



Bulletin mensuel

Institut de physique du globe de Paris

Observatoire volcanologique et sismologique de Guadeloupe

ISSN 1622 – 4523

Aout 2024

Volcan de la Soufrière

- **Sismicité** : **617** séismes volcano-tectoniques (VT) se sont produits régulièrement (aucun essaim) dans le secteur du volcan. La grande majorité, de magnitude négative, s'est produit à moins de 1 km de profondeur sous le dôme de la Soufrière. Une vingtaine de séismes légèrement plus énergétiques ($M < 1.1$) se sont produits à 2 km sous le niveau de la mer, sous et à proximité immédiate du volcan, principalement entre le 6 et 8 août, et le 14 août. L'énergie totale libérée (**7.3 MJ**) est en légère hausse par rapport au mois précédent (6.5 MJ).

- **Déformation** : après un ralentissement début 2024, l'ouverture du sommet du dôme a repris un régime normal

- **Gaz et fluides** :

- les températures maximales des fumeroles (**196°C** à CSS, **136°C** à CSN, et **95°C** à NAPN) sont en légère diminution par rapport au pic de température de 2023.

- la composition du panache de gaz de la Soufrière ne montre pas d'évolution majeure

- le niveau du lac Tarissan (-84.5 m) est stable et son pH (+0.25) en légère augmentation

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 de moyenne intensité avec **176 séismes** (magnitude maximale de 4.3) enregistrés sur les réseaux de failles régionales dont 40 séismes dans la zone des Saintes. Aucun séisme n'a été ressenti par la population.



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).

