



Bulletin mensuel

Institut de physique du globe de Paris

Observatoire volcanologique et sismologique de Martinique

ISSN 2105 – 2301

Décembre 2023

A) Activité volcanique de la Montagne Pelée

La Montagne Pelée est un volcan actif de type explosif ayant connu de nombreuses éruptions magmatiques et phréatiques par le passé. Depuis la fin de la dernière éruption magmatique en 1932, qui a été associée à la mise en place d'un dôme de lave, son activité a décliné de manière significative jusqu'à l'arrêt de l'activité fumerolienne depuis 1970 et une activité sismique globalement très faible.

Depuis décembre 2018, l'activité sismique est passée au-dessus de son niveau de base établi à partir des observations instrumentales continues des années précédentes. Cette nouvelle activité se caractérise à la fois par de nombreux séismes superficiels de faible énergie, par quelques rares séismes profonds (localisés à environ 10-20 km de profondeur sous l'édifice volcanique) et par l'apparition de signaux sismiques de type trémor et longue période, témoignant de mouvements de fluides en surpression dans le système hydrothermal interne. Une zone de végétation dégradée située sur le flanc sud-ouest de la Montagne Pelée a été observée entre 2019 et 2022, témoignant d'un dégazage diffus de CO₂ par le sol. Une zone de dégazage en mer (présence de bulles de gaz à faible température) située au nord de Saint-Pierre a été signalée à l'observatoire en juin 2021. En partenariat avec le Parc Naturel Marin, l'OVSM-IPGP y réalise des prélèvements et analyses périodiques afin de suivre l'évolution de ce phénomène en relation éventuelle avec l'activité du volcan. Depuis juin 2022, les déformations de l'édifice mesurées par le réseau de capteurs GNSS indiquent un faible gonflement sur le long terme pouvant être interprété par une source superficielle de légère pressurisation localisée sous la partie sommitale de la Montagne Pelée. Cette source pourrait être engendrée par la remontée de volumes limités de fluides hydrothermaux et/ou magmatiques (gaz, eaux hydrothermales) dans l'édifice volcanique depuis les profondeurs du système magmatique. L'ensemble de ces observations reflète une réactivation du système volcanique qui est toujours en cours en décembre 2023, bien qu'à un niveau en relative diminution ces derniers mois sur certains observables.

Au mois de décembre 2023, l'activité sismique d'origine volcanique est variable par rapport aux mois précédents mais reste au-dessus de son niveau de base. Cependant, l'énergie sismique libérée par l'ensemble des séismes superficiels est faible et aucun séisme d'origine volcanique n'a été ressenti par la population. La température et l'acidité (pH) des sources thermales de l'édifice ne montrent aucune augmentation significative. Les déformations de l'édifice sont très faibles et semblent stables sur le court terme. Rappelons que lors des phases de réactivation volcanique, des périodes de plus forte activité, sismique notamment, alternent souvent avec des phases d'activité plus réduite.

La probabilité d'une activité éruptive à court terme reste faible. Cependant, compte tenu de l'ensemble des observations collectées depuis fin 2018 et de leur nature, et sur la base des observations de l'OVSM-IPGP enregistrées au cours du mois de décembre 2023 et résumées dans ce bulletin, nous ne pouvons exclure une évolution de la situation à moyen terme (voir tableau en annexe). En accord avec les dispositions prévues par les autorités, le niveau d'alerte est actuellement :

JAUNE = VIGILANCE (Voir tableau en annexe)

Vous pouvez suivre les bilans hebdomadaires pour vous informer sur les changements de l'activité de la Montagne Pelée (<https://www.ipgp.fr/fr/ovsm/bilans>).



Sismicité volcanique

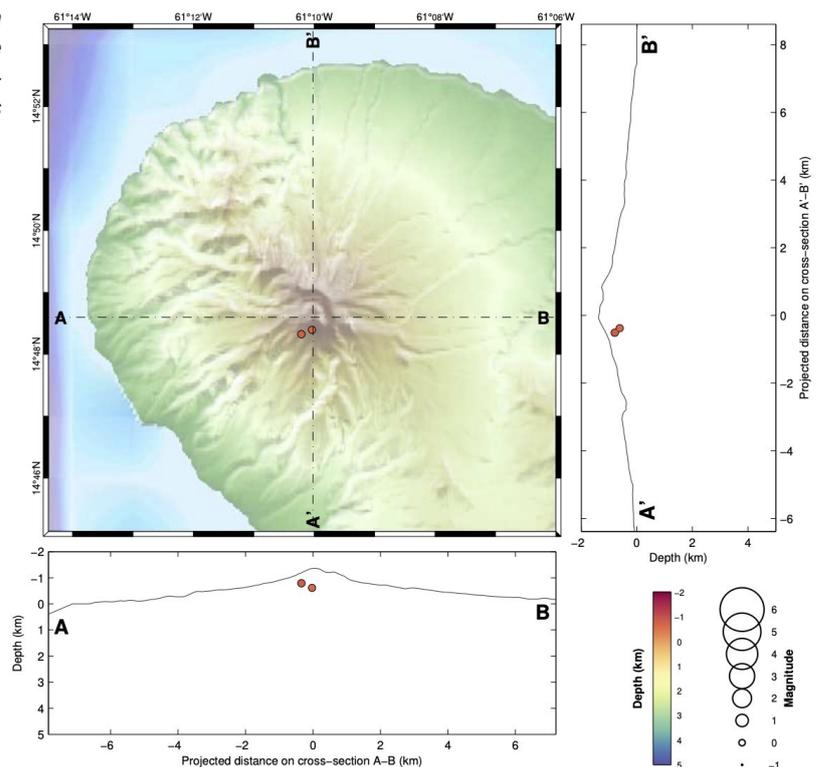
Au cours du mois de décembre 2023, l'OVSM-IPGP a détecté **7 séismes d'origine volcanique** dont le détail est donné dans le **Tableau A1**.

