Bulletin mensuel

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

ISSN 2105 – 2301

Avril 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 décru 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 est observée sur les images satellitales depuis fin décembre 2019 et confirmée visuellement depuis le mois de décembre 2020. 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. L'ensemble de ces observations reflète une réactivation du système volcanique.

Au mois d'avril 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 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 d'avril 2023 et résumées dans ce bulletin, nous ne pouvons exclure une évolution de la situation à moyen terme. 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).

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
twitter : @ObsMartinique
facebook : ObsVolcanoSismoMartinique
youtube : Chaîne IPGP

Sismicité volcanique

Au cours du mois d'avril 2023, l'OVSM-IPGP a détecté au moins **61 séismes** d'origine **volcanique** dont le détail est donné dans le **Tableau A1**.

Type de séisme d'origine volcanique	Novembre 2022	Décembre 2022	Janvier 2023	Février 2023	Mars 2023	Avril 2023
Volcano-tectonique + Volcano-tectonique distal	19	43	9	3	25	56
Longue période	0	0	0	0	0	1
Hybride	0	2	1	2	2	4
Trémor	0	0	0	0	0	0
TOTAL	19	45	10	5	27	**61**

Tableau A1. *Nombre de séismes d'origine volcanique détectés par l'OVSM-IPGP au cours des 6 derniers mois en fonction du type.*

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

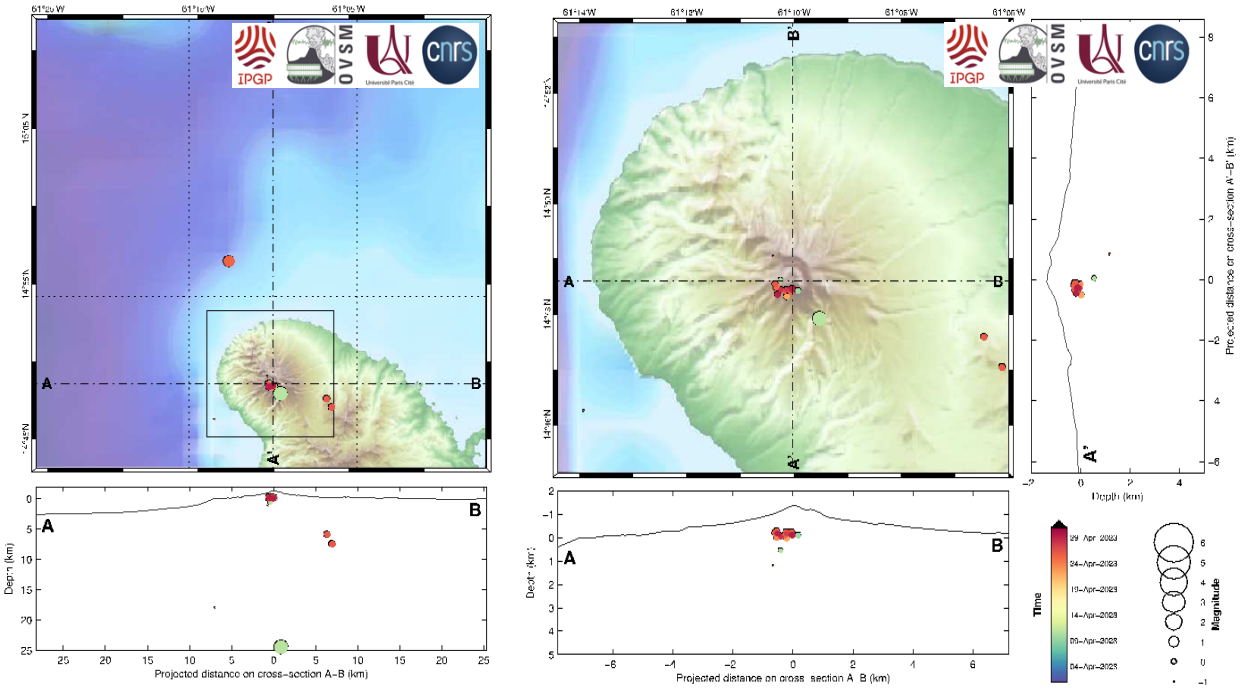

Figure A1. *Carte de localisation manuelle de la sismicité d'origine volcanique au mois d'avril 2023 en fonction d'une échelle de temps, et coupe est-ouest indiquant la localisation en profondeur des hypocentres (à gauche). Zoom sur la sismicité superficielle de la Montagne Pelée au mois d'avril 2023 en fonction d'une échelle de temps, et coupes est-ouest et nord-sud indiquant la localisation en profondeur des hypocentres (à droite) (source WebObs/OVSM). Le point vert au sud-est du sommet correspond au séisme hybride profond (magnitude M_{LV} 1,5) localisé à environ 24 km de profondeur.*

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
twitter : @ObsMartinique
facebook : ObsVolcanoSismoMartinique
youtube : Chaîne IPGP

Parmi ces séismes d'origine volcanique, l'OVSM-IPGP a détecté au moins **54 séismes de type volcano-tectonique** (VT), événements caractérisés par un signal contenant des variations de vitesse hautes fréquences.