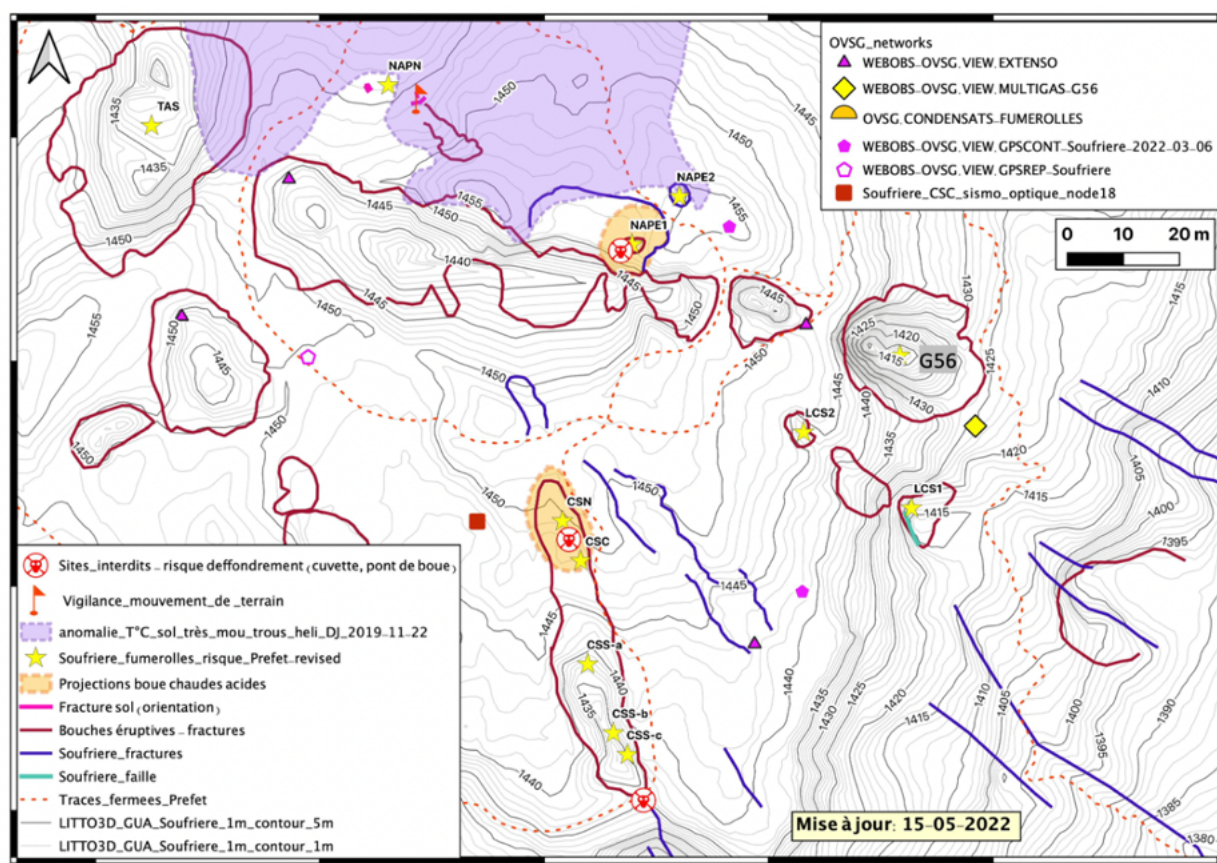


Figure 1. Carte du sommet de la Soufrière de Guadeloupe montrant la localisation des sites actifs mentionnés dans ce bulletin : Cratère Sud (CSN, CSC, CSS), Gouffre 56 (G56), Gouffre Tarissan (TAS); Cratère Napoléon (NAPN, NAPE1, NAPE2), Fracture Lacroix (LCS). Les réseaux de mesures de l'OVSG sont aussi 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 d'aout 2024, l'OVSG-IPGP a enregistré **617 séismes volcano-tectoniques (VT)**. En termes de nombre d'événement, l'activité sismique a été régulière et aucun essaim sismique n'a été enregistré (Fig. 2). Les séismes VT appartiennent majoritairement aux familles VT1 et VT5 localisées à moins de 1 km sous le dôme de La Soufrière (Fig. 3). Cependant, une **sismicité plus énergétique s'est produite plus en profondeur dans deux secteurs proches** (Fig. 4) : (1) 13 séismes ($M_d < 1.06$) ont eu lieu entre le dôme et le Nez Cassé à une profondeur de 2 km, principalement entre le 6 et 8 août. (2) 7 séismes ($M_d < 0.69$) ont eu lieu sous le dôme, à 1.8 km de profondeur, principalement le 14 août. L'énergie totale libérée (**7.3 MJ**), provenant majoritairement de la sismicité à 1.8 - 2 km de profondeur, est en légère hausse par rapport au mois précédent (6.5 MJ).

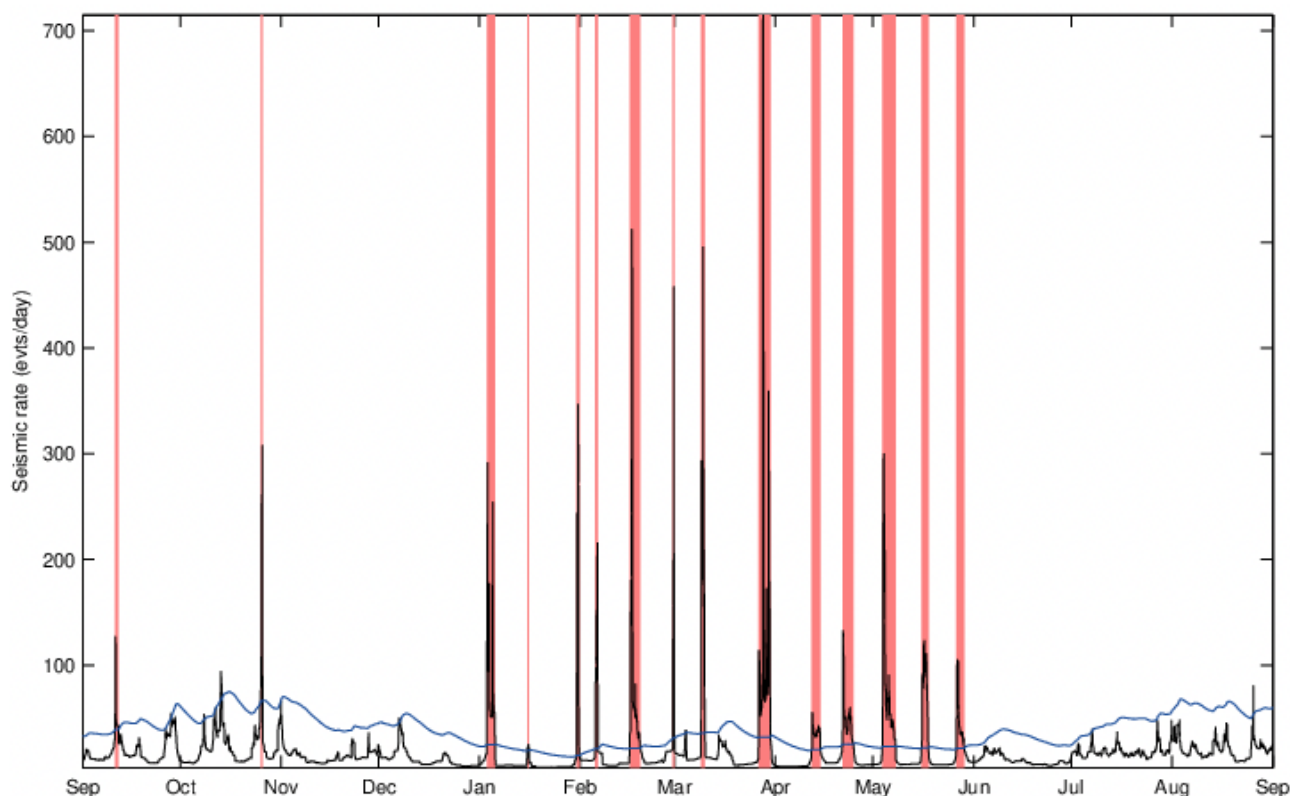


Figure 2. Taux instantané de sismicité volcano-tectonique (VT) entre le 1^{er} septembre 2023 et 1^{er} septembre 2024. Les bandes rouges caractérisent les essaims sismiques (voir les définitions de ces paramètres en annexe).



