



## Bulletin mensuel

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

ISSN 1622 – 4523

Janvier 2023

### Résumé

#### Volcan de la Soufrière

- Un pic d'activité hydrothermale a produit un important essaim de séismes volcano-tectoniques superficiels du mardi 10 au jeudi 19 janvier
- Pas de sismicité ou de déformation profonde traduisant des mouvements de magma
- Dans un contexte général de hausse depuis 2019, la signature magmatique des gaz est en baisse par rapport au mois de décembre.
- L'activité fumerolienne continue son extension vers le nord et l'est du dôme

Sur la base des observations résumées dans ce bulletin, et en accord avec les dispositions prévues par les autorités, le niveau d'alerte volcanique (tableau en annexe) reste:

**Vigilance : Jaune**

#### Activité tellurique régionale

- Un séisme tectonique de magnitude 5.8 est survenu le vendredi 20 janvier. Ce séisme, largement ressenti en Guadeloupe et Martinique, a été localisé à 27 km à l'ouest-nord-ouest de Bouillante, à 184 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 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).

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 janvier 2023, l'OVSG-IPGP a enregistré 809 séismes volcaniques, dont 757 séismes volcano-tectoniques (VT) et 52 séismes VT emboîtés. Cette activité, en augmentation par rapport aux mois précédents, s'est concentrée lors d'une séquence de 668 séismes qui a eu lieu entre le mardi 10 et le jeudi 19 janvier (Fig. 1). Au cours de cette séquence, quelques séismes ont été relativement énergétiques, mais aucun 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 3.9 MJ**, en légère augmentation par rapport au mois précédent.