Ces séismes sont de **très faible amplitude** (magnitude autour de 0) et n'ont pas pu tous être localisés manuellement. 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.

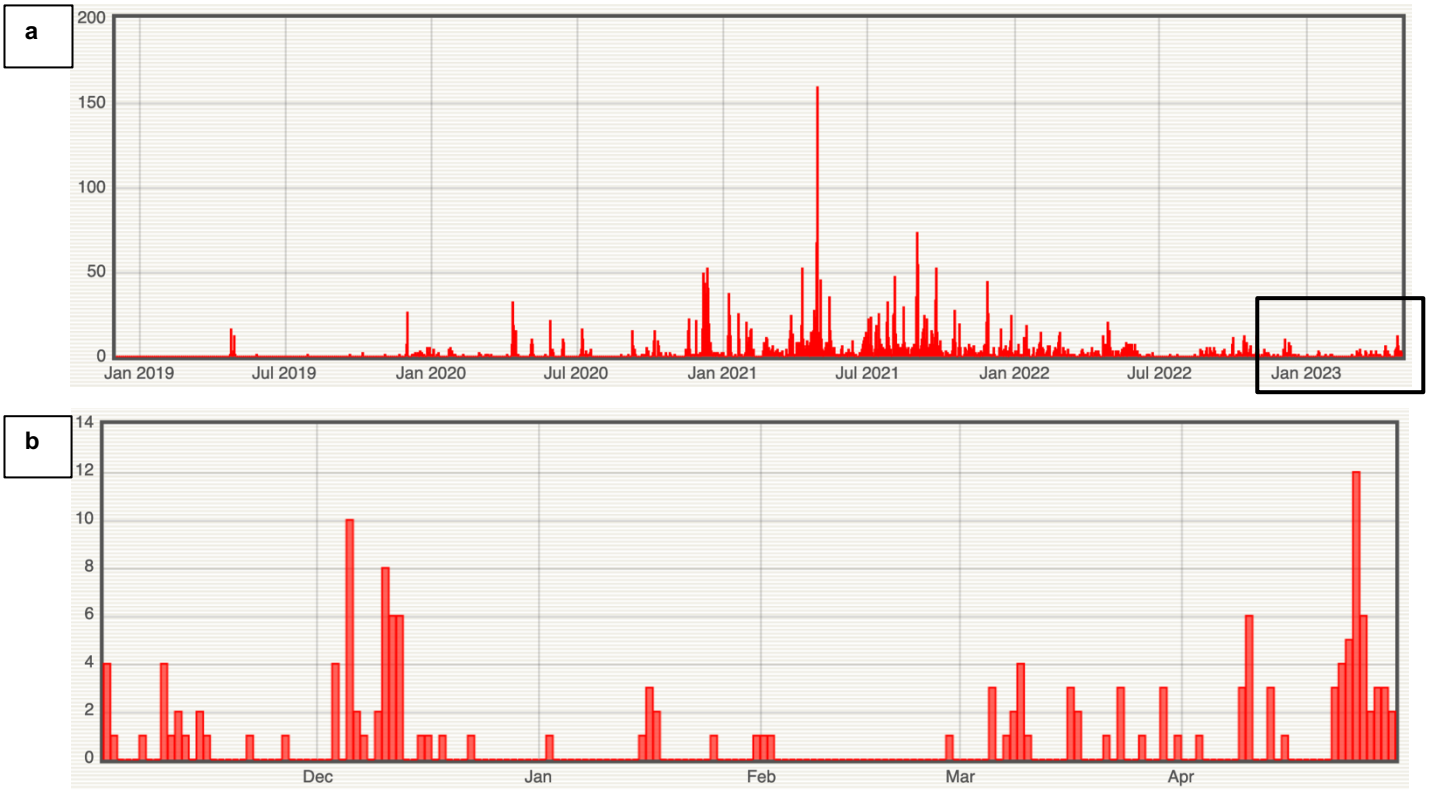

Figure A2. *Nombre journalier de séismes de type volcano-tectoniques détectés par l'OVSM : a) Période du 1er décembre 2018 au 30 avril 2023. b) Période des 6 derniers mois (du 1er novembre 2022 au 30 avril 2023, zoom sur la subfigure a). Source WebObs/OVSM.*

Ce mois-ci, l'OVSM-IPGP a observé **2 séismes volcano-tectoniques distaux**, qui ont été localisés à environ 18 km de profondeur et à environ 9 km au nord-nord-ouest de Grand'Rivière.

