



Bulletin mensuel

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

ISSN 1622 – 4523

Novembre 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 novembre 2022, l'OVSG-IPGP a observé une faible sismicité volcano-tectonique, mais en nette augmentation en fin de mois (début d'essaim). Le régime de déformation est stationnaire. L'activité fumerolienne et la température des sources thermales montrent des variations locales, mais pas de changement global. 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 novembre 2022, l'OVSG-IPGP a enregistré 397 séismes volcaniques, dont 364 séismes volcano-tectoniques (VT) et 33 séismes VT emboîtés. La sismicité a été très faible jusqu'au 27 Novembre, date à laquelle un essaim sismique a débuté** (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 2.6 MJ, soit environ 5% de l'énergie sismique totale libérée lors des derniers 12 mois** (Fig. 2). **Cette activité sismique reste faible, mais en légère augmentation par rapport aux six derniers mois** (Fig. 1 & 2).

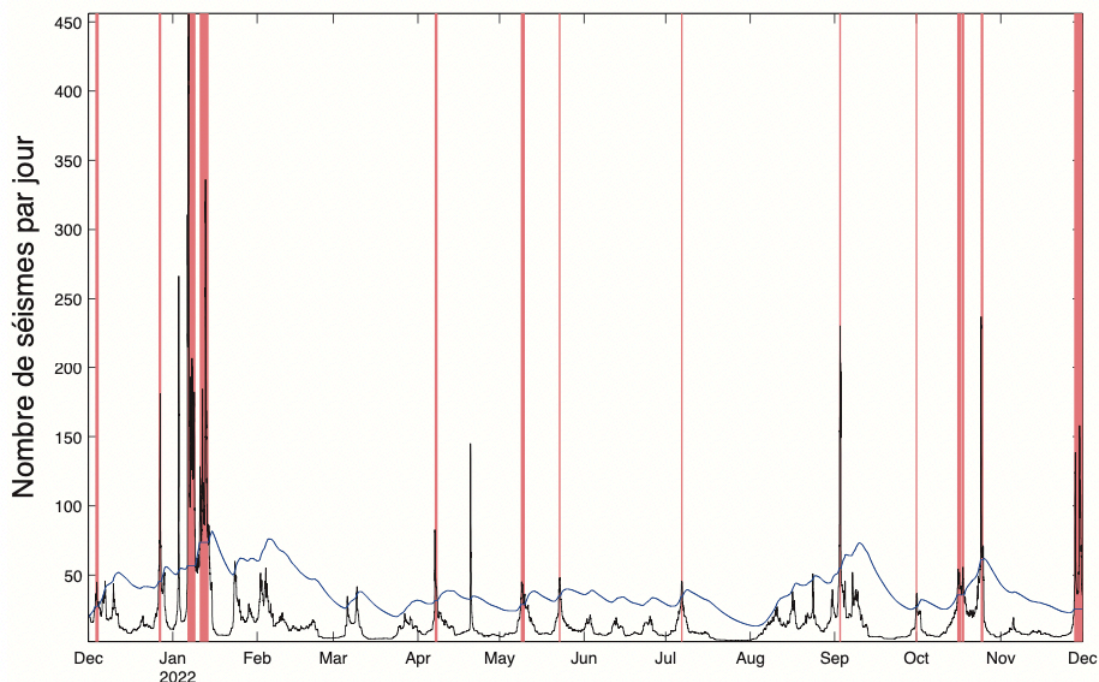


Figure 1. Taux de sismicité instantané (séismes VT) entre décembre 2021 et novembre 2022. Les bandes rouges caractérisent les essaims sismiques (voir les définitions de ces paramètres en annexe).

