



Bulletin mensuel

Institut de physique du globe de Paris

Observatoire volcanologique et sismologique de Guadeloupe

ISSN 1622 – 4523

Février 2024

Résumé

Volcan de la Soufrière

- Sismicité : **687** séismes volcano-tectoniques (VT), dont 3 essaims de 99, 288 et 82 séismes, ont été détectés dans le secteur du volcan. Tous les séismes ont une magnitude négative et sont localisés à moins de 1 km de profondeur sous le dôme de la Soufrière. L'énergie libérée (**1.4 MJ**) est en légère hausse par rapport au mois précédent.
- Gaz : les températures des fumerolles sont stables à Cratère Sud (**204°C à CSS et 142°C à CNS**) et continuent à baisser à Napoléon Nord (**93°C**) depuis octobre 2023. L'analyse des données de thermo-barométrie depuis 2017 révèle que la **température et la pression d'équilibre des gaz de la fumerolle Napoléon Nord ont baissé en 2022-2023**, se rapprochant des conditions P-T de surface. Cette évolution peut être expliquée par une baisse de la pression de vapeur dans un système hydrothermal plus ouvert.
- Résumé de l'évolution 2023 (voir rapport annuel 2023 de OVSG-IPGP prochainement disponible sur le site internet de l'OVSG)

En 2023, l'activité de La Soufrière a été marquée par une augmentation très importante de la température des fumerolles, dépassant pour la première fois 200°C au Cratère Sud depuis le début du suivi. Cette augmentation implique un déséquilibre entre le flux de chaleur profond et la quantité d'eau disponible dans le système hydrothermal. Parallèlement, l'activité fumerolienne a continué à s'étendre au sommet et sur les flancs du volcan. Le réseau GNSS a enregistré la poursuite de la déformation radiale centrifuge du sommet du volcan, en réponse à la pressurisation globale du système hydrothermal. Ce gonflement semble toutefois ralentir, en accord avec les données d'extensométrie qui révèlent un ralentissement de l'ouverture, voire une tendance à la contraction des grandes failles sommitales. Cette tendance à la dépressurisation est accompagnée d'une baisse de 28 % de l'énergie libérée par l'activité sismique (relativement à 2022), et une baisse de la température et de la pression d'équilibre des gaz. Après une alimentation massive en fluides hydrothermaux profonds début 2022, le niveau du lac Tarissan est resté haut en 2023. Les sources thermales situées en altitude sur le flanc sud de la Soufrière ont poursuivi leur réchauffement débuté il y a plus de 25 ans, témoignant du réchauffement lent mais continu du système hydrothermal de la Soufrière. Malgré ces tendances, les signatures des gaz inertes et la sismicité profonde très faible indiquent une stabilité du système magmatique en profondeur.

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

- Activité faible : **85 séismes de magnitude ≤ 3.9** ont été enregistrés sur les réseaux de failles régionales
- Un séisme faible (magnitude 2.5 ± 0.3) a été ressenti le dimanche 18 février 2024 à 23:22 (heure locale). L'épicentre a été localisé à 8 km au nord de Deshaies, à 8 km de profondeur.



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).

Entre 2017 et 2021, des injections répétées de gaz magmatiques se sont produites à la base du système hydrothermal à une profondeur entre 2 et 3 km sous le sommet. Ces injections ont engendré un processus récurrent de surchauffe et de surpression du système hydrothermal qui s'est 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) (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'évaporation quasi-totale du lac Tarissan et sa réalimentation par des fluides profonds fin 2021.

Depuis 2022, nous enregistrons une baisse de la micro-sismicité, un ralentissement de l'ouverture du dôme (GNSS), une contraction des grandes failles sommitales, une baisse de la pression et de la température d'équilibre des gaz, et paradoxalement une hausse de la température des fumerolles avec des températures records (>200°C à Cratère Sud, > 100°C à Napoléon Nord). Ces tendances montrent que le système hydrothermal est globalement plus ouvert, plus sec et moins pressurisé. Les projections occasionnelles de boue brûlante (mai 2022, janvier 2024) et le creusement du cratère NapE1 en 2023 montrent que le système reste instable.

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 des changements rapides de régime du volcan, on ne peut 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* doit (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. * Cratère Sud (CSN, CSC, CSS), Gouffre 56 (G56), Gouffre Tarissan (TAS); Cratère Napoléon (NAPN, NAPE1, NAPE2), Fracture Lacroix (LCS) (Fig. 1).

