



Bulletin mensuel

Institut de physique du globe de Paris
Observatoire volcanologique et sismologique de Guadeloupe

ISSN 1622 – 4523

Mars 2023

Résumé

Volcan de la Soufrière

- L'activité sismique a été marquée par la fin d'une séquence de séismes (27 février – 3 mars) et un essaim mineur les 7-8 mars. L'activité est comparable à celle des mois précédents.
- Les températures des fumerolles Cratère Sud Nord (145°C) et Cratère Sud Sud (172°C) mesurées par caméra thermique dépassent les températures les plus élevées mesurées depuis la réactivation du volcan (130°C en 2007). La température de la fumerolle NAPN (97.1°C) se maintient au-dessus de la température d'ébullition de l'eau.
- La signature magmatique des gaz (rapport SO_2/H_2S) s'inscrit dans une tendance à la hausse initiée en 2019
- L'activité fumerolienne continue son extension vers le nord et l'est du dôme.

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

- L'activité sismique régionale est restée faible au cours du mois. Le séisme le plus énergétique ($M_d = 3.6$) s'est produit le 12 mars, à 173 km de profondeur sous la pointe sud de la Dominique
- Aucun séisme n'a été ressenti sur le territoire surveillé

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 déformations superficielles 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 le début de l'année 2018 nous assistons à un processus cyclique d'injection de gaz magmatiques profonds 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 qui a produit par le passé occasionnellement (au moins en février 2016, novembre 2021, mai 2022) des projections de boue brûlante et acide ou une poussière fine sur quelques mètres pour au moins 2 fumerolles (Cratère Sud Nord ; NapE1); 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 M4.1 le 27 avril 2018, le plus fort depuis 1976; 5) des déformations horizontales de faible amplitude et limitées au dôme de La Soufrière de l'ordre de 3 à 7 mm/an et la poursuite de l'ouverture des fractures sommitales; 6) la fluctuation des débits du gaz fumerolien issus d'un réservoir hydrothermal pressurisé; 7) une progression des anomalies thermiques dans le sol au sommet de La Soufrière. Si ces phénomènes incitent l'observatoire à la vigilance instrumentale, ils ne sont pour l'instant pas clairement associés à une anomalie des autres paramètres de surveillance qui pourrait indiquer une éventuelle remontée de magma. Cette dernière se manifesterait typiquement, mais pas systématiquement, par des séismes profonds et/ou ressentis plus nombreux et plus énergiques, des déformations de plus grande amplitude au-delà du dôme, et l'émission de gaz soufrés à haute température (> 150°C).

La probabilité d'une activité éruptive à court terme reste faible. 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 le futur. En conséquence, l'OVSG-IPGP est en état de vigilance renforcée. Les émanations gazeuses aux abords et sous le vent des fumerolles principales du sommet (notamment le Cratère Sud, le Tarissan, et le Gouffre 1956) présentent, depuis 1998, des risques avérés d'irritation et de brûlures (yeux, peau, voies respiratoires). Compte tenu de l'évolution décrite ci-dessus et des autres observations sur l'activité, l'OVSG-IPGP considère, depuis novembre 2018, qu'il est important de garder, à titre précautionneux, une distance de sécurité d'au moins 50 mètres autour des principaux centres d'émission de gaz fumerolien (Cratère Sud Sud, Cratère Sud Central, Cratère Sud Nord, Napoléon Nord, Napoléon Est, Gouffre 1956, Gouffre Tarissan). Vu l'évolution de la zone d'anomalie au sommet (avec la propagation de chaleur au sol; la recrudescence de l'activité des fumerolles, accompagnée de l'apparition dans le temps de nouveaux centres d'émission et de projection de boue et de fragments solides, les indications de l'impact au sol et sur la végétation de gaz soufrés et acides) et donc d'une général augmentation des zones d'instabilité, la Préfecture de Guadeloupe avec l'arrêté n°2019/001 CAB SIDPC du 14 janvier 2019 a institué un accès réglementé au sommet du volcan de la Soufrière, basé sur l'identification d'un périmètre de sécurité et sur l'interdiction à toute personne non-autorisée de le franchir. Les observations faites depuis mai 2021 et surtout en octobre et novembre 2021 montrent que cette zone est devenue plus dangereuse qu'auparavant en raison des risques liés aux gaz toxiques, aux projections de boue brûlante, aux effondrements du sol. Pendant plusieurs mois nous avons observé instrumentalement l'évolution de cette zone sans observation directe, en vertu de l'interdiction à tous les personnels de l'IPGP et de l'OVSG de s'approcher à moins de 50m de la zone fumerolienne du Cratère Sud (Nord, Central et Sud). A partir du mois de mai 2022, les personnels de l'OVSG-IPGP peuvent effectuer des prélèvements ou mesures jusqu'à une distance de 2m en retrait du rebord de la fracture du Cratère Sud (Nord, Central ou Sud) dans le respect d'un protocole de sécurité.