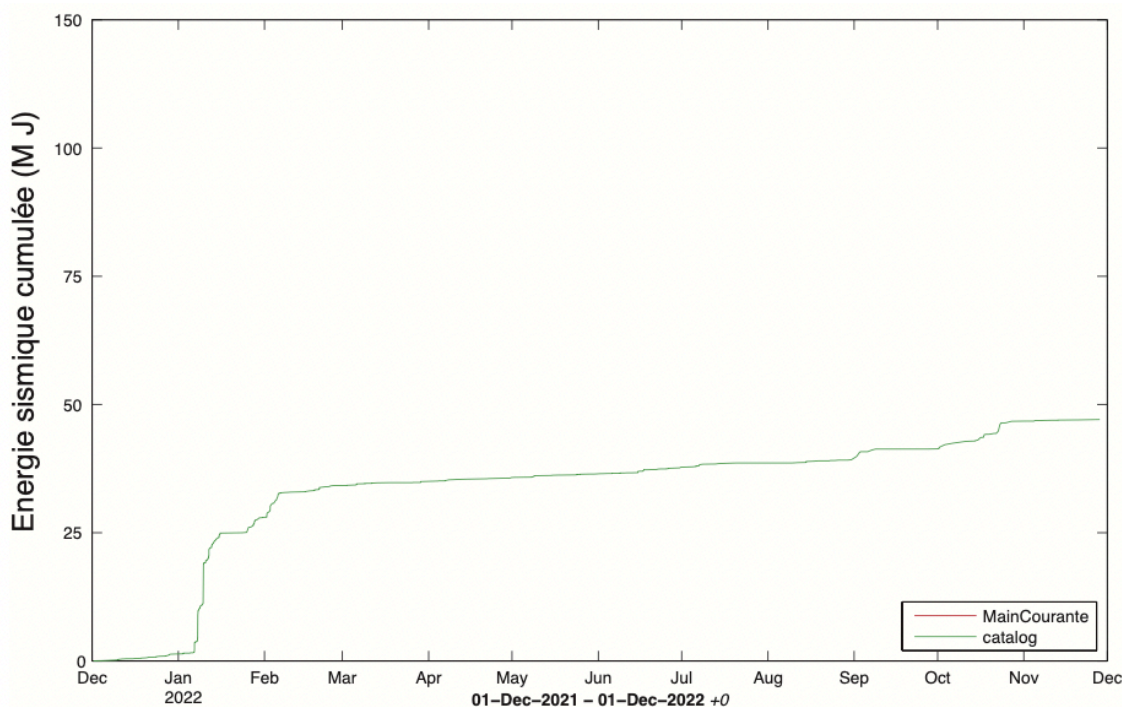


Figure 2. Diagramme de l'énergie sismique cumulée exprimée en mégajoules (M J), libérée par les séismes VT qui ont pu être localisés au cours des 12 derniers mois.