Type de séisme d'origine volcanique	Juillet 2023	Août 2023	Septembre 2023	Octobre 2023	Novembre 2023	Décembre 2023
Volcano-tectonique (VT)	16	31	24	7	12	14
Volcano-tectonique distal	0	0	0	0	0	0
Longue période (LP)	5	0	0	0	0	0
Hybride + Hybride profond (> 10 km)	0	0	1	0	0	0
Trémor	0	0	0	0	0	0
TOTAL	21	31	25	7	12	14

Tableau A1. Nombre et types de séismes d'origine volcanique détectés par l'OVSM-IPGP au cours des 6 derniers mois.

La **Figure A1** présente l'ensemble des séismes d'origine volcanique ayant pu être localisés en décembre 2023. Aucun de ces séismes n'a été ressenti par la population.

Figure A1. Carte de localisation manuelle de la sismicité d'origine volcanique du mois de décembre 2023, et coupes est-ouest et nord-sud indiquant la localisation en profondeur des hypocentres (source WebObs/OVSM).



Sismicité de type volcano-tectonique (VT)

Les 14 séismes volcano-tectoniques enregistrés en décembre 2023 sont tous de très faible amplitude (magnitude inférieure à 0,2) et seuls 2 ont pu être localisés manuellement (**Figure A1**). Cependant, la classification automatique de ces événements VT permet d'en localiser la majorité à l'intérieur de l'édifice volcanique, entre 0,5 et 2,0 km de profondeur sous la surface. La **Figure**



A2 montre l'évolution du nombre de séismes de type VT depuis décembre 2018. Par rapport aux bulletins précédents, les données 2019 à 2020 ont été consolidées en les complétant par les détections automatiques.

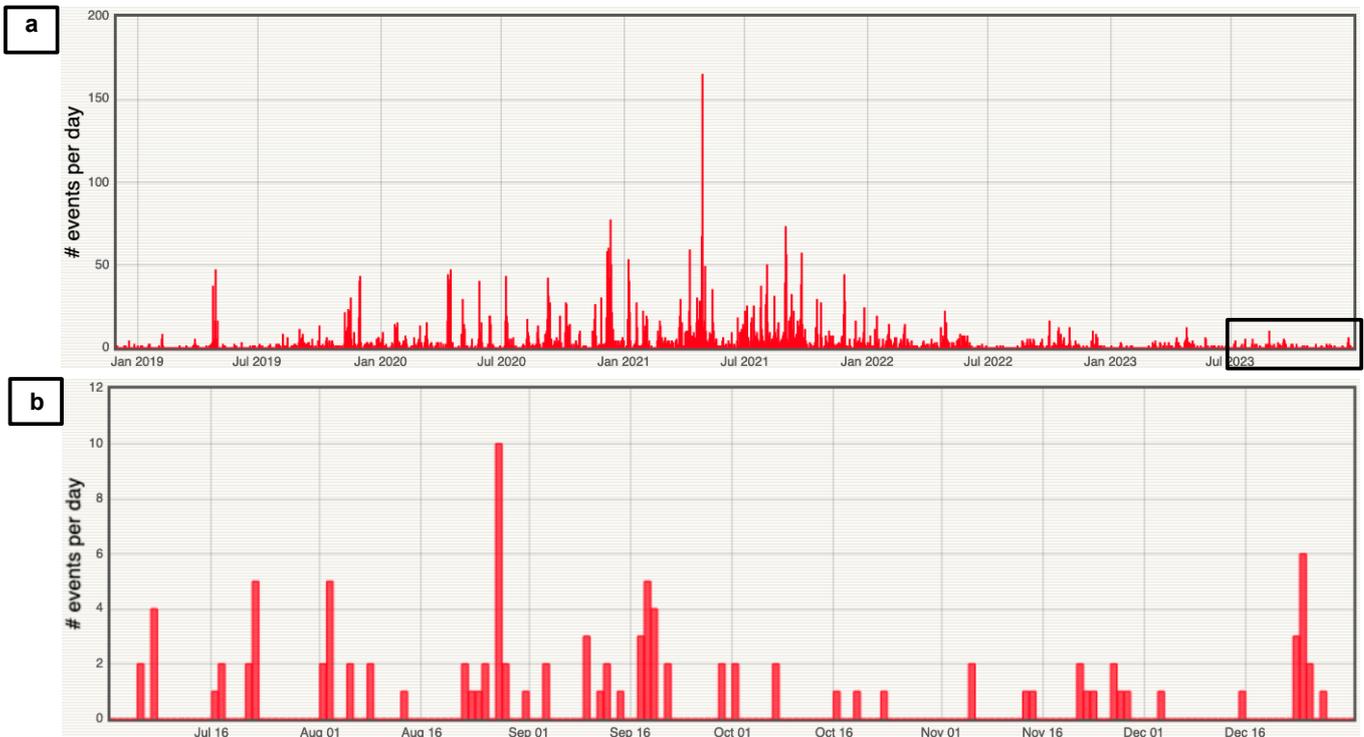


Figure A2. Nombre journalier de séismes de type volcano-tectonique (VT) détectés par l'OVSM-IPGP : a) Période du 1^{er} décembre 2018 au 31 décembre 2023. b) Période des 6 derniers mois (du 1^{er} juillet 2023 au 31 décembre 2023, zoom sur la sous-figure a). Source WebObs/OVSM.

