois de juillet 2023, l'OVPF-IPGP a enregistré au niveau local et régional :

- 22 séismes locaux (dans un rayon de 200 km de l'île, majoritairement sous l'île, Figures 26 et 27) ;
- 3 séismes régionaux (dans la zone océan Indien).

Au mois de juillet 2023, l'OVPF-IPGP a enregistré 22 séismes locaux disséminés sous l'Île de La Réunion, et principalement au niveau de la Roche Écrite et du Cirque de Salazie (Figure 27).

Ces séismes sont localisés entre 10 km et 25 km de profondeur dans la lithosphère océanique sur laquelle s'est formé l'édifice volcanique à l'origine de La Réunion.

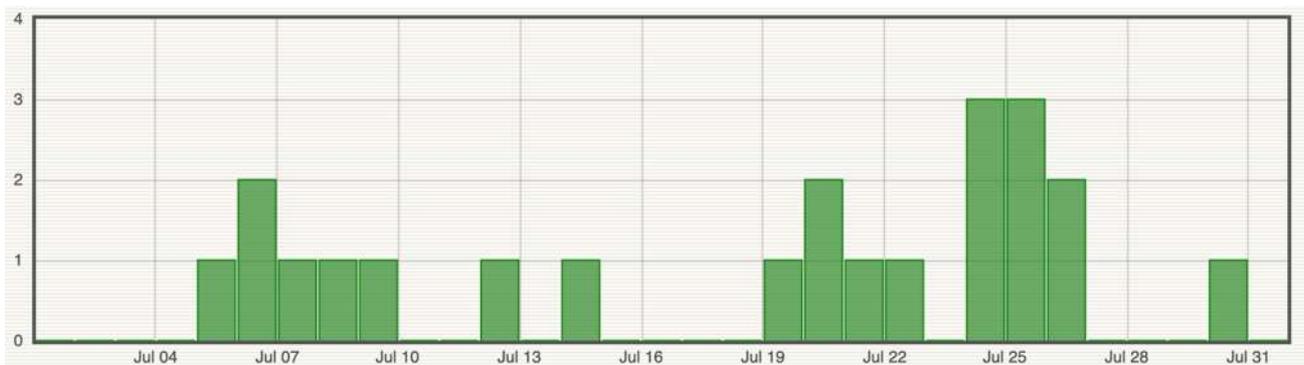


Figure 26 : Histogramme représentant le nombre de séismes locaux (Ile de La Réunion) par jour enregistrés en juillet 2023 (© OVPF-IPGP).