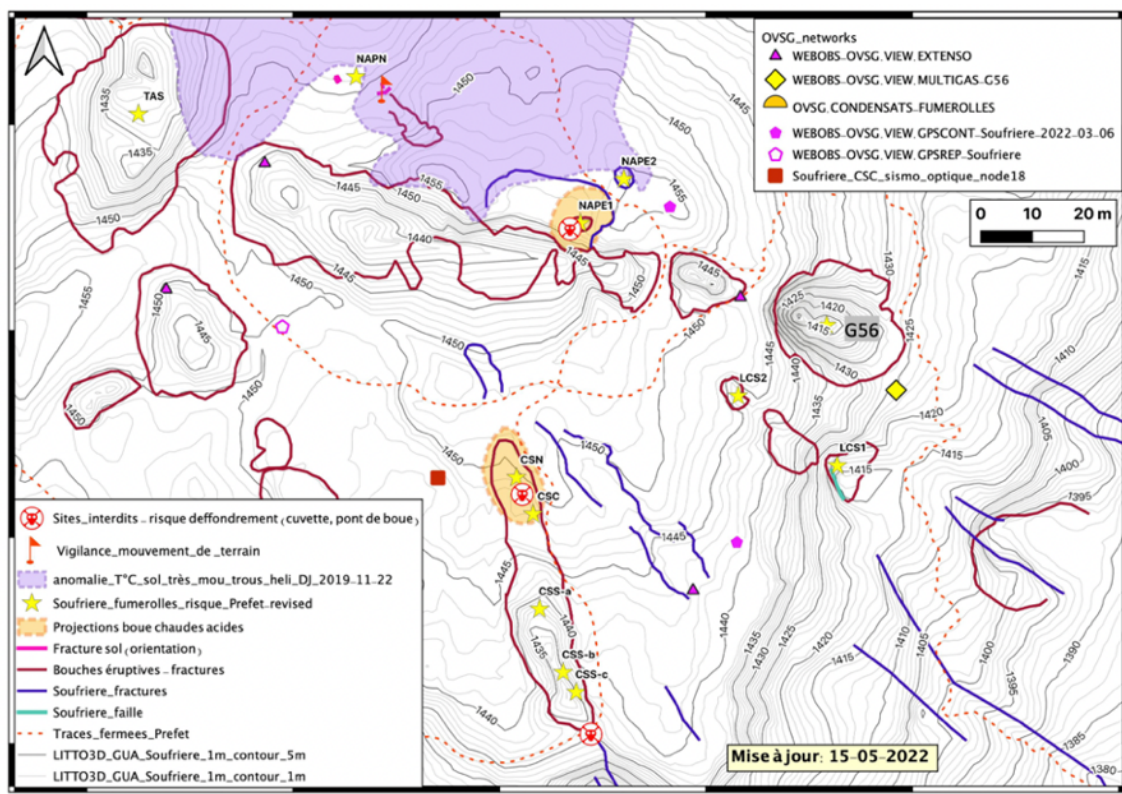


Figure 1 : Carte du sommet de la Soufrière de Guadeloupe montrant la localisation des sites actifs mentionnés dans ce bulletin : Cratère Sud (CSN, CSC, CSS), Gouffre 56 (G56), Gouffre Tarissan (TAS); Cratère Napoléon (NAPN, NAPE1, NAPE2), Fracture Lacroix (LCS). Les réseaux de mesures de l'OVSG sont 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 de février 2024, l'OVSG-IPGP a enregistré **687 séismes volcano-tectoniques (VT)**, dont un essaim de **99 séismes entre le 5 et le 6 février**, un essaim de **288 séismes entre le 16 et 19 février**, et un essaim de **82 séismes le 29 février** (Fig. 2). Tous les séismes ont une magnitude négative. Cette activité a libéré une énergie de **1.4 MJ** en légère hausse par rapport au mois précédent (1.2 MJ).

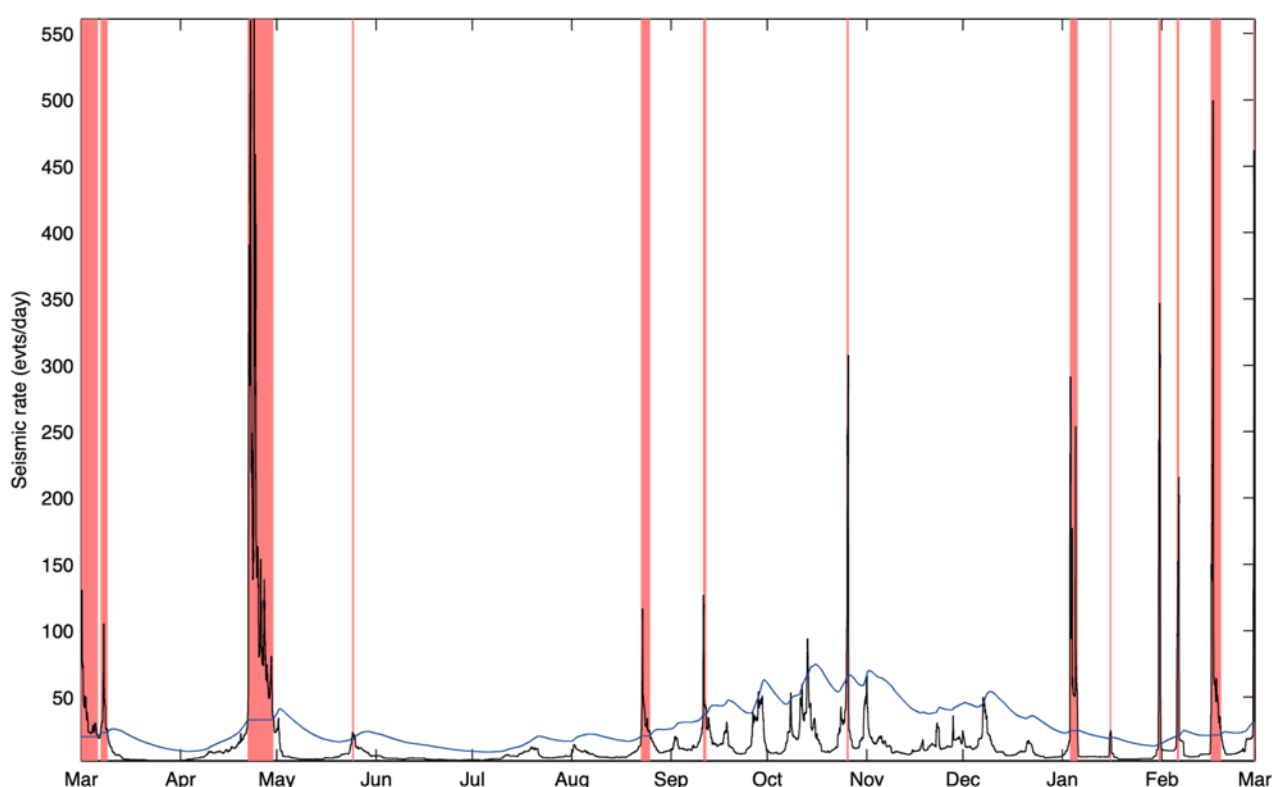


Figure 2. Taux de sismicité instantané (séismes VT) entre le 1^{er} mars 2023 et 1^{er} mars 2024. Les bandes rouges caractérisent les essaims sismiques (voir les définitions de ces paramètres en annexe).