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 de mars 2023, l'OVSG-IPGP a enregistré **385 séismes volcano-tectoniques** dont 351 séismes automatiquement détectés, et 12 séismes volcano-tectoniques emboîtés. Cette activité a été marquée par la fin d'une séquence de séismes en début de mois (165 séismes entre le 27 février et le 3 mars) et un petit essaim de 36 séismes entre le 7 et le 8 mars (Fig. 1). L'activité de mars est comparable à celle des mois précédents. On note cependant un nette diminution de l'activité en second partie de mois (32 séismes VT du 16 au 31 mars).

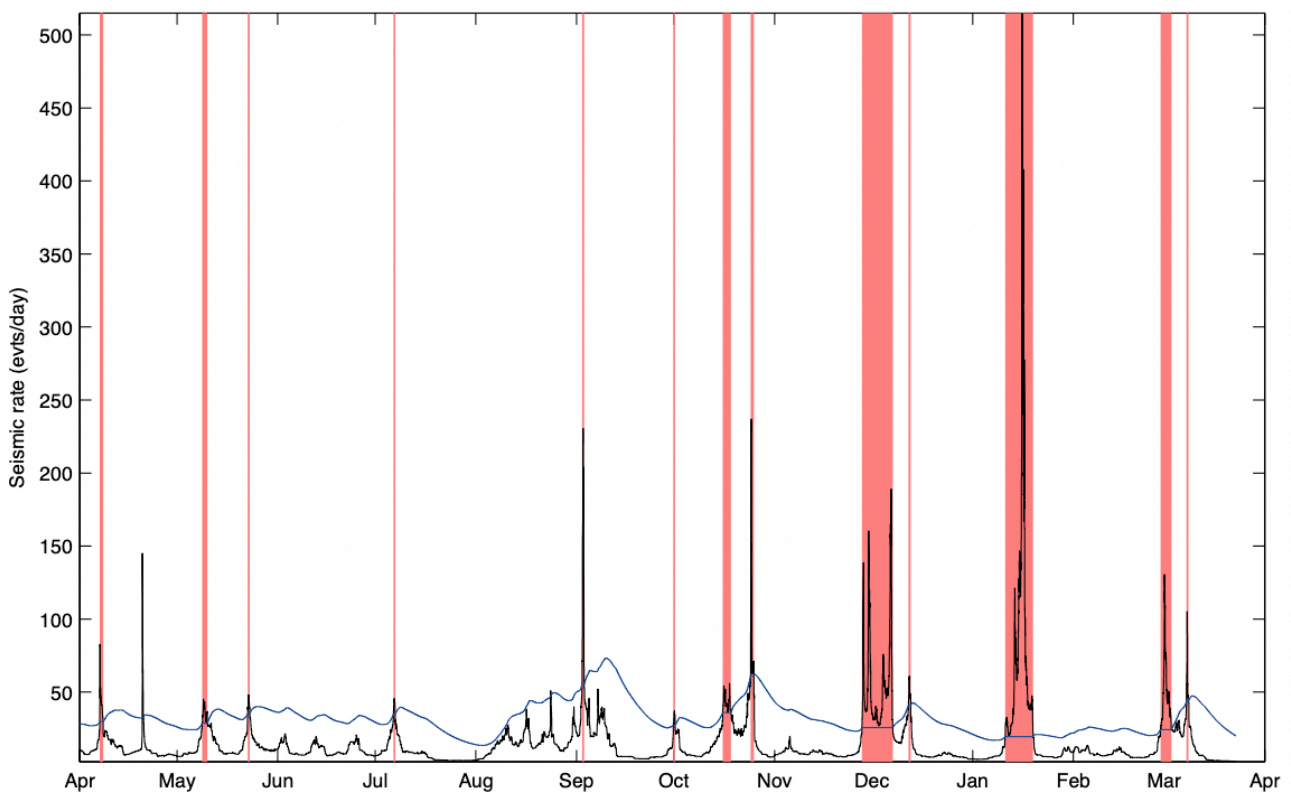


Figure 1. Taux de sismicité instantané (séismes VT) entre avril 2022 et mars 2023. Les bandes rouges caractérisent les essaims sismiques (voir les définitions de ces paramètres en annexe).

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. 2). Quelques séismes VT se sont produits à des profondeurs plus importantes, **dont celui du 30 mars (Md 0.75) localisé à 3.4 km de profondeur entre Papaye-Matouba et la route de la Soufrière**. Les séismes volcano-tectoniques correspondent à de petites ruptures sur des fractures. Une majorité de ces séismes comporte une composante longue période générée par la



circulation de fluides pressurisés dans les fractures de l'édifice. L'énergie libérée par les séismes VT au cours du mois est estimée à **2.2 MJ**, la moitié de cette énergie étant produite par les séismes hors essais superficiels.