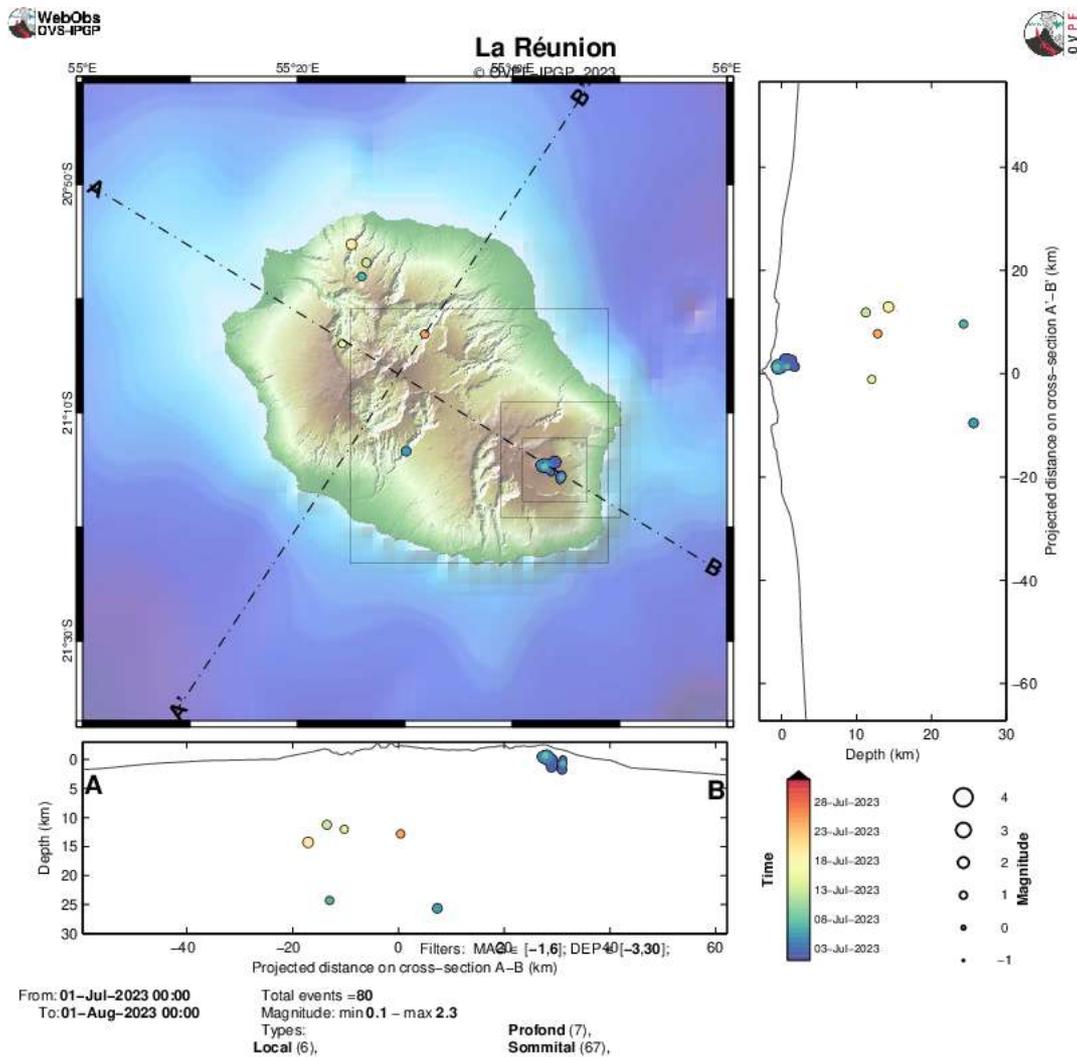


Figure 27 : Sismicité sous La Réunion au mois de juillet 2023. Carte de localisation (épicentres) et coupes nord-ouest - sud-est et sud-ouest – nord-est (montrant la localisation en profondeur, hypocentres) des séismes enregistrés et localisés par l'OVPF-IPGP. Seuls les séismes localisables ont été représentés sur la carte (© OVPF-IPGP).



Activité sismo-volcanique à Mayotte

Le REseau de surveillance VOlcanologique et Sismologique de MAyotte (REVOSIMA) est la structure en charge de la surveillance de l'activité volcanique et sismique de la région de Mayotte. L'IPGP opère ce réseau à travers l'Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise avec l'appui du BRGM et sa direction régionale à Mayotte. Le REVOSIMA est soutenu par un étroit partenariat scientifique et technique. Le consortium du REVOSIMA : IPGP et Université Paris Cité, BRGM, IFREMER, CNRS, BCSF-RéNaSS, ITES et Université de Strasbourg, IGN, ENS, SHOM, TAAF, Météo France, 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.

Toutes les informations concernant le REVOSIMA et l'activité à Mayotte sont à retrouver sur ces liens :

- <https://www.ipgp.fr/observation/infrastructures-nationales-hebergees/revosima/>
- <https://www.ipgp.fr/actualites-du-revosima/>
- <https://www.facebook.com/ReseauVolcanoSismoMayotte/>

La direction de l'OVPF-IPGP, le 1^{er} août 2023



D. Annexes

Définition des niveaux d'Alerte volcanique pour le Piton de la Fournaise

(Extrait disposition spécifique « Volcan Piton de la Fournaise » - arrêté n°2242)

PREFECTURE DE LA RÉUNION	DISPOSITION SPÉCIFIQUE VOLCAN	EMZPCOI
--------------------------	-------------------------------	---------