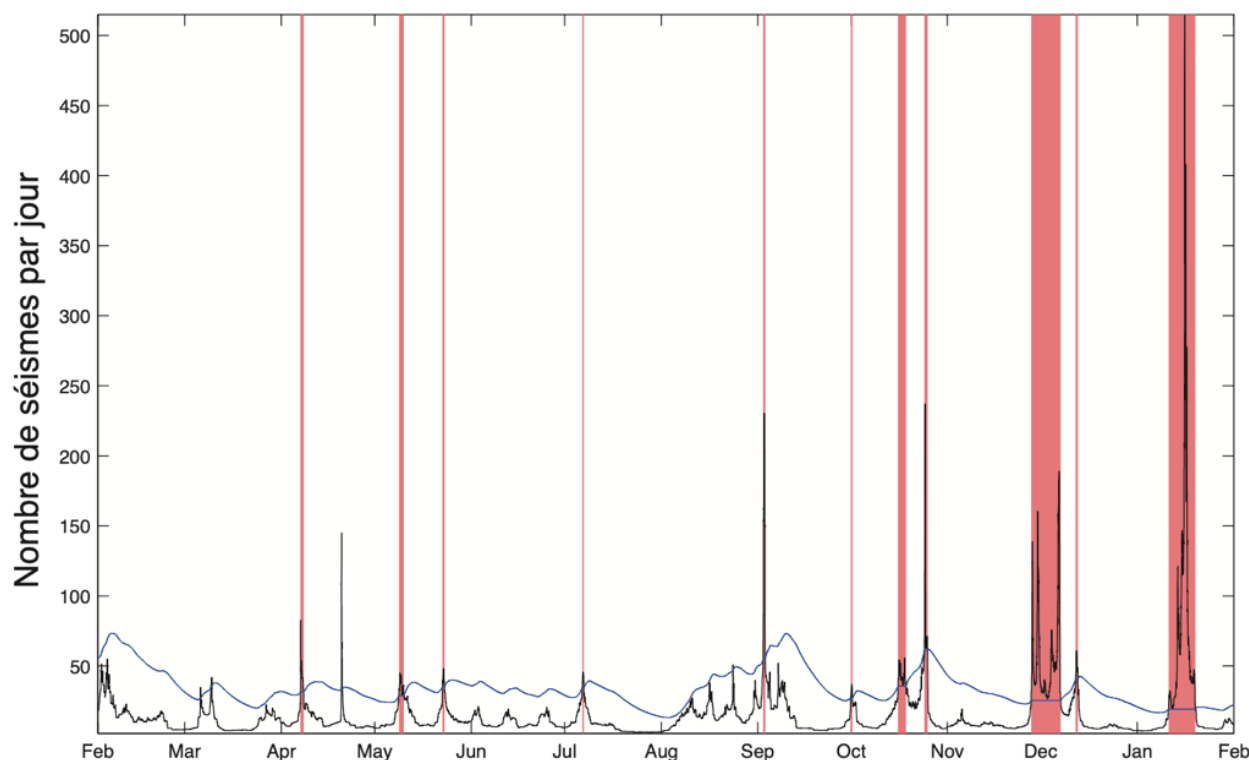


Figure 1. Taux de sismicité instantané (séismes VT) entre février 2022 et janvier 2023. Les bandes rouges caractérisent les essaims sismiques (voir les définitions de ces paramètres en annexe).

Les séismes VT appartiennent très majoritairement aux familles VT1, VT2 et VT5 localisés à moins de 1 km sous le dôme de La Soufrière (Fig. 2a-c). La profondeur des séismes VT1, VT2 et VT5 ne montre pas d'évolution temporelle au cours du mois (Fig. 2d). 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.