L'OVSM-IPGP a également observé **4 séismes de type hybride**, de magnitude inférieure à 1,5, et **dont un profond** localisé à environ 24 km de profondeur sous le sommet du volcan (Tableau 1). **Un séisme de type longue-période** de très faible amplitude a également été identifié et localisé à environ 18 km de profondeur au sud-ouest de l'édifice.

Depuis le début de la réactivation de la Montagne Pelée, ces signaux de type hybride profond contenant des basses fréquences ont déjà été enregistrés à plusieurs reprises. Ils sont associés à la présence et aux mouvements de fluides (gaz, eaux hydrothermales) dans l'édifice volcanique lorsqu'ils se produisent à quelques kilomètres sous la surface, ou à des phénomènes magmatiques lorsqu'ils sont plus profonds.

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 2 ± 1 mm par an et 7 ± 3 mm par an, détectées sur la plupart des stations situées sur l'édifice de la Montagne Pelée (voir Figure A3). Ces déformations, de directions globalement radiales au volcan, 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 mars 2023. Ces signaux sont compatibles avec une source de pressurisation superficielle située entre 1 et 2 km de profondeur sous la surface. Cette source pourrait être engendrée par la remontée de volumes limités de fluides hydrothermaux et/ou magmatiques (gaz, eaux hydrothermales) dans l'édifice volcanique.

En avril 2023, nous avons remarqué des changements sur certaines stations sur le flanc ouest et sud de la Montagne Pelée. Ces données sont encore en cours d'analyse et seront discutées dans un prochain bulletin.

