



Bulletin mensuel

Institut de physique du globe de Paris

Observatoire volcanologique et sismologique de Guadeloupe

ISSN 1622 – 4523

Aout 2023

Résumé

Volcan de la Soufrière

- L'activité sismique s'est manifestée par 325 séismes de magnitude négative, localisés à moins de 1 km sous le dôme de La Soufrière (dont un essaim de 102 séismes entre le 22 et le 25 août), et un événement de magnitude 0.77 (Md) survenu le 23 août, 3.3 km au NNE de Saint-Claude à 1.7 km de profondeur.
- La température des fumerolles continue à augmenter globalement : **98.3°C à NapN, 141 à 152°C à CSN, 205 à 212°C à CSS**. La température de CSS est la plus haute mesurée dans les fumerolles de la Soufrière depuis le début du suivi. Le réchauffement général des fumerolles traduit un déséquilibre entre le flux de chaleur profond et la quantité d'eau disponible dans le système hydrothermal.
- La composante magmatique des gaz (rapport SO₂/H₂S) est en baisse depuis mai 2023.
- La déformation centrifuge du dôme est stationnaire

Sur la base des observations résumées dans ce bulletin, et en accord avec les dispositions prévues par les autorités, le niveau d'alerte volcanique (tableau en annexe) reste:

Vigilance : Jaune

Activité tellurique régionale

- Une activité sismique régulière mais généralement de faible énergie (178 séismes de magnitude inférieure à 4.7) s'est manifestée sur l'ensemble du réseau de failles régionales
- Aucun séisme n'a été ressenti sur le territoire surveillé (pas de témoignage)



A. Activité de La Soufrière de Guadeloupe

Contexte - La Soufrière de Guadeloupe est un volcan actif de type explosif ayant connu de nombreuses éruptions magmatiques et phréatiques par le passé. Depuis 1992, son activité sismique, fumerolienne, thermique, et de déformation superficielle poursuit un régime fluctuant mais globalement en augmentation, qui se traduit par une forte activité du système hydrothermal (circulations et interactions de gaz, vapeur et eau en surpression dans la roche poreuse et fracturée). Depuis 2018 nous assistons à des injections répétées de gaz magmatiques à la base du système hydrothermal à une profondeur entre 2 et 3 km sous le sommet. Ceci engendre un processus récurrent de surchauffe et de surpression du système hydrothermal qui se traduit par: 1) des perturbations de la circulation des fluides hydrothermaux; 2) l'évolution de l'activité des fumerolles au sommet, avec des projections occasionnelles de boue brûlante et acide ou poussière fine sur quelques mètres aux Cratère Sud Nord et NapE1 (février 2016, septembre-novembre 2021, mai 2022) et le creusement du cratère NapE1 en 2023 (Fig. 1); 3) une augmentation de la sismicité volcanique en essaim; 4) quelques séismes volcaniques ressentis (quatre entre février et avril 2018) dont un séisme de magnitude 4.1 le 27 avril 2018, le plus fort depuis 1976; 5) des déformations horizontales modérées et limitées au dôme de La Soufrière de l'ordre de 5 à 20 mm/an et la poursuite de l'ouverture des fractures sommitales; 6) la fluctuation du débit des gaz fumeroliens issus d'un réservoir hydrothermal pressurisé; 7) une progression des anomalies thermiques dans le sol au sommet de La Soufrière; 8) l'évaporation de la nappe phréatique, avec l'assèchement du lac Tarissan (fin 2021) et l'effondrement de la partie basse du gouffre précédemment noyée (début 2022).

Ces phénomènes ne sont pour l'instant pas clairement associés à une anomalie des autres paramètres de surveillance qui pourrait indiquer une éventuelle remontée de magma. Cependant, compte tenu du regain d'activité sismique et fumerolienne enregistré depuis février 2018, un changement de régime du volcan a été constaté tel qu'on ne puisse pas exclure une intensification des phénomènes dans les prochaines mois/années. Bien que moins intenses que les éruptions magmatiques, les éruptions non-magmatiques plus fréquentes de La Soufrière peuvent engendrer des aléas très divers (chutes de blocs, retombées de cendres, explosions, écoulements pyroclastiques, émanations de gaz, contamination de l'environnement, coulées de boue, glissements de terrain, explosion latérale dirigée avec souffle) qui présentent des risques non-négligeables pour les populations et les infrastructures. L'état de l'art de la connaissance des éruptions phréatiques et hydrothermales montre qu'elles sont typiquement fréquentes et soudaines, que leurs signaux précurseurs sont fréquemment absents voire peu nombreux et équivoques, qu'elles se caractérisent par une durée et une intensité très variable, et que les phénomènes associés sont très variés et peuvent s'avérer particulièrement dangereux à proximité. Dans le contexte actuel de regain d'activité, l'OVSG-IPGP est en état de vigilance renforcée.

Les observations faites depuis mai 2021 montrent que la zone active du sommet de la Soufrière est devenue plus dangereuse qu'auparavant en raison des risques liés aux gaz toxiques (irritation des yeux, peau et voies respiratoires), aux projections de vapeur et matière à haute température (brûlures) et aux effondrements du sol (chute) dont l'intensité et l'évolution à très court terme est difficile à anticiper. Dans ce contexte l'IPGP considère pour ses personnels, et affiliés en mission avec l'OVSG-IPGP, que l'accès aux zones les plus actives* et la durée de présence dans ces zones doivent (1) être réduit au strict minimum imposé par les missions de surveillance et de recherche, (2) être précédé d'une analyse et d'une évaluation de l'activité, via les capteurs télémétrés en temps réel à l'observatoire (sondes de température, sismomètres, déformation), (3)



être réalisé avec un équipement de protection complet et renforcé, et muni d'un moyen de communication direct avec l'OVSG-IPGP.

* Rayon de 10 m autour des principales fumerolles : Cratère Sud (CSN, CSC, CSS), Gouffre 56 (G56), Gouffre Tarissan (TAS); Cratère Napoléon (NAPN, NAPE1, NAPE2), Fracture Lacroix (LCS) (Fig. 1)