Malgré la baisse du nombre de séismes volcano-tectoniques (VT) enregistrés depuis plusieurs mois et la baisse de l'énergie sismique associée à ces séismes VT par rapport à l'année 2020 et 2021, l'énergie dissipée reste au-dessus de son niveau de référence avant la réactivation.

En décembre 2023, l'OVSM-IPGP n'a enregistré **aucun séisme de type hybride ou longue période**.

En conclusion, l'activité sismique actuelle pourrait être un signe d'augmentation de l'activité du système hydrothermal : interaction entre l'eau, les roches et la source de chaleur magmatique et la présence de fluides (gaz, eaux hydrothermales) en surpression dans les zones profondes du système magmatique (plus de 10 km) remontant vers les zones plus superficielles du système hydrothermal.

Déformation du sol

Depuis le milieu de l'année 2022, les mesures du réseau de capteurs GNSS de l'OVSM-IPGP intégrées sur un an indiquent un léger signal de déformation avec des vitesses de déplacement horizontal entre 3 ± 2 mm par an et 5 ± 2 mm par an sur les stations proches du sommet, et 15 ± 2 mm par an sur la station SCH2 qui a été installée en 2022 et dont le signal semble être maintenant stabilisé (voir **Figure A4**).

Ces déformations restent faibles mais traduisent une inflation ou extension significative de l'édifice. Elles auraient débuté approximativement vers le milieu de l'année 2021 et restent globalement stables jusqu'en décembre 2023. Depuis quelques mois, on remarque une augmentation de l'amplitude du vecteur MLM0 par rapport à d'autres signaux transitoires



atmosphériques et hydrologiques qui deviennent dominants dans cette zone avec la saison cyclonique (comparables aux signaux saisonniers de 2021 et 2022 de la série temporelle sur la **figure A5**).

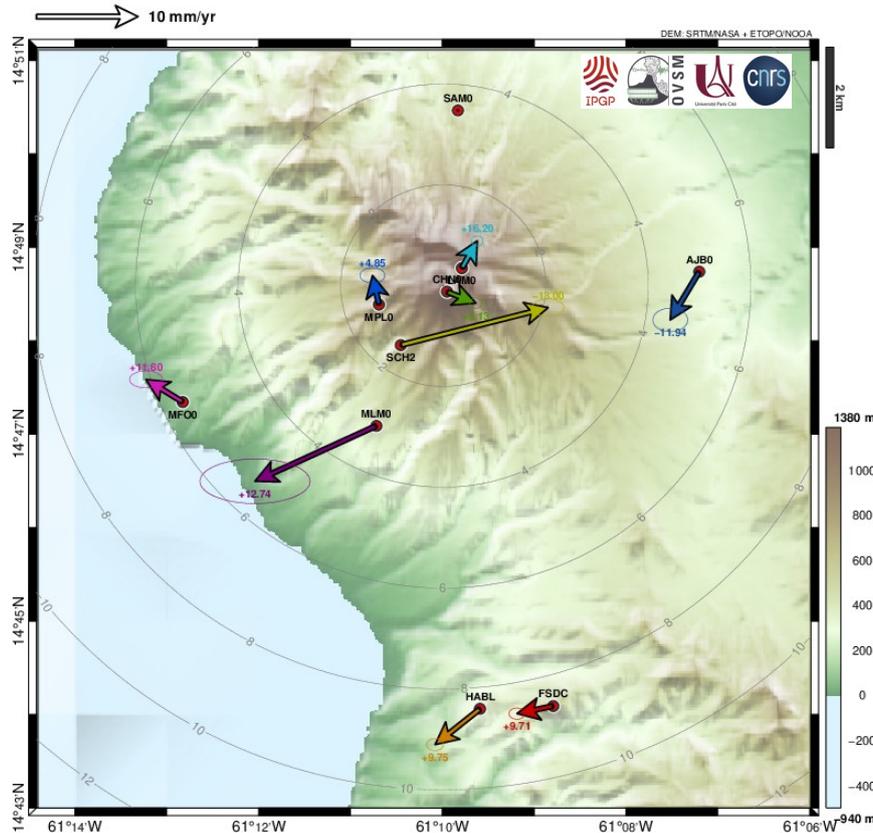


Figure A4. Vecteurs des vitesses moyennes de déformations horizontales mesurées entre le 1er décembre 2022 et le 31 décembre 2023 (un an) sur la Montagne Pelée (échelle donnée par la flèche en haut à gauche en mm par an). Chaque vecteur est associé à une ellipse d'erreur ainsi qu'à une indication de la vitesse verticale (non significative). Les cercles concentriques gris indiquent les distances en km depuis le sommet. Ces vitesses sont calculées de façon relative par rapport à un référentiel local (source WebObs / OVSM).