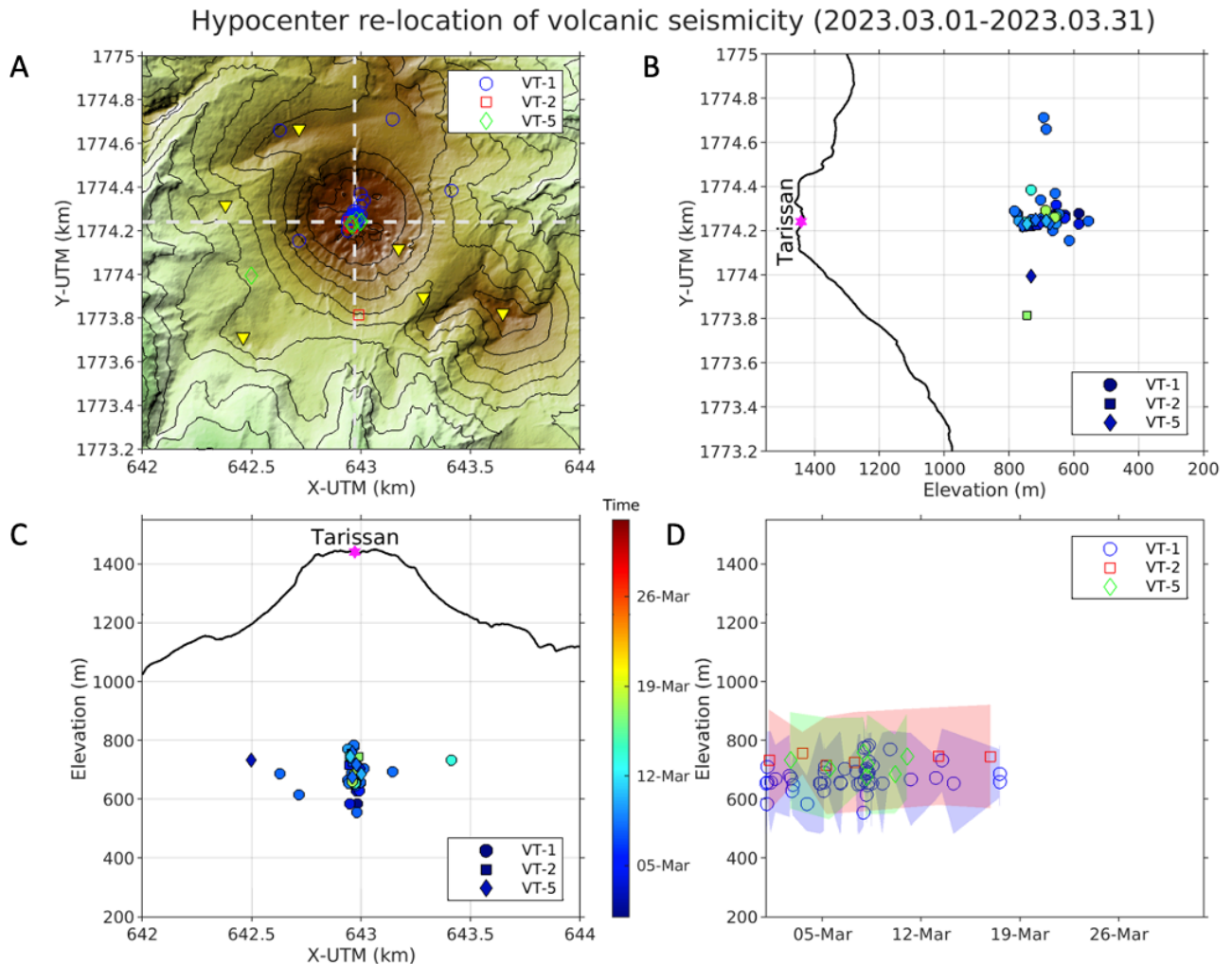


Figure 2. (a) Carte de localisation (épices), (b et c) coupes NS et EO, et (d) évolution temporelle montrant la localisation en profondeur (hypocentres) des séismes VT localisables au mois de mars 2023 sous le dôme de la Soufrière et le complexe volcanique autour du dôme. (a) Triangles jaunes : localisation 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 l'apport de magma en profondeur. A l'échelle de l'édifice, les données des 12 derniers mois (Fig. 3) montrent une déformation horizontale radiale du sommet du volcan à une vitesse comprise entre 8 (F802) et 24 mm/an (AGAL). Cette déformation reflète la surpression du système hydrothermal, et l'échappement des gaz pressurisés dans le réseau de fractures du dôme de La Soufrière.