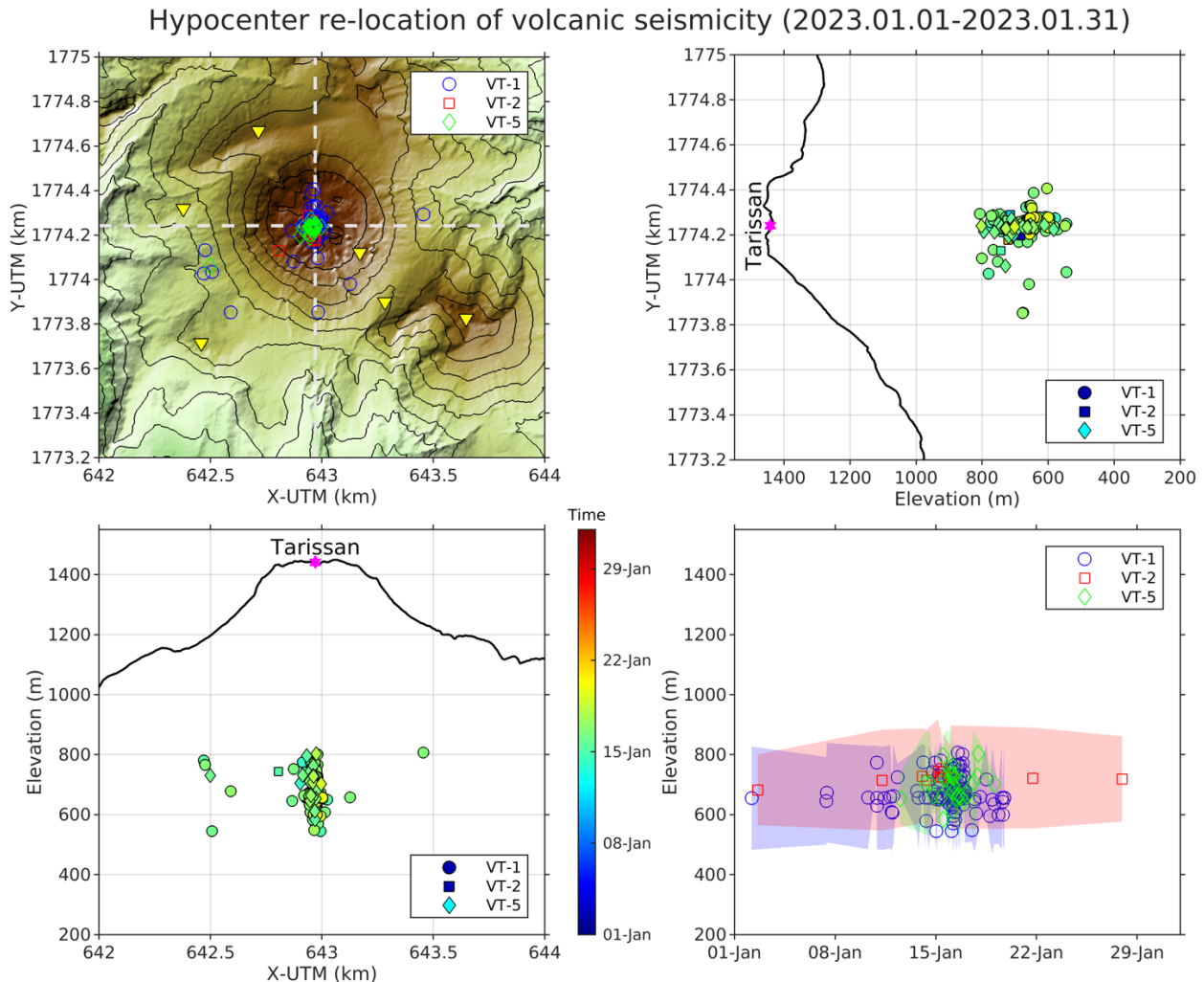


Figure 2. (a) Carte de localisation (épicesentres), (b et c) coupes NS et EO, et (d) évolution temporelle montrant la localisation en profondeur (hypocentres) des séismes VT localisables au mois de janvier 2023 sous le dôme de la Soufrière et le complexe volcanique autour du dôme. (a) Triangles jaunes : localisation des stations sismiques.

## Déformation

Les déformations sont mesurées par le GNSS (Global Navigation Satellite System) et l'extensométrie. Le réseau GNSS s'étend sur tout le sud Basse- Terre afin de mettre en évidence des mouvements à différentes échelles. a) à l'échelle du sud Basse-Terre, distale par rapport au dôme de La Soufrière, pour mettre en évidence d'éventuels mouvements de matière provenant des zones plus profondes du système



magmatique; b) sur le pourtour du dôme, au niveau du système hydrothermal peu profond ( $\leq 2$  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. 3a) montrent une déformation horizontale radiale du sommet du volcan (3 à 7 mm/an), à laquelle se rajoute un mouvement stable ( $10 \pm 2$  mm/an) vers le sud-ouest du flanc sud de la Soufrière. Les vecteurs des 12 derniers mois (Fig. 3b), s'inscrivent bien dans cette tendance. Cette déformation reflète la suppression du système hydrothermal, et l'échappement des gaz pressurisés dans le réseau de fractures du dôme de La Soufrière.