Les séismes VT appartiennent majoritairement aux familles VT1 et VT5 localisés à moins de 1 km sous le dôme de La Soufrière (Fig. 3). A noter que la famille de séismes VT2 n'est pas franchement réapparue (3 détections) depuis le séisme tectonique ressenti du 2 décembre 2023 (Magnitude 6.0). La profondeur des séismes ne montre pas d'évolution temporelle au cours du mois (Fig. 3d). En marge du secteur volcan, on note qu'un séisme tectonique LP s'est produit le 28 février à 15:50:56 TU à l'est de la Madeleine à faible profondeur.



Hypocenter re-location of volcanic seismicity (2024.02.01-2024.02.29)

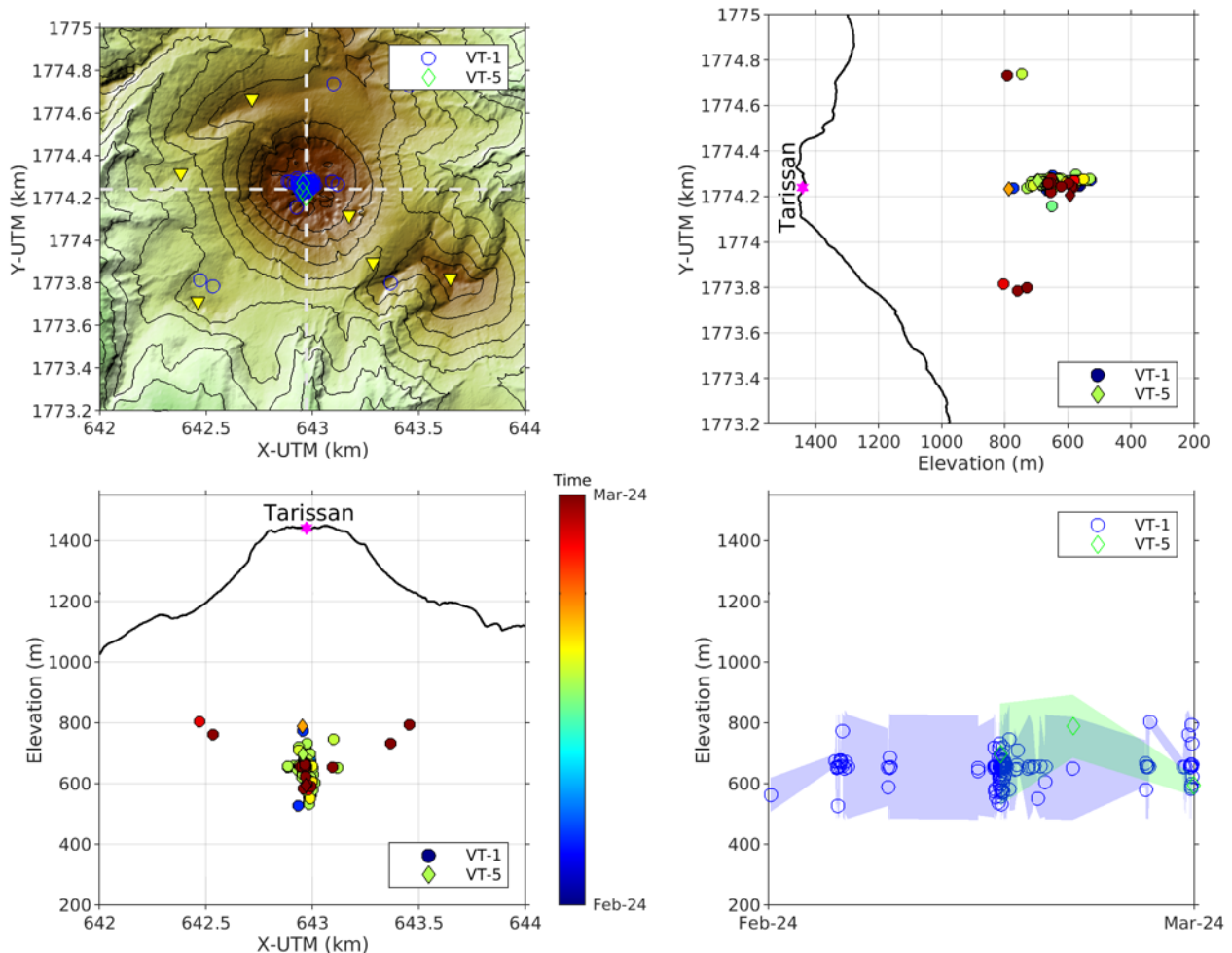


Figure 3. Haut-gauche : carte de localisation (épices). Triangles jaunes : localisation des stations sismiques. Haut-droite et bas-gauche : coupes NS et EO. Bas-droite : évolution temporelle montrant la localisation en profondeur (hypocentres) des séismes VT localisables au mois de février 2024 sous le dôme de la Soufrière et le complexe volcanique autour du dôme.

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. 4) montrent une déformation horizontale radiale du sommet du volcan à une vitesse comprise entre **2.9** (F562) et **12.4 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.