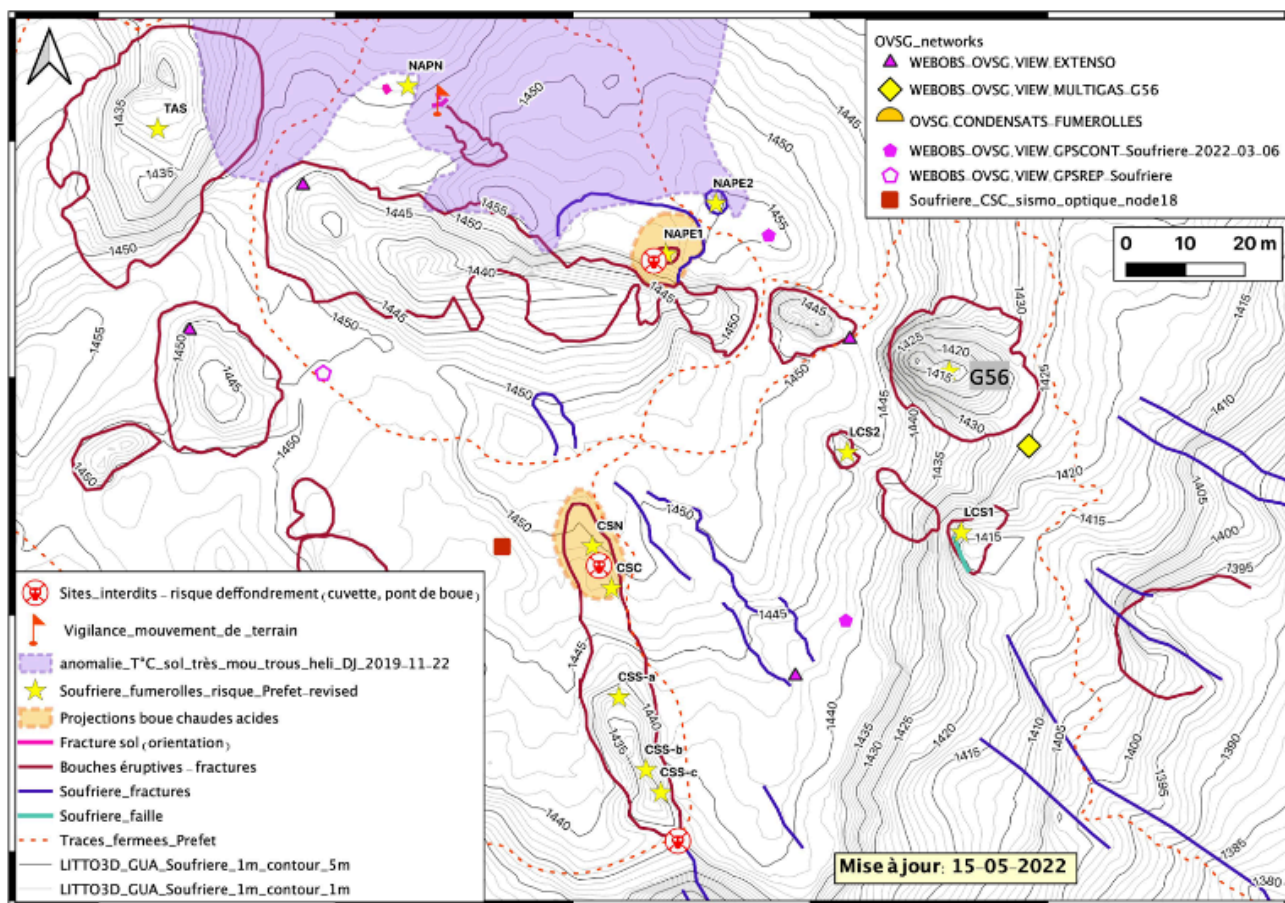


Figure 1 : Carte du sommet de la Soufrière de Guadeloupe montrant la localisation des sites actifs mentionnés dans ce bulletin : Cratère Sud (CSN, CSC, CSS), Gouffre 56 (G56), Gouffre Tarissan (TAS); Cratère Napoléon (NAPN, NAPE1, NAPE2), Fracture Lacroix (LCS). Les réseaux de mesures de l'OVSG sont aussi indiqués.



Sismicité volcanique

Depuis début 2017 l'OVSG-IPGP a amélioré ses réseaux de capteurs qui permettent d'acquérir des données sismiques à une résolution sans précédent. Couplé à des traitements de données affinés, ceci permet de détecter un nombre plus important de séismes de très faible magnitude. Au mois d'août 2023, l'OVSG-IPGP a enregistré **325 séismes volcano-tectoniques (VT)**, dont un essaim de 102 séismes entre le 22 et 25 août (Figure 2). Ces séismes ont une magnitude négative, à l'exception d'un événement de magnitude 0.77 (Md) survenu le 23 août, 3.3 km au NNE de Saint-Claude à 1.7 km de profondeur. Cette faible activité a libéré une énergie de 1.5 MJ, provenant en grande partie du séisme de Md 0.77.

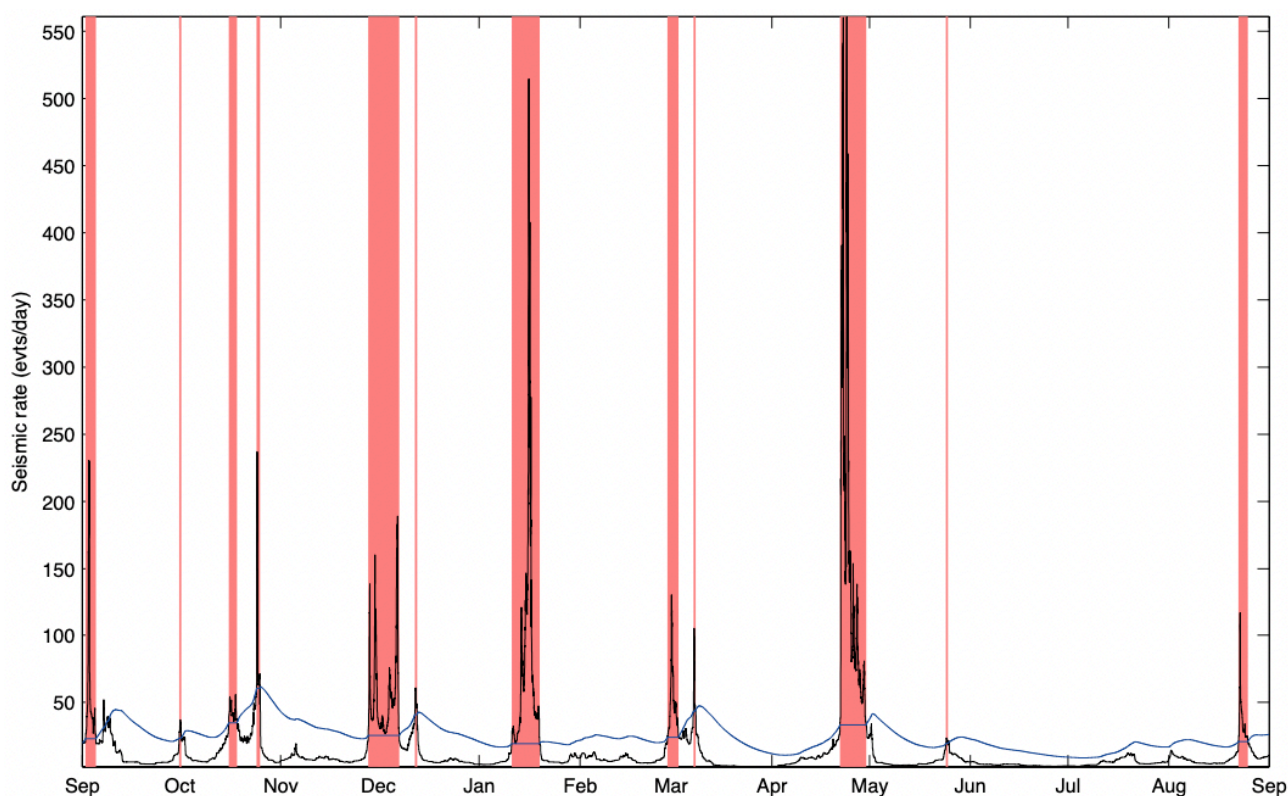


Figure 2. Taux de sismicité instantané (séismes VT) entre le 1 septembre 2022 et le 1 septembre 2023. Les bandes rouges caractérisent les essaims sismiques (voir les définitions de ces paramètres en annexe).