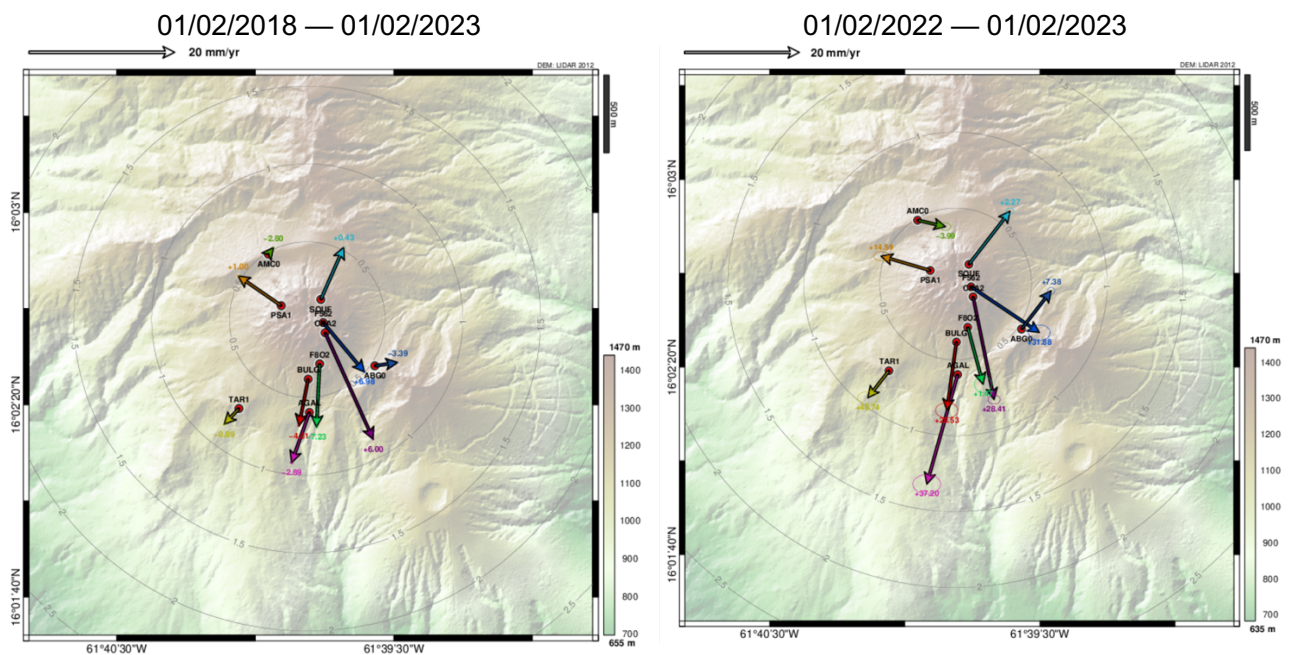


Figure 3. Déformation du dôme de la Soufrière enregistrée par le réseau GNSS permanent : 5 ans vs. 1 an. La taille de la flèche et la valeur indiquée en haut à gauche indique le taux de déformation horizontale en mm par an, mesuré sur une période de 5 ans ou 1 an. Le chiffre au bout de chaque flèche 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.

Les paramètres d'extensométrie (ouverture ou fermeture de cratères ou failles de référence) n'ont pas été mesurés en janvier 2023.





## 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. Cratère Sud reste surveillée à distance par des mesures MultiGaz dans le panache. Ces mesures montrent une tendance à l'augmentation du rapport  $\text{SO}_2/\text{H}_2\text{S}$  depuis 2019, traduisant une augmentation de la composante magmatique dans les gaz.

La fumerolle située au Nord du Cratère Napoléon (NAPN), apparue en 2014, est devenue la nouvelle fumerolle pilote pour la température et la chimie des gaz fumeroliens. L'évolution de la température de la fumerolle NAPN est suivie attentivement par l'OVSG en relation avec l'extension de l'activité fumerolienne vers le nord-est du dôme observée depuis plusieurs années. **Après une augmentation inédite de la température fin 2022 (98.3°C mesuré les 21 et 28 décembre) la température est retombée à 95.5°C (température d'ébullition de l'eau à cette altitude) le 12 janvier 2023, avant de remonter à 96.4°C le 25 janvier (Fig. 4).** Il est possible que le pic de température de décembre soit en partie le résultat d'une pluviométrie basse pendant le mois précédent la mesure (259mm du 21 novembre au 21 décembre, soit moins de 50% de la moyenne annuelle). En revanche la température élevée du 21 janvier ne peut être expliquée par un déficit de précipitations pendant le mois précédent (503 mm du 21 décembre au 21 janvier, légèrement au-dessus de la moyenne annuelle de 477 mm/mois en 2022). **Il semble donc se confirmer que la quantité d'eau disponible à NAPN soit insuffisante pour tamponner parfaitement la température de la fumerolle.**

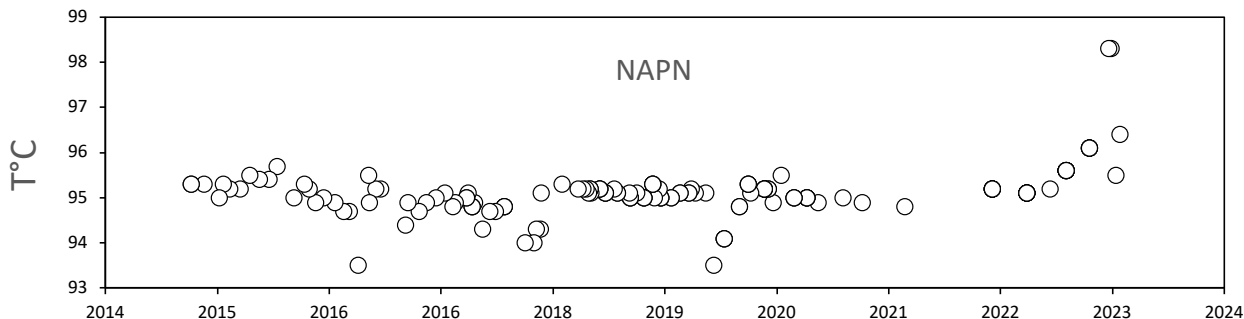


Figure 4. Température de l'évent NAPN entre 2014 et janvier 2023.