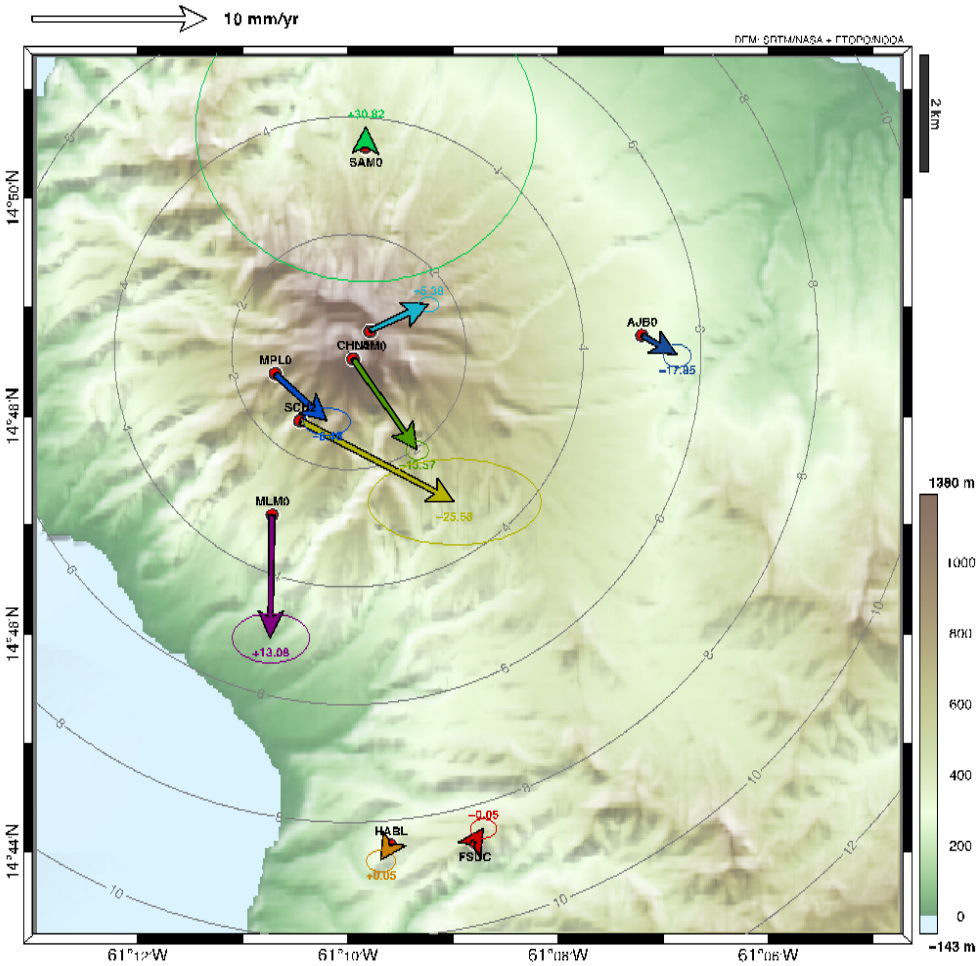

Figure A3. *Vecteurs des vitesses moyennes de déformations horizontales mesurées entre le 1er mai 2022 et le 30 avril 2023 (un an) sur la Montagne Pelée (échelle donnée en haut à gauche en mm par an). Chaque vecteur est associé à une ellipse d'erreur ainsi qu'une indication de la vitesse verticale (non significative). Les cercles concentriques gris indiquent les distances en km*

depuis le sommet. Les deux stations situées au nouveau et à l'ancien observatoire (respectivement HABL et FSDC) sont supposées stables et servent de référence (source WebObs / OVSM).

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 d'avril 2023. L'échantillonnage des sources chaudes de la rivière Chaude n'a pas été effectué au mois d'avril 2023. Les dernières valeurs de température, *pH* et conductivité et l'interprétation des mesures précédentes sont rapportées dans le bulletin du mois d'août 2022. 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. Les mesures de température 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 stabilisation de la température depuis 2010 jusqu'à ce jour.

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 jaunis 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) et par imagerie satellitale. Il n'y a pas de signal d'anomalie marquée de la végétation dégradée dans l'image satellite Sentinel-2 du 14 mars 2023 (R. Grandin, Dynamis, ISDeform). Il n'y a pas d'image satellite exploitable en avril 2023, ni de survol aérien de la zone.

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 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). Le 30 mars 2023 les observations sur les sites d'émission de bulles ne montrent pas de changements notables par rapport aux dernières observations et mesures en février 2023. Il n'y a pas eu de mesure ou d'observation effectuées en avril 2023.

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 (CO_2) très supérieures au niveau de base naturel. C'est ce dégazage passif de CO_2 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) et l'OVPF-IPGP (La Réunion). 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 d'avril 2023.

Activité fumerolienne
Au cours du mois d'avril 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

Lors de ce mois, **1 lahar** a été enregistré dans la rivière du Prêcheur le 21 avril entre 9h45 et 11h30 (heure locale. 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 accumulés sur ses flancs et peu consolidés.

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 d'avril 2023, un séisme de magnitude M_{LV} 4,7 a été ressenti en Martinique, le 16 avril 2023 à 07h22 (heure locale). Il a été localisé au large de la Guadeloupe, à environ 106 km au nord de Macouba, et à environ 103 km de profondeur.

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 d'avril 2023 un total de **87 séismes régionaux d'origine tectonique**, dont **62 ont pu être localisés** et entrent dans le cadre de la Figure B1, les autres étant plus lointains ou de trop faible magnitude.

Ce mois-ci, un séisme de magnitude M_{LV} 4,7 a eu lieu au large de la Guadeloupe, à environ 106 km au nord de Macouba, le 16 avril à 07h22 (heure locale). Il a été localisé à environ 103 km de profondeur et a été **ressenti à la fois en Guadeloupe et en Martinique** (étoile sur la Figure B1).

Le séisme le plus fort (**M_{LV} 3,6**) enregistré autour de la Martinique s'est produit à environ 72 km à l'est-nord-est du Vauclin le 7 avril 2023 à 23h31 heure locale, à environ 30 km de profondeur (Figures B1 et B2).

Autour de la Martinique, nous observons toujours au mois d'avril 2023 une activité récurrente à l'est de la Caravelle et dans le canal de Sainte-Lucie (Figure B2).

La localisation des grands séismes historiques de 1702, 1727, 1827, 1839, 1906, 1946, 1953 et 2007 est rappelée à la Figure B3.