Hypocenter re-location of volcanic seismicity (2024.08.01-2024.08.31)

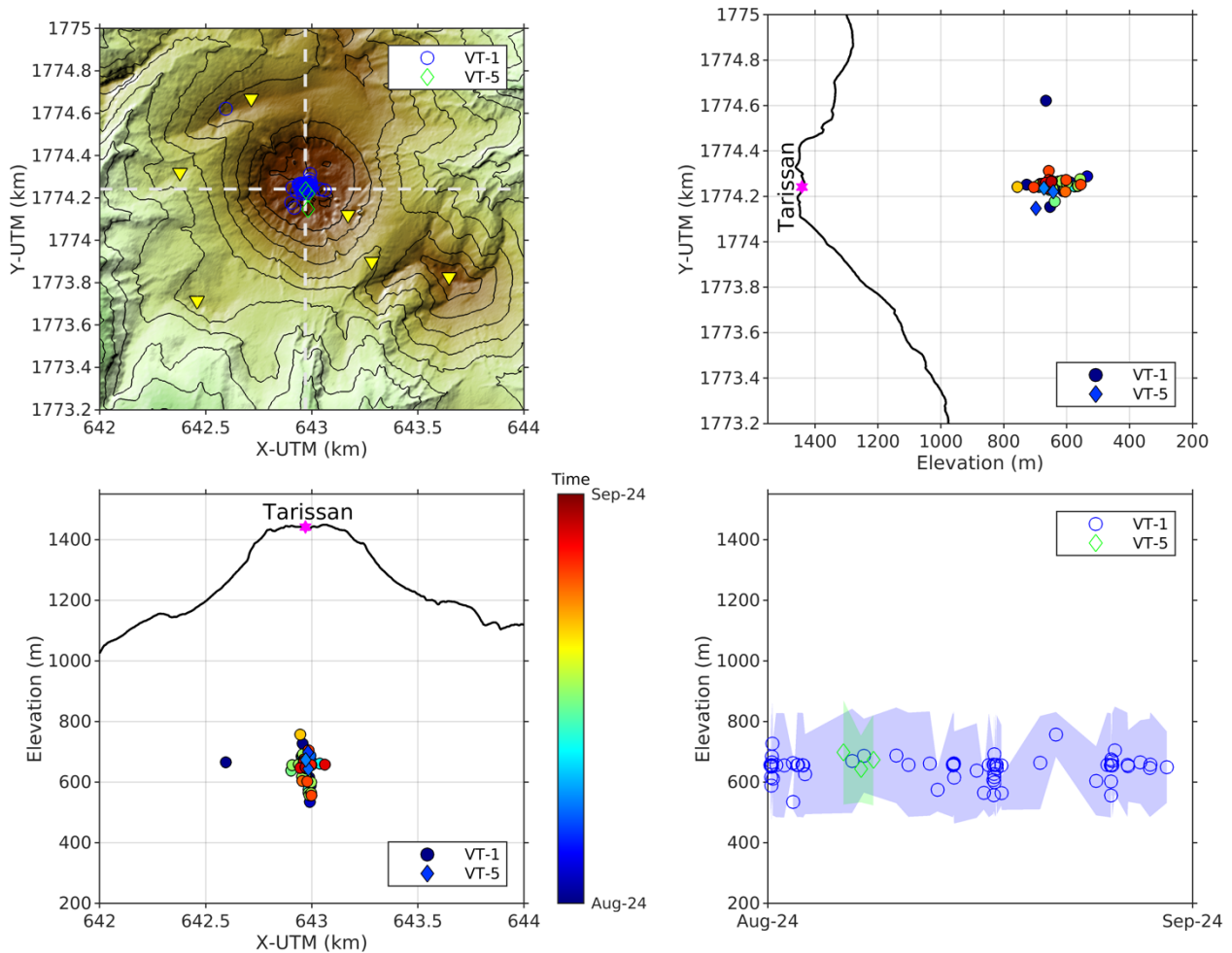


Figure 3. (a) Carte de localisation (épices), (b et c) coupes NS et EO, et (d) évolution temporelle montrant la localisation en profondeur (hypocentres) des séismes VT superficiels (< 1 km) localisables au mois d'aout 2024 sous le dôme de la Soufrière et le complexe volcanique autour du dôme. (a) Triangles jaunes : localisation des stations sismiques.