3.2. Les différents niveaux d'alerte

Phase d'alerte et définition	Objectif	Actions
<p>Vigilance : activité persistante et continue sous le massif</p> <p><i>Situation d'activité « hors norme » sous le massif du Piton de la Fournaise à l'intérieur ou éventuellement hors de l'enclos (séismes, gonflements, etc...). Éruption possible à moyen terme (quelques jours à plusieurs semaines) et/ou présence de risques sur le secteur (éboulements, stabilisation d'un effondrement de caldeira, augmentation des émissions gazeuses, présence de coulées de lave en cours de refroidissement, etc...)</i></p>	<p>Mettre en garde les services qui seraient amenés à intervenir en cas d'éruption</p> <p>Protéger les populations présentes sur le site</p>	<p>- Pour le public non-accompagné : accès à la partie haute de l'enclos possible sur les seuls sentiers balisés ouverts</p> <p>- Pour le public accompagné d'un professionnel : accès à la partie haute de l'enclos possible hors des sentiers balisés à l'exception des zones d'exclusion (voir § 3.2.1)</p>
<p>Alerte 1 : éruption probable ou imminente</p> <p><i>Détection des signes d'une activité croissante (les séismes ou déformations ou émissions gazeuses sont d'intensité « hors norme » et croissante) qui pourrait se traduire par la formation d'une fissure éruptive (sortie de lave) dans les heures ou les jours qui suivent. L'éruption n'est plus « possible » (comme en phase de vigilance) mais devient probable, voire imminente lorsque la formation d'une fissure éruptive est certaine, voire en cours.</i></p>	<p>Évacuer les populations présentes sur le site</p>	<p>Fermeture de l'enclos et évacuation des randonneurs qui se trouveraient sur le site</p>
<p>Alerte 2 : éruption en cours, qui peut être de trois types :</p> <p><i>Alerte 2-1 : L'éruption est située dans l'enclos (y compris dans le cratère Dolomieu) et ne présente pas de menace particulière pour la sécurité des personnes, des biens ou de l'environnement</i></p> <p><i>Alerte 2-2 : L'éruption est située dans l'enclos et présente une menace directe ou indirecte pour la sécurité des personnes, des biens ou de l'environnement (risque de coupure de la RN2, pluies acides, fous de forêt...)</i></p>	<p>Garantir la protection des populations, des biens et de l'environnement à proximité ou à l'extérieur du site</p>	<p>Alerte 2.1 : aucune action dans l'immédiat (car accès à l'enclos déjà interdit et enclos déjà évacué).</p> <p>Alerte 2.2 : en cas de nécessité : activation des COP / PCO + fermeture de la RN2 + évacuation des personnes et véhicules concernés (en fonction des enjeux)</p>
<p><i>Alerte 2-3 : L'éruption est située hors de l'enclos et présente une réelle menace pour la sécurité des personnes, des biens ou de l'environnement (impact possible sur les zones habitées).</i></p>	<p>Garantir la protection des populations, des biens et de l'environnement à proximité ou à l'extérieur du site</p>	<p>Alerte 2.3 : activation des COP / PCO + évacuation des personnes menacées (notamment dans les zones habitées)</p>
<p>Sauvegarde</p> <p><i>L'éruption est terminée, une réouverture partielle de l'enclos est possible</i></p> <p><i>Un arrêté pour passage en phase de sauvegarde aménagé peut être pris préalablement aux reconnaissances terrain pour permettre la réouverture de la partie basse de l'enclos uniquement, si les conditions le permettent.</i></p>	<p>Permettre la réouverture partielle de l'enclos en toute sécurité</p>	<p>- mise en œuvre des reconnaissances préalables</p> <p>- définition des modalités de réouverture de l'enclos au public</p>

Arrêté préfectoral n° 2242 du 08/11/2021

Validé par Jacques BILLANT, Préfet de La Réunion

22 / 57



Remerciements

Merci aux organismes, collectivités et associations d'afficher publiquement ce bulletin pour une diffusion la plus large possible.

Informations

Retrouvez l'ensemble des informations relatives à l'activité du Piton de la Fournaise sur les différents médias de l'OVPF-IPGP :

- le site internet : ipgp.fr/fr/ovpf/actualites-ovpf
- le compte Twitter : twitter.com/obsfournaise
- le compte Facebook : facebook.com/ObsVolcanoPitonFournaise

Un bulletin automatique préliminaire d'activité de l'OVPF-IPGP, relatif aux activités de la veille, validé par un.e analyste, est publié quotidiennement. Il est accessible directement sur ce lien :

http://volcano.ipgp.fr/reunion/Bulletin_quotidien/bulletin.html

La sismicité déterminée et validée en continu par l'OVPF-IPGP peut être également suivie sur le portail RENASS :

<https://renass.unistra.fr/fr/zones/la-reunion>

Les informations de ce document ne peuvent être utilisées sans y faire explicitement référence.