L'analyse par MultiGaz portable du panache de gaz émis par NAPN révèle une augmentation des teneurs  $\text{SO}_2$  et  $\text{CO}_2$  en décembre (Fig. 5) (et du rapport  $\text{SO}_2/\text{H}_2\text{S}$ ), confirmant une augmentation de la composante magmatique profonde fin 2022, sans atteindre toutefois le niveau d'avril 2018. Comme la température, les données mesurées le 12 janvier 2023 montrent une diminution des teneurs en  $\text{SO}_2$  et  $\text{CO}_2$  (Fig. 5) (et du rapport  $\text{SO}_2/\text{H}_2\text{S}$ ), qui confirme l'augmentation de l'interaction des gaz magmatiques avec l'eau de pluie. Nous ne disposons pas de données MultiGaz le 25 janvier 2023 pour tester la réaction à la nouvelle augmentation de température.

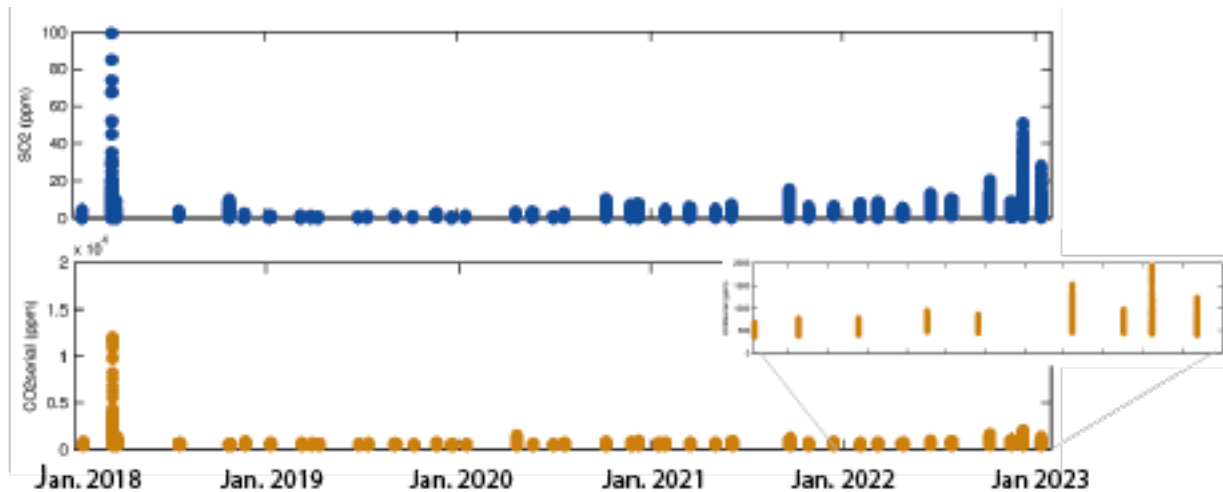


Figure 5. Composition du panache de gaz ( $\text{SO}_2$  et  $\text{CO}_2$ ) émis par la fumerolle NAPN entre 2018 et janvier 2023, mesurée par MultiGaz portable.

### 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 **-83.6 m le 25 janvier 2023**, dans la gamme des valeurs hautes observées depuis l'été 2022. Ce niveau haut ne s'inscrit pas dans la tendance à l'approfondissement de la surface du lac observé entre 2012 (-80m) et 2020 (-110 m). Le pH est en augmentation, suivant une tendance initiée en 2020, pour atteindre **la valeur la plus élevée mesurée (+0.79) depuis 2002**.