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

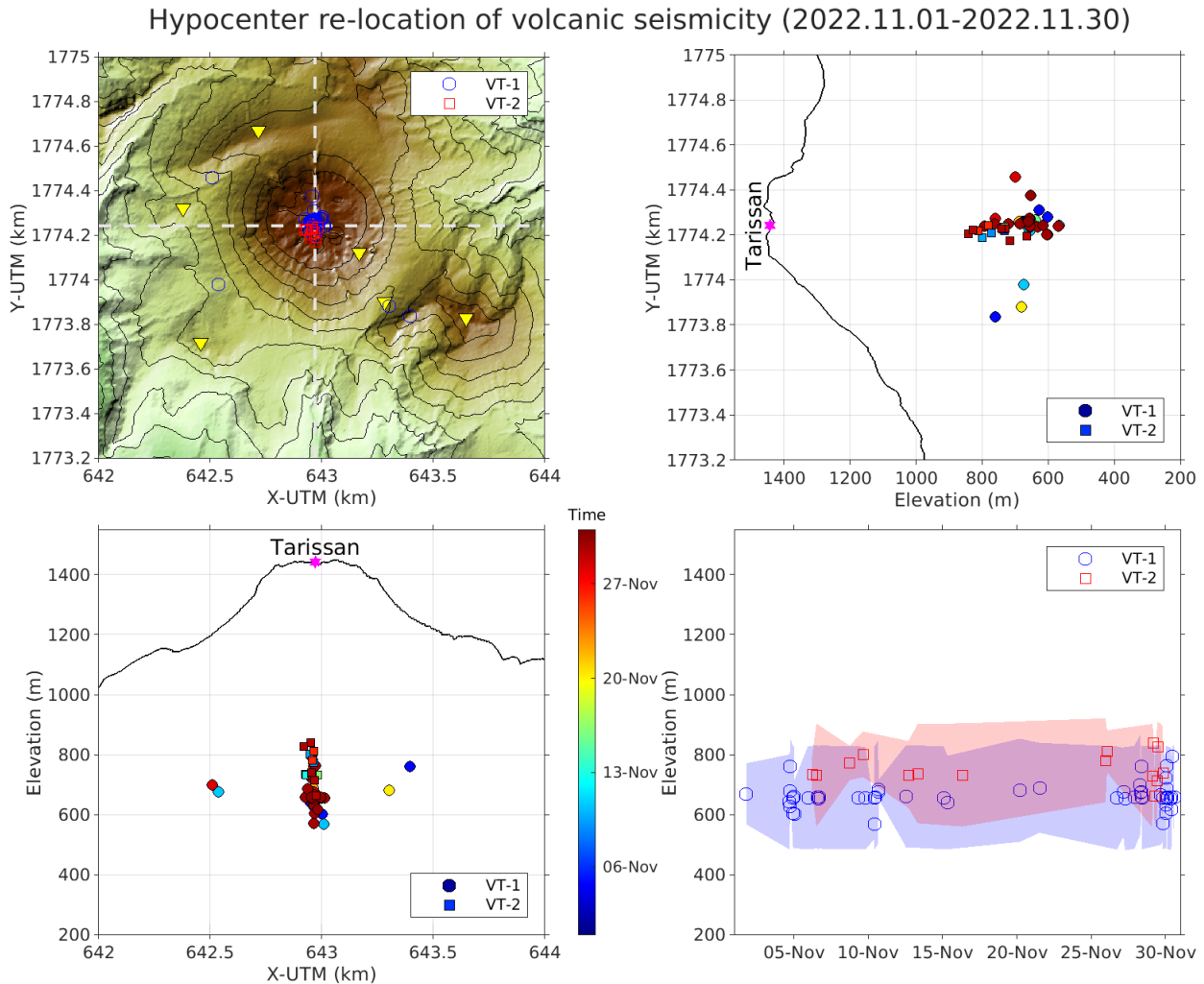


Figure 3. (a) Carte de localisation (épicesentres), (b et c) coupes NS et EO, et (d) évolution temporelle montrant la localisation en profondeur (hypocentres) des séismes VT localisables au mois de novembre 2022 sous le dôme de la Soufrière et le complexe volcanique autour du dôme. (a) Triangles jaunes : 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/a), 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. Aucune mesure d'extensométrie sur les fractures de la zone sommitale n'a été réalisée ce mois-ci.

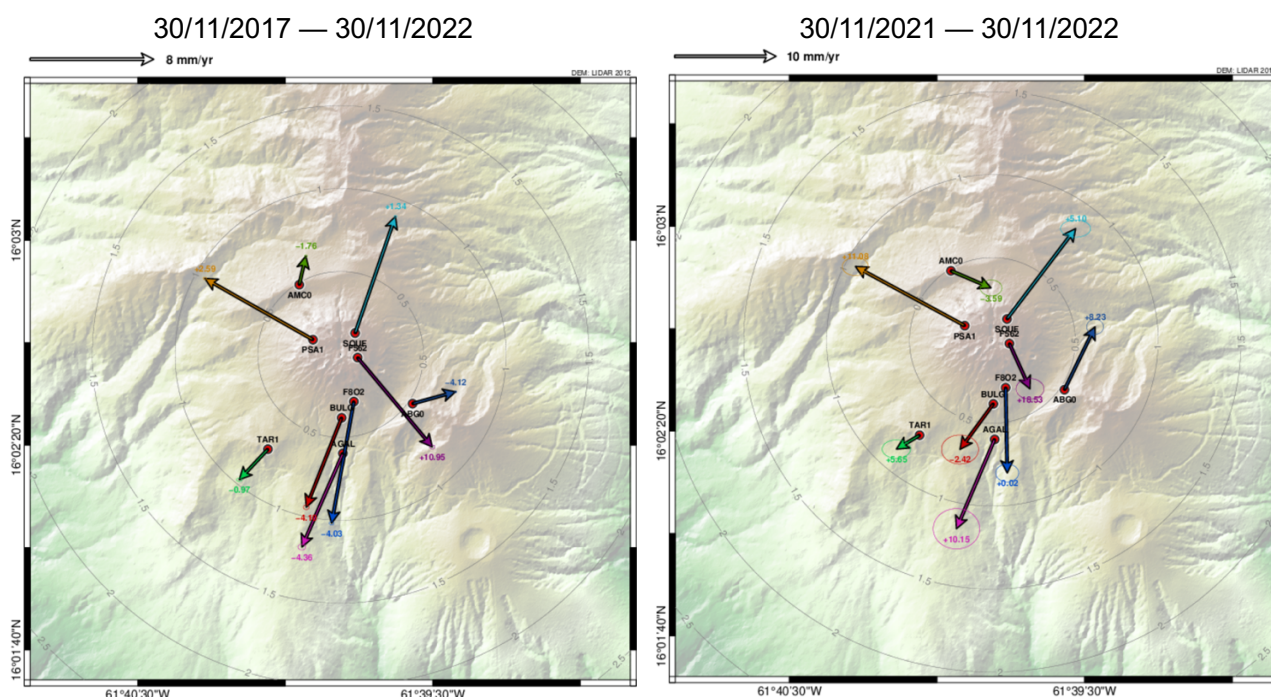


Figure 4. Déformation du dôme de la Soufrière enregistrée par le réseau GNSS : 5 ans vs. 1 an

Activité fumerolienne et géochimie des gaz

Une mission dédiée à l'étude de la phénoménologie et du dégazage au sommet du dôme (16 novembre 2022) confirme l'activité fumerolienne intense de Cratère Sud (événement CSN), comme observé depuis fin 2021. 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.