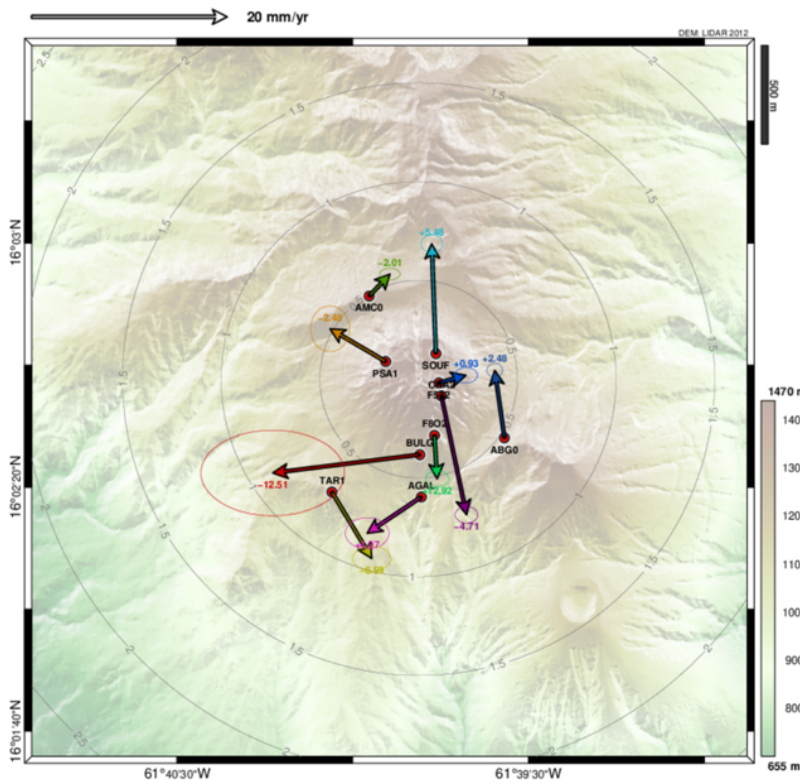


Figure 4. Déformation du dôme de la Soufrière enregistrée par le réseau GNSS permanent entre le 1 mars 2023 et le 1 mars 2024. La taille de la flèche et la valeur indiquée en haut à gauche indique le taux de déformation horizontale en mm par an. Le chiffre au bout de chaque flèche indique la valeur de 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.

L'évolution de la déformation au cours des cinq dernières années (1er mars 2019 - 1er mars 2024) est illustrée par les déplacements relatifs entre stations GNSS (Fig. 5). Cette figure montre que 1) l'ouverture du dôme s'est accélérée en 2020, et 2) la base du dôme est relativement statique à l'exception du secteur sud-est (AGAL – ABG0 – trait bleu) en ouverture. En 2023, les mouvements d'éloignement des stations du sommet (PSA—SOU ; PSA—CRA) semblent ralentir, en accord avec la légère baisse de la vitesse d'ouverture du dôme et les tendances à la fermeture des grandes failles enregistrées par les mesures d'extensométrie.

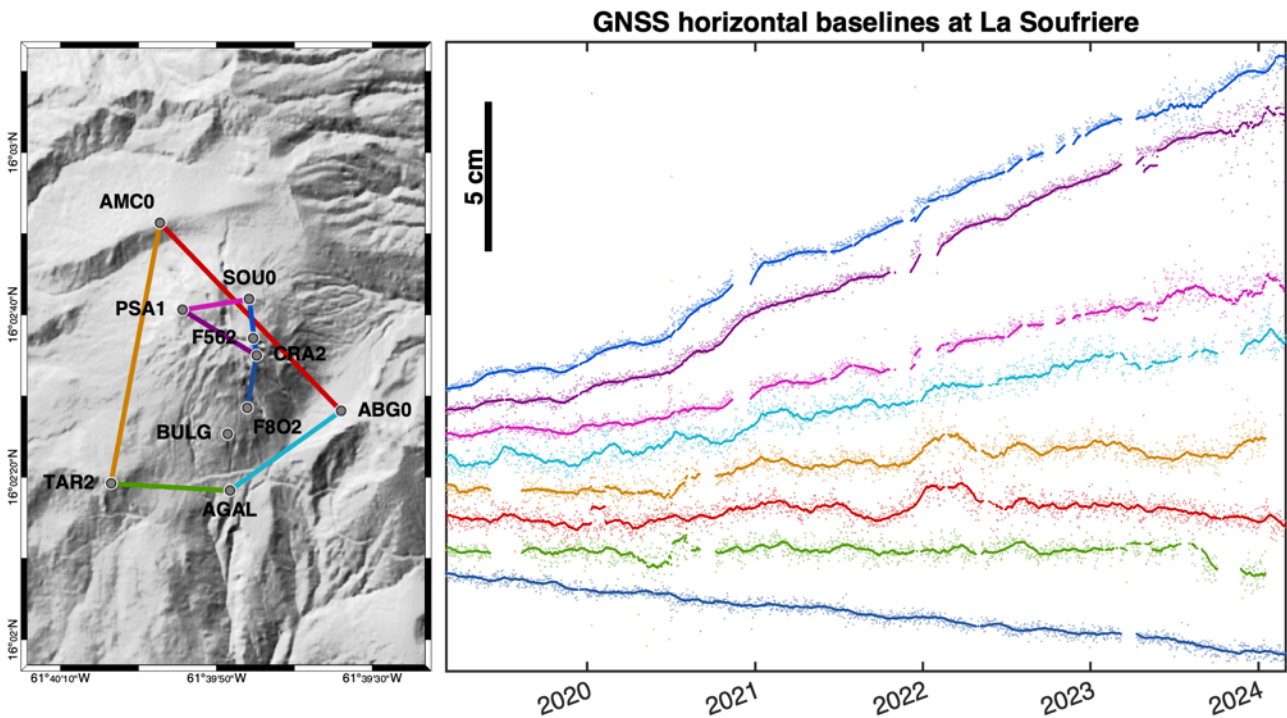


Figure 5. Evolution sur 5 ans des distances séparant les stations GNSS permanentes localisées sur le volcan de la Soufrière.