### Sources thermales

Les sources thermales échantillonnées en janvier 2023 montrent des températures qui s'inscrivent dans les gammes ou tendances décennales : 22.5°C à Ravine Marchand 2, 30.6°C à Bains Jaunes, 32.7°C à Habitation Revel, 33.7°C à Bains Jaunes Supérieurs, 35.5°C à Pas du Roy, 39.5°C à Grosse Corde, 41.0°C à la 2<sup>e</sup> chute du Carbet, 44.6°C à Tarade, 45.4°C à Ravine Marchand 3 et 58.6°C à Bains Chauds Matouba. Pour rappel, les températures des sources situées en altitude sur le flanc sud de la Soufrière (Tarade, Bains Jaunes, Galion, Pas du Roy) tendent à augmenter, celles des sources situées sur le flanc Est tendent à diminuer (2<sup>e</sup> chute du Carbet, Carbet Echelle s'est complètement déconnectée du système hydrothermal entre 1980 et 2008). Les températures des sources localisées sur le flanc Ouest de la Soufrière (Bains Chauds de Matouba, Habitation Revel, Ravine Marchand) ne montrent pas de tendance



## Bulletin mensuel - Janvier 2023

Observatoire volcanologique et sismologique de Guadeloupe - IPGP

décennale. Les pH sont stables depuis plusieurs années, allant de 3.45 à Ravine Marchand à 6.5 à la 2<sup>e</sup> chute du Carbet et Habitation Revel (mesures janvier 2023).

### Autres informations

#### Météorologie au sommet (station Sanner)

Au mois de janvier 2023, les vents ont soufflé à une vitesse moyenne de **40.3 km/h** (maximum de **75.4 km/h**), et leur direction moyenne était **+89.3°N**. La station Sanner a enregistré une pluviométrie mensuelle cumulée de **434 mm**, et une température moyenne de **14.5°C**.