La **Figure A5** montre l'évolution temporelle, de 2019 à décembre 2023 inclus, des lignes de base, c'est-à-dire les variations de distance linéaire entre plusieurs couples de stations GNSS, traduisant une extension ou une compression du massif volcanique. Ces signaux permettent de préciser la date d'apparition des déformations de la Pelée qui auraient débuté approximativement vers le milieu de l'année 2021 et qui restent globalement stables jusqu'en décembre 2023. Si la plupart des lignes de base sont stables avant la mi-2021, on note en effet que les lignes proches du sommet (MPL0-LAM0, MPL0-CHN0 ; CHN0-LAM0, MLM0-CHN0) indiquent toutes une extension marquée (pente positive des courbes) et relativement régulière ensuite, avec cependant une tendance au ralentissement depuis plusieurs mois pour certaines (MLM0-AJB0, MPL0-CHN0). Les vitesses d'extension moyenne sont entre 0 et +9,4 mm/an maximum pour la ligne LAM0-MLM0. En termes de déplacement total, cela correspond à un allongement de la ligne de base de 24 mm entre mi-2021 et décembre 2023. En termes de déformation — variation relative de distance que l'on peut relier à la capacité de la roche à se déformer élastiquement —, c'est sur la ligne de base la plus courte CHN0-LAM0 que l'on enregistre la valeur la plus élevée, avec un allongement total de +17 mm sur une ligne de base de seulement 550 m, soit une déformation en extension de +0,0032%.

Les signaux GNSS de ces derniers mois ont cependant un rapport signal sur bruit trop faible pour déterminer avec précision les caractéristiques de la source qui en serait à l'origine. Ils restent cependant compatibles avec une source de faible pressurisation superficielle, probablement située à quelques km de profondeur sous la surface, mais de localisation diffuse. Cette source pourrait avoir été engendrée par une remontée de volumes limités de fluides hydrothermaux et/ou magmatiques (gaz, eaux hydrothermales) dans l'édifice volcanique.

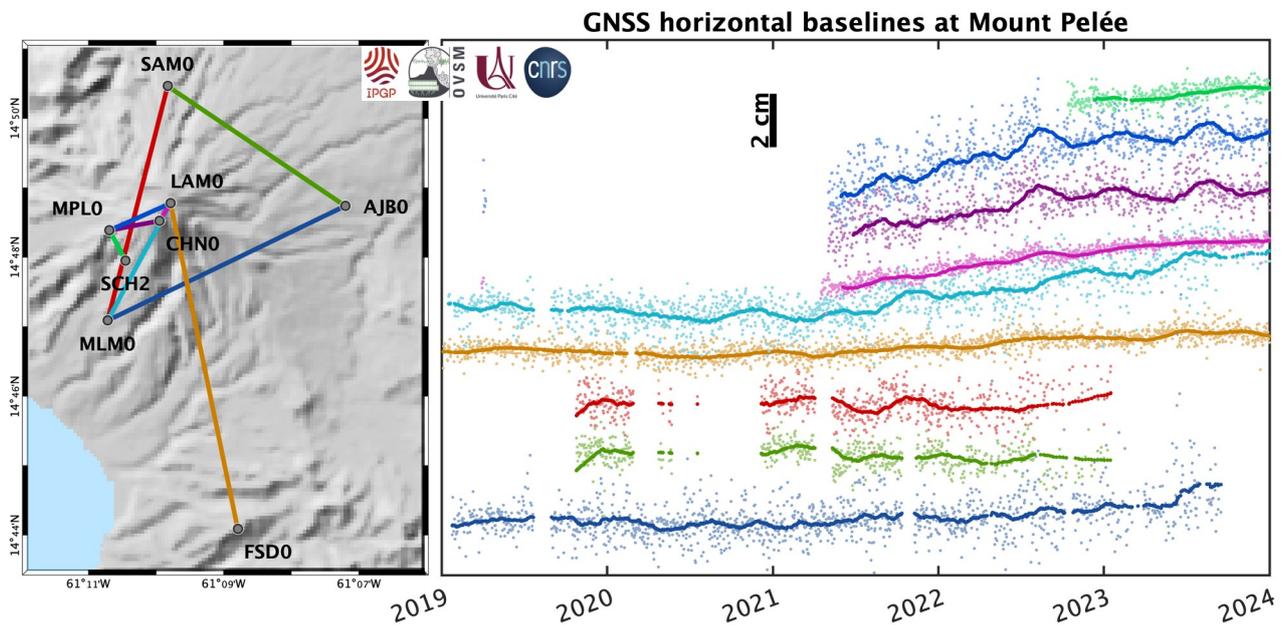


Figure A5. Variation des distances horizontales (lignes de base) sur la Montagne Pelée, calculées à partir des données journalières du réseau GNSS permanent. (Gauche) Position des lignes de base entre chaque couple de station (FSD0 correspond à la station située à l'ancien observatoire du Morne des Cadets). (Droite). Évolution des distances horizontales pour chaque couple de station sur près de 5 années (2019-2023) : données journalières brutes (points) et filtrées par moyenne glissante sur 60 jours (lignes pleines). Les périodes sans données correspondent à des interruptions techniques ou à des stations qui ont été passées en enregistrement continu courant 2021 (source F. Beauducel / IPGP).