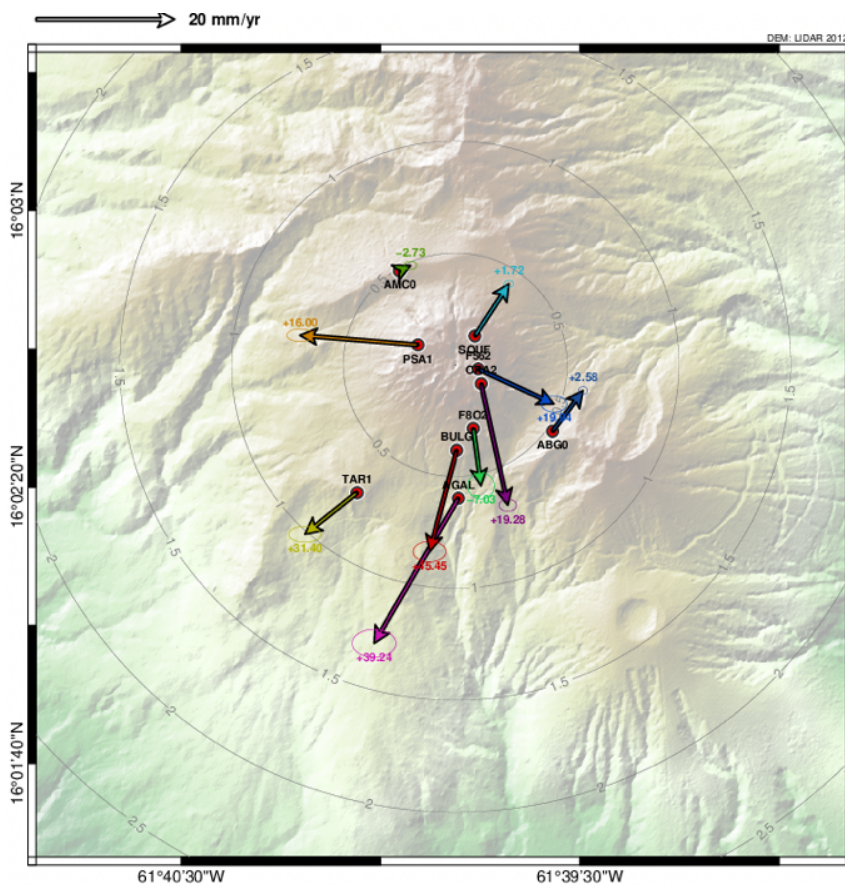


Figure 3. Déformation du dôme de la Soufrière enregistrée par le réseau GNSS permanent entre le 1 avril 2022 et le 1 avril 2023. La taille de la flèche et la valeur indiquée en haut à gauche indique le taux de déformation horizontale en mm par an. Le chiffre au bout de chaque flèche indique la valeur 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.

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 le 9 mars 2023 s'inscrivent dans cette tendance (Fig. 4). Elles confirment également la contraction du cratère Dupuy (site Dup 2), qui, elle s'accélère depuis 2021 (Fig. 4).

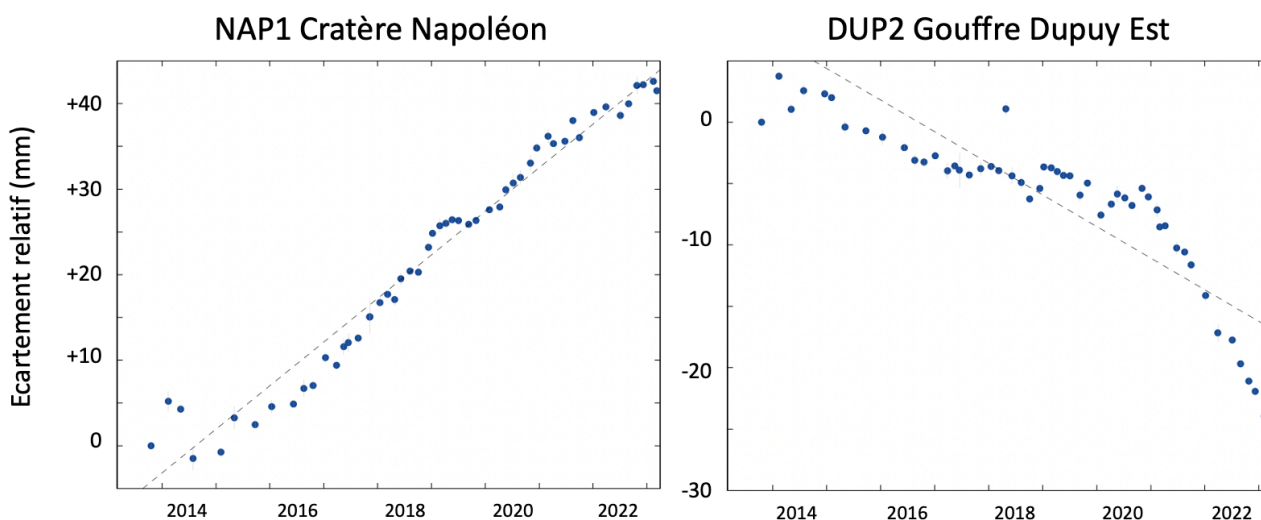


Figure 4. Ouverture du cratère Napoléon (site Nap 1) et fermeture du Cratère Dupuy (site Dup 2) entre 2013 et mars 2023.

Activité fumerolienne et géochimie des gaz

Températures

La température de l'événement NAPN a été mesurée à **97.2°C le 9 mars 2022**, confirmant le réchauffement initié fin 2022 (voir bulletins précédents). Le maintien durable de la température au-dessus de 95.5°C (température d'ébullition de l'eau à cette altitude) indique que la quantité d'eau disponible à NAPN est insuffisante pour tamponner parfaitement la température de la fumerolle.