Les séismes VT appartiennent très majoritairement aux familles VT1, VT2 et VT5 localisés à moins de 1 km sous le dôme de La Soufrière (Fig. 3). La profondeur des séismes ne montre pas d'évolution temporelle au cours du mois (Fig. 3d).

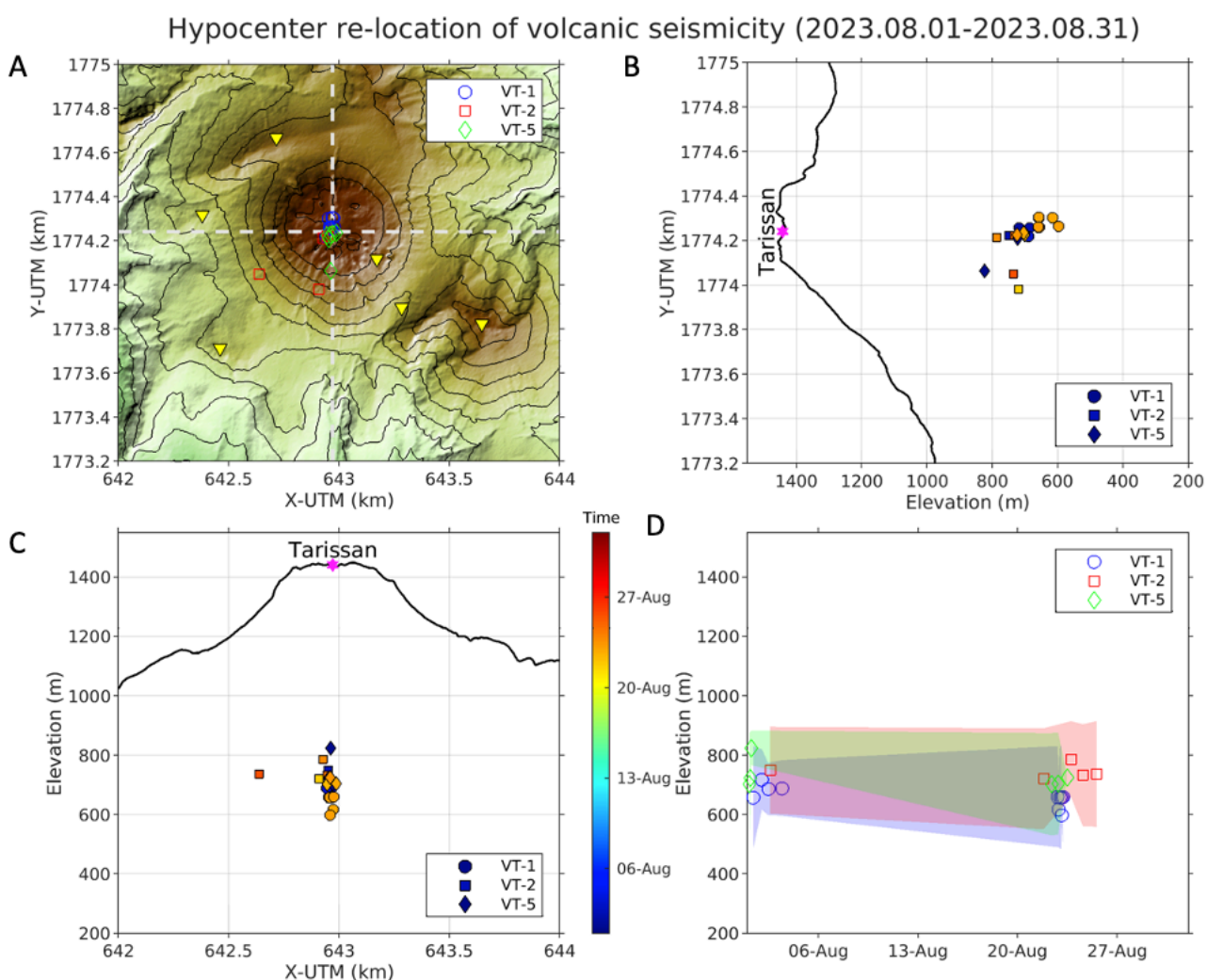


Figure 3. (a) Carte de localisation (épices), (b et c) coupes NS et EO, et (d) évolution temporelle montrant la localisation en profondeur (hypocentres) des séismes VT localisables au mois d'août 2023 sous le dôme de la Soufrière et le complexe volcanique autour du dôme. (a) Triangles jaunes : localisation des stations sismiques.



Déformation

Les déformations sont mesurées par le GNSS (Global Navigation Satellite System) et l'extensométrie. Le réseau GNSS s'étend sur tout le sud Basse-Terre afin de mettre en évidence des mouvements à différentes échelles : a) à l'échelle du sud Basse-Terre, distale par rapport au dôme de La Soufrière, pour mettre en évidence d'éventuels mouvements de matière provenant des zones plus profondes du système magmatique; b) sur le pourtour du dôme, au niveau du système hydrothermal peu profond (≤ 2 km); c) au niveau des déformations très superficielles du dôme, en complément de l'extensométrie sur les fractures. A l'échelle de la zone du sud de Basse-Terre, les déformations mesurées par GNSS, ne montrent pas de gonflement qui pourrait traduire un apport majeur de magma en profondeur. A l'échelle de l'édifice, les données des 12 derniers mois (Fig. 4) montrent une déformation horizontale radiale du sommet du volcan à une vitesse comprise entre 3.9 (F562) et 15.9 mm/an (CRA2). Cette déformation reflète la surpression du système hydrothermal, et l'échappement des gaz pressurisés dans le réseau de fractures du dôme de La Soufrière.