Activité fumerolienne et géochimie des gaz

Températures

La température de la fumerolle Napoléon Nord a été mesurée à **93°C** le 7 février 2024. Il s'agit de l'une des valeurs les plus basses mesurées ces dernières années (Fig. 6). En accord avec l'enregistrement continu (Fig. 7), la fumerolle montre une baisse de température depuis octobre 2023, après le pic (100.5°C) du 14 septembre 2023.

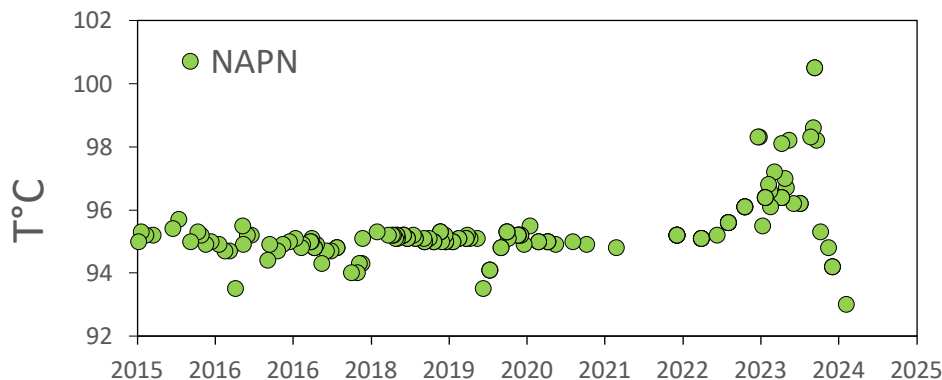


Fig. 6 : Mesures ponctuelles de températures à l'évent NapN

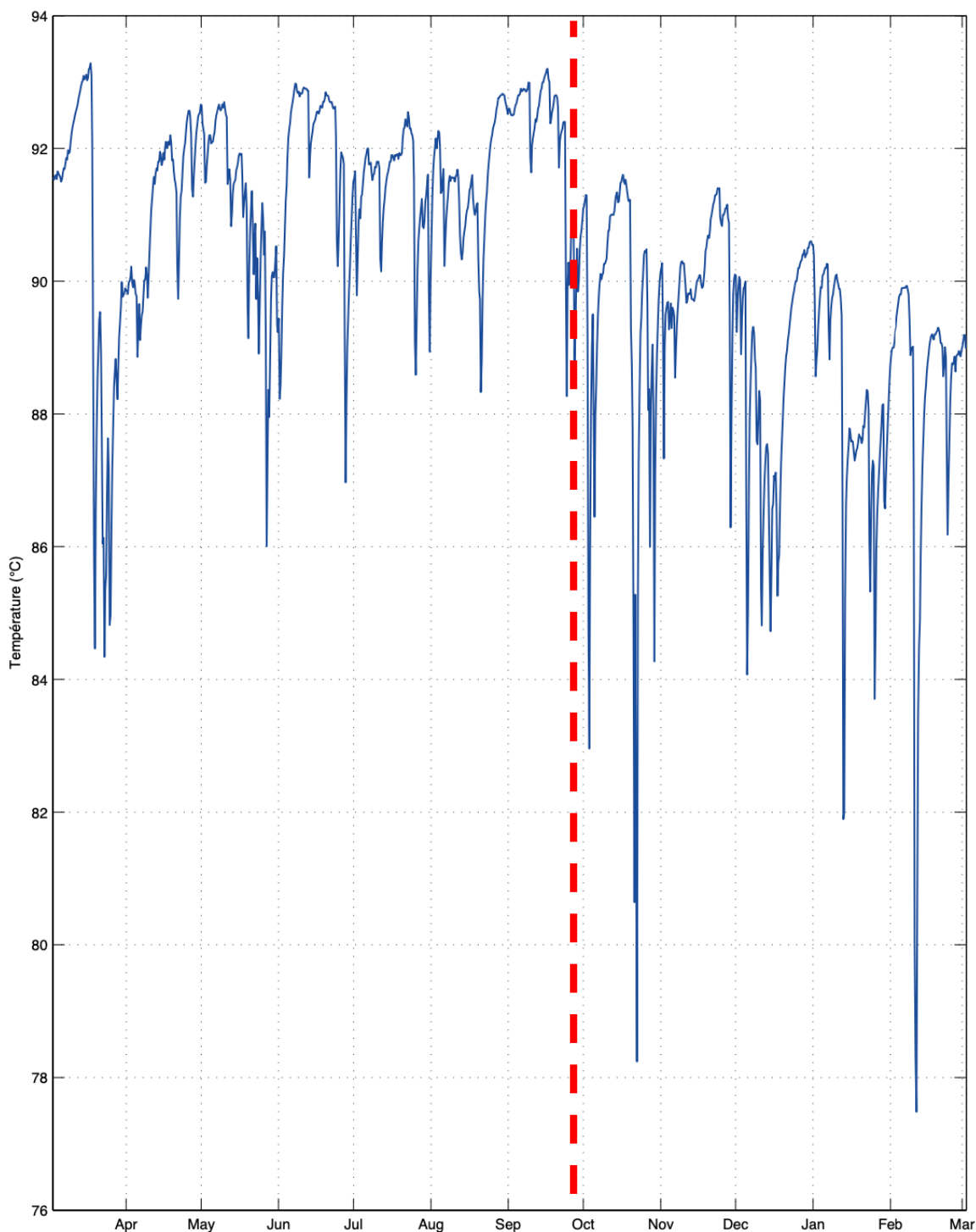


Fig. 7 : Evolution de la température de l'évent NapN entre le 1 mars 2023 et le 1 mars 2024, enregistrée par une sonde permanente. Une baisse de température a débuté en octobre 2023 (trait rouge).