La sonde permanente de température placée dans le sol à proximité immédiate (<50 cm) de l'événement NAPN a enregistré une hausse de température du 1 mars (91.2°C) au 18 mars (93.1°C), puis une baisse et des oscillations en seconde partie de mois en relation avec la hausse de la pluviométrie.

Une panne d'Alizés a permis de mesurer la température des fumerolles CSN et CSS par caméra thermique. Des températures de **145°C et 172°C ont été mesurées aux bouches Cratère Sud Nord (CSN) et Cratère Sud Sud (CSS), respectivement**. Ces températures dépassent largement les températures les plus élevées mesurées depuis la réactivation du volcan en 1992 (130°C en 2007).

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). Les mesures réalisées le 28 mars 2023 montrent les mêmes tendances que ces derniers mois (Fig. 5) :



- une tendance générale à l'augmentation du rapport $\text{SO}_2/\text{H}_2\text{S}$ depuis 2019 est observée sur les sites NAPN, G56 et CSN, ainsi qu'une relative stabilité du rapport $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{S}$ (G56). Un rapport $\text{SO}_2/\text{H}_2\text{S}$ élevé est une signature des gaz magmatiques de haute température.
 - un découplage entre les sites CSN et CSS, ce dernier ne montrant pas d'augmentation du rapport $\text{SO}_2/\text{H}_2\text{S}$. La fumerolle Nord de CSS a la même composition que la fumerolle CSN.
 - les rapports $\text{SO}_2/\text{H}_2\text{S}$ du panache de la Soufrière (jusqu'à 0.31 à CSN) sont les plus élevés depuis les premières mesures réalisées en 2006 par Allard et al. (2014)