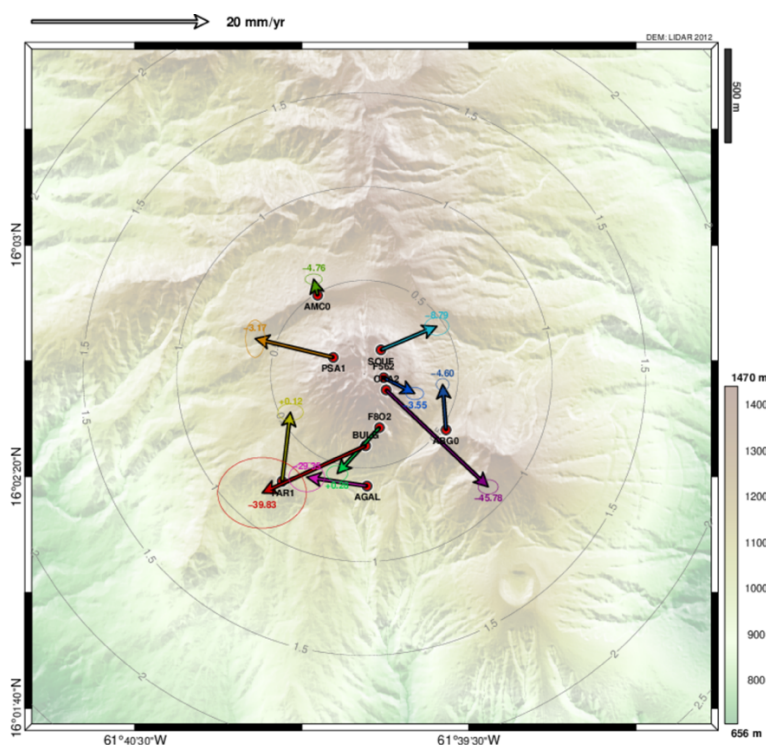


Figure 4. Déformation du dôme de la Soufrière enregistrée par le réseau GNSS permanent entre le 1er septembre 2022 et le 1er septembre 2023. La taille de la flèche est proportionnelle au taux de déformation horizontale (en mm par an, selon l'échelle indiquée en haut à gauche). Le chiffre au bout de chaque flèche indique la valeur de la déformation verticale, positif pour une élévation, négatif pour un affaissement. Les ellipses représentent l'incertitude sur la position horizontale de l'extrémité du vecteur horizontal de déformation.

L'évolution temporelle de la déformation est illustrée par les déplacements relatifs entre stations GNSS (Fig. 5). Cette figure montre une ouverture plus ou moins stationnaire du sommet de l'édifice (Fig. 5, haut). Le déplacement du site CRA2 (Cratère Sud), relativement à la station SOUF localisée au nord du dôme, s'est accéléré en 2020, et est actuellement le plus rapide. La base du volcan (Fig. 5, bas) se déforme généralement plus lentement, bien que des glissements répétés du flanc sud soient enregistrés à basse altitude au niveau du site AGAL.

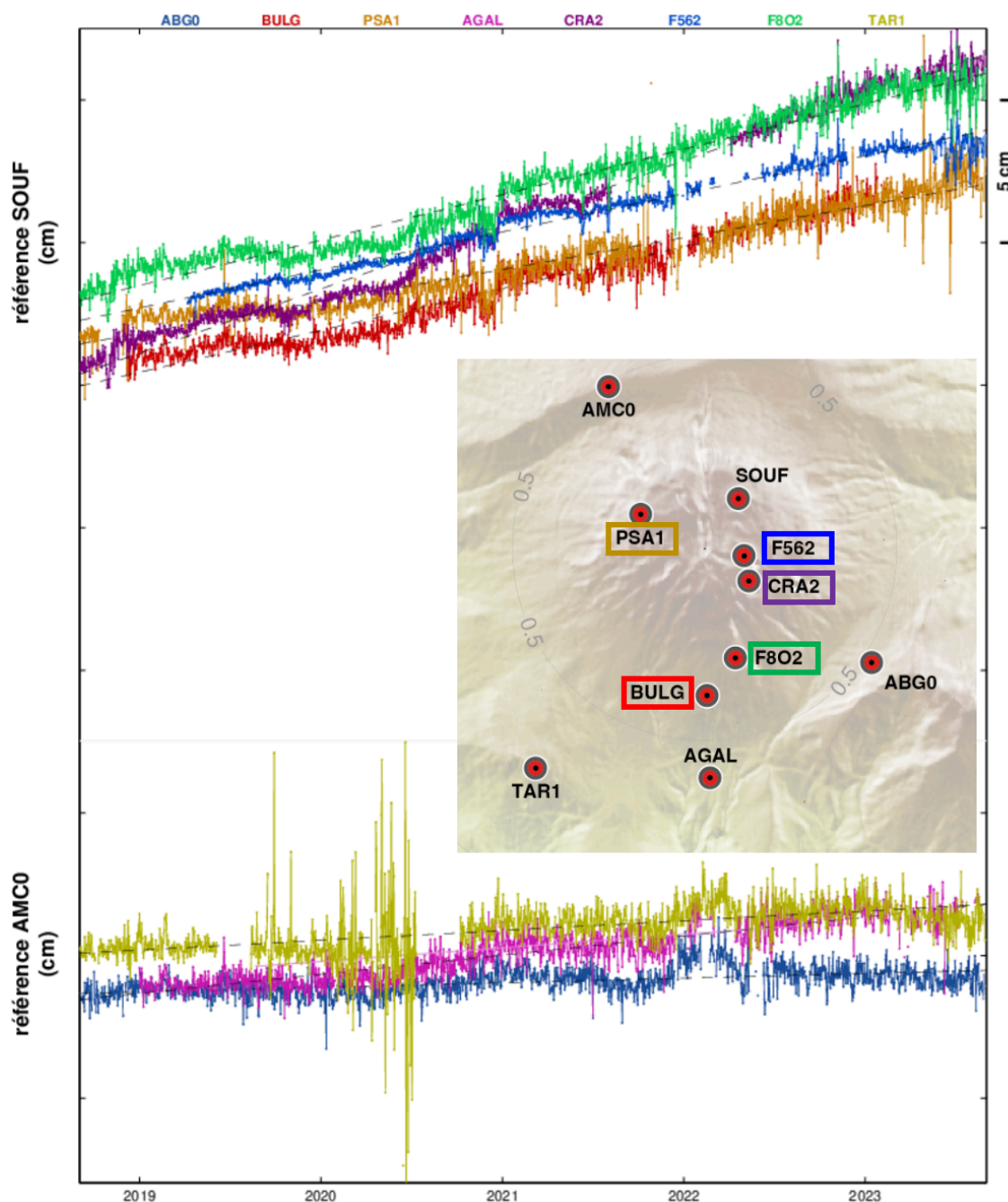


Figure 5. Evolution sur 5 ans des distances séparant les stations GNSS de deux stations de référence. Haut : déplacement des stations localisées au sommet de la Soufrière, relativement à la station SOUF localisée au nord du dôme. Bas : déplacement des stations localisées en périphérie immédiate de la Soufrière, relativement à la station AMC localisée au Nord-Ouest de l'édifice. Centre : localisation des stations GNSS. Les rectangles indiquent les cinq stations dont les distances à SOUF sont rapportées.