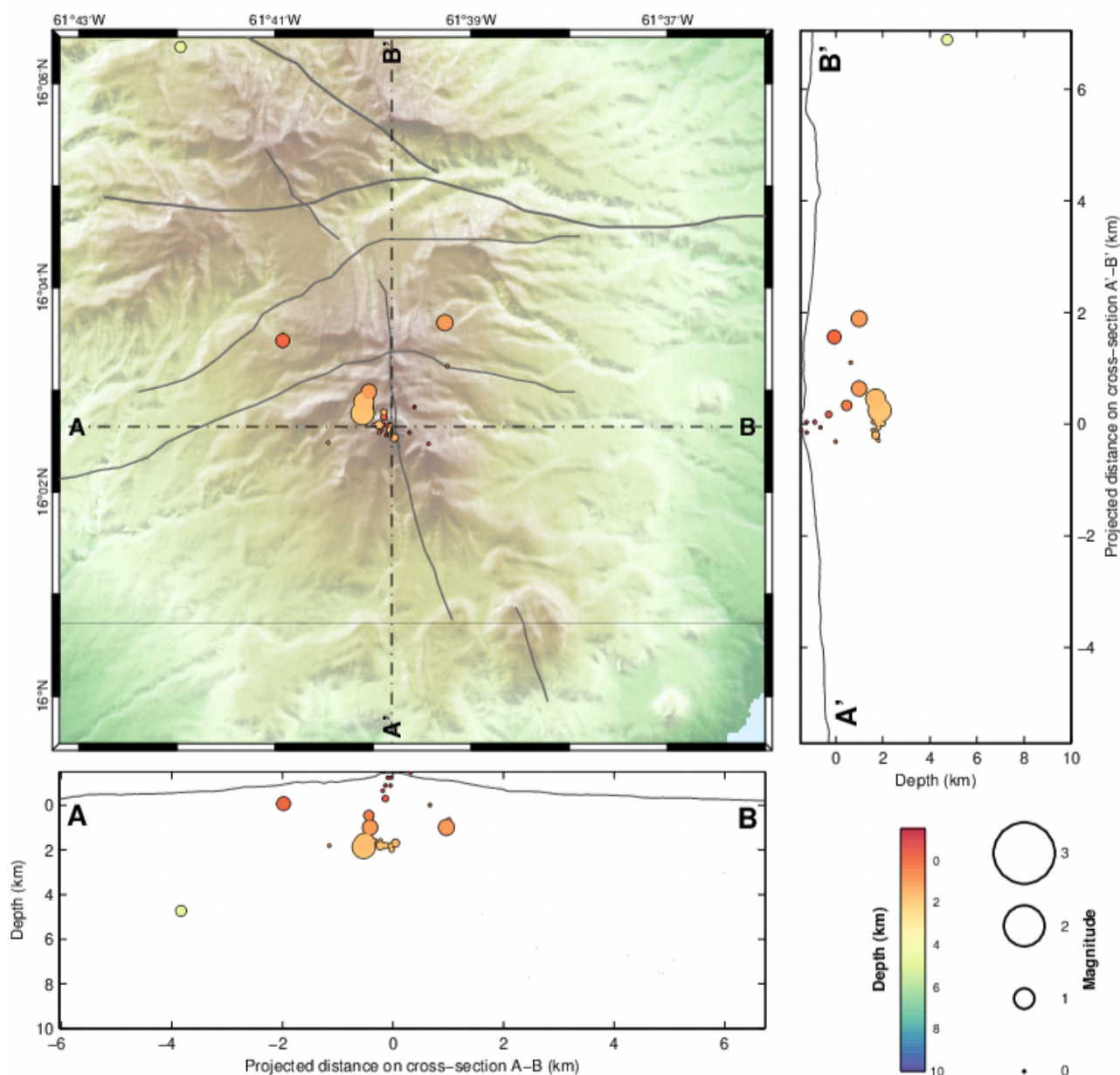


Figure 4. Carte de localisation des séismes VT détectés à profondeur intermédiaire au mois d'aout 2024 sous le dôme de la Soufrière et le complexe volcanique autour du dôme.

Déformation

Les déformations sont mesurées par le GNSS (Global Navigation Satellite System). 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. 5) montrent une déformation horizontale radiale du sommet du volcan à **une vitesse atteignant 14.2 ± 5 mm/an à proximité de la fissure Cratère Sud (site 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. Le flanc sud poursuit son glissement vers le SO avec une vitesse horizontale de l'ordre de 10 mm/an.