Géochimie des sources thermales

Les températures, *pH* et conductivités des eaux des forages Puits Chaud (à 8,5 m de profondeur) et des carrières Fond Canonville (30 et 60 m de profondeur) sont restées relativement stables au cours du mois de décembre 2023. L'échantillonnage des sources chaudes de la rivière Chaude n'a pas été effectué ce mois-ci. Des données sur la composition isotopique de l'hélium de ces émanations gazeuses sont disponibles dans le bulletin mensuel de juin 2023. L'échantillonnage des sources thermales de la haute Rivière Claire n'est pas réalisable à l'heure actuelle car ces sources ne sont pas accessibles de manière sécurisée.

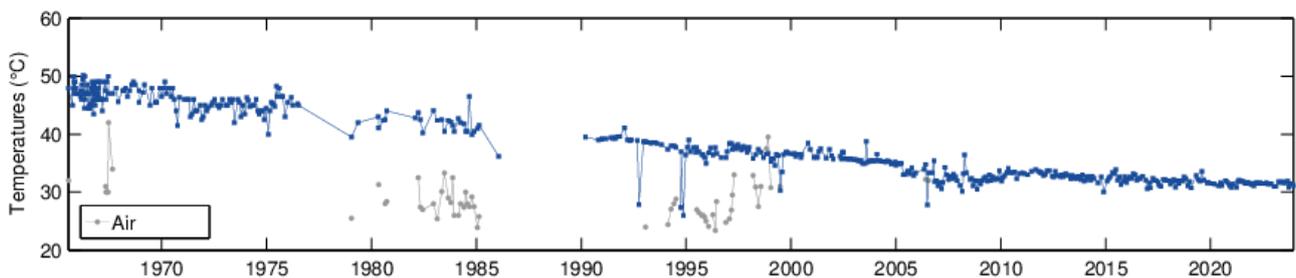


Figure A6. Évolution de la température du forage Puits Chaud (points bleus foncés) de 1965 à décembre 2023 (source WebObs/OVSM).



Les mesures de température (**Figure A6** pour Puits Chaud) suggèrent une tendance générale à la baisse de la température des eaux thermales souterraines de la coulée de la Rivière Blanche depuis le milieu des années 1960 jusqu'à 2009, suivie d'une possible tendance à la stabilisation de la température depuis 2017 jusqu'à la date de la dernière mesure (13 décembre 2023).

Phénoménologie

Zone de végétation dégradée

Une zone de végétation dégradée localisée sur le flanc sud-ouest de la Montagne Pelée entre la haute Rivière Claire et la Rivière Chaude a été identifiée en décembre 2020 (VEG1). D'après l'analyse d'images satellitales, cette zone, composée de troncs d'arbres et de fougères sans têtes, défoliés ou abattus, et d'herbes et de buissons jaunies et morts, est apparue à la fin de l'année 2019. Elle est située à proximité des cratères des éruptions phréatiques historiques de 1792 et 1851.

Les zones de végétation dégradée sont suivies visuellement par des survols héliportés (soutien de la Sécurité civile). Le dernier survol de la zone en août 2023 a montré que la zone a été significativement re-végétalisée (voir le bulletin mensuel correspondant), bien qu'il existe toujours des signes disparates de dépérissement de la végétation en périphérie de VEG1.

Dégazage passif par le sol sur la Montagne Pelée

Depuis 2021, avec l'appui héliporté de la Sécurité civile et du STIS, l'OVSM réalise des mesures ponctuelles dans la zone de VEG1 qui ont montré des concentrations en dioxyde de carbone (CO₂) très supérieures au niveau de base naturel. C'est ce dégazage passif de CO₂ via le sol qui aurait impacté la végétation. Un état des lieux des émanations de gaz (ou leur absence) sur et autour de la Montagne Pelée est réitéré dès que possible via différentes techniques de mesures in situ et d'analyse en laboratoire, en collaboration avec l'OVSG-IPGP (Guadeloupe). Le détail de ces mesures et leur interprétation sont reportés dans les bulletins précédents.

Il n'y a pas eu de nouvelles mesures sur site ce mois de décembre 2023.

Émission sous-marine de bulles de gaz

Une zone d'émission de bulles de gaz à partir du fond marin a été observée au nord de Saint-Pierre, au niveau de l'embouchure de la rivière des Pères, à moins de 11 m de profondeur, suite au signalement d'un pêcheur fin juin 2021. Selon plusieurs témoignages, ce dégazage diffus pourrait exister depuis plusieurs décennies dans cette zone. Sa surveillance quantitative peut ainsi servir d'indicateur sur l'évolution de la réactivation en cours à la Montagne Pelée. C'est pour cette raison que dès le mois d'août 2021, l'OVSM a mis en place une collaboration avec le Parc Naturel Marin de Martinique et l'Office Français de la biodiversité en Martinique pour effectuer des mesures périodiques (pH, température, débit maximum et superficie de la zone) et si possible des prélèvements de gaz pour analyse chimique. Ce type d'émission de gaz est habituel aux alentours des zones volcaniques actives ou au repos, par exemple en Dominique (Soufrière et Champagne), en Italie (sites de Panarea, Vulcano, Baie de Pozzuoli) et en Grèce (Santorin).

Les émissions sous-marines de gaz du site de Périnelle à Saint-Pierre n'ont pas été échantillonnées au mois de décembre 2023.

Activité fumerolienne

Au cours du mois de décembre 2023, il n'a pas été observé d'activité fumerolienne sur les flancs ou au sommet de la Montagne Pelée.