A l'échelle de la zone sommitale, la déformation est illustrée par l'ouverture, à un taux constant de 5mm/an, du cratère Napoléon depuis 2015. Les mesures réalisées en aout 2023 s'inscrivent dans cette tendance (Fig. 6). Elles confirment également la contraction du cratère Dupuy (site Dup 2), qui, elle s'accélère depuis 2021 (Fig. 6). **En lien possible avec la déformation du gouffre Dupuy des blocs rocheux décimétriques à métriques se sont détachés récemment de sa paroi NW.**

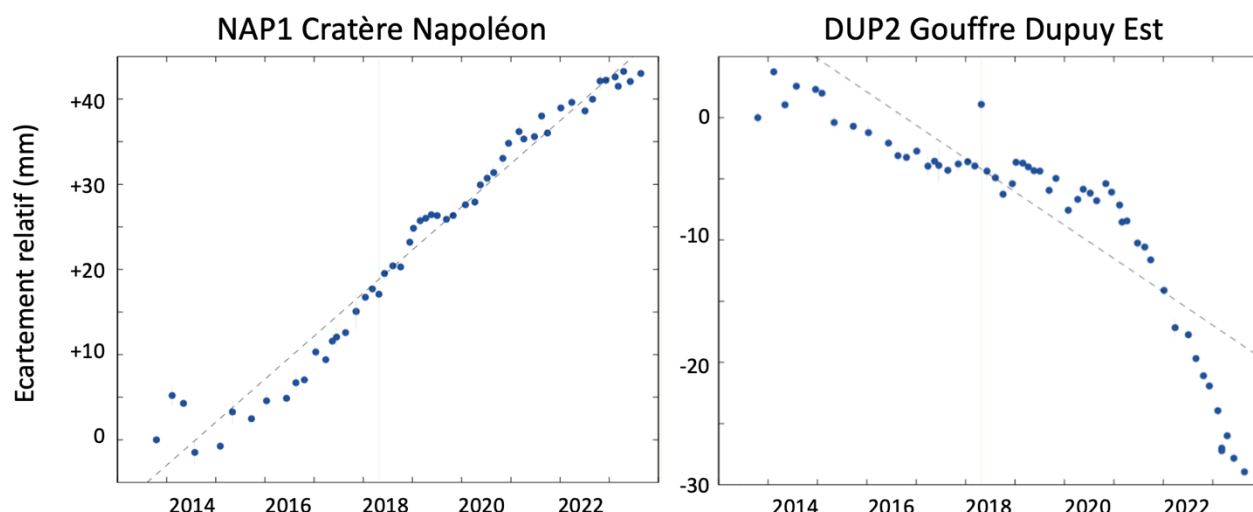


Figure 6. Ouverture du cratère Napoléon (site Nap 1) et fermeture du Cratère Dupuy (site Dup 2) entre 2013 et Aout 2023.

Activité fumerolienne et géochimie des gaz

Températures

La température de l'évent NAPN a été mesurée à **98.3°C le 24 août 2023**, confirmant un maintien durable de la fumerolle au-dessus de la température d'ébullition de l'eau à cette altitude (95.5°C) depuis fin 2022. Cela indique que la quantité d'eau disponible à NAPN est insuffisante pour tamponner parfaitement la température de la fumerolle.

Des sondes de température installées dans le cratère sud (collaboration dans le cadre du projet ANR MegaMu) ont enregistré des maximums journaliers allant de **141 à 152°C à CSN** entre le 27 juillet et le 15 aout 2023. Ces températures s'inscrivent dans la tendance au réchauffement de CSN noté en avril (137°C) et mai (146°C) (Figure 7). Parallèlement, les sondes placées dans **CSS** ont enregistré des maximums journaliers allant de **205 à 212°C** entre le 27 juillet et le 3 aout 2023. A notre connaissance, il s'agit des températures les plus élevées mesurées dans les fumerolles de la Soufrière. Ce réchauffement général des fumerolles traduit un déséquilibre entre le flux de chaleur profond et la quantité d'eau disponible dans le système hydrothermal.

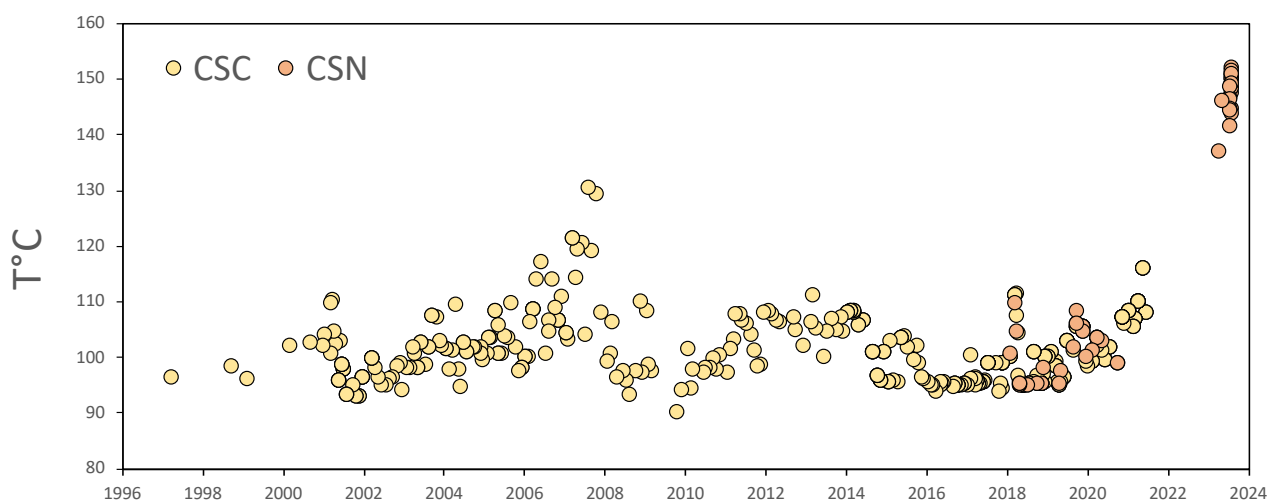


Figure 7. Evolution de la température des fumerolles CSC (colmatée en 2021) et CSN (active depuis 2018).

Mesures dans le panache (analyseur MultiGAS portable)

L'analyse du panache de gaz dilué est réalisée sur place à l'aide d'un analyseur MultiGAS portable. Pour s'affranchir de la dilution du panache de gaz dans l'air, la composition des gaz est caractérisée par les quantités relatives entre espèces gazeuses (rapports molaires).