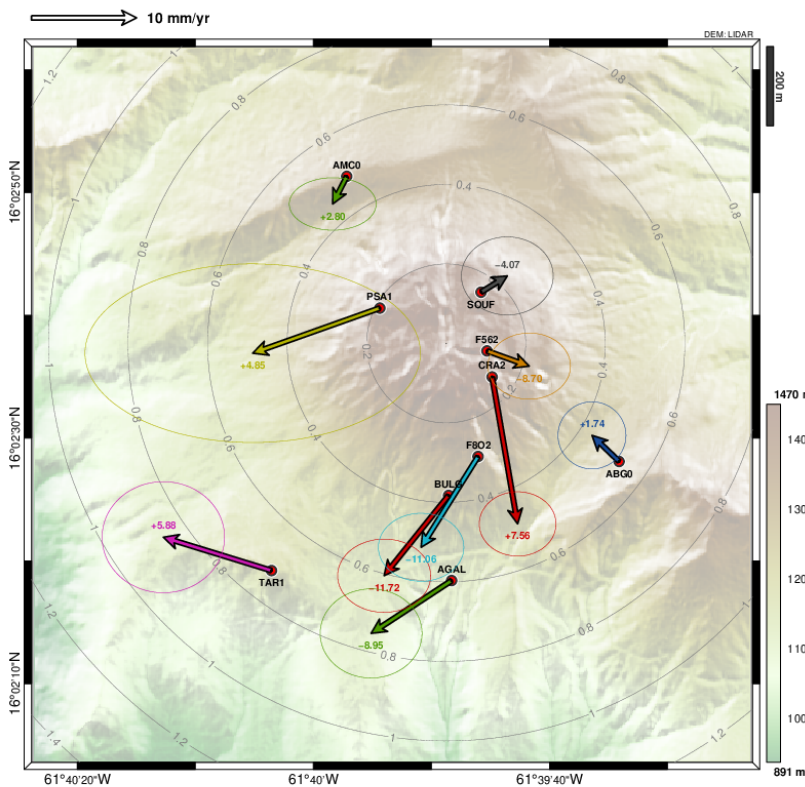


Figure 5. Déformation du dôme de la Soufrière enregistrée par le réseau GNSS permanent entre le 1 septembre 2023 et le 1 septembre 2024. La taille de la flèche et la valeur indiquée en haut à gauche indiquent le taux de déformation horizontale en mm par an. Le chiffre au bout de chaque flèche indique 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 septembre 2019 - 1er septembre 2024) est illustrée par les déplacements relatifs entre stations GNSS (Fig. 6). 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 2024, l'ouverture du sommet du dôme a dans un premier temps ralenti avant de reprendre un régime normal au second semestre.

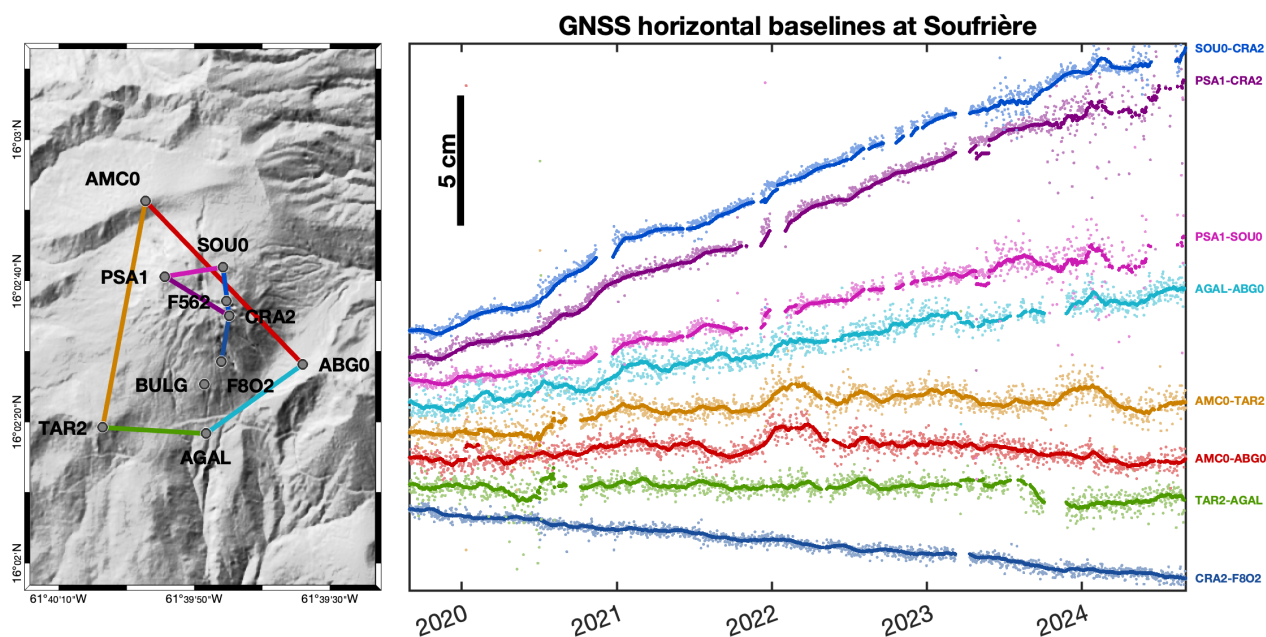


Figure 6. Evolution sur 5 ans des distances séparant les stations GNSS permanentes localisées sur le volcan de la Soufrière.