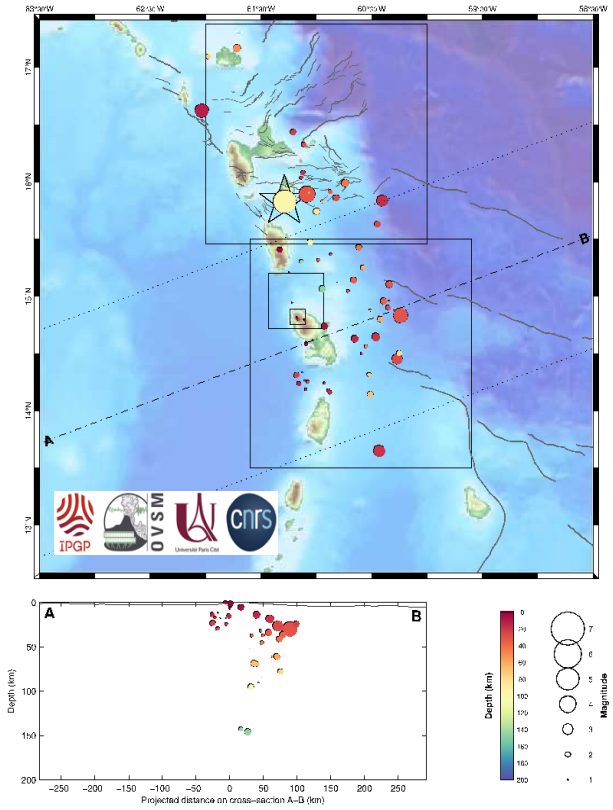

Figure B1. *Partie supérieure : carte des hypocentres des séismes enregistrés et localisés par l'OVSM-IPGP au cours du mois d'avril 2023 sur l'arc antillais. Partie inférieure : représentation des séismes en profondeur le long du profil A-B (source WebObs/OVSM). L'étoile indique la localisation du séisme de M_{LV} 4,7 ressenti le 16 avril à 07h22 (heure locale).*

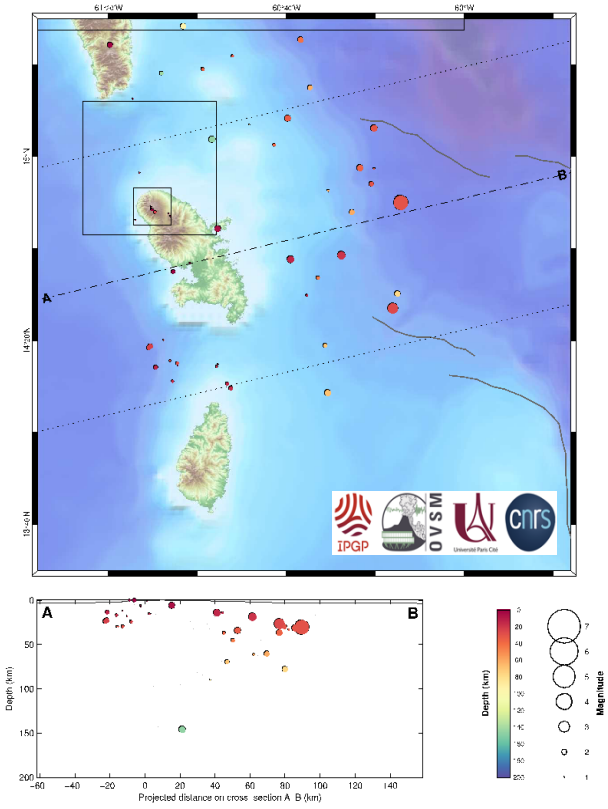

Figure B2. *Partie supérieure : carte des hypocentres des séismes enregistrés et localisés par l'OVSM-IPGP au cours du mois d'avril 2023 autour de la Martinique. Partie inférieure : représentation des séismes en profondeur le long du profil A-B (source WebObs/OVSM).*