Les températures des fumerolles de la fissure Cratère Sud, mesurées par caméra thermique le 2 février, sont de **142°C à CSN** et **204°C à CSS** (Fig. 8). Ces valeurs sont proches des précédentes mesures.

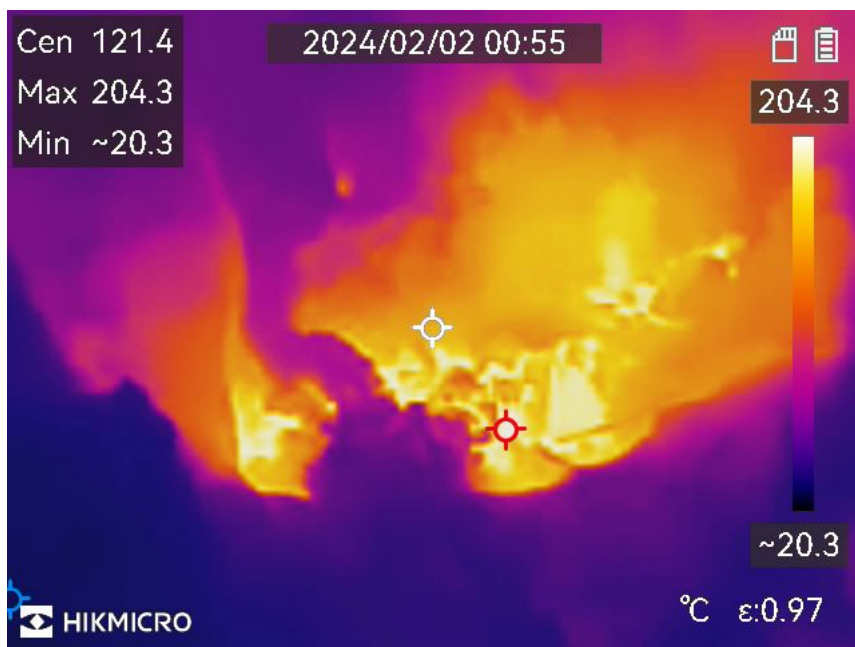


Fig. 8 : Image thermique de l'événement CSS, réalisée le 2 février 2024 depuis le bord ouest de la fracture.

Lac Tarissan

Le niveau du lac a été mesuré à **-87.3 m** sous le point de descente, sur une tendance générale à l'approfondissement depuis le niveau haut atteint en septembre 2022 (-79 m) (Fig. 9). Le pH (**+0.24**) est dans la gamme des valeurs mesurées depuis la remontée du lac en 2022 (+0.10 à +0.79).

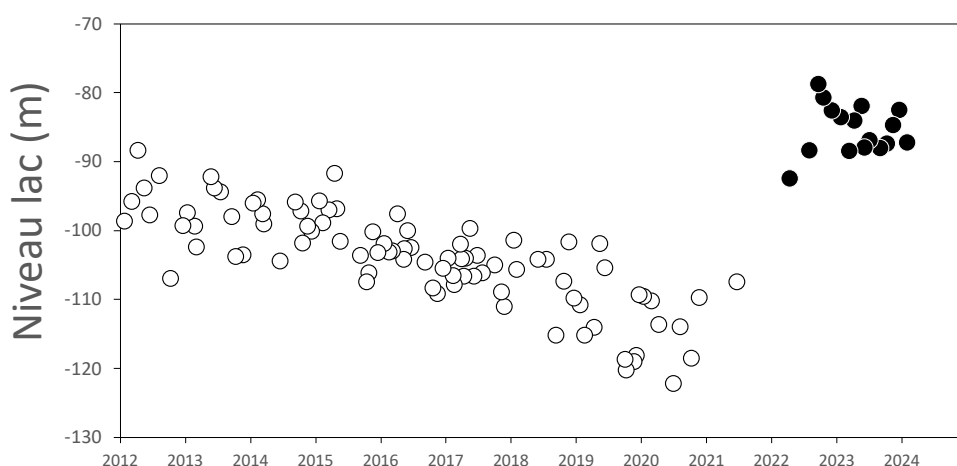
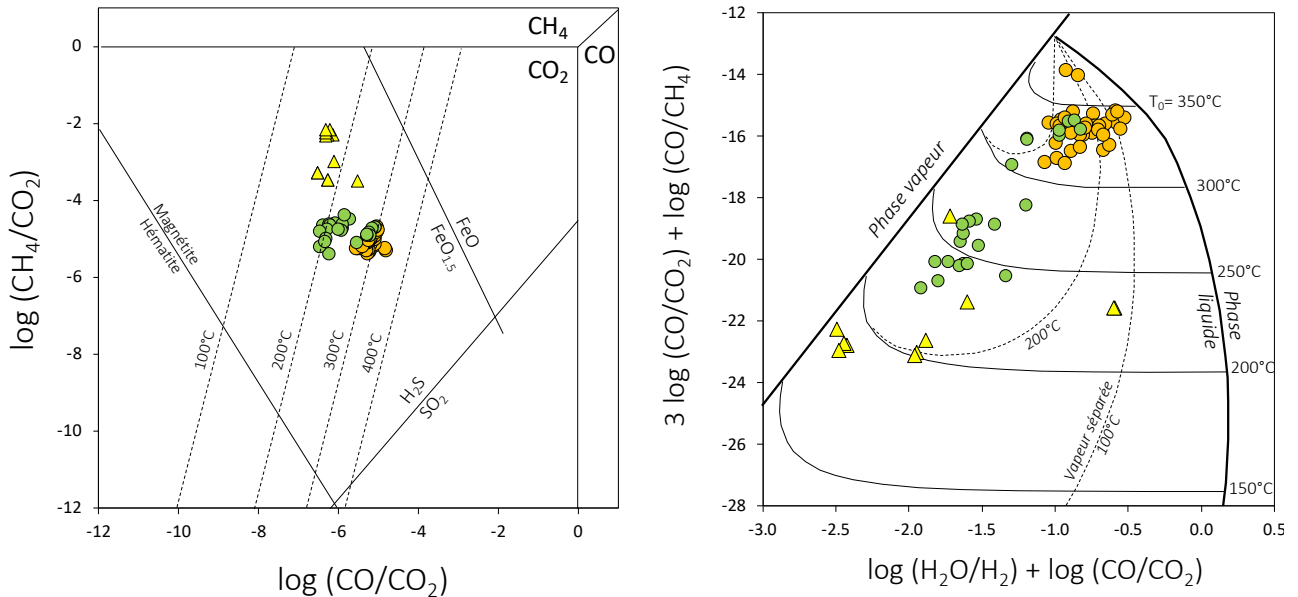