Activité fumerolienne et géochimie des gaz

Activité et températures

La fissure Cratère Sud héberge les fumerolles les plus actives du dôme. Les températures des bouches CSS (189 à 196°C) et CSN (103 à 136°C) sont en légère baisse, après le pic de température de mi-2023 (Figure 7)

La fumerolle Napoléon Nord montre une activité faible, mais stable. Sa température est stable à 95°C, après un pic haut mi-2023 et un pic bas début 2024 (Figure 7).

L'activité de la fumerolle Napoléon Est (NAPE1) est en augmentation, avec une température de 94°C.

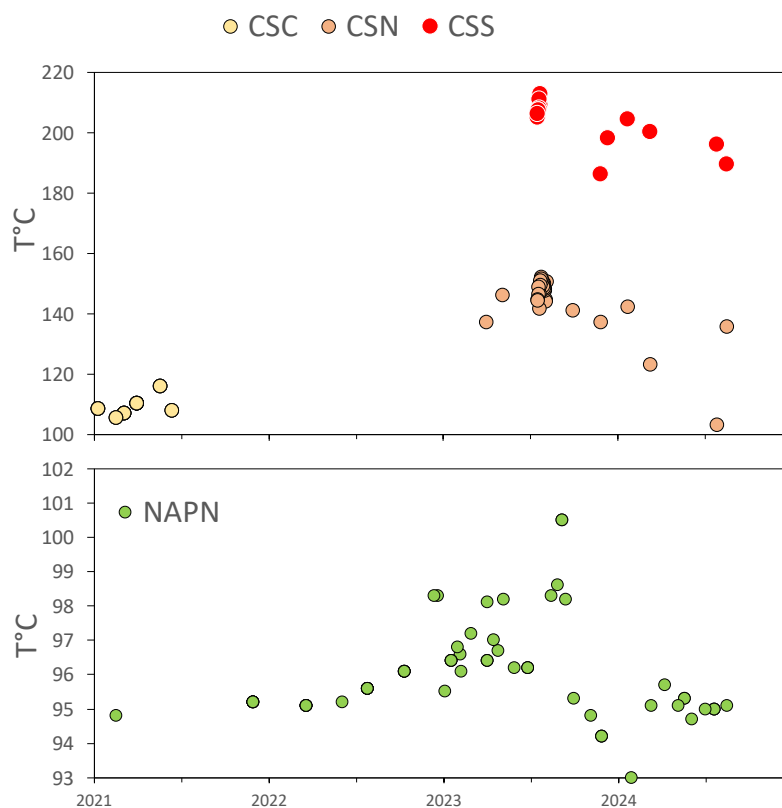


Figure 7 : Evolution 2021-2024 de la température des fumeroles de la fissure Cratère Sud (CSC : Cratère Sud Centre, inactif depuis 2021 ; CSN : Cratère Sud Nord ; CSS : Cratère Sud Sud) et de la fumerole Napoléon Nord (NAPN).

Lac Tarissan

Le gouffre Tarissan, profond de plus de 130 m, héberge un lac acide en ébullition alimenté à sa base par une ou plusieurs fumerolles. Au mois d'aout (mesure faite le 24), le niveau du lac (-84.5 m) est resté stable par rapport au mois précédent (-84.9 m fin juillet). Le pH a légèrement augmenté (+0.18 à +0.25).

Composition du panache

L'analyse du panache de gaz dilué est réalisée sur place à l'aide d'un analyseur MultiGAS portable. Pour s'affranchir de la dilution du panache de gaz dans l'air, la composition des gaz est caractérisée par les quantités relatives entre espèces gazeuses (rapports molaires). Entre 2019 et mars 2023, une augmentation continue du rapport $\text{SO}_2/\text{H}_2\text{S}$ et une relative stabilité du rapport $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{S}$ étaient observées sur les différents sites fumeroliens (Figure 8). On notait cependant que le site sud de CSS, contrairement aux événements situés plus au nord le long de la fracture CS (site nord de CSS et CSN) ne montrait pas d'augmentation du rapport $\text{SO}_2/\text{H}_2\text{S}$. En mars 2023, les rapports $\text{SO}_2/\text{H}_2\text{S}$ du panache de la Soufrière ont atteint leur maximum (jusqu'à 0.31 à CSN) depuis les premières mesures réalisées en 2006 par Allard et al. (2014). Un rapport $\text{SO}_2/\text{H}_2\text{S}$ élevé est une signature des gaz magmatiques de haute température. Cependant, depuis environ mai 2023 :

- $\text{SO}_2/\text{H}_2\text{S}$ diminue généralement aux sites NapN et CS (en accord avec la légère baisse de température des fumeroles), mais se maintient à un niveau haut à G56.