La fumerolle NapN n'a pas été échantillonnée ce mois-ci, mais les teneurs en CO₂ et espèces soufrées (H₂S et SO₂) ont été mesurées dans les panaches de gaz issus des fumerolles sur différents sites (CS, TAS, NapN, NapE) à l'aide d'un analyseur MultiGAS portable (Système d'Analyse de Gaz Multi-composants). Les rapports CO₂/H₂S et SO₂/H₂S sont primordiaux pour suivre l'activité volcanique et l'état du système en profondeur. Les rapport CO₂/H₂S sont relativement stables depuis mi-2021 (Figure 5). Or, la concentration en SO₂ est en augmentation depuis mi-2021. Cette tendance de plus fortes concentrations en SO₂ pourrait être liée à une diminution de la dissolution des gaz acides dans les nappes phréatiques superficielles (« scrubbing »), le scrubbing semblant être au minimum début 2022. Cette tendance s'observe aussi sur le site G56. Elle est également à rapprocher de l'évolution récente de la fumerolle NapN (diminution du pH et augmentation de température) également attribuée à une diminution du scrubbing (voir bulletin d'octobre).

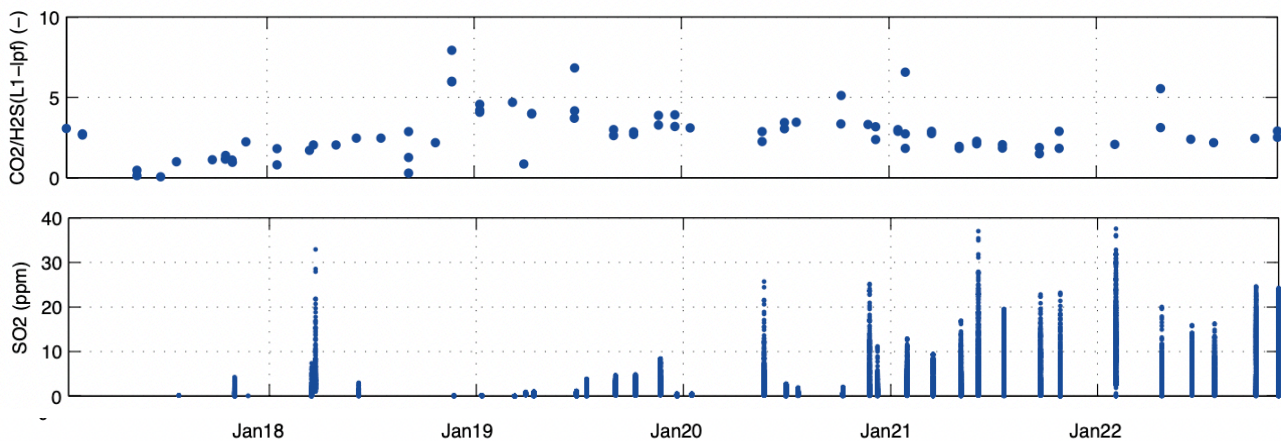


Figure 5. Rapport CO₂/H₂S et concentrations en SO₂ des fumerolles de Cratère Sud, entre Janvier 2017 et Novembre 2022. Un facteur de 0.85 doit être appliqué au rapport CO₂/H₂S pour corriger l'effet de la pression atmosphérique.

Lac acide du gouffre Tarissan

Le lac n'a pas été échantillonné au mois de novembre 2022.

Sources thermales

L'inspection bimestriel des sources thermales a eu lieu entre le 9 et 30 novembre 2022. Cette inspection a révélé que plusieurs sources ont été transformées par la tempête FIONA (17 septembre). Pour certaines sources (Tarade, Habitation Revel), les éboulements et glissements de terrain ont bouché les bassins, empêchant le prélèvement et le suivi de la température et de la composition des sources. Pour d'autres sources (2ème Chute du Carbet, Carbet-Échelle), la configuration de la source a changé imposant un



nouveau point de prélèvement. Plusieurs enregistreurs de température ont également été perdus (ensevelis ou entraînés).