Glissements de terrain et lahars

Rivière du Prêcheur

Au cours de ce mois, **aucun lahar** n'a été enregistré dans la rivière du Prêcheur. De nouveaux glissements peuvent survenir à tout moment au niveau de la falaise Samperre et des berges de la Rivière du Prêcheur, et conduire à de nouvelles coulées de boue lors d'épisodes de fortes pluies.

Ces événements ne sont pas liés à une activité éruptive de la Montagne Pelée mais à l'érosion d'une épaisse couche de terrains volcaniques anciens, peu consolidés, accumulés sur ses flancs.



Les volcans régionaux actifs

La Soufrière de Guadeloupe : La dernière crise volcanique remonte à 1976-1977. Le niveau d'alerte volcanique actuel est **jaune**. Plus d'informations dans les bulletins de l'OVSG : <http://www.ipgp.fr/fr/ovsg/bulletins-mensuels-de-lovsg>.

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 : Ce volcan est situé à une distance de 120 km au sud de la Martinique sur l'île de Saint-Vincent, dans l'État de Saint-Vincent-et-les-Grenadines. Une éruption de type effusif avec formation d'un dôme de lave s'est produite du 29 décembre 2020 au 9 avril 2021, suivie d'une activité explosive qui s'est terminée le 22 avril 2021. Le niveau d'alerte est abaissé à orange le 7 mai 2021, puis à jaune le 15 septembre 2021 et enfin à **vert** le 16 mars 2022 jusqu'à aujourd'hui. Notez que 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 de couleurs 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>.

B) Activité sismique régionale

L'arc insulaire des Petites Antilles résulte du plongement des plaques Nord-Américaine (NAM) et Sud-Américaine (SAM) sous la plaque Caraïbe. Cette subduction active dont la vitesse de convergence est de 2 cm an⁻¹ produit une déformation aux frontières de ces plaques, faisant de notre archipel une région à forts aléas volcanique et sismique. Certains séismes sont directement liés aux processus de glissement entre les deux plaques, et sont appelés séismes *inter-plaques*. D'autres, plus superficiels, résultent de la déformation de la plaque Caraïbe au niveau de l'arc volcanique des Petites Antilles (séismes *intra-plaque*) ou de la déformation des plaques NAM et SAM avant leur arrivée dans la zone de subduction (séismes « *outer-rise* »). D'autres résultent de la rupture en profondeur des plaques NAM et SAM après leur plongement sous la plaque Caraïbe (séismes de profondeur intermédiaire).

Depuis deux siècles, plusieurs séismes d'intensités supérieures ou égales à VII ont causé des dommages en Martinique en 1827, 1839, 1843, 1906, 1946, 1953 et 2007.

Au cours du mois de décembre 2023, deux séismes ont été signalés ressentis en Martinique.

Les séismes ne sont pas prévisibles et peuvent survenir à n'importe quel moment en Martinique. Les actions de prévention du risque restent de rigueur : respect des réglementations parasismiques en vigueur, aménagement intérieur des lieux de vie, apprentissage du comportement à tenir avant, pendant et après un séisme.

L'OVSM-IPGP a enregistré au cours du mois de décembre 2023 un total de **102 séismes régionaux d'origine tectonique**, dont **75 ont pu être localisés** et entrent dans le cadre de la **Figure B1**, les autres étant plus lointains ou de trop faible magnitude.

Un séisme a été signalé ressenti en Martinique (intensités maximales II à III d'après les témoignages internet du BCSF) le 2 décembre 2023 à 04h48 (heure locale), de magnitude M_{L_v} 6,0, de profondeur environ 24 km, localisé à 50 km au nord de La Désirade (voir le communiqué correspondant de l'OVSG).

Un autre séisme a été signalé ressenti en Martinique (intensités maximales III à IV d'après les témoignages internet du BCSF) le 31 décembre à 7h32 (heure locale), de magnitude M_{L_v} 5,1, de profondeur environ 30 km, localisé à 88 km au nord-est de Sainte-Marie (voir le communiqué OVSM correspondant).

Ces deux événements ont également été ressentis en Guadeloupe (voir figures B1 et B2).



Autour de la Martinique, nous observons par ailleurs toujours au mois de décembre 2023 une activité récurrente à l'est de la Caravelle (**Figure B2**).

La localisation des grands séismes historiques est rappelée à la **Figure B3**.