## B. Activité tellurique régionale

### Sismicité régionale

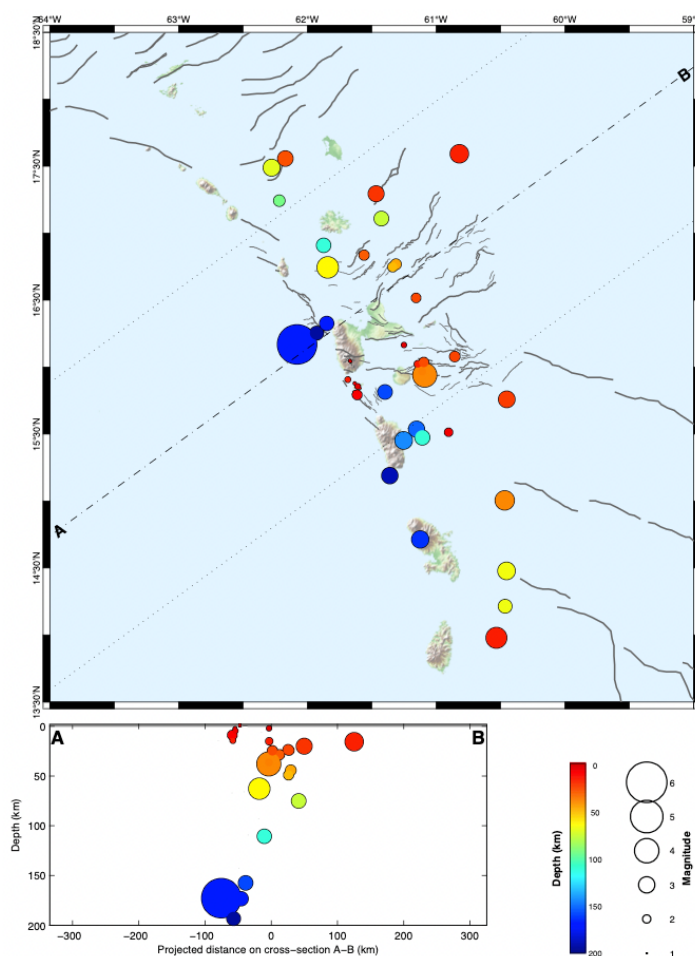
#### Contexte

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 janvier 2023 un total de **80 séismes régionaux** d'origine tectonique, dont 57 ont pu être localisés et entrent dans le cadre de la figure 6, les autres étant plus lointains ou de trop faible magnitude. L'activité a été marquée par un **séisme de magnitude 5.8** survenu le vendredi 20 janvier à 27 km à l'ouest-nord-ouest de Bouillante, à 184 km de profondeur. Ce séisme est remarquable car il est **le plus énergétique enregistré par l'OVSG en dessous de 150 km** dans cette partie de l'arc. Il a été largement ressenti en Guadeloupe et en Martinique. Il a été suivi de deux petites répliques (Md de 2.7) les 21 et 23 janvier. En dehors de cette zone, les séismes les plus importants se sont produits à l'est de Margie-Galante (Md de 3.9) et au sud d'Antigua (Md de 3.6).

Figure 6. Localisation des épicentres des séismes tectoniques enregistrés au mois de janvier 2023 par l'OVSG-IPGP





## Bilan mensuel pour la zone des Saintes

Dans la zone des Saintes, l'observatoire a enregistré au cours du mois de janvier **28 séismes tectoniques**, dont 25 ont pu être localisés (Fig. 7). Le séisme le plus important ( $M_d=2.1$ ) associé au système de failles crustales des Saintes (excluant le séisme profond de subduction) s'est produit le 7 janvier à 9 km de profondeur sur la faille de Roseau, au nord du volcan de Roseau. Il n'a pas été ressenti (absence de témoignage).