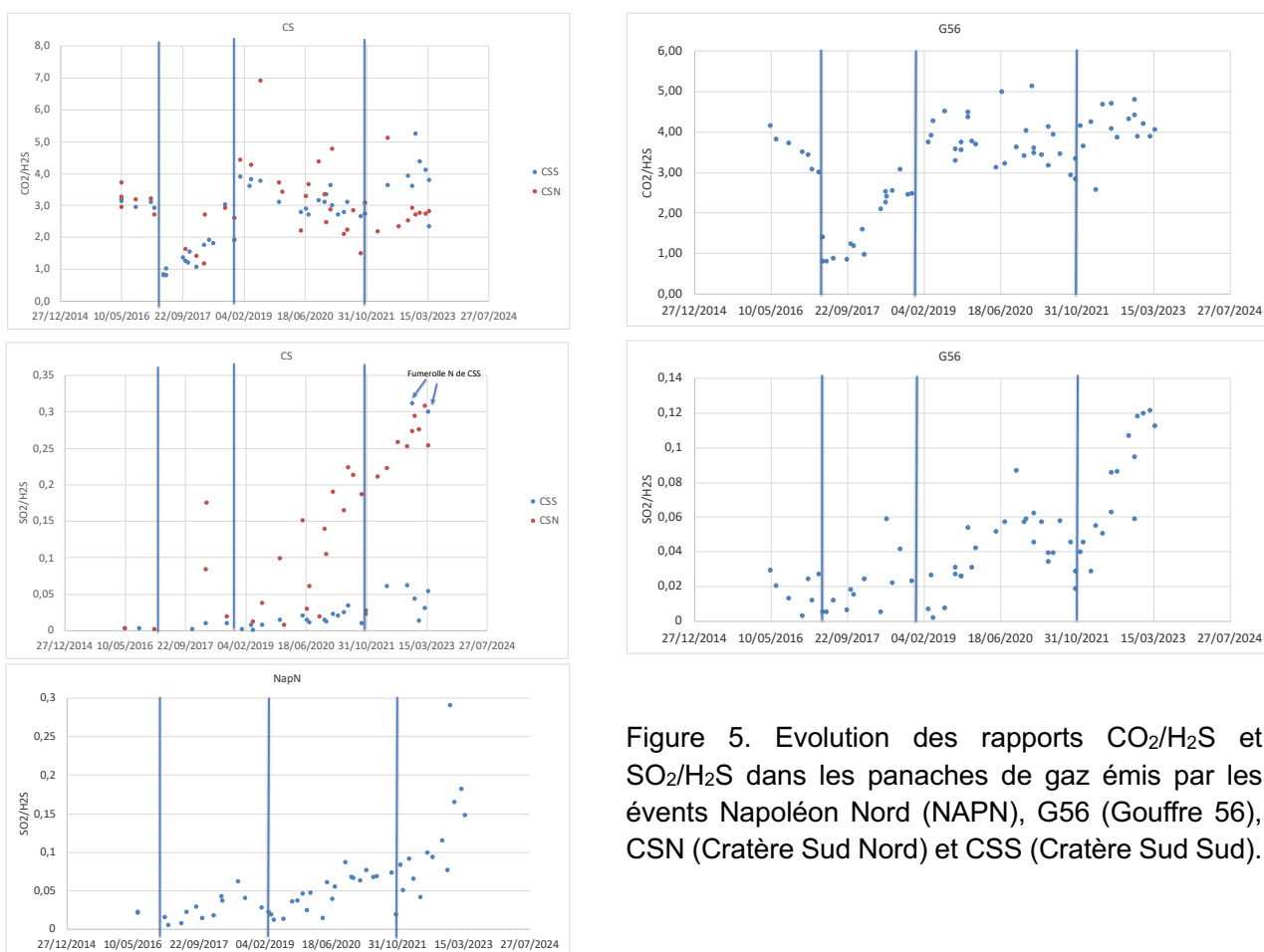


Figure 5. Evolution des rapports $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{S}$ et $\text{SO}_2/\text{H}_2\text{S}$ dans les panaches de gaz émis par les événements Napoléon Nord (NAPN), G56 (Gouffre 56), CSN (Cratère Sud Nord) et CSS (Cratère Sud Sud).

Lac acide du Gouffre Tarissan

Le niveau du lac Tarissan était de **-88.5 m le 14 mars 2023**. Le niveau du lac continue à descendre depuis le niveau haut atteint en septembre 2022 (-79 m) (Fig. 6). Le pH était de +0.62, dans la gamme haute des valeurs mesurées depuis 2012 (Fig. 6).

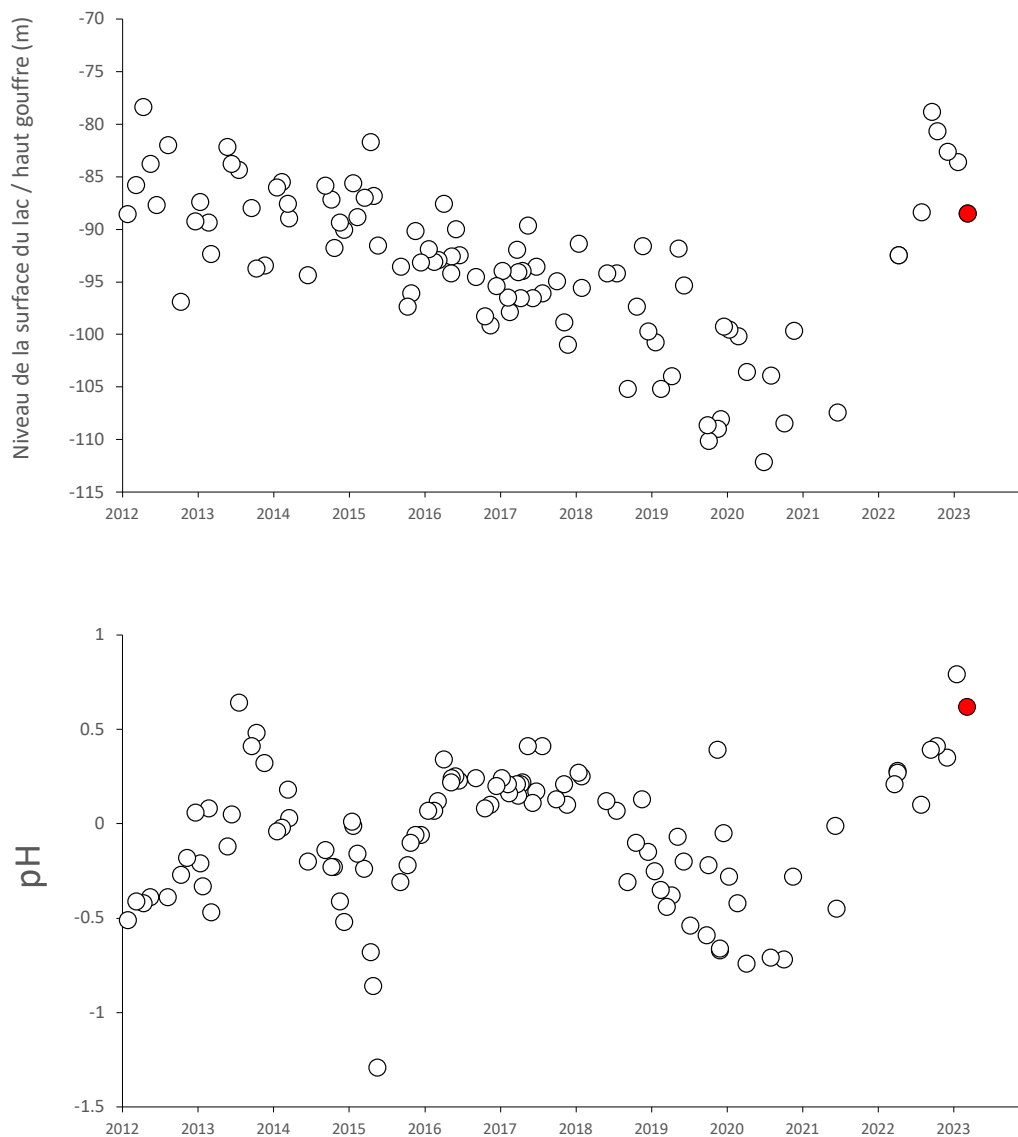


Figure 6. Niveau de la surface du lac (haut) et pH (bas) du lac Tarissan. Les valeurs mesurées en mars 2023 sont en rouge.