Entre 2019 et mars 2023, une augmentation continue du rapport $\text{SO}_2/\text{H}_2\text{S}$ et une relative stabilité du rapport $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{S}$ étaient observées sur les différents sites fumeroliens (Figure 8). On notait cependant que le site sud de CSS, contrairement aux événements situés plus au nord le long de la fracture CS (site nord de CSS et CSN) ne montrait pas d'augmentation du rapport $\text{SO}_2/\text{H}_2\text{S}$.

En Mars 2023, les rapports $\text{SO}_2/\text{H}_2\text{S}$ du panache de la Soufrière ont atteint leur maximum (jusqu'à 0.31 à CSN) depuis les premières mesures réalisées en 2006 par Allard et al. (2014). Un rapport $\text{SO}_2/\text{H}_2\text{S}$ élevé est une signature des gaz magmatiques de haute température
Cependant, depuis environ mai 2023, les mesures réalisées montrent :

- une diminution des rapports $\text{SO}_2/\text{H}_2\text{S}$ (au niveau de G56, NapN, et CS)
- une relative stabilité des rapports $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{S}$

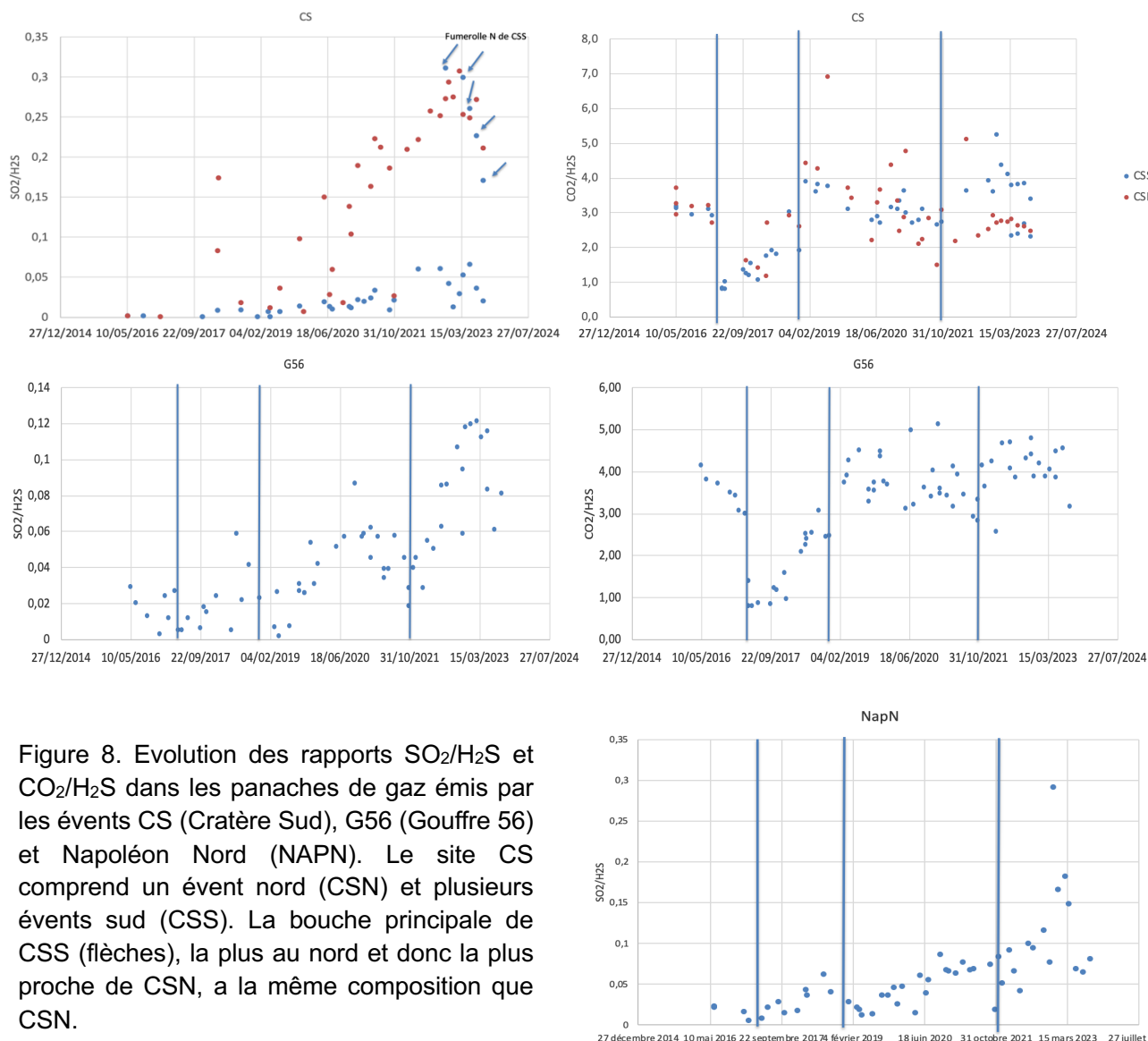


Figure 8. Evolution des rapports SO_2/H_2S et CO_2/H_2S dans les panaches de gaz émis par les événements CS (Cratère Sud), G56 (Gouffre 56) et Napoléon Nord (NAPN). Le site CS comprend un événement nord (CSN) et plusieurs événements sud (CSS). La bouche principale de CSS (flèches), la plus au nord et donc la plus proche de CSN, a la même composition que CSN.

Sources thermales

Les sources thermales n'ont pas été échantillonnées ce mois.

Autres informations

Météorologie au sommet (station Sanner)

Au mois d'août 2023, les vents ont soufflé à une vitesse moyenne de **35.3 km/h** (maximum de 85 km/h), et leur direction moyenne était **+113°N**. La station Sanner a enregistré une pluviométrie mensuelle cumulée de **322 mm** (potentiellement sous-estimée en raison de coupures), et une température moyenne de **19.4°C**.



B. Activité tellurique régionale

Sismicité régionale

Contexte

L'arc insulaire des Petites Antilles résulte du plongement de la plaque Amérique sous la plaque Caraïbe, à une vitesse de convergence de 2 cm/an. Elle provoque une déformation de la limite de ces plaques, faisant de l'archipel de Guadeloupe une région à forts aléas volcanique et sismique. Certains séismes sont directement liés aux processus de glissement entre les deux plaques. D'autres, plus superficiels, résultent de la déformation de la plaque Caraïbe. D'autres encore résultent de la rupture de la plaque océanique plongeant sous la Caraïbe. Durant la période historique, plusieurs séismes ont causé des dégâts et victimes en Guadeloupe (intensités supérieures ou égales à VII) : 1735, 1810, 1843 (destruction de Pointe-à-Pitre), 1851, 1897, 2004 (Les Saintes) et 2007.