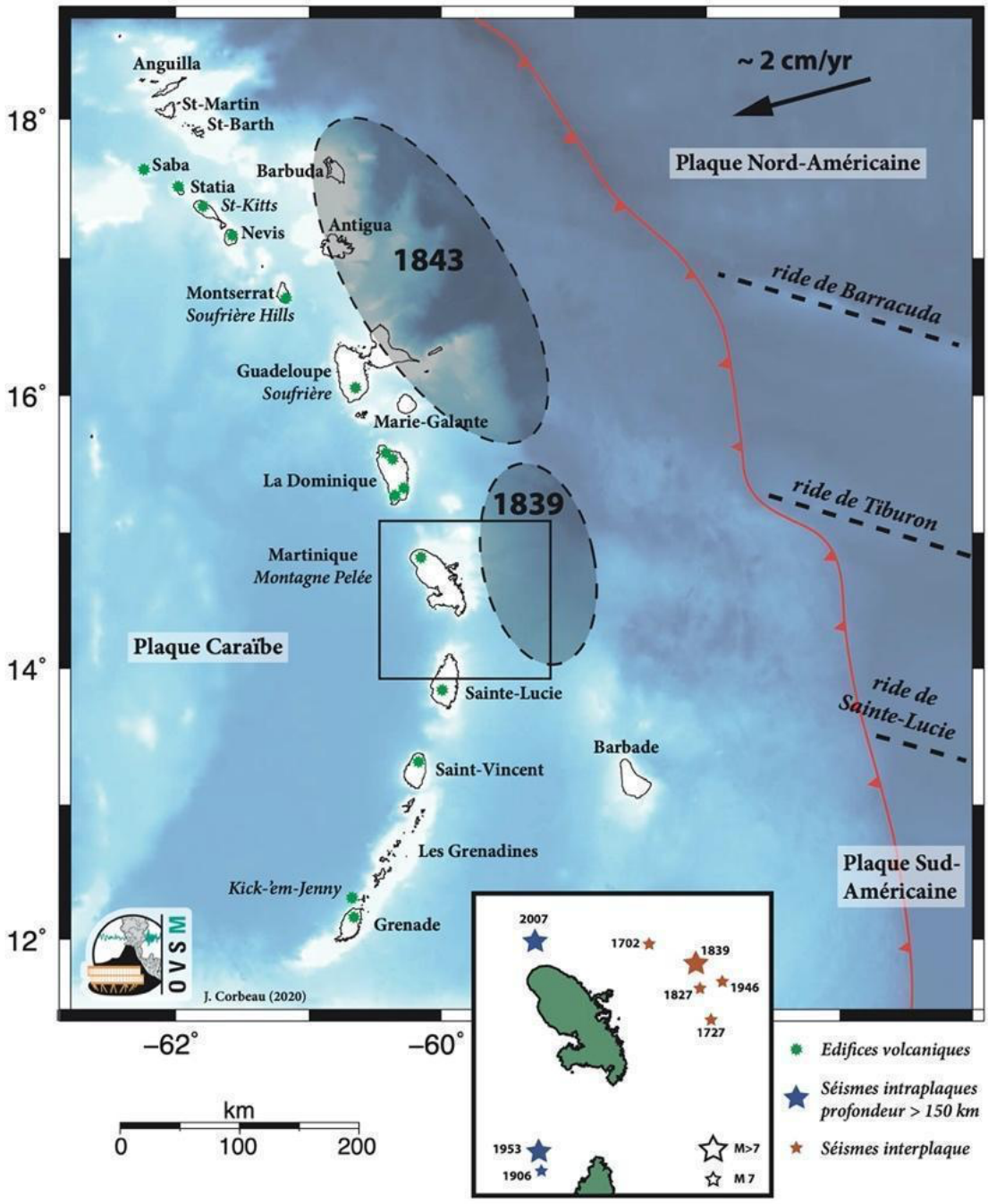

Figure B3. *Localisation des séismes historiques de magnitude estimée supérieure à 7. Cette figure illustre aussi la relation entre l'activité tectonique associée à la subduction oblique des plaques Nord-Américaine et Sud-Américaine sous la plaque Caraïbe et l'activité volcanique dans les Petites Antilles.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

C) Annexes

Définition des niveaux d'activité volcanique pour la Montagne Pelée

Activité globale observée	**Minimale** niveau de base	**En augmentation** variations de quelques paramètres	**Fortement augmentée** variations de nombreux paramètres, sismicité fréquemment ressentie	**Maximale** sismicité volcanique intense, déformations majeures, explosions
Délais possibles avant une éruption	Siècle(s) / Années	Année(s) / Mois	Mois / Semaines	Imminente / En cours
Décision	← *OVSM-IPGP* →		← *Préfecture* →	
Niveaux d'alerte	**VERT = Pas d'alerte**	**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+**
Perception Humaine	Non ressenti	Très faible	Faible	Légère	Modérée	Forte	Très forte	Sévère	Violente	Extrême

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
26 mai 2023

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 Twitter : twitter.com/ObsMartinique
- le compte Facebook : facebook.com/ObsVolcanoSismoMartinique
- Les localisations des séismes d'origine volcanique ou tectonique calculées par l'OVSM-IPGP sont disponibles en temps réel sur https://renass.unistra.fr/fr/zones/les-antilles

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