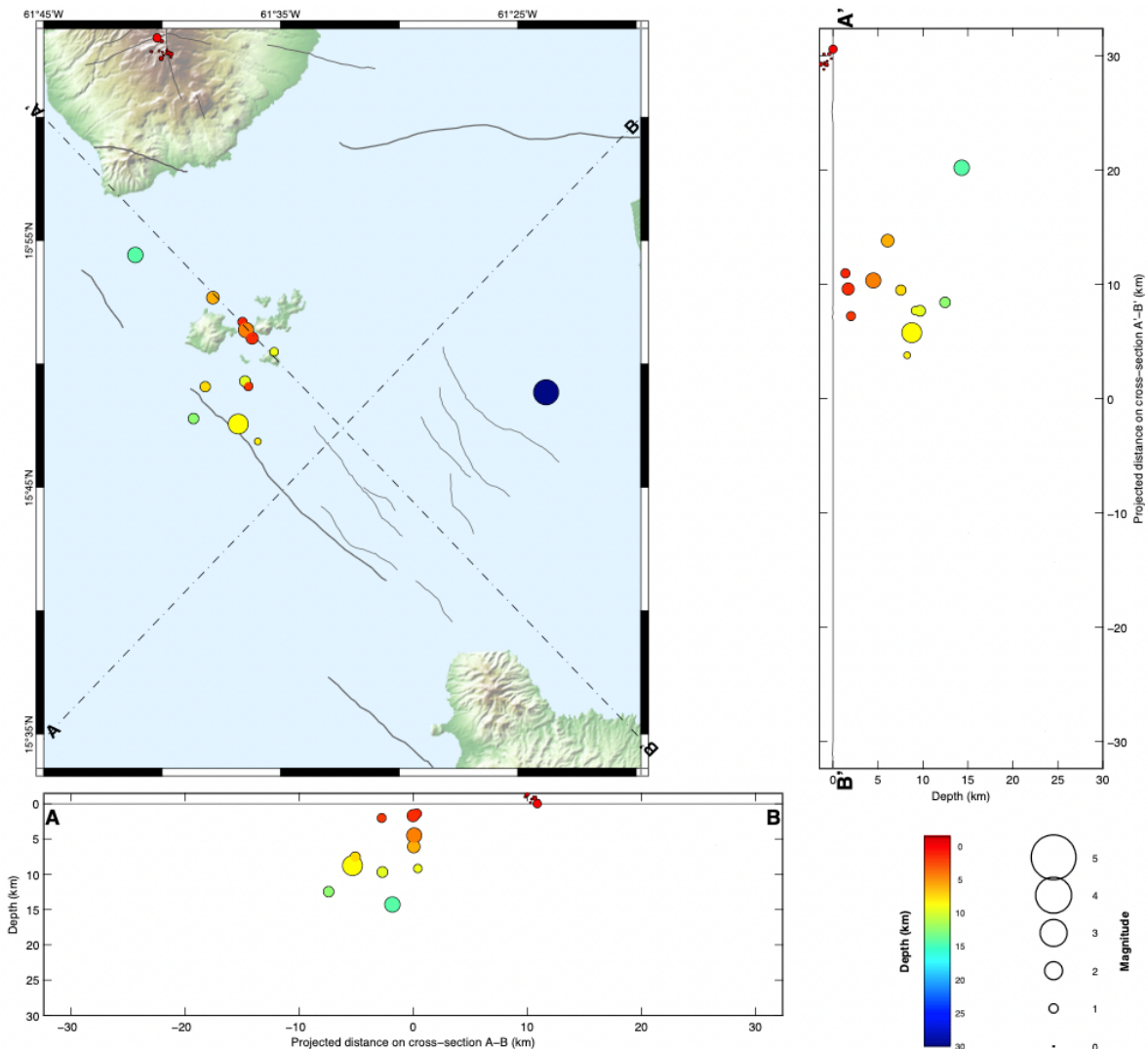


Figure 7. Epicentres des séismes tectoniques localisables, enregistrés au mois de janvier 2023 par l'OVSG-IPGP dans la zone des Saintes.



## Les volcans régionaux actifs

**La Montagne Pelée** : La dernière crise volcanique remonte à 1929-1932. Le niveau d'alerte volcanique actuel est jaune. Plus d'informations dans les bulletins mensuels et hebdomadaires de l'OVSM : <https://www.ipgp.fr/observation/ovs/ovsm/>

**La Soufrière de Montserrat** : L'île de Montserrat est située à 55 km au nord-ouest de la Guadeloupe. Le niveau d'alerte actuel du volcan est 1 sur une échelle de 0 à 5. L'accès à la zone V du volcan, comprenant la ville de Plymouth, est interdit. Les zones maritimes Est et Ouest peuvent être traversées, mais sans s'arrêter et uniquement pendant la journée, entre l'aube et le coucher du soleil. Plus d'informations sur le site du Montserrat Volcano Observatory (MVO) : [http://www.mvo.ms/pub/Activity\\_Reports/](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

<b>Activité globale</b> <i>Observée / enregistrée</i>	<b>Minimale</b> niveau de base	<b>Détection activité inhabituelle / En augmentation</b> variations de quelques paramètres	<b>Fortement augmentée</b> variations de nombreux paramètres, sismicité fréquemment ressentie	<b>Maximale</b> sismicité volcanique intense, déformations majeures, explosions, émissions gazeuses, ...
<b>Délais possibles avant une éruption</b>	Siècle(s) / Années	Année(s) / Mois / Semaines	Mois / Semaine-(s)	Imminente / En cours

Décision

Préfecture

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

### Définition simplifiée de l'échelle des intensités macrosismiques

<b>Intensités</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>	<b>VI</b>	<b>VII</b>	<b>VIII</b>	<b>IX</b>	<b>X XI XII</b>
<b>Perception Humaine</b>	Non ressenti	Très faible	Faible	Légère	Modérée	Forte	Très forte	Sévère	Violente	Extrême
<b>Dégâts probables</b>	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 - Janvier 2023

Observatoire volcanologique et sismologique de Guadeloupe - IPGP

### Remerciements

Merci aux organismes, collectivités et associations d'afficher publiquement ce bulletin pour une diffusion la plus large possible. Pour le recevoir par mail, faites une demande à : [infos@ovsg.univ-ag.fr](mailto: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](https://twitter.com/ObsGuadeloupe)
- le compte Facebook : [facebook.com/ObsVolcanoSismoGuadeloupe](https://facebook.com/ObsVolcanoSismoGuadeloupe)

*Les informations de ce document ne peuvent être utilisées sans y faire explicitement référence.*