
Rapport annuel 2025

Observatoire volcanologique et sismologique de Martinique - IPGP





Couverture

Vue de la Montagne Pelée depuis le bâtiment de l'OVSM-IPGP. Photo prise par Esteban Martin le 1^{er} février 2026.

Citation de ce rapport

J. Vergne, J. Corbeau, A. Andrieu, F. Jadelus, A.-S. Leygnac, D. Melezan, C. Vidal, E. Martin. Rapport d'activité 2025 de l'Observatoire volcanologique et sismologique de Martinique, Institut de physique du globe de Paris, mai 2026.

Remerciements

Nous tenons à remercier la Collectivité Territoriale de Martinique (CTM), le Service Interministériel de Défense et de Protection Civiles (SIDPC) (Préfecture de la Martinique) et l'État-Major Interministériel de la Zone Antilles pour leur soutien logistique en nous permettant l'utilisation de l'hélicoptère de la Sécurité Civile ; le Service territorial d'incendie et de Secours, l'Office National des Forêts, le Parc Naturel Marin de Martinique et l'Office français pour la biodiversité pour leur soutien logistique sur le terrain ; la Mairie du Prêcheur, la Direction de l'Environnement et de l'Aménagement du Territoire de Martinique, la Préfecture de la Martinique, le Centre National de la Recherche Scientifique - Institut National des Sciences de l'Univers et ses services nationaux d'observation (Service national d'observation en volcanologie (SNOV), Imagerie Satellitaire des Déformations de la Terre (IsDeform), le Réseau accélérométrique permanent (RAP)), l'infrastructure de recherche Epos-France, le Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche et le Ministère de la Transition Écologique, de la Biodiversité, de la Forêt, de la Mer et de la Pêche et le programme de recherche IRiMa (gestion intégrée des risques pour des sociétés plus résilientes à l'ère des changements globaux) du [Programmes et équipements prioritaires de recherche \(PEPR\) de l'ANR](#) pour leur soutien financier.



Résumé.....	4
Présentation de l'observatoire.....	6
Historique, missions et partenariats.....	6
Personnel.....	7
Budget.....	9
Dispositifs instrumentaux de surveillance et d'études.....	10
Présentation générale des dispositifs instrumentaux de l'OVSM-IPGP.....	10
Réseau vélocimétrique.....	12
Réseau accélérométrique de la Martinique.....	15
Réseau de mesure des déformations.....	17
Réseau de mesure des paramètres géochimiques.....	19
Système de surveillance et d'alerte aux lahars dans la rivière du Prêcheur.....	23
Parc d'instrumentation en milieu marin.....	25
Acquisition, traitement et gestion des données.....	27
Activité de la Montagne Pelée.....	31
Contexte.....	31
Activité sismique d'origine volcanique.....	32
Déformations du sol.....	45
Géochimie des eaux et des gaz.....	50
Zone de végétation dégradée et mesures de flux de CO ₂	58
Eboulements et glissements de terrains.....	62
Lahars et écoulements concentrés.....	66
Synthèse de l'activité de la Montagne Pelée.....	69
Activité tectonique régionale.....	71
Contexte tectonique de la Martinique.....	71
Activité sismo-tectonique locale et régionale.....	73
Séismes ressentis en 2025.....	78
Déformations régionales.....	79
Projets de recherche.....	81
Homogénéisation en magnitude du catalogue instrumental des Petites Antilles.....	81
Expérience MQnodes.....	84
PEPR Risques (IRiMa).....	87
Autres projets de recherche.....	89
Relations avec la société.....	90
Relations institutionnelles.....	91
Diffusion des savoirs.....	91
Vie interne de l'OVSM.....	95
Bâtiment, véhicules et infrastructures.....	95
Hygiène et sécurité.....	97
Formations du personnel.....	97



Références.....	98
Accès aux données de l'OVSM-IPGP.....	99
Annexes.....	100
Annexe A : Organigramme hiérarchique et fonctionnel de l'OVSM-IPGP 2025.....	101
Annexe B : Liste des interventions sur les sites en 2025.....	102
Annexe C : Disponibilité des données pour les stations vélocimétriques pour l'année 2025.....	105
Annexe D : Disponibilité des données pour les stations GNSS pour l'année 2025.....	106
Annexe E : Activité volcanique de l'arc des petites antilles.....	107
Annexe F : Mesures géochimiques en 2025.....	108



Résumé

Activité 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 en 1970 et à une activité sismique globalement faible. Cependant, depuis avril 2019, 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 volcano-tectoniques superficiels de faible énergie, quelques rares séismes profonds (localisés à plus de 10 km de profondeur sous l'édifice volcanique) et l'apparition de signaux sismiques de type trémor, hybride et longue-période, pouvant témoigner de possibles mouvements de fluides en surpression dans le système hydromagmatique interne.

L'année 2025 est celle qui comporte le plus grand nombre de séismes d'origine volcanique dans l'ensemble de la base de données de l'OVSM-IPGP. En effet, l'OVSM-IPGP a détecté au cours de l'année au moins **14 059 séismes d'origine volcanique**. Parmi ces séismes, 13 533 ont été identifiés de type volcano-tectonique (VT), les autres étant des séismes de type longue-période ou hybride (dont 422 superficiels et 104 profonds). Les séismes profonds de type longue-période et hybride se sont produits sous la forme d'un essaim en avril-mai 2025. Environ 4 mois après, l'activité sismique superficielle s'est intensifiée. Pour les séismes superficiels, 132 séismes ont dépassé la magnitude 1 et **9 ont dépassé la magnitude 2** (magnitude M_L maximale de 2,53). Aucun de ces séismes n'a été ressenti par la population. L'énergie sismique totale libérée en 2025 par l'ensemble de la sismicité d'origine volcanique est de **3 821 MJ**. Pour rappel, elle avait été de 62 MJ en 2024 pour un total de 745 séismes d'origine volcanique identifiés.

Entre mi-2021 et début 2023, les déformations de l'édifice mesurées par le réseau de capteurs GNSS avaient indiqué un faible gonflement sommital, expliqué par une source de pressurisation localisée à environ 1 km de profondeur sous les dômes de la Montagne Pelée. Après un ralentissement de l'inflation observée en 2023-2024, les données GNSS acquises en 2025 par l'OVSM-IPGP indiquent une reprise de l'inflation sommitale depuis le mois de septembre, à un taux supérieur à celui de la période 2021-2023, dont l'origine reste localisée au toit du système hydrothermal et qui pourrait traduire la remontée de volumes limités de fluides hydrothermaux et/ou magmatiques (gaz, eaux hydrothermales) dans l'édifice volcanique.

Plusieurs zones de végétation dégradée avaient été identifiées à partir de fin 2019, et sont depuis suivies visuellement et par l'analyse d'images satellitales. La zone initiale est en voie de revégétalisation, mais quelques autres zones de végétation dégradée de faible superficie sont toujours présentes en 2025 et sont associées, au moins pour une partie d'entre elles, à la persistance d'un dégazage passif de CO_2 au-delà des valeurs ambiantes nominales. La zone de dégazage en mer (présence de bulles de gaz à faible température, principalement de CO_2 d'origine magmatique) située au nord de Saint-Pierre est toujours présente en 2025. En partenariat avec le Parc Naturel Marin de Martinique et l'Office français de la biodiversité, l'OVSM-IPGP y réalise des prélèvements et des analyses périodiques afin de suivre l'évolution de ce phénomène en relation éventuelle avec l'activité du volcan. Il n'y a pas eu de changements significatifs de ce dégazage en 2025 ni des paramètres physico-chimiques des eaux et sources thermales suivies régulièrement par l'OVSM-IPGP.

L'ensemble de ces observations indique une poursuite de la réactivation du système volcanique initiée en 2019. Cependant, l'énergie sismique libérée par l'ensemble des séismes volcaniques ainsi que les déformations sommitales vues par le réseau GNSS restent relativement faibles. D'autre part, aucune évolution significative (sismicité, déformation, géochimie) n'a été mise en évidence au niveau du réservoir magmatique supérieur d'où proviennent les magmas des précédentes éruptions.

Lors des phases de réactivation volcanique de volcans similaires à la Montagne Pelée, il est habituel d'observer une activité variable en intensité et en fréquence. La probabilité d'une activité éruptive à court terme reste faible. Cependant, au regard des observations accumulées ces dernières années, et notamment au cours de l'année 2025, une évolution de la situation à moyen terme (semaines, mois, années) ne peut être exclue.

En accord avec les dispositions prévues par les autorités, à la date de rédaction de ce rapport le niveau d'alerte est :

JAUNE = Vigilance

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 spécifique "Phénomènes volcaniques" du plan d'organisation de la réponse de sécurité civile (ORSEC) de la Préfecture de Martinique, et leur application relève d'une décision préfectorale.



Activité sismique régionale

L'activité tectonique régionale enregistrée en 2025 est supérieure à celle des années précédentes, avec **2043 séismes détectés et 1272 séismes localisés**, contre 1165 séismes détectés et 815 localisés en 2024. Cela s'explique notamment par l'occurrence de deux séismes forts au large de la Guadeloupe fin octobre 2025, de magnitudes ML 6,6 et 6,2, qui ont été largement ressentis en Guadeloupe et en Martinique, et qui ont été suivis de plus de 700 répliques jusqu'à la fin décembre 2025. Au total, en 2025, **15 séismes ont été ressentis** par la population en Martinique, sans toutefois dépasser l'intensité IV (échelle EMS-98). Cette sismicité se concentre au niveau de l'interface de subduction et notamment au nord-est de la Martinique, dans la zone de rupture supposée du séisme historique de 1839. Cependant, deux essais de séismes crustaux superficiels ont été enregistrés début 2025 au nord du Lamentin (17 événements) et à Sainte-Marie (14 événements). Parmi ces événements, 4 ont été ressentis par les habitants des zones les plus proches. Cette activité superficielle confirme la présence de failles actives à terre en Martinique, qui doivent être mieux étudiées et prises en compte dans l'évaluation de l'aléa sismique.

Réseaux et instrumentation

En 2025, l'équipe technique de l'OVSM-IPGP a poursuivi ses efforts pour assurer le bon fonctionnement des équipements utilisés pour la surveillance des paramètres géophysiques du volcan de la Montagne Pelée et de la Martinique. Le taux moyen de disponibilité des données de l'année 2025 sur l'ensemble des réseaux est légèrement supérieur à celui de l'année dernière. Cette année a également été marquée par l'avancement significatif de la modernisation des stations du Réseau accélérométrique permanent (1 nouvelle station, 3 stations transmises en temps réel), la remise en marche de la station multi-instrumentée SAM, ainsi que le rétablissement de la synchronisation des données avec le centre des données de l'IPGP. Les prélèvements et mesures des paramètres physico-chimiques sur terre et en mer ont continué à un rythme soutenu, et une vaste campagne de mesures du flux de CO₂ au sol a été réalisée. Les travaux visant à remettre en bon état de fonctionnement les instruments qui constituent la plateforme marine ont été poursuivis.

Personnel

En 2025, 2 personnels contractuels sont venus renforcer l'équipe des 11 permanents de l'OVSM-IPGP :

Tracy Abauzit, assistante-ingénieure, a été recrutée en mai 2025 pour 7 mois dans le cadre d'une convention avec le MTE¹. Elle s'est consacrée à la cartographie du flux diffus de CO₂ au niveau du sol dans l'environnement de la Montagne Pelée.

O'Leary Gonzalez, sismologue et directeur du centre national de recherches en sismologie de Cuba (CENAI), a terminé le 30 juin 2025 son contrat de chercheur contractuel visant à l'harmonisation en magnitude du catalogue sismique des Antilles.

¹ Le sigle MTE est utilisé dans ce rapport pour désigner le Ministère de la Transition écologique, de la Biodiversité et des Négociations internationales sur le Climat et la Nature.



Présentation de l'observatoire

Historique, missions et partenariats

Dès 1902, Alfred Lacroix, Professeur au Muséum d'Histoire Naturelle de Paris, fit établir un observatoire volcanologique sur un piton rocheux dans la zone du Morne des Cadets, sur le territoire de la commune de Fonds Saint-Denis. Un second poste d'observation fut installé à Assier au Nord du Lorrain. Alfred Lacroix prit la responsabilité de la coordination des observations. L'observatoire, faute de moyens, n'était plus opérationnel quand survint l'éruption de 1929. Ce n'est qu'en 1935, suite aux crédits dégagés par la « contribution nationale », qu'un observatoire moderne fut érigé sur le Morne Moustin, proche de l'ancien observatoire. Il était alors sous la responsabilité du Service Météorologique et de Physique du Globe. C'est en 1946 que la mission de surveillance du volcan fut confiée à l'Institut de Physique du Globe de Paris (IPGP). En 1985, dans le cadre des lois de décentralisation, le bâtiment qui abrite l'observatoire passe sous compétence du département de la Martinique et se nomme alors Observatoire du Morne des Cadets ou encore Observatoire Volcanologique de la Montagne Pelée (OVMP). En 2006, le nom actuel Observatoire volcanologique et sismologique de Martinique (OVSM) est adopté.

La collectivité unique de Martinique, la Collectivité Territoriale de Martinique (CTM), est créée le 1^{er} janvier 2016. Un nouveau bâtiment, situé sur le Morne la Rosette à Saint-Pierre, est inauguré en décembre 2019 et une convention de mise à disposition pour le personnel de l'OVSM-IPGP a été signée en décembre 2020 entre la CTM et l'IPGP.

Les missions qui sont confiées à l'IPGP et à l'OVSM sont les suivantes :

- observation et surveillance du volcan actif de la Montagne Pelée ;
- observation et analyse de la sismicité locale et régionale ;
- participation à l'alerte montante du système d'alerte aux tsunamis, qui est coordonnée à l'échelle de la Caraïbe par l'UNESCO ;
- maintenance du système de détection automatique des lahars de la rivière du Prêcheur ;
- information des autorités responsables de la protection des personnes et des biens ;
- participation à des travaux de recherche fondamentale et appliquée dans le domaine des Sciences de la Terre, en géophysique, géologie, et géochimie ;
- information préventive et diffusion des connaissances dans les domaines des risques volcaniques, sismiques, et liés aux tsunamis ;
- coopération avec la Collectivité Territoriale de Martinique - CTM - et les organismes régionaux : Université des Antilles – UA ; Seismic Research Centre – UWI-SRC à Trinité et Tobago ; Observatoire Volcanologique de Montserrat – MVO ; Bureau des Mines et de l'Energie – BME en Haïti ; Centro Nacional de Investigacion Sismica – CENAIIS à Cuba ; Bureau de Recherche Géologique et Minière – BRGM, Institut de Recherche pour le Développement -IRD, etc.

L'OVSM-IPGP mène ses activités via des collaborations avec des chercheurs et des personnels techniques et administratifs issus de l'Institut de Physique du Globe de Paris et d'autres instituts et laboratoires de recherche. L'observatoire est aussi une structure d'accueil pour des scientifiques français ou étrangers qui viennent effectuer des travaux sur la Montagne Pelée et la région Caraïbe.

Des conventions sont par ailleurs établies avec plusieurs autres organismes, tels que :

- le BRGM, à travers une convention cadre signée en janvier 2019 entre le BRGM et l'IPGP ;
- le CEA, pour la maintenance d'une station de mesure hydroacoustique à Sainte-Anne ;
- la mairie du Prêcheur, pour la maintenance du système de détection automatique des lahars dans la rivière du Prêcheur ;
- la CTM, pour l'enregistrement de l'accélération du sol lors de séismes ressentis au niveau du barrage de la Manzo ;
- Le Service d'Infrastructure de la Défense, les Forces Aériennes des Antilles, la DDE, l'ONF, Météo France et des propriétaires privés pour l'hébergement de stations sismologiques sur leurs sites ;
- le Parc Naturel Marin de Martinique (PNMM) et l'Office français de la biodiversité pour l'appui aux opérations en mer ;
- L'INRAP, pour la collaboration scientifique pour la recherche chronostratigraphique sur les Antilles françaises ;
- La DEAL, pour des travaux urgents de remise en état du système de détection automatique des lahars de la rivière du Prêcheur.

L'OVSM-IPGP est également l'un des membres du Réseau accélérométrique permanent (RAP), service national d'observation (SNO) du CNRS-INSU et action spécifique de l'infrastructure de recherche Epos-France, pour la maintenance et l'exploitation de stations accélérométriques en Martinique.

Personnel

Fonctionnement et organigramme

L'équipe de l'OVSM-IPGP est composée au 31 décembre 2025 de 11 personnes présentes en permanence sur le site de l'observatoire du Morne la Rosette à Saint-Pierre, en Martinique (**figure 1**). Cette équipe est épaulée par une équipe de direction basée à l'IPGP à Paris et collabore de manière étroite avec les membres des autres observatoires de l'IPGP situés en Guadeloupe (OVSG) et à la Réunion (OVPF). La grande majorité des travaux sont réalisés en collaboration avec les membres du Service National d'Observation en Volcanologie (SNOV), qui apportent un soutien régulier à distance ou ponctuel au cours de missions (voir section *Personnel support*). Lors de crises volcaniques ou sismiques, ou lors d'opérations importantes sur les réseaux instrumentaux, ce personnel support est mobilisable et permet de faire face au surcroît de sollicitation de l'équipe principale de l'OVSM-IPGP. En outre, le directeur et la directrice adjointe de l'OVSM-IPGP participent au Comité d'experts en volcanologie (CEV) de l'IPGP et à des instances du SNOV.



Figure 1 : Membres de l'OVSM-IPGP en 2025 (crédit photo A-S. Leygnac). De gauche à droite : J-M. Lavenaire, O'L. Gonzalez, A. Andrieu, A.-S. Leygnac, C. Vidal, J. Corbeau, J. Vergne, J.-G. Gabriel, S. Phemius, F. Jadelus, V. Minin et D. Melezan. Manque : T. Abauzit

Personnel à l'observatoire en Martinique en 2025

Un organigramme fonctionnel et hiérarchique de l'OVSM-IPGP est présenté dans l'**annexe A**.

Prénom Nom	Fonction
Tracy Abauzit	Assistant-ingénieur IPGP - (CDD 15/05/2025 - 30/11/2025)
Arnaud Andrieu	Ingénieur d'étude IPGP – Responsable technique (CDD)
Jordane Corbeau	Physicienne-adjointe IPGP - Directrice adjointe
Jean-Gilles Gabriel	Adjoint Technique CTM - Entretien espaces verts et sites instrumentés
O'Leary Gonzalez Matos	Sismologue tectonique - (CDD 01/10/2024 - 30/06/2025)



Frédéric Jadelus	Assistant-ingénieur CNRS - Instrumentation et mesures, géochimie
Jean-Marc Lavenaire	Technicien CNRS - Informatique, administration et réseau
Anne-Solenne Leygnac	Ingénieur d'étude IPGP - Plateforme marine (CDD)
David Melezan	Assistant Ingénieur IPGP - Instrumentation et mesures, Assistant de prévention
Valérie Minin	Adjointe Technique CTM - Entretien bâtiment, accueil, hébergement
Samantha Phemius	Technicienne IPGP - Gestionnaire comptable et financière
Jérôme Vergne	Physicien CNAP IPGP - Directeur
Cyril Vidal	Ingénieur d'étude CNRS - Responsable informatique, système-réseau, bâtiment

Personnel à Paris (équipe de direction - 2025)

Prénom NOM	Fonction
Marc Chaussidon	Directeur de l'IPGP
Antoine Charlot	Directeur général des services
Anne Le Friant	Directrice adjointe en charge des observatoires
Arnaud Lemarchand	Directeur adjoint instrumentation
Jean-Christophe Komorowski	Responsable scientifique des observatoires volcanologiques et sismologiques
Diane Sainte	Directrice des affaires financières
Jean-Marie Saurel	Responsable opérationnel des observatoires volcanologiques et sismologiques

Personnel support

En complément du personnel présent en Martinique et de l'équipe de direction à Paris, l'OVSM-IPGP s'appuie sur les équipes des observatoires de la Guadeloupe (OVSG-IPGP) et de la Réunion (OVVF-IPGP), et sur de nombreux collègues chercheurs, ingénieurs et techniciens rattachés au Service National d'Observation en volcanologie (SNOV) pour l'analyse et l'interprétation des données acquises quotidiennement par l'observatoire, et en particulier :

- Analyse des données géodésiques : François Beauducel (IPGP), Jean-Bernard de Chaballier (IPGP) ;
- Analyse de la sismicité : Arnaud Burtin (IPGP) ;
- Analyses géochimiques : Elodie Chilin (OVSG-IPGP), Cyril Aubaud (IPGP), Johan Villeneuve (IPGP) ;
- Analyses de gaz dissous : Thierry Labasque (Université de Rennes 1) ;
- Analyses des isotopes du carbone : Pierre Agrinier (IPGP) ;
- Analyses des isotopes de l'hélium : Pierre-Henri Blard, Laurent Zimmermann et Bouchaib Tibari (CRPG Université de Lorraine).



Missionnaires accueillis en 2025

L'OVSM-IPGP a accueilli en 2025 lors de leurs missions à l'observatoire :

- **20 au 25 janvier 2025** : Monique GHERARDI et Frédéric LEONE (Université montpellier 3, Travaux IPGP impacts des éruptions historiques) ;
- **21 au 30 janvier 2025** : Pierre SAKIC (IPGP, mission OVS GNSS "Autorino") ;
- **30 avril au 6 mai 2025** : Emma BOUDIA, (Paris 1, mission PEPR Irima) ;
- **19 au 26 mai 2025** : Anne RASMUSSEN, Sébastien SOUBIRAN, (EHES, IRIS, projet chaire histoire/patrimoine/culture IRIMA) ;
- **11 au 14 juin 2025** : Frédéric LEONE, Monique GHERARDI, Noémie MICHAL (Université montpellier 3, Travaux IPGP impacts des éruptions historiques) ;
- **22 au 25 juin 2025** : Matthieu PLASMAN (TLS, mission node) ;
- **19 au 24 septembre 2025** : Emeline MAUFROY, Isabelle DOUSTE-BACQUE, Franck GRIMAUD (Université Grenoble Alpes, mission RAP) ;

Stagiaires accueillis en 2025

Huit étudiants ont été accueillis en 2025 en stage à l'observatoire, tous cursus confondus :

- **17 au 21 février 2025** : Ines Pulvar, Dayann Galot Montabord, Stage de découverte de 4^{ème}, encadré par F. Jadelus ;
- **24 mars au 2 avril 2025** : Stage *Volcano Observatory field trip*, encadré par J-C Komorowski, G. Carazzo et l'équipe de l'OVSM de 10 étudiants de Master M1 pour un cours sur le terrain, StepUp, IPGP Université Paris Cité ;
- **07 avril au 07 mai 2025** : Lauranne Monotuka, Stage de L3 SVT université des Antilles, encadré par F. Jadelus ;
- **04 juin au 01 août 2025** : Sacha Guy, Charlyse Pot, Bastien Bur et Abel Campagne, Stagiaires EOST, encadrés par J. Corbeau et J. Vergne ;
- **16 au 27 juin 2025** : Pablo De Sousa, Stage de découverte de seconde, encadré par J. vergne.

Budget

Le financement des activités de recherche et de surveillance de l'OVSM-IPGP est principalement assuré par :

- L'Institut de physique du globe de Paris (Grand établissement d'enseignement supérieur et de recherche et établissement composante d'Université Paris Cité), sous tutelle du Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche (MESR) ;
- L'Institut National des Sciences de l'Univers (INSU) du CNRS, notamment à travers les dotations au Service national d'observation (SNO) en volcanologie (SNOV) et au SNO RAP ;
- L'infrastructure de recherche Epos-France ;
- La Collectivité Territoriale de Martinique dans le cadre d'une convention avec l'IPGP et le CNRS depuis 2021, prenant la suite de la convention de 1985 avec le Département de Martinique ;
- Le Ministère de la Transition Écologique, de la Biodiversité et des Négociations internationales sur le Climat et la Nature à travers des conventions avec l'IPGP ;
- Des projets nationaux, européens et internationaux déposés par les chercheurs de l'OVSM et de l'IPGP.

En 2025, le budget global de l'OVSM s'élève à **1,18 M€**, dont les dépenses se sont réparties comme suit :

- **Personnel : 997 364€ (84 %)** intégrant les 11 agents permanents de l'OVSM et les 2 personnels contractuels sur projet financés dans le cadre d'une convention entre l'IPGP et le MTE.
- **Fonctionnement : 168 925 € (14 %)** intégrant, à hauteur d'environ 57 k€, les frais liés au fonctionnement et à la maintenance (réparations, petits équipements) des équipements scientifiques (et éléments techniques associés) sur le terrain et à l'observatoire ainsi que les analyses géochimiques. Les ~112 k€ restants sont principalement répartis sur les postes suivants:
 - Communications (27 k€) : liaisons points hauts, téléphonie, satellite et internet, etc.
 - Électricité (25 k€) : besoins énergétiques du bâtiment de l'observatoire (éclairage, climatisation, équipements).
 - Contrats de maintenance (16,5 k€) : entretien et maintenance du bâtiment et des équipements indispensables pour assurer sécurité, conformité et continuité opérationnelle.
 - Flotte automobile (12 k€) : entretien, assurances, réparations et carburant pour les 3 véhicules de l'OVSM.
 - Bâtiments et services généraux (10,5 k€) : fournitures, assurance, alimentation du groupe électrogène et autres dépenses de fonctionnement courant.
- **Investissement : 19 042 € (2%)** principalement utilisés pour l'acquisition de deux équipements scientifiques et techniques (modem VSAT + numériseur).



Dispositifs instrumentaux de surveillance et d'études

Présentation générale des dispositifs instrumentaux de l'OVSM-IPGP

L'ensemble des réseaux opérés par l'OVSM-IPGP permet de couvrir plusieurs domaines d'études essentiels pour la compréhension des processus telluriques en Martinique. Ils sont essentiels à la surveillance de l'activité de la Montagne Pelée. De plus, ils permettent la caractérisation (détection, localisation, magnitude) de la sismicité d'origine tectonique à l'échelle locale et régionale et l'étude des mouvements forts (macro-sismicité), aidant à évaluer l'impact des séismes sur les infrastructures et les populations. Enfin, ils assurent le suivi des déformations, révélant les mouvements du sol et les processus géodynamiques en cours. Ces domaines d'études sont interconnectés et essentiels pour garantir la sécurité des habitants et la gestion des risques naturels.

Ces réseaux sont composés de différents capteurs, une cinquantaine au total dont la majorité transmettent leurs données en temps réel à l'observatoire via différentes techniques de télécommunication. Le suivi des processus telluriques repose sur plusieurs types d'instruments :

- Les **sismomètres**, qui enregistrent la vitesse de déplacement du sol, permettant de détecter et d'analyser l'activité sismique, qu'il s'agisse de séismes d'origine volcanique ou tectonique.
- Les **accéléromètres**, qui mesurent l'accélération du sol, fournissent des données non saturées sur l'amplitude des mouvements du sol lors d'événements sismiques importants.
- Les **antennes GNSS**, qui détectent les déformations du sol en mesurant, via des constellations de satellites, les variations de position avec une grande précision, indicateurs de phénomènes tels que l'inflation ou la déflation d'un édifice volcanique.

En complément, la surveillance de paramètres géochimiques est assurée par des capteurs et des protocoles de prélèvements réguliers. Ceux-ci permettent d'analyser la composition des eaux thermales et des gaz issus d'exutoires naturels. Ces paramètres, souvent précurseurs d'éruptions ou de changements dans le système hydrothermal, sont essentiels pour la surveillance volcanique.

En 2025, l'OVSM-IPGP a géré une quarantaine de sites instrumentés de façon permanente, certains accueillant plusieurs instruments, répartis sur l'ensemble de la Martinique et avec une densité plus importante autour de la Montagne Pelée.

Le **tableau 1** et la **figure 2** présentent le nombre et la localisation des stations des différents réseaux déployés en Martinique. Les sections suivantes détaillent chacun de ces réseaux et les interventions principales réalisées au cours de l'année 2025. Un tableau récapitule le nombre d'interventions par site (**annexe B**).

Réseau	Nombre de stations	Changement en 2025
Vélocimétrie	18 stations	
Accélérométrie	15 stations, dont 3 de la CTM ²	1 station rénovée
Déformation	15 stations continues, 18 stations de répétition	
Phénoménologie (<i>inc. surveillance des lahars de la rivière du Prêcheur</i>)	3 géophones, 1 système pendulaire, 2 stations météorologiques	
Géochimie	5 sites de prélèvement, 1 station continue	

Tableau 1 : Tableau récapitulatif du nombre de stations opérées par l'OVSM-IPGP et de son évolution au cours de l'année 2025.

² Seules les stations sous responsabilité de la CTM ayant produit des données en 2024 ou 2025 sont comptabilisées.

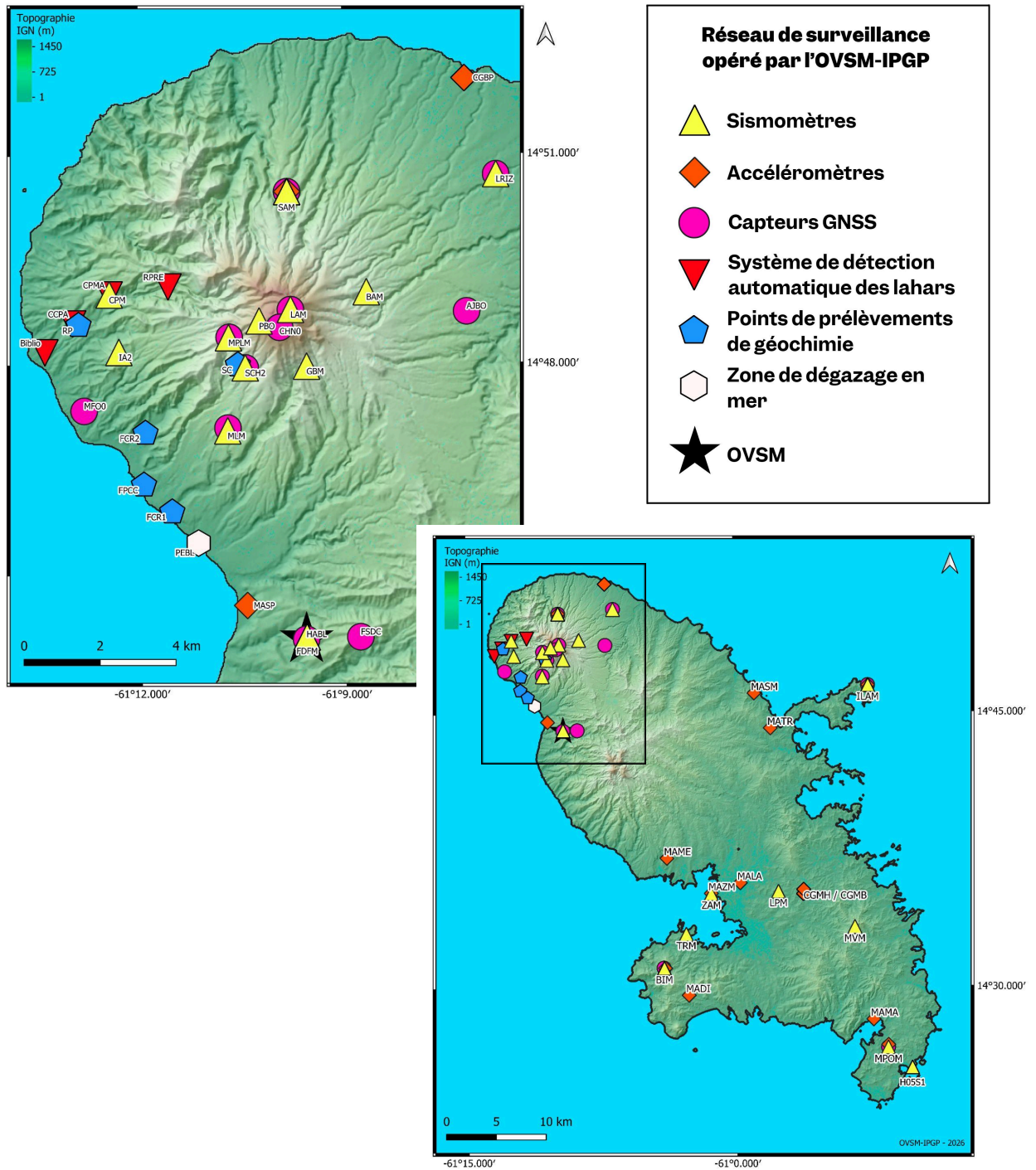


Figure 2 : Carte des réseaux de surveillance en Martinique opérés par l'OVSM-IPGP. Les stations CGBP, CGMH, CGMB sont sous la responsabilité de la CTM. La station H05S1 est propriété du CEA (source : E. Martin / OVSM-IPGP).



Réseau vélocimétrique

Présentation du réseau

Le réseau vélocimétrique opéré par l'OVSM-IPGP est constitué de sismomètres large-bande répartis sur l'ensemble du territoire martiniquais et comporte au total **18 stations**. En plus de celles-ci, l'OVSM-IPGP intègre dans ses analyses les données de 24 stations situées sur d'autres îles de l'arc des Petites Antilles et opérées par d'autres partenaires, permettant de couvrir une zone allant du nord de l'arc avec une station à Saint-Martin jusqu'au sud avec une station sur l'île de Trinidad.

Les stations utilisées pour les activités de l'OVSM-IPGP sont issues de plusieurs réseaux :

- Réseau MQ, réseau de la Martinique, constitué de 14 stations entièrement opérées par l'OVSM-IPGP
- Réseau WI, réseau régional, fruit de la collaboration de 3 instituts, constituées de 15 stations :
 - OVSM-IPGP : 4 stations
 - Observatoire volcanologique et sismologique de la Guadeloupe (OVSG-IPGP) : 7 stations
 - Seismological Research Center of the University of the West Indies (UWI-SRC) : 4 stations
- Réseau TR, réseau du UWI-SRC, utilisation de 6 stations
- Réseau G, réseau international français GEOSCOPE, utilisation d'1 station (FDFM) située sur le site de l'observatoire
- Réseau CU, réseau de l'United States Geological Survey (USGS), utilisation de 3 stations
- Réseau NA, réseau du Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI), utilisation de 3 stations