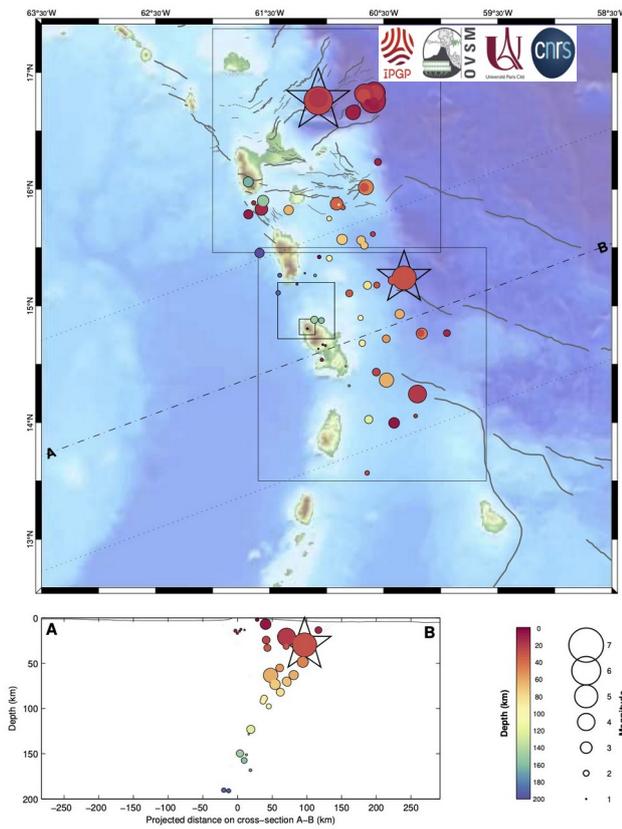


Figure B1. Partie supérieure : carte des hypocentres des séismes enregistrés et localisés par l'OVSM-IPGP au cours du mois de décembre 2023 sur l'arc antillais (l'étoile indique un séisme ressenti). Partie inférieure : représentation des séismes en profondeur le long du profil A-B (source WebObs/OVSM).

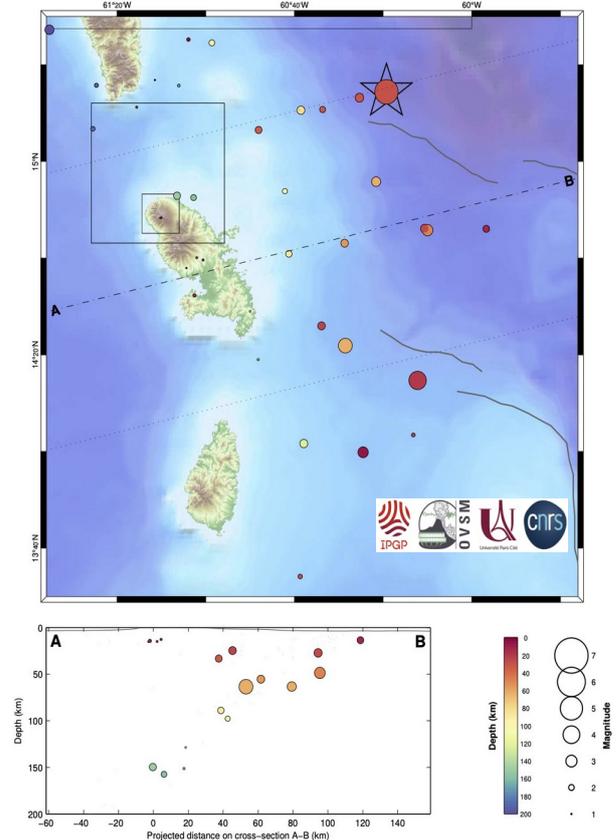


Figure B2. Partie supérieure : carte des hypocentres des séismes enregistrés et localisés par l'OVSM-IPGP au cours du mois de décembre 2023 autour de la Martinique (l'étoile indique un séisme ressenti). Partie inférieure : représentation des séismes en profondeur le long du profil A-B (source WebObs/OVSM).