Fig. 9 : Evolution du niveau du lac Tarissan entre 2012 et 2024. Référence : point de descente.



Thermo-barométrie des gaz (analyses des tendances pluriannuelles)

L'analyse des données de thermo-barométrie depuis 2017 révèle que la température et la pression d'équilibre des gaz de la fumerolle Napoléon Nord ont baissé en 2022-2023, se rapprochant des conditions P-T de surface (Fig. 10). Cette évolution pourrait être expliquée par une baisse de la pression de vapeur dans un système hydrothermal plus ouvert vers la surface.



- CSC 2017-2021
- NapN 2020-2023
- ▲ Montserrat 1991-1992

Figure 10 : Gauche : Conditions redox et températures d'équilibre des gaz de la Soufrière de Guadeloupe et de Soufrière Hills (Montserrat) déduites des abondances relatives de CO_2 , CO et CH_4 (Giggenbach, 1987). Droite : température d'équilibre des gaz dans un espace d'équations indépendant des conditions redox (Chiodini and Marini, 1998 ; Moretti et al. 2020). Les compositions 2020-2023 de la Soufrière (points verts) évoluent vers une baisse de la température d'équilibre.

Sources thermales

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

Autres informations

Météorologie au sommet (station Sanner)

Au mois de février 2024, la station Sanner a enregistré une pluviométrie mensuelle cumulée de **222.4 mm**, et une température moyenne de **19.6 °C**.



B. Activité tellurique régionale

Sismicité régionale

Contexte

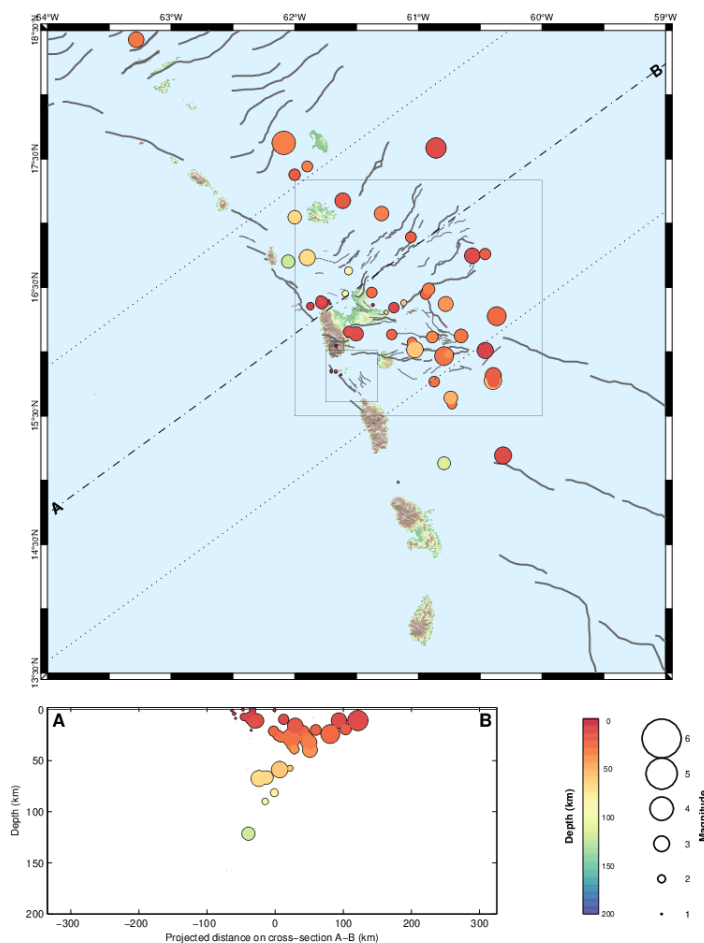
L'arc insulaire des Petites Antilles résulte du plongement de la plaque Amérique sous la plaque Caraïbe, à une vitesse de convergence de 2 cm/an. Elle provoque une déformation de la limite de ces plaques, faisant de l'archipel de Guadeloupe une région à forts aléas volcanique et sismique. Certains séismes 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 février 2024 un total de **85 séismes** régionaux d'origine tectonique, dont 61 ont pu être localisés et entrent dans le cadre de la Figure 11, les autres étant plus lointains ou de trop faible magnitude. Les magnitudes enregistrées sont comprises entre -0.8 et 3.9. **Un séisme faible (magnitude 2.5 ± 0.3) a été ressenti le dimanche 18 février 2024 à 23:22 (heure locale). L'épicentre a été localisé à 8 km au nord de Deshaies, à 8 km de profondeur.**