- $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{S}$ (traceur du dégazage profond) diminue généralement, avant de rebondir en 2024 aux sites NAPN et CSS.



Figure 8: Évolution des rapports $\text{SO}_2/\text{H}_2\text{S}$ et $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{S}$ dans les panaches de gaz émis par les événements CS (Cratère Sud), G56 (Gouffre 56) et Napoléon Nord (NAPN). Le site CS comprend un événement nord (CSN) et plusieurs événements sud (CSS). La bouche principale de CSS (flèches), la plus au nord et donc la plus proche de CSN, a la même composition que CSN. Les lignes bleues marquent des changements de compositions chimiques observées sur la plupart des sites (Mars 2017; Décembre 2018; Octobre 2021). Les cercles noirs indiquent les dernières mesures effectuées le 24/08/2024.



Bulletin mensuel - Aout 2024

Observatoire volcanologique et sismologique de Guadeloupe - IGP

Autres informations

Météorologie au sommet (station Sanner)

Station non-opérationnelle une partie du mois d'aout 2024.



B. Activité tellurique régionale

Sismicité régionale

Contexte

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

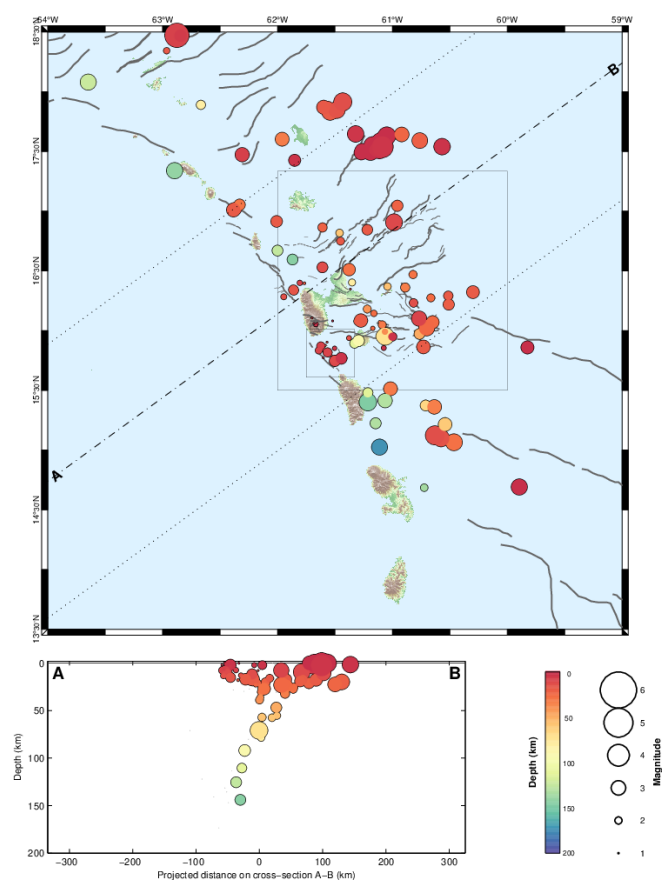
Bilan mensuel régional

L'OVSG-IPGP a enregistré au cours du mois d'août 2024 un total de **176 séismes régionaux d'origine tectonique**, dont 152 ont pu être localisés et entrent dans le cadre de la Figure 9, les autres étant plus lointains ou de trop faible magnitude. L'activité sismique s'est manifestée de manière homogène sur l'ensemble de l'arc des Antilles entre la Martinique et Saint-Martin. Les magnitudes enregistrées sont comprises entre -1 et 4.3. Le plus gros séisme de ce mois ($M_l=4.3$) est localisé au nord de Saint Martin. Les séismes du mois d'août sont localisés entre 0 et 150 km de profondeur.

Notons qu'un essaim d'une vingtaine de séismes s'est produit les 30 et 31 août au nord-est de l'île d'Antigua à moins de 5 km de profondeur. Les magnitudes de ces séismes sont comprises entre 2.8 et 3.9.

Aucun séisme n'a été ressenti par la population sur le territoire français.

Figure 9. Localisation des épicentres des séismes tectoniques enregistrés au mois d'août 2024 par l'OVSG-IPGP.





Bilan mensuel pour la zone des Saintes

Dans la zone des Saintes, l'observatoire a enregistré **40 séismes tectoniques** au cours du mois d'août, dont 22 ont pu être localisés (Fig. 10). Ces séismes de faible magnitude (< 2.5) se sont produits à moins de 15 km de profondeur, et n'ont pas été ressentis (absence de témoignage). Les épicentres de ces séismes sont localisés entre des îles des Saintes et la Dominique.