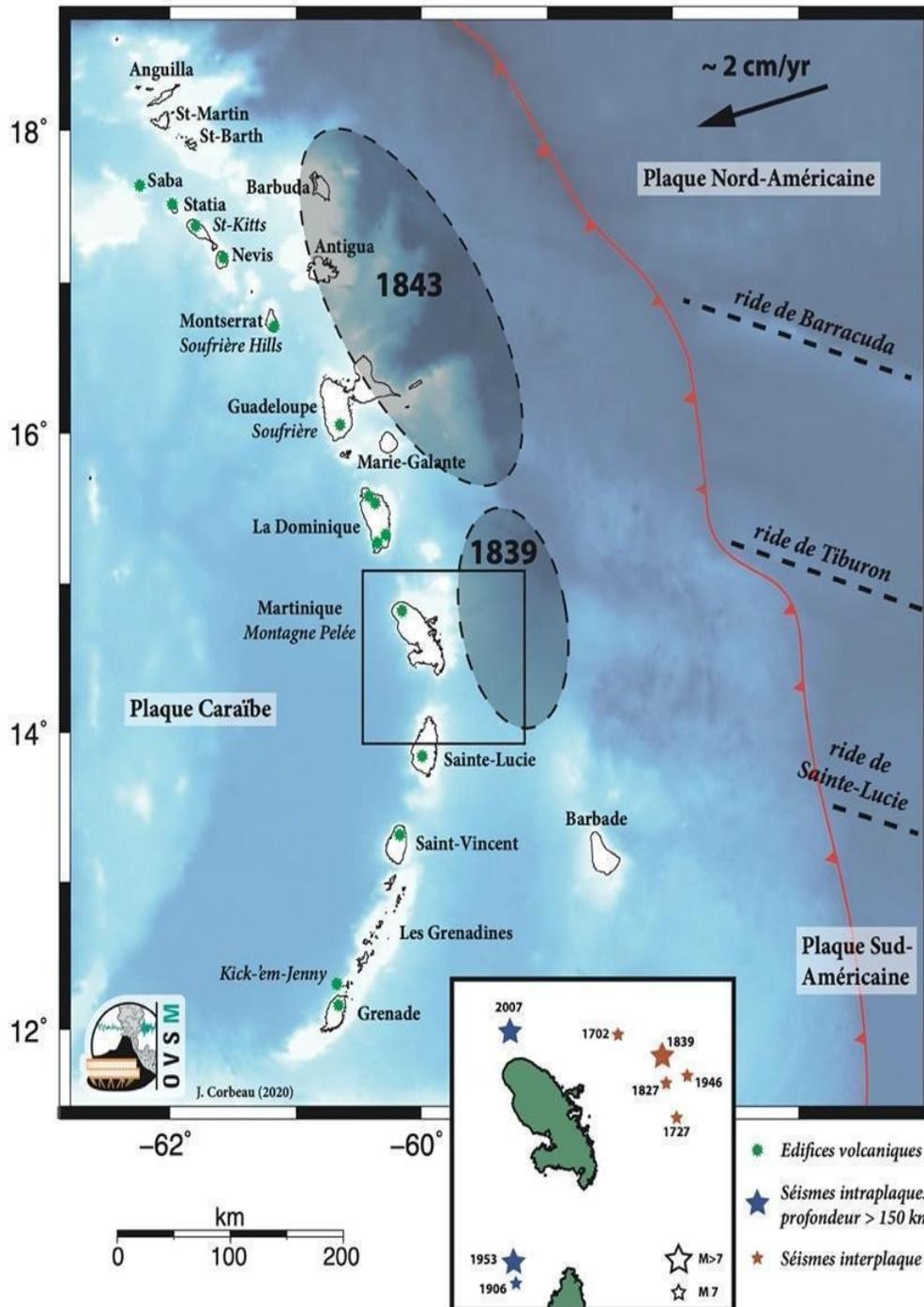


Figure B3. Localisation des séismes historiques de magnitude estimée supérieure à 7. Cette figure illustre aussi la relation entre l'activité tectonique associée à la subduction oblique des plaques Nord-Américaine et Sud-Américaine sous la plaque Caraïbe et l'activité volcanique dans les Petites Antilles. Les étoiles vertes correspondent à la localisation des volcans (figure simplifiée d'après Feuillet et al., 2011).



C) Annexes

Définition simplifiée des niveaux d'activité volcanique pour la Montagne Pelée

Activité globale observée	Minimale niveau de base	Inhabituelle / En augmentation variations de quelques paramètres au dessus de leur niveau de base	Fortement augmentée variations de nombreux paramètres, sismicité fréquemment ressentie	Maximale sismicité volcanique intense, déformations majeures, explosions, émissions gazeuses, ...
Délai prévisionnel avant une éruption	Siècle(s) / Années	Année(s) / Mois / Semaines	Mois / Semaine(s)	Imminente / En cours
Niveaux de surveillance et d'alerte	VERT = référence	JAUNE = Vigilance	ORANGE = Pré-alerte	ROUGE = Alerte

Les niveaux d'alerte sont définis par le dispositif ORSEC Préfecture et leur application relève d'une décision préfectorale.

Définition simplifiée de l'échelle des intensités macrosismiques

Perception Humaine	non ressenti	très faible	faible	légère	modérée	forte	très forte	sévère	violente	extrême
Dégâts Potentiels	aucun	aucun	aucun	aucun	très légers	légers	modérés	importants	destructions	généralisés
Intensités EMS98	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X+

Les niveaux d'intensité sont définis par l'échelle macrosismique européenne EMS98 et leur attribution relève d'une enquête post-sismique du BCSF.

Appel à témoignages sur les séismes ressentis

Vos témoignages nous intéressent et permettront aux ingénieurs et sismologues de mieux tenir compte des spécificités locales dans la mitigation du risque sismique en Martinique. Les intensités réelles (sévérité de la secousse au sol en un lieu donné qui est déduite des effets d'un séisme) 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/ou à prendre quelques minutes pour remplir le formulaire d'enquête macrosismique du BCSF (Bureau Central Sismologique Français) sur le site <http://www.franceseisme.fr/>.

La direction de l'OVSM-IPGP

12 janvier 2024

Références

Feuillet N., F. Beauducel, and P. Tapponnier, 2011. Tectonic context of moderate to large historical earthquakes in the Lesser Antilles and mechanical coupling with volcanoes, *J. Geophys. Res.*, 116, B10308, <https://doi.org/10.1029/2011JB008443>
Him, A., et al. 1987. Shallow seismicity at Montagne Pelée volcano, Martinique, Lesser. Antilles. *Bull. Volcanol.* 49, 723–728.

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@ovmp.martinique.univ-ag.fr

Informations

Retrouvez l'ensemble des informations relatives à l'activité de la Montagne Pelée sur les différents médias de l'OVSM-IPGP :

- le site internet : www.ipgp.fr/fr/ovsm/bilans
- le compte X/Twitter : twitter.com/ObsMartinique
- le compte Facebook : facebook.com/ObservatoireVolcanoSismoMartinique
- Les localisations des séismes d'origine volcanique ou tectonique calculées par l'OVSM-IPGP sont disponibles en temps réel sur le site renass.unistra.fr/fr/zones/les-antilles

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

Sciences pour la planète

Institut de physique du globe de Paris, OVSM
Lieu dit Blondel, Morne la Rosette,
Route de l'observatoire,
97250 Saint Pierre, Martinique

www.ipgp.fr
X/twitter : [@ObsMartinique](https://twitter.com/ObsMartinique)
facebook : [ObservatoireVolcanoSismoMartinique](https://facebook.com/ObservatoireVolcanoSismoMartinique)
youtube : [Chaîne IPGP](https://youtube.com/ChaîneIPGP)