Plusieurs sources montrent des faibles variations de températures, sans tendance pluriannuelle : Carbet-Echelle (20.6°C), 2ème Chute du Carbet (41.0°C), grosse corde (38.2°C), Pas du Roy (35°C), Bain jaune (30.1°C), Bains Chauds Matouba (58.4°C) et Tarade (45.5°C) (Températures de novembre 2022). Bain jaune supérieur (33.1°C) perd 1.2°C depuis juillet, marquant une pause dans la hausse de température amorcée en 2016 (31°C alors). Les sources Ravine Marchand 2 (22.7→ 21.1°C) et Ravine Marchand 3 (45.6→ 45.2°C) se refroidissent légèrement en 2022.

D'autres sources montrent des variations de températures plus importantes. La température de Galion (GA) a baissé de 2°C en 2022 (54 à 52°C), rompant ainsi l'augmentation progressive de température depuis 2018 (49°C) (Figure 6). Le refroidissement de Galion est anti corrélé à un réchauffement de 2-3°C de Gallion blanc (GAB). Les sources étant voisines de quelques mètres seulement, ces évolutions opposées suggèrent une interaction (mélange) des alimentations en profondeur depuis 2022 (Figure 6). Des évolutions opposées des températures de GA et GAB ont déjà été vues dans le passé (par exemple en 2016).

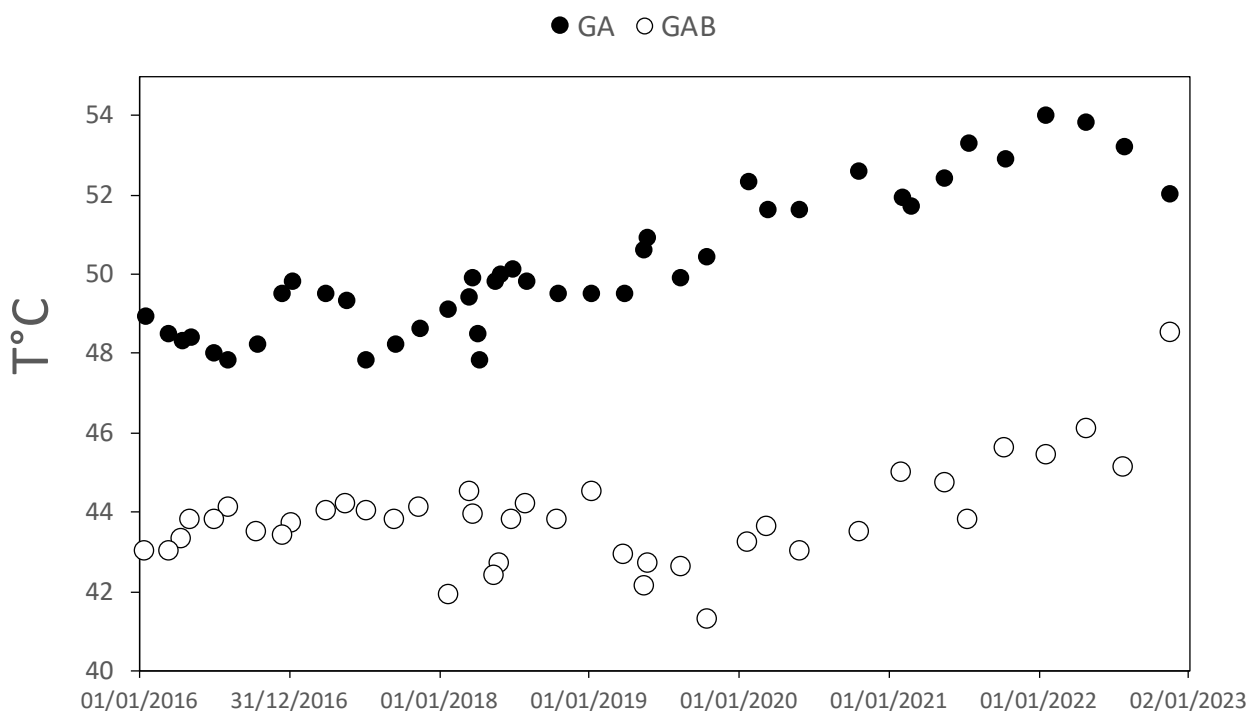


Figure 6 : Evolution de la température des sources Galion (Ga) et Galion blanc (GAB) depuis 2016. Les enregistreurs de températures ayant été perdu pendant la tempête FIONA (17 septembre 2022), ces évolutions sont basées sur les mesures ponctuelles.



Ravine Goyavier 01 (RG01) montre une augmentation marquée de température (32 à 37°C) depuis fin août 2022 (Figure 7). Cette augmentation enregistrée dans les sondes permanentes (tinytag) est confirmée par les mesures ponctuelles réalisées manuellement. Bien que Ravine Goyavier 02 soit très proche de RG01, RG02 ne montre pas d'augmentation de température marquée en 2022, mais un léger réchauffement très progressif (+1°C) depuis 2020. Les évolutions de température décrites ci-dessus ne sont pas associées à des changements importants du pH ou de la teneur en ions majeurs des eaux.

En conclusion, l'ensemble des sources thermales ne montre pas en 2022 une évolution cohérente qui pourrait traduire un changement global des conditions physicochimiques et thermiques du système, en relation avec l'activité magmatique profonde. Les évolutions marquées et rapides de température semblent davantage être le résultat d'interactions/mélanges entre les différents chenaux d'alimentation des sources, potentiellement liées à la déformation de l'édifice.

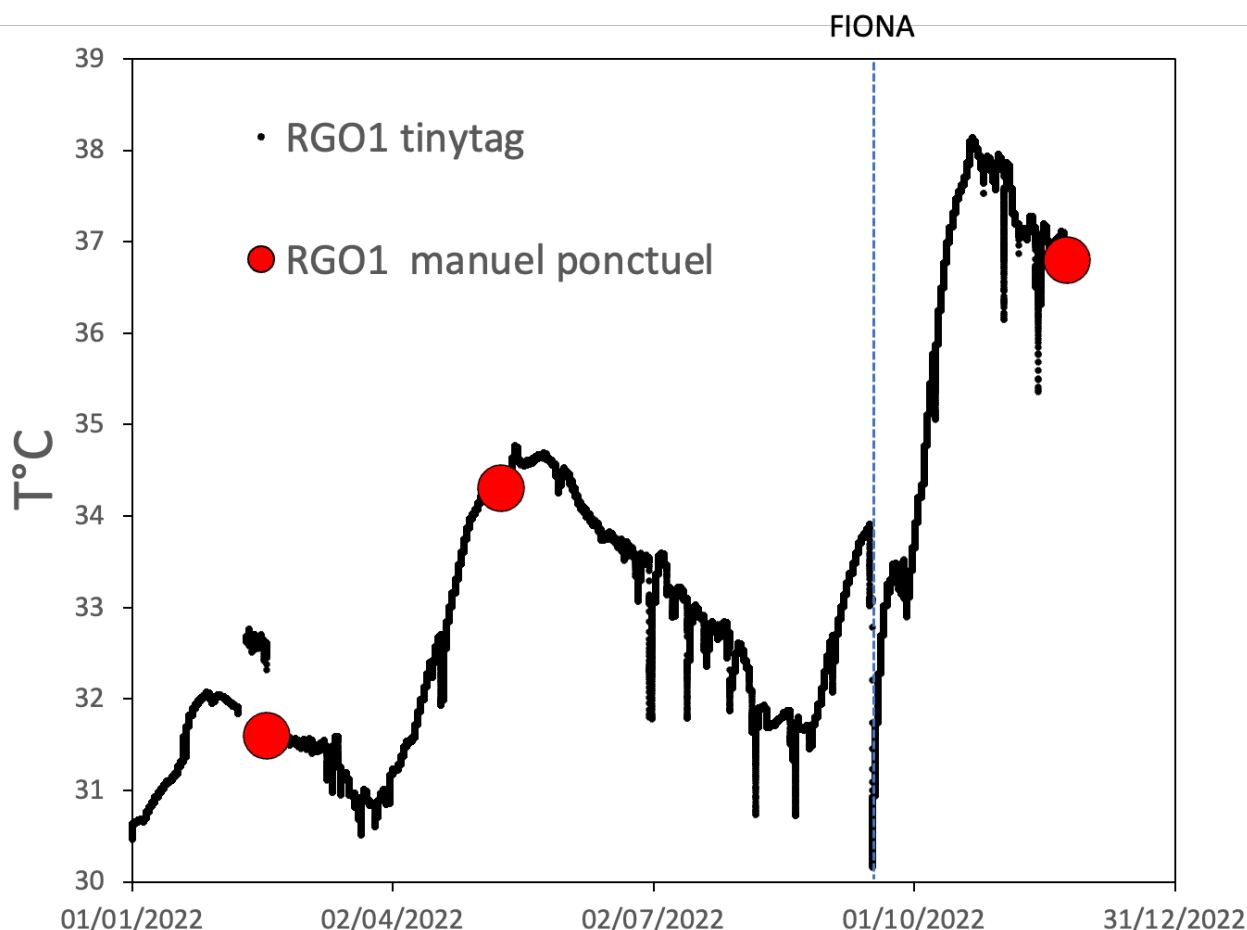


Figure 7 : Evolution de la température de la source Ravine Goyavier 01 (RG01) en 2022. Cette évolution est reconstruite à partir des sondes de température permanentes « tinytag » et des mesures ponctuelles réalisées manuellement. La baisse transitoire de la température lors de la tempête FIONA (17 septembre 2022) est indiquée.



Autres informations

Météorologie au sommet (station Sanner)

Au mois de novembre 2022, les vents ont soufflé à une vitesse moyenne de **40.4 km/h** (maximum de **76.3 km/h**), et leur direction moyenne était **+61.0°N**. La station Sanner a enregistré une pluviométrie mensuelle cumulée de **542 mm**, et une température moyenne de **15.1°C**.



B. Activité tellurique régionale

Sismicité régionale

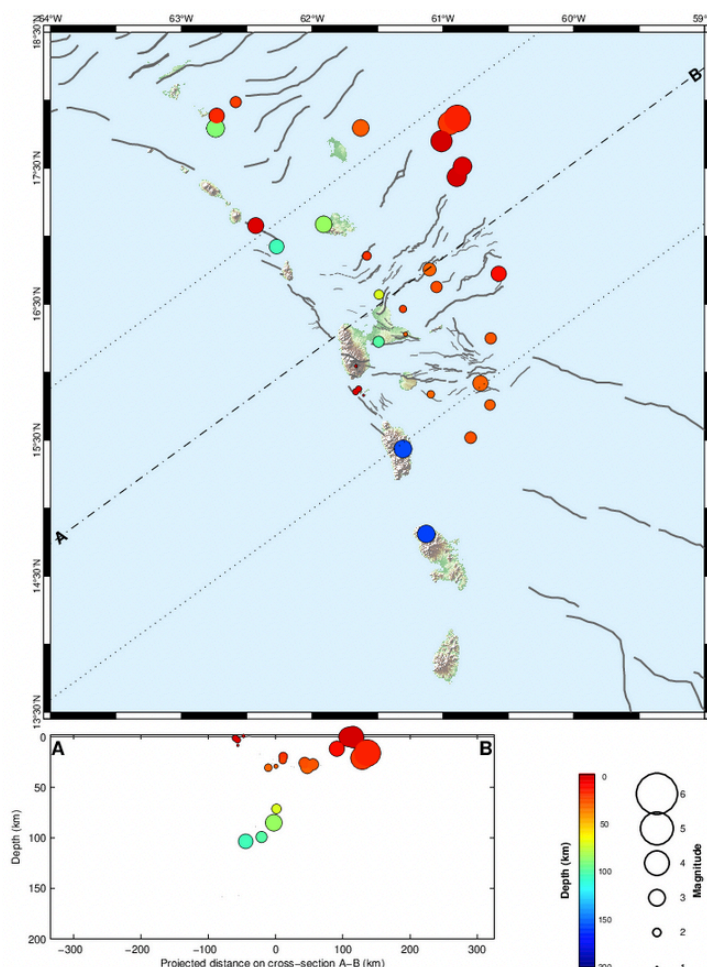
Contexte

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 novembre 2022 un total de 81 séismes régionaux d'origine tectonique, dont 37 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 important, de magnitude 4.1, a été enregistré le vendredi 25 novembre au nord-est de Barbuda, à 16 km de profondeur. Il n'a pas été ressenti sur les îles françaises. Ce séisme a été accompagné de plusieurs séismes de magnitude 3.1 à 3.7 sur le même réseau de failles, confirmant l'activité sismique persistante observée depuis plusieurs mois dans cette zone (voir bulletins précédents). Les séismes enregistrés au mois de novembre en dehors de cette zone ont une magnitude inférieure à 3.1.

Figure 8. Localisation des épicentres des séismes tectoniques enregistrés au mois de novembre 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 12 séismes tectoniques, dont 3 ont pu être localisés (Fig. 9). Ces séismes de magnitude maximale 1.6 n'ont pas été ressentis (absence de témoignage). Les deux séismes principaux ont eu lieu les 1er et 25 novembre, au nord-ouest de Terre-de-Bas, à moins de 5 km de profondeur.

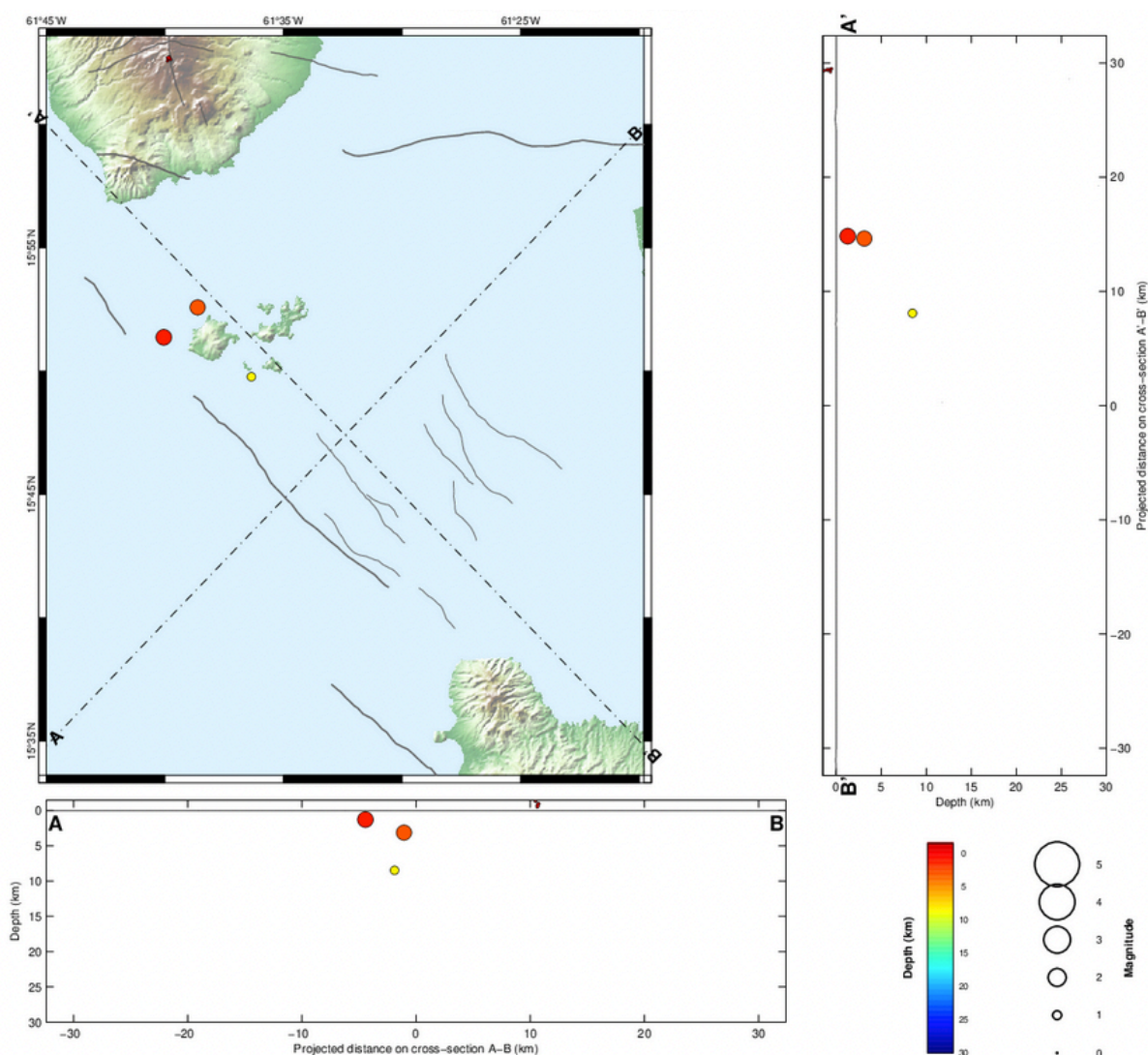


Figure 9. Localisation des épicentres des séismes tectoniques enregistrés au mois de novembre 2022 par l'OVSG-IPGP dans la zone des Saintes



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 : <http://www.ipgp.fr/fr/ovsm/bilans-mensuels-de-lovsm>

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 - Novembre 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 : ipgp.fr/fr/ovsg/actualites-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.