Sources thermales

Seule la source Ravine Goyavier 2 (RGO2), sur le flanc SO de la Soufrière, a été échantillonnée ce mois. La température de la source continue à monter régulièrement depuis le début de son suivi en juin 2021 (Fig. 7). Cette évolution est corrélée à une baisse régulière des teneurs en Mg et Ca. Ravine Goyavier



est la cinquième source sur le flanc sud de la Soufrière (avec Galion, Bains Jaunes, Tarade et Pas du Roy) à montrer une augmentation régulière de température.

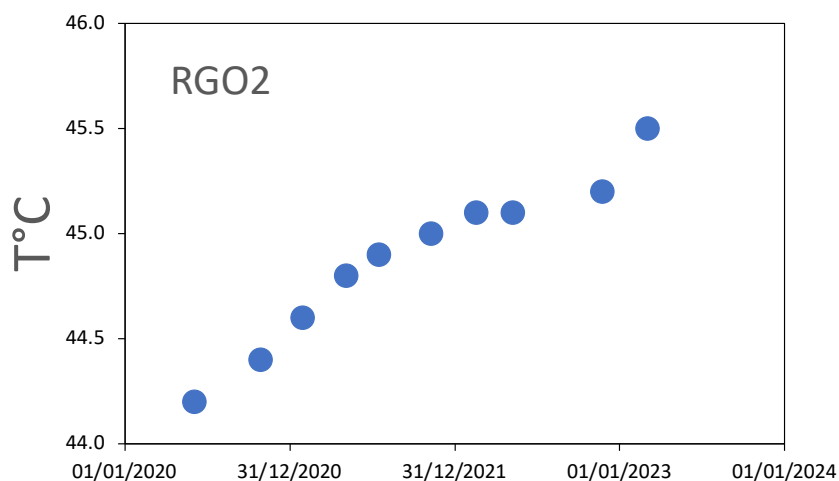


Figure 7. Température de la source Ravine Goyavier 2 (RGO2)

Autres informations

Météorologie au sommet (station Sanner)

Au mois de mars 2023, les vents ont soufflé à une vitesse moyenne de **35 km/h** (maximum de **77 km/h**), et leur direction moyenne était **+111°N**. La station Sanner a enregistré une pluviométrie mensuelle cumulée de **302 mm (*)**, et une température moyenne de **15.2°C**. (*) La première quinzaine a été très sèche, elle a été suivie les 18 et 19 mars de précipitations intenses dans un régime très venté. Dans ces conditions, le pic de précipitation a été sous-évalué par le pluviomètre. La valeur de 302 mm pour le mois est donc sous-évaluée.



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 de mars 2023 un total de **89 séismes régionaux** d'origine tectonique, dont **59** ont pu être localisés et entrent dans le cadre de la figure 8, les autres étant plus lointains ou de trop faible magnitude. Le séisme le plus énergétique ($M_d = 3.6$) s'est produit le 12 mars, à 173 km de profondeur sous la pointe sud de la Dominique. Les autres séismes importants se sont produits sur le réseau de failles s'étendant au NO de Barbuda ($M_d = 2.8$ à 3.3), au nord-est de Grande-Terre ($M_d = 3.3$) et dans la région des Saintes ($M_d = 3.4$). Aucun de ces séismes n'a été ressenti.

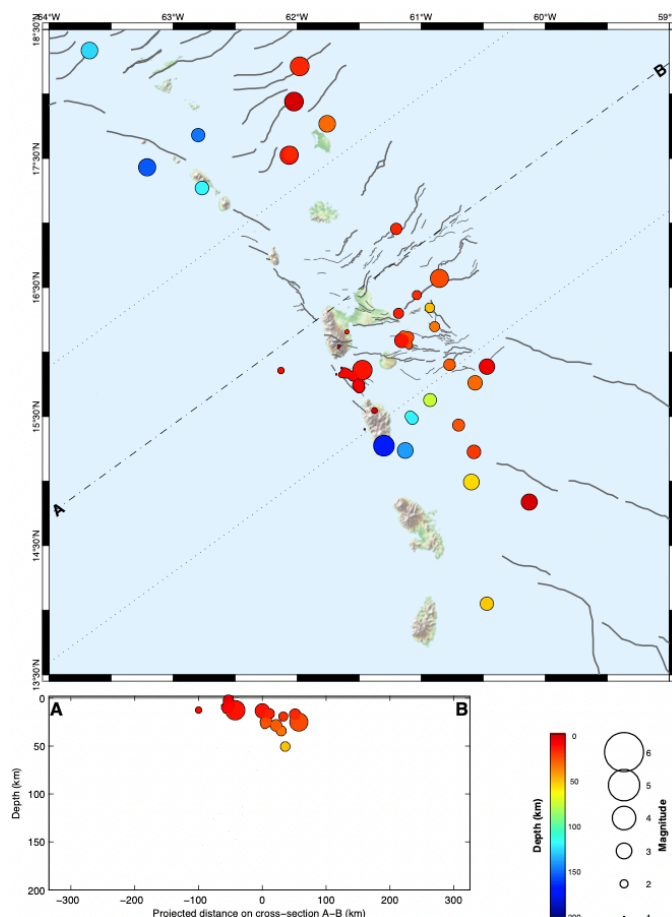


Figure 8. Localisation des épicentres des séismes tectoniques enregistrés au mois de mars 2023 par l'OVSG-IPGP



Bilan mensuel pour la zone des Saintes

Dans la zone des Saintes, l'observatoire a enregistré au cours du mois de mars 2023 **42 séismes tectoniques**, dont 23 ont pu être localisés (Fig. 9). Le séisme le plus important ($M_d=3.4$) associé au système de failles crustales des Saintes s'est produit le 17 mars à 12.6 km de profondeur à l'est des Saintes. Il n'a pas été ressenti (absence de témoignage).

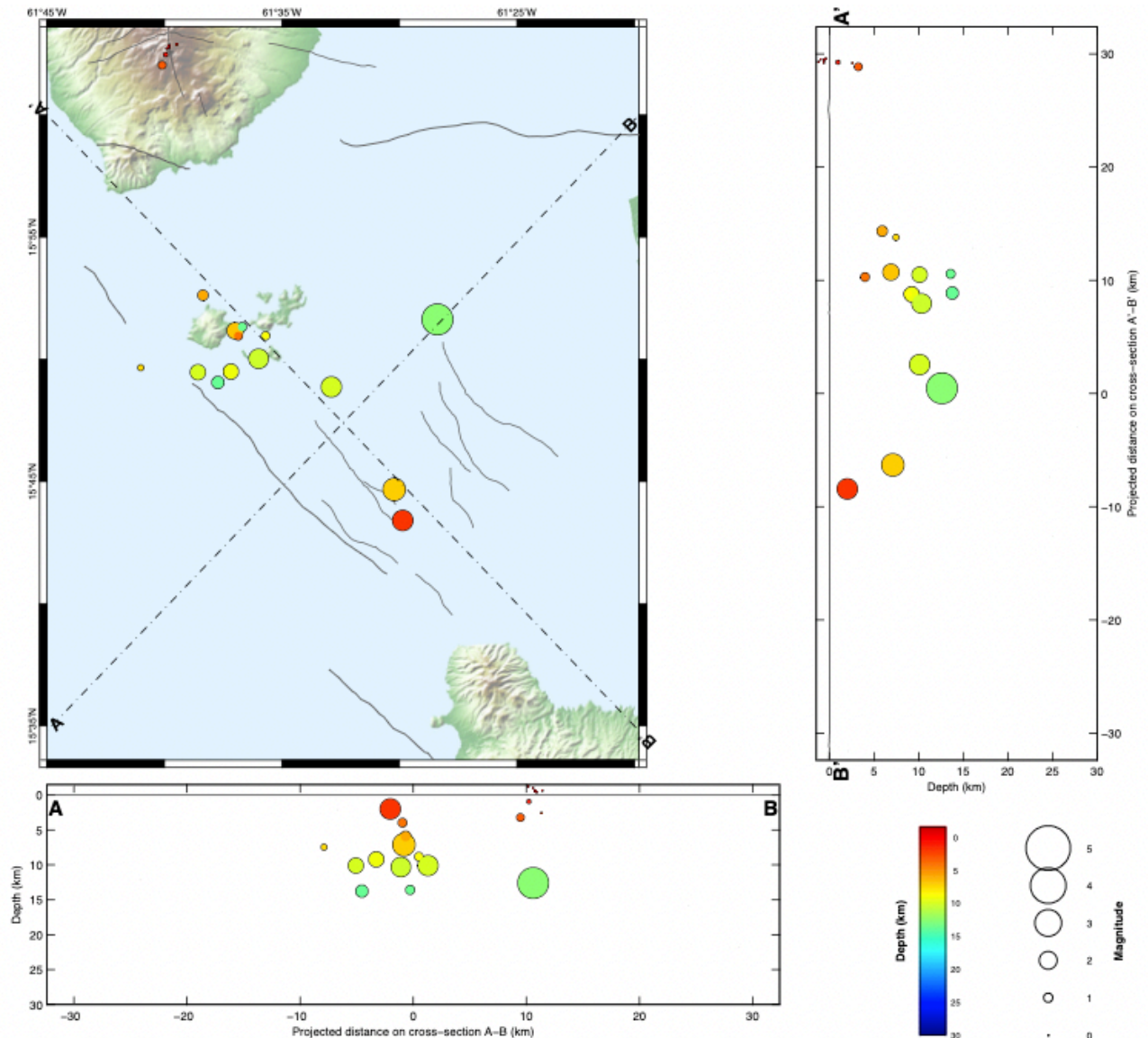


Figure 9. Epicentres des séismes tectoniques localisables, enregistrés au mois de mars 2023 par l'OVSG-IPGP dans la zone des Saintes.



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'évènements minimum.

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

Activité globale <i>Observée / enregistrée</i>	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 - Mars 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.