Bilan mensuel régional

L'OVSG-IPGP a enregistré au cours du mois d'août 2023 un total de **178 séismes régionaux d'origine tectonique**, dont 89 ont pu être localisés et entrent dans le cadre de la Figure 9, les autres étant plus lointains ou de trop faible magnitude. L'activité s'est manifestée sur l'ensemble du réseau de failles entre Saint-Martin et la Martinique. Notons cependant que les failles crustales à l'est de Marie-Galante, au nord-est de Grande Terre et aux Saintes ont particulièrement été actives. Les magnitudes enregistrées sont comprises entre 0.8 et 4.7. Les plus gros séismes sont localisés à l'est de la Martinique (magnitude 4.7) et entre Saint-Kitts-et-Nevis et Barbuda (magnitude 4.3) et au sud de la Dominique (magnitude 3.7).

Les séismes de ce mois sont majoritairement localisés entre 0 et 58 km de profondeur. Une dizaine de séismes sont localisés entre 94 et 132 km de profondeur. Enfin un seul séisme profond (176 km) a été enregistré, le 6 août (épicerne au nord-ouest de Basse Terre, magnitude 3.1).

Aucun séisme n'a été ressenti sur le territoire surveillé (absence de témoignage)

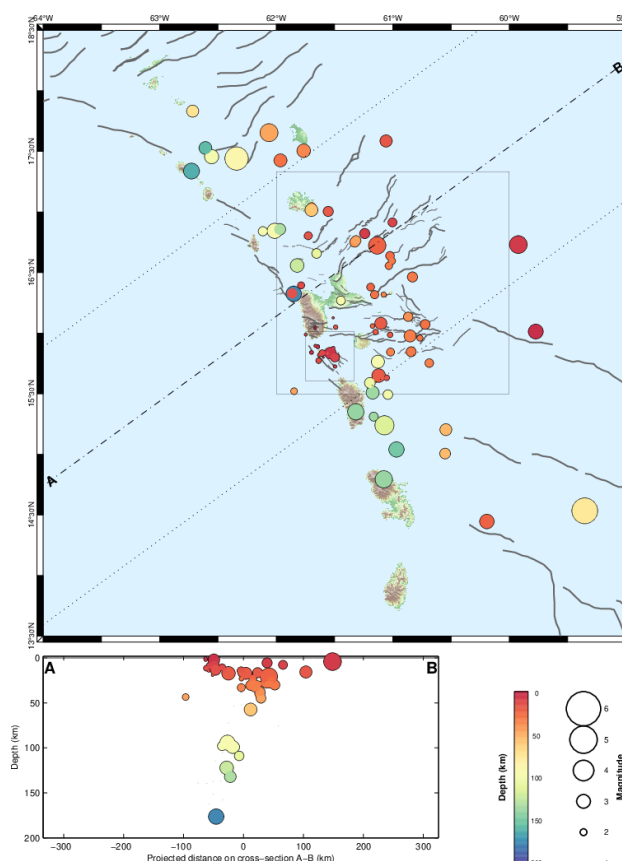


Figure 9. Localisation des épicentres des séismes tectoniques enregistrés au mois d'août 2023 par l'OVSG-IPGP



Bilan mensuel pour la zone des Saintes

Dans la zone des Saintes, l'observatoire a enregistré 71 **séismes tectoniques** au cours du mois d'août 2023, dont 20 ont pu être localisés (Fig. 10). **Ce mois a été marqué par un essaim de 29 séismes le mardi 1^{er} août.** Ces séismes de faible magnitude (< 3.0) se sont produits en très grande majorité à moins de 15 km de profondeur, et n'ont pas été ressentis (absence de témoignage). Les séismes sont majoritairement localisés à proximité des îles des Saintes. Le plus important ($M_d = 2.6$) associé au système de failles crustales des Saintes (excluant le séisme profond de subduction) s'est produit le 1 août 2023 (1h06 UTC) à 2 km de profondeur, à 6 km au sud-est de Terre-de-Haut (Fig. 10).

