



Bulletin mensuel

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

ISSN 1622 – 4523

Décembre 2022

A. Activité de La Soufrière de Guadeloupe

Résumé - 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 issu 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). **Au mois de décembre 2022, la sismicité volcano-tectonique reste généralement faible après un essaim en début de mois. Le régime de déformation est stationnaire. L'activité fumerolienne continue de s'étendre sur la partie nord et est du dôme. Cette extension est corrélée à une hausse de la température de la fumerolle Napoléon Nord (98.3°C) qui dépasse pour la première fois la température d'ébullition de l'eau. Sur la base de ces 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



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 décembre 2022, l'OVSG-IPGP a enregistré 598 séismes volcaniques, dont 457 séismes volcano-tectoniques (VT) et 141 séismes VT emboîtés. L'activité sismique a été importante pendant les premiers jours de décembre avec la prolongation d'un essaim sismique initié le mois précédent (27 novembre – 7 décembre) et totalisant 515 séismes** (Fig. 1). Aucun séisme n'a été signalé ressenti. 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'ensemble de l'activité sismique a relâché une **énergie totale de 2.1 MJ**, en légère diminution par rapport aux deux derniers mois (Fig. 2).

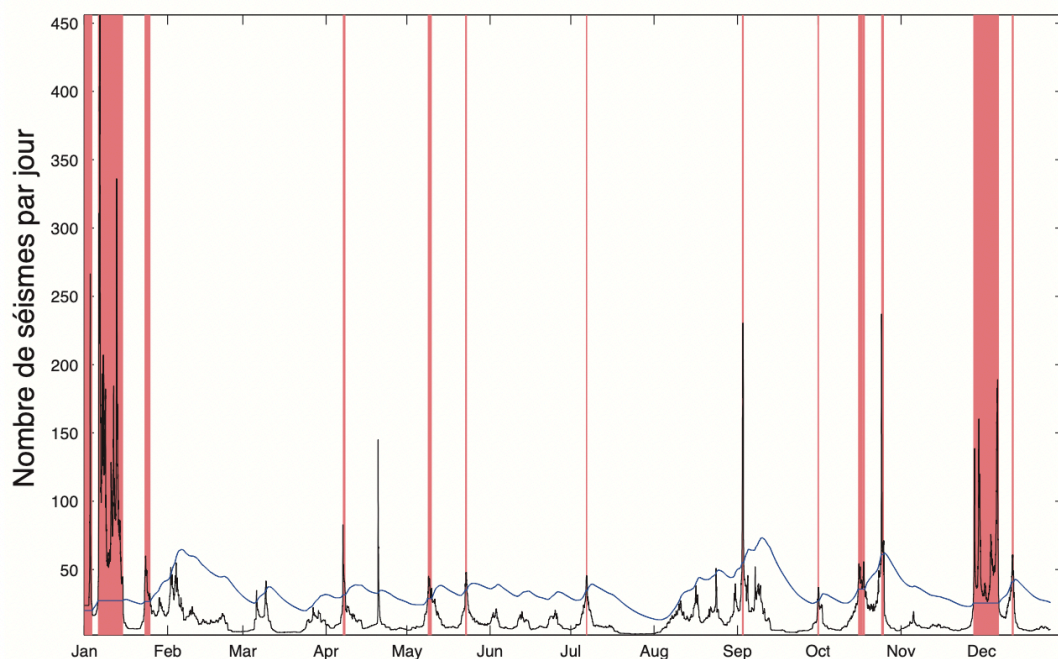


Figure 1. Taux de sismicité instantané (séismes VT) entre janvier et décembre 2022. Les bandes rouges caractérisent les essaims sismiques (voir les définitions de ces paramètres en annexe).

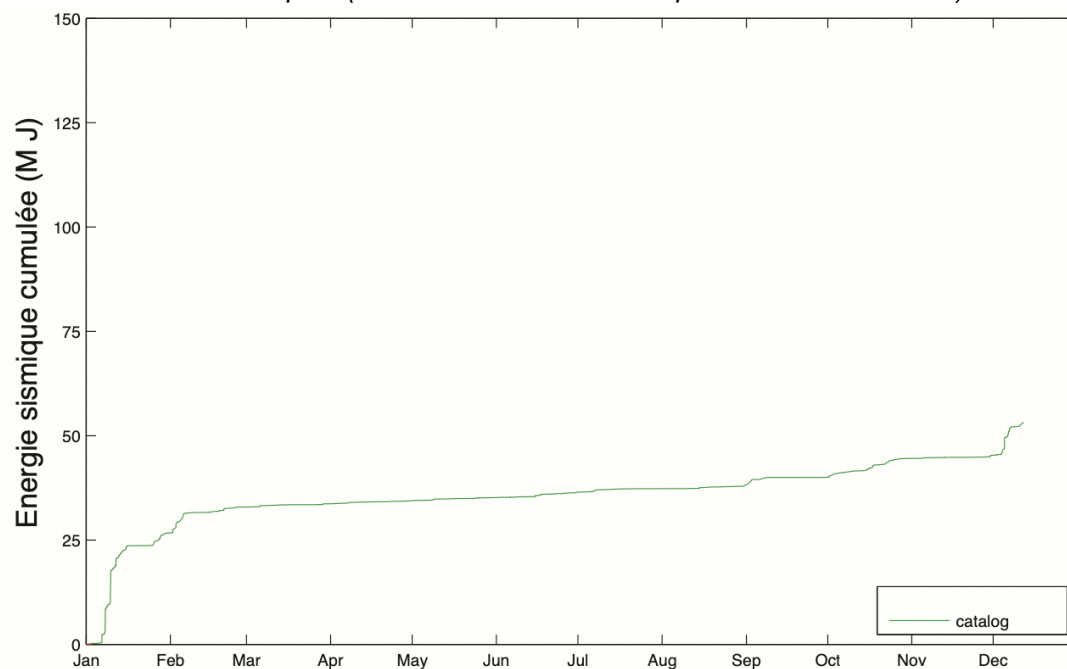


Figure 2. Diagramme de l'énergie sismique cumulée exprimée en mégajoules (M J), libérée par les séismes VT qui ont pu être localisés au cours des 12 derniers mois.



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. 3a-c). La profondeur des séismes VT1, VT2 et VT5 ne montre pas d'évolution temporelle au cours du mois (Fig. 3d). En moyenne, les séismes VT1 restent légèrement plus profonds que les VT2, la profondeur des séismes VT-5 étant intermédiaire entre les VT1 et VT2.

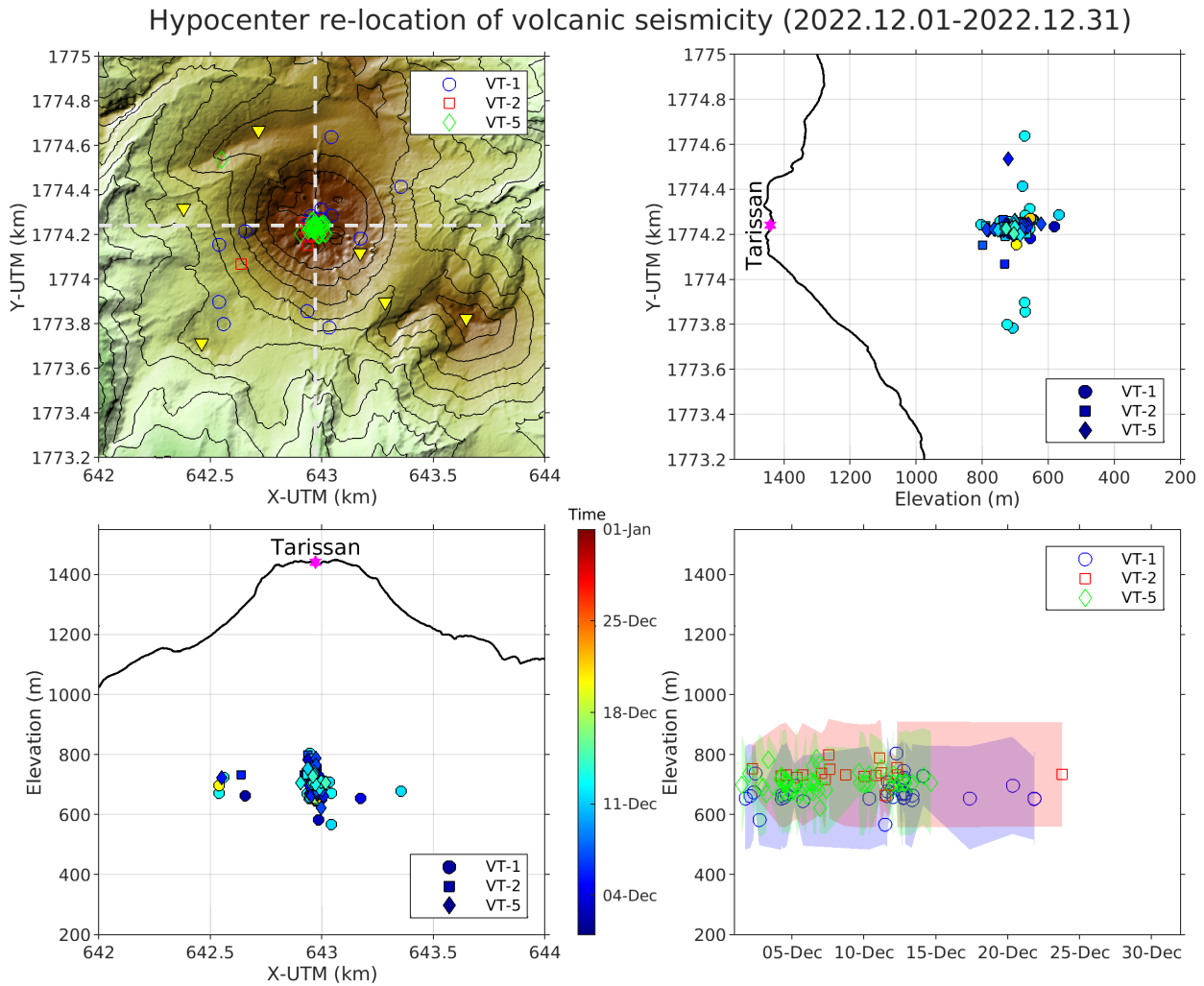


Figure 3. (a) Carte de localisation (épicesentres), (b et c) coupes NS et EO, et (d) évolution temporelle montrant la localisation en profondeur (hypocentres) des séismes VT localisables au mois de décembre 2022 sous le dôme de la Soufrière et le complexe volcanique autour du dôme. (a) Triangles jaunes : 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 cinq dernières années (Fig. 4a) montrent une déformation horizontale radiale du sommet du volcan (3 à 7 mm/an), à laquelle se rajoute un mouvement stable (10 ± 2 mm/an) vers le sud-ouest du flanc sud de la Soufrière. Les vecteurs des 12 derniers mois (Fig. 4b), s'inscrivent bien dans cette tendance. Cette déformation reflète la surpression du système hydrothermal, et l'échappement des gaz pressurisés dans le réseau de fractures du dôme de La Soufrière.

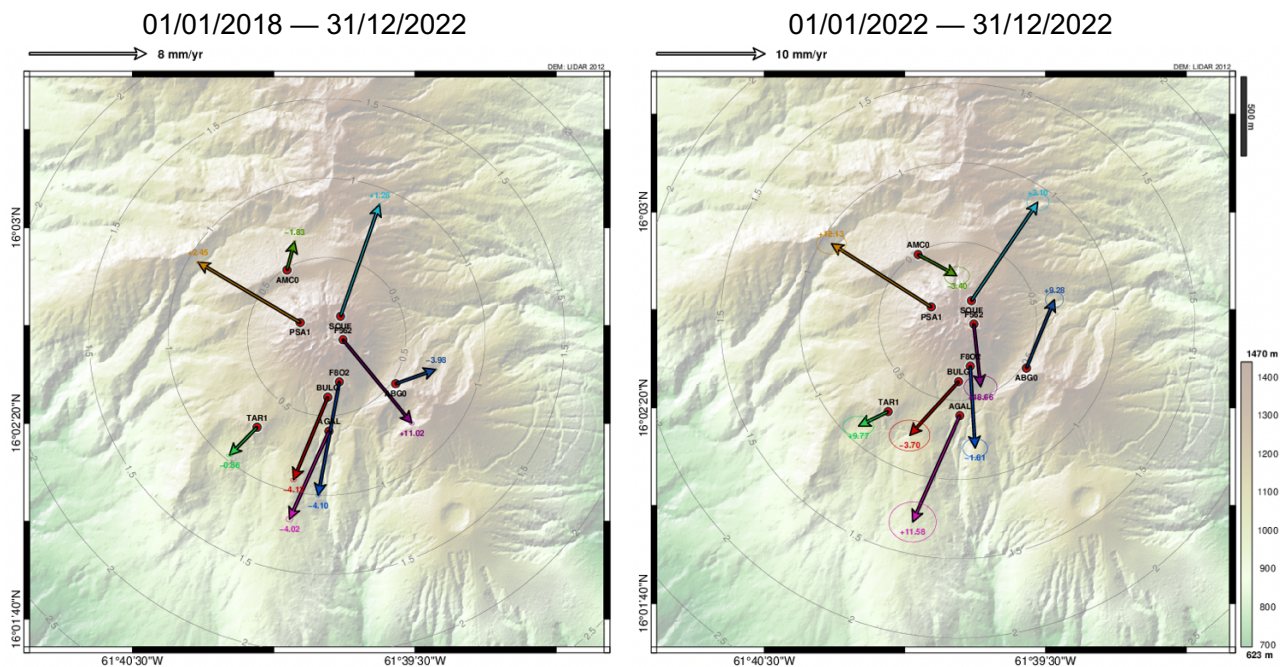


Figure 4. Déformation du dôme de la Soufrière enregistrée par le réseau GNSS permanent : 5 ans vs. 1 an. La taille de la flèche et la valeur indiquée en haut à gauche indique le taux de déformation horizontale en mm par an, mesuré sur une période de 5 ans ou 1 an. Le chiffre au bout de chaque flèche 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 en décembre 2022 s'inscrivent dans cette tendance (Fig. 5). Elles confirment également la contraction du Cratère Dupuy (site Dup 2), qui, elle s'accélère depuis 2021 (Fig. 5). Cette contraction contraste avec l'ouverture radiale, et le gonflement général du dôme enregistré par les données GNSS (Fig. 4). Elle pourrait être expliquée par une



subsidence du socle du Cratère Dupuy provoqué par l'écartement à plus grande échelle des flancs du dôme, formant une zone d'affaissement circulaire au sommet (« grabben »).

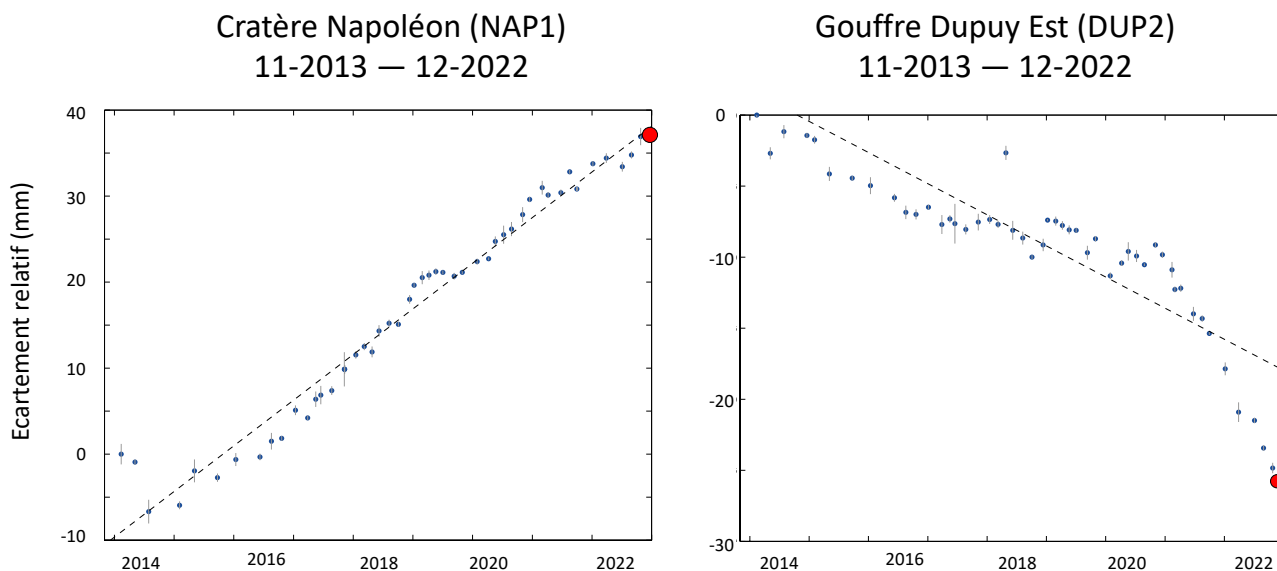


Figure 5. Mesure d'extensométrie illustrant l'ouverture du Cratère Napoléon (site Nap 1) et la fermeture du Cratère Dupuy (site Dup 2) entre 2013 et 2022. La dernière mesure de décembre est en rouge.

Activité fumerolienne et géochimie des gaz

Pour les raisons de sécurité expliquées en préambule, l'OVSG-IPGP n'échantillonne plus les gaz et ne mesure plus manuellement les fumerolles du Cratère Sud (CS) depuis 2021. Deux mesures répétées (21 et 28 décembre) de la fumerolle NapN confirment l'augmentation de température de l'événement (98.3°C) nettement au-delà de la température d'ébullition de l'eau à cette altitude (95°C). Cette augmentation de température est sans précédent depuis l'apparition de la fumerolle NAPN en 2014 (Fig. 6).

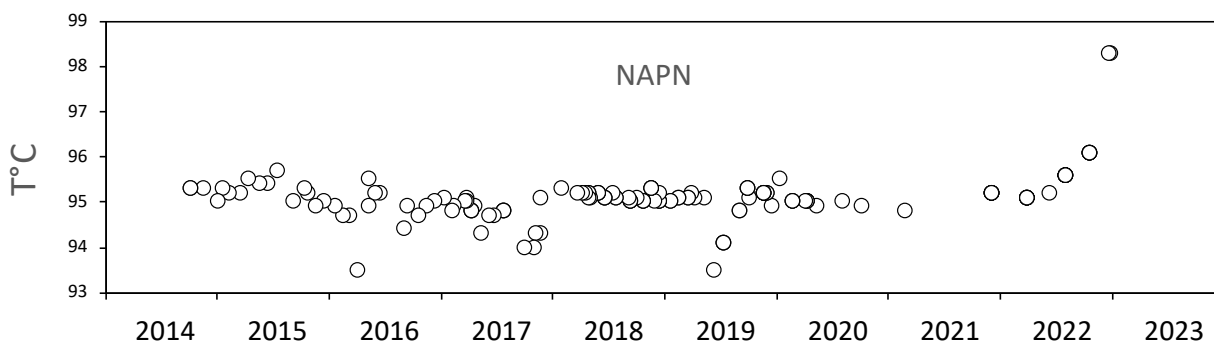


Figure 6. Température de l'événement NAPN entre 2014 et 2022.



L'augmentation de température implique que la quantité d'eau disponible n'est plus suffisante pour tamponner la température à 95°C, en raison de l'assèchement de la nappe et/ou l'augmentation du flux de chaleur profond. L'analyse par multigaz portable du panache de gaz émis par NAPN révèle une augmentation des teneurs SO₂ et CO₂ en décembre (Fig. 7), confirmant une augmentation de la composante magmatique profonde fin 2022, sans atteindre toutefois le niveau de Avril 2018.

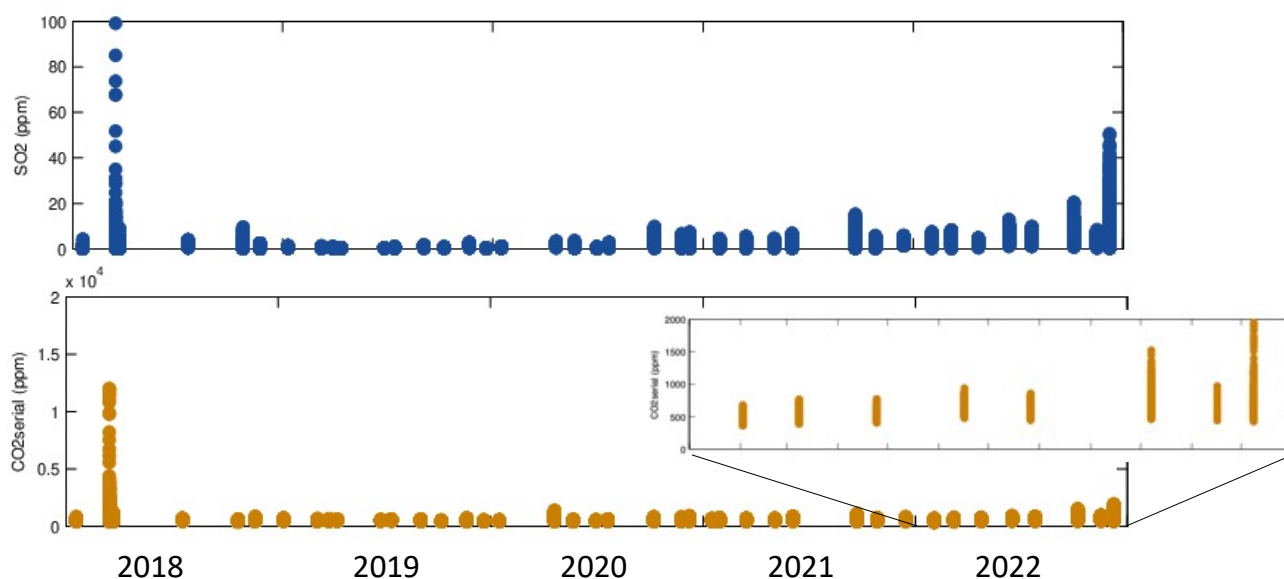


Figure 7. Composition du panache de gaz (SO₂ et CO₂) émis par la fumerolle NAPN entre 2018 et 2022, mesurée par multigaz portable.

L'évolution thermique et compositionnelle de NAPN coïncide avec une augmentation générale de l'activité fumerolienne sur la partie nord et est du dôme (fumerolles dans, et à l'est du Gouffre Dupuy, réactivation des sites NAPE1 et NAPE2). **Cette évolution rapide, sur seulement quelques mois, incite à la plus grande vigilance aux abords de la zone en réactivation.**

Lac acide du Gouffre Tarissan

Le niveau du lac (distance entre la surface du lac et le haut du gouffre) reflète un équilibre complexe et variable entre les précipitations, les phénomènes d'évaporation/condensation, mais aussi le degré de fracturation/porosité ou de colmatage de son encaissant. De plus, il a été fréquemment observé dans les systèmes hydrothermaux que leur réchauffement et leur mise en pression fait remonter le niveau des fluides hydrothermaux dans l'édifice voire peut conduire à des émissions de fluides à partir des fractures (ceci a par exemple été observé pendant toutes les éruptions phréatiques ou hydrothermales de la Soufrière et notamment en 1976-1977). Le niveau du lac était de -82.6 m le 8 décembre. Cette valeur,



ainsi que celles mesurées depuis avril 2022, ne s'inscrivent pas dans la tendance baissière décennale, et indique que le niveau du lac remonte actuellement (Fig. 8).

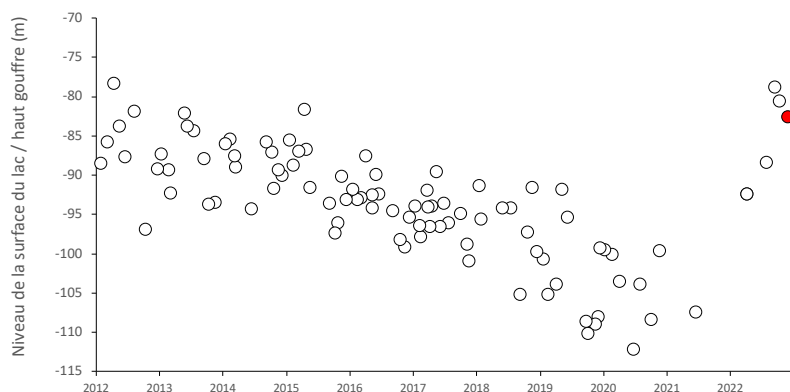


Figure 8. Evolution du niveau du lac Tarissan (distance entre la surface du lac et le haut du gouffre) entre 2012 et 2022. La dernière valeur mesurée en décembre est en rouge.

Le pH du lac était de +0.35 en décembre. Cette valeur s'inscrit dans une tendance à l'augmentation observée depuis 2020 (Fig. 9), et semble cohérente avec l'augmentation récente du niveau du lac (dans l'hypothèse où cette augmentation reflète un apport d'eau plus important).

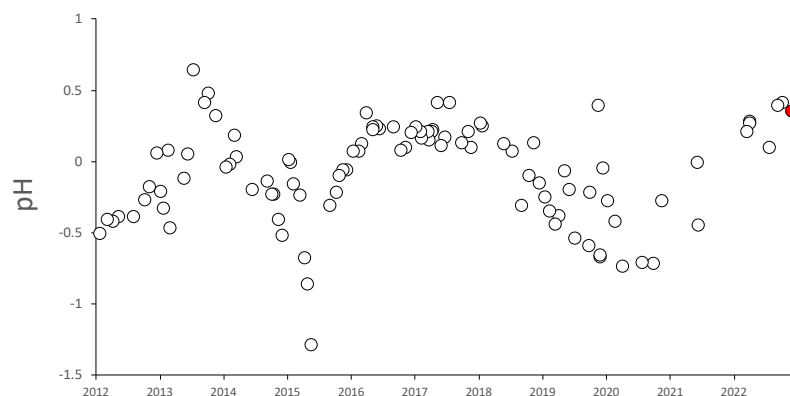


Figure 9. Evolution du pH du lac Tarissan entre 2012 et 2022. La dernière valeur mesurée en décembre est en rouge.

Sources thermales

Les sources thermales n'ont pas été échantillonnées au mois de décembre 2022 (voir bulletin de novembre pour une synthèse de l'évolution récente).



Autres informations

Météorologie au sommet (station Sanner)

Au mois de décembre 2022, les vents ont soufflé à une vitesse moyenne de **55.5 km/h** (maximum de **75.3 km/h**), et leur direction moyenne était **+87.0°N**. La station Sanner a enregistré une pluviométrie mensuelle cumulée de **286 mm**, et une température moyenne de **15.0°C**.



B. Activité tellurique régionale

Sismicité régionale

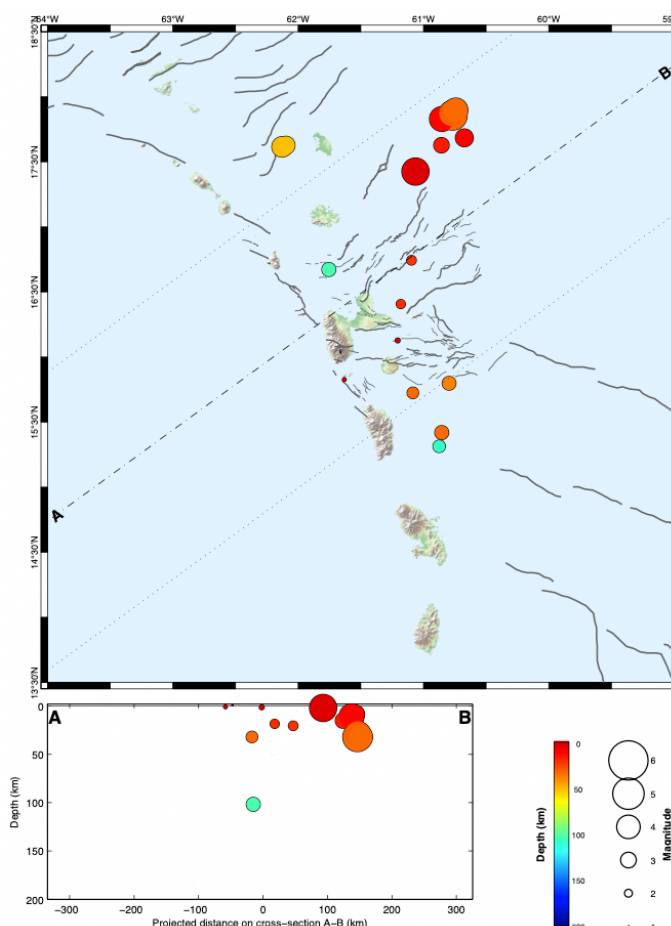
Contexte

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 de décembre 2022 un total de **82 séismes régionaux** d'origine tectonique, dont 19 ont pu être localisés et entrent dans le cadre de la figure 10, les autres étant plus lointains ou de trop faible magnitude. Les séismes les plus importants, de magnitude 4.5 à 4.7 se sont produits le 2 et le 20 décembre au nord-est de l'île d'Antigua, sur un réseau de failles présentant une activité sismique soutenue depuis plusieurs mois (voir bulletins précédents). Les séismes localisés au mois de décembre en dehors de cette zone ont une magnitude inférieure à 3.3.

Figure 10. Localisation des épicentres des séismes tectoniques enregistrés au mois de décembre 2022 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 décembre **9 séismes tectoniques**. Ce faible nombre de séismes s'inscrit dans une tendance de faible activité de la zone des Saintes en 2022, en particulier depuis le mois de juin. Le seul séisme localisable (Fig. 11), de magnitude 1.4 s'est produit le 26 décembre 2022, à très faible profondeur, au sud de Terre-de-Bas à proximité de la faille du Roseau. Il n'a pas été ressenti (absence de témoignage).

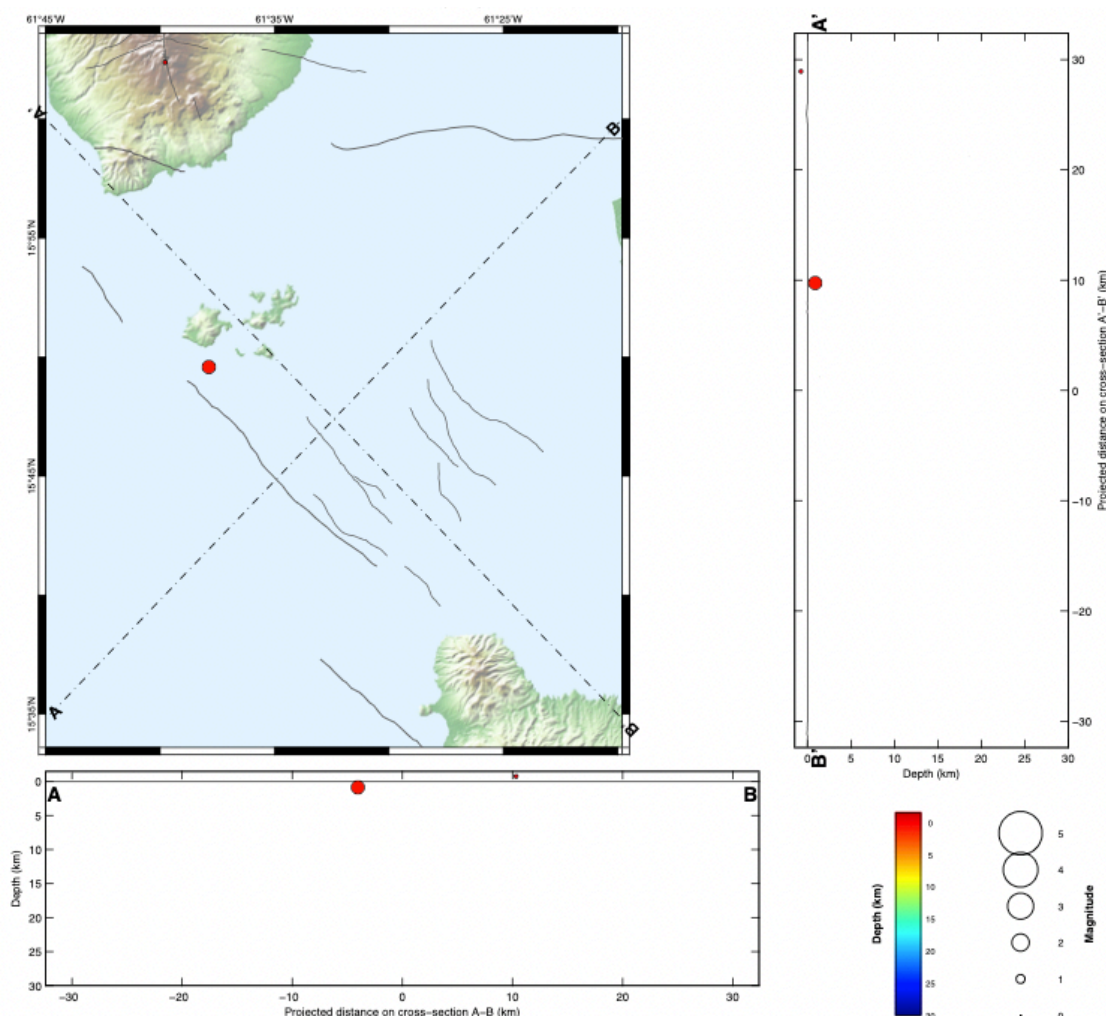


Figure 11. Epicentre du séisme tectonique localisable, enregistré au mois de décembre 2022 par l'OVSG-IPGP dans la zone des Saintes.



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 - Décembre 2022

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.