L'activité sismique, de faible intensité, s'est dispersée de manière homogène sur l'ensemble de l'arc entre le sud de la Dominique et Saint-Martin. Les séismes sont majoritairement localisés entre 0 et 90 km de profondeur. Le séisme le plus profond a été enregistré à 121.5 km de profondeur sous l'île de Montserrat.

Figure 11. Localisation des épicentres des séismes tectoniques enregistrés au mois de février 2024 par l'OVSG-IPGP.





Bilan mensuel pour le secteur des Saintes

Dans le secteur des Saintes, l'observatoire a enregistré **9 séismes tectoniques** au cours du mois de février 2024, dont 4 ont pu être localisés (Fig. 12). Ces séismes de faible magnitude (< 1.3) se sont produits en très grande majorité à moins de 10 km de profondeur, et n'ont pas été ressentis (absence de témoignage). Les séismes, associés au système de failles crustales des Saintes (excluant un séisme profond de subduction), sont majoritairement localisés à proximité des îles des Saintes. **Les stations sismiques sur les Saintes étant en panne, cette faible intensité enregistrée par l'observatoire est potentiellement un biais associé à notre réseau de surveillance en cours de maintenance.**

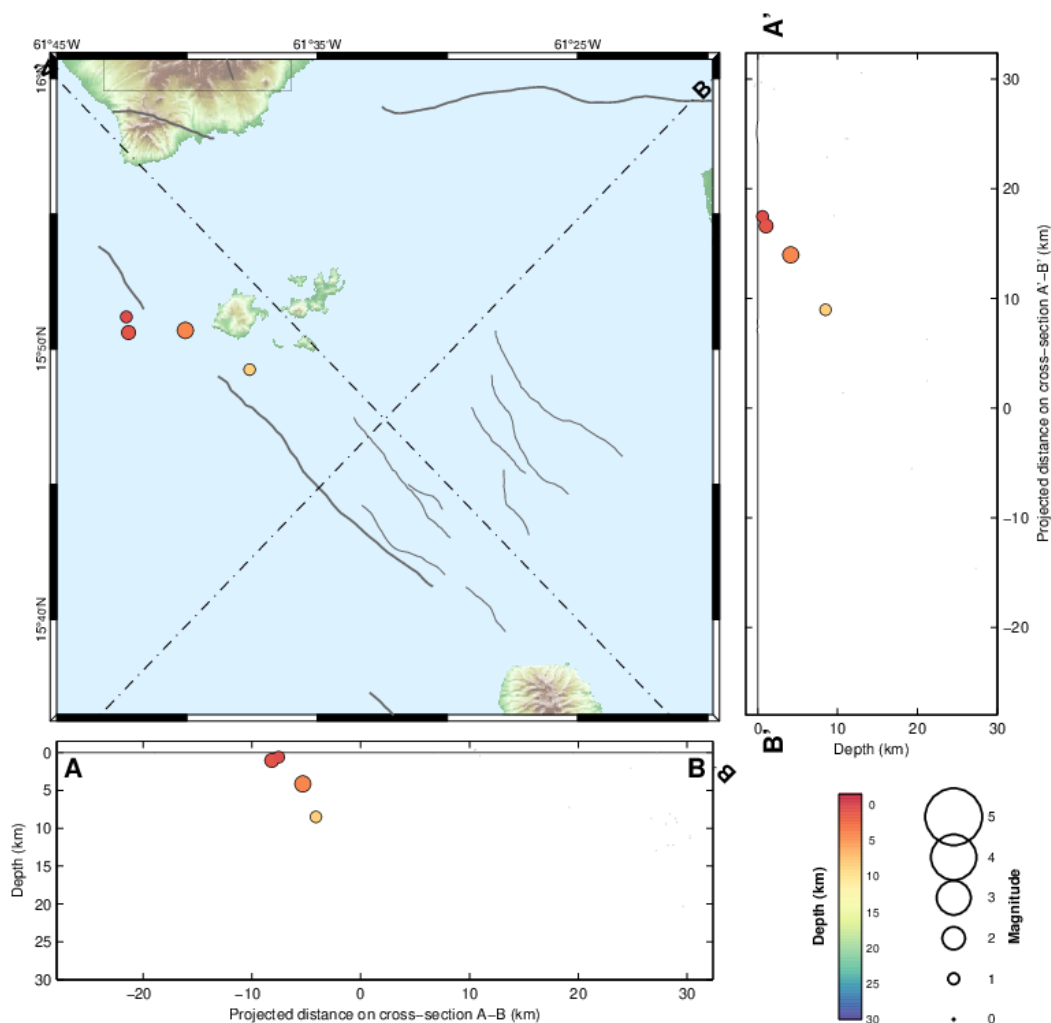


Figure 12. Épicentres des séismes tectoniques localisables, enregistrés au mois de février 2024 par l'OVSG-IPGP dans le secteur des Saintes.



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 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 – Février 2024

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.