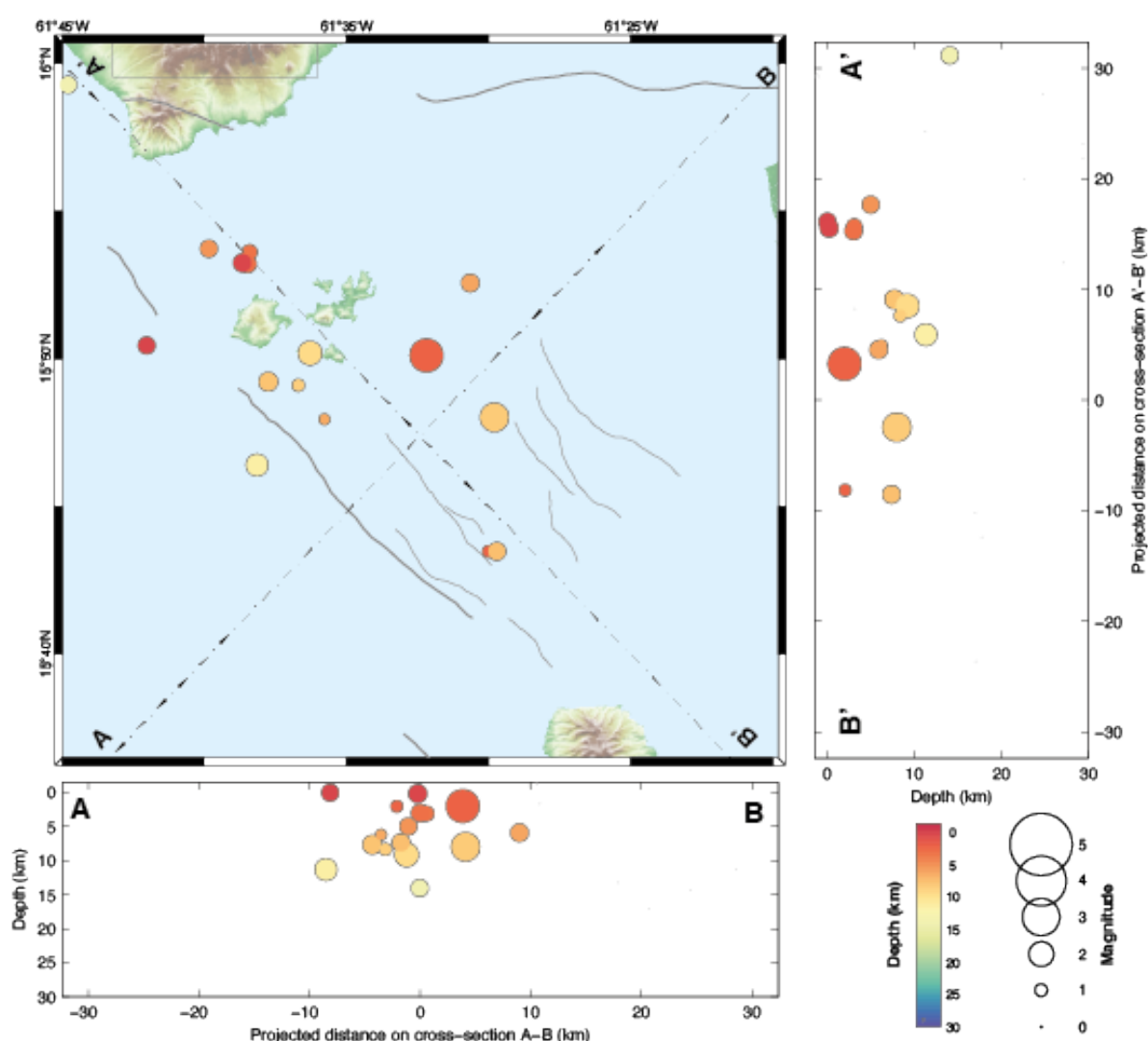


Figure 10. Epicentres des séismes tectoniques localisables, enregistrés au mois d'août 2023 par l'OVSG-IPGP dans la zone des Saintes.



Les volcans régionaux actifs

La Montagne Pelée : La dernière crise volcanique remonte à 1929-1932. Le niveau d'alerte volcanique actuel est jaune. Plus d'informations dans les bulletins mensuels et hebdomadaires de l'OVSM : <https://www.ipgp.fr/observation/ovs/ovsm/>

La Soufrière de Montserrat : L'île de Montserrat est située à 55 km au nord-ouest de la Guadeloupe. Le niveau d'alerte actuel du volcan est 1 sur une échelle de 0 à 5. L'accès à la zone V du volcan, comprenant la ville de Plymouth, est interdit. Les zones maritimes Est et Ouest peuvent être traversées, mais sans s'arrêter et uniquement pendant la journée, entre l'aube et le coucher du soleil. Plus d'informations sur le site du Montserrat Volcano Observatory (MVO) : http://www.mvo.ms/pub/Activity_Reports/

La Soufrière de Saint Vincent et les Grenadines : Ce volcan est situé à une distance de 120 km au sud de la Martinique sur l'île de Saint-Vincent-et-les-Grenadines. Une éruption de type effusive avec formation d'un dôme de lave s'est produite du 29 décembre 2020 au 9 avril 2021. Une activité explosive a commencé le 9 avril. Aucune explosion n'est observée après le 22 avril. Le 7 mai 2021, le niveau d'alerte est passé à orange. Puis, ce niveau a atteint le jaune le 15 septembre 2021. Depuis, le 16 mars 2022, le niveau d'alerte est vert. L'échelle de couleurs utilisée pour ce volcan a été réalisée pour des éruptions explosives. Plus d'informations sur le site du National Emergency Management Organisation (NEMO) de Saint-Vincent-et-les-Grenadines : <http://www.nemo.gov.vc/nemo/> et du Seismic Research Center (SRC) : <http://www.uwiseismic.com>

Kick'em Jenny : C'est un volcan sous-marin situé à 8 km au nord de Grenade. La dernière éruption sous-marine s'est produite le 29 avril 2017. Le niveau de vigilance actuel est jaune (deuxième niveau sur une échelle en comportant quatre). Une zone d'exclusion de 5 km autour du sommet (180 m sous la surface de la mer) est conseillée par sécurité. Plus d'informations sur le site du Seismic Research Center (SRC) : <http://www.uwiseismic.com>



C. Annexes

Séismes volcano-tectoniques

La majorité des séismes volcano-tectoniques (+90%) se produisent à des profondeurs superficielles dans le dôme (entre 0.5 et 1 km sous le sommet). Ces séismes de très faibles magnitudes (généralement <0) ont des origines et sources quasi-identiques. Pour cette raison, ils sont souvent qualifiés de « séismes répéteurs ». Deux familles principales (VT1 et VT2) sont identifiées et illustrent l'activité sismique du système hydrothermal supérieur. Régulièrement des séismes VT plus profond (>1km sous le sommet) et de magnitude légèrement supérieure traduisent l'activité du volcan à l'échelle du massif.

Taux de sismicité instantané et essaim sismique

Le taux de sismicité instantané est calculé sur la base du temps nécessaire pour enregistrer 50 séismes consécutifs selon la formule : taux de sismicité instantané = 50 / (temps séparant le 1er du 50ème séisme consécutif). Un essaim sismique est caractérisé par des séismes se succédant beaucoup plus rapidement que durant les 60 derniers jours. Il est déclaré au-delà d'une durée et d'un nombre d'événements minimum.

Définition des niveaux d'activité volcanique pour la Soufrière de Guadeloupe

Activité globale Observée / enregistrée	Minimale niveau de base	Détection activité inhabituelle / En augmentation variations de quelques paramètres	Fortement augmentée variations de nombreux paramètres, sismicité fréquemment ressentie	Maximale sismicité volcanique intense, déformations majeures, explosions, émissions gazeuses, ...
Délais possibles avant une éruption	Siècle(s) / Années	Année(s) / Mois / Semaines	Mois / Semaine-(s)	Imminente / En cours

Décision

Préfecture

Niveaux surveillance et d'alerte	VERT = niveau de référence	JAUNE = Vigilance	ORANGE = Pré-alerte	ROUGE = Alerte
----------------------------------	----------------------------	-------------------	---------------------	----------------

Définition simplifiée de l'échelle des intensités macrosismiques

Intensités	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X XI XII
Perception Humaine	Non ressenti	Très faible	Faible	Légère	Modérée	Forte	Très forte	Sévère	Violente	Extrême
Dégâts probables	aucun				Très légers	Légers	Modérés	Importants	Destructions	Généralisés

Appel à témoignages sur les séismes ressentis

Les intensités réelles (effets d'un séisme en un lieu donné) ne peuvent être correctement déterminées que par recueil de témoignages. Si vous avez ressenti un séisme, même faiblement, vous êtes invité à le signaler à l'observatoire et à prendre quelques minutes pour remplir le formulaire d'enquête macrosismique du BCSF sur le site <http://www.franceseisme.fr/>.



Bulletin mensuel - Aout 2023

Observatoire volcanologique et sismologique de Guadeloupe - IPGP

Remerciements

Merci aux organismes, collectivités et associations d'afficher publiquement ce bulletin pour une diffusion la plus large possible.
Pour le recevoir par mail, faites une demande à : infos@ovsg.univ-ag.fr

Informations

Retrouvez l'ensemble des informations relatives à l'activité de la Soufrière sur les différents médias de l'OVSG-IPGP :

- le site internet : <https://www.ipgp.fr/observation/ovs/ovsg/>
- le compte Twitter : twitter.com/ObsGuadeloupe
- le compte Facebook : facebook.com/ObsVolcanoSismoGuadeloupe

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