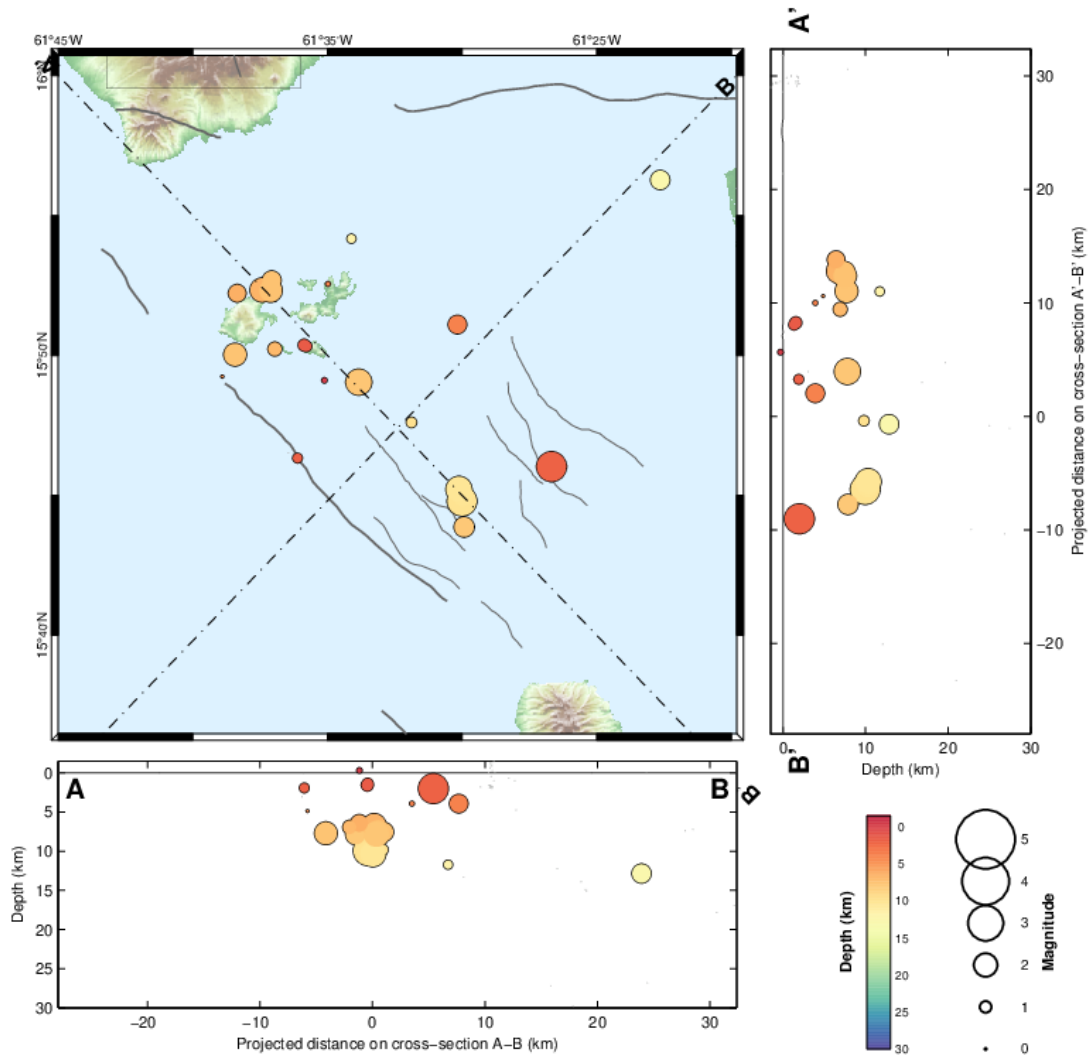


Figure 10. Épicentres des séismes tectoniques localisables, enregistrés au mois d'août 2024 par l'OVSG-IPGP dans la zone des Saintes.



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.

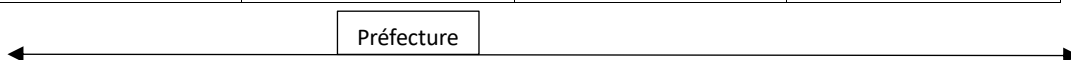
Taux de sismicité instantané et essaim sismique

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 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



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



Définition simplifiée de l'échelle des intensités macrosismiques

<i>Intensités</i>	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X XI XII
<i>Perception Humaine</i>	Non ressenti	Très faible	Faible	Légère	Modérée	Forte	Très forte	Sévère	Violente	Extrême
<i>Dégâts probables</i>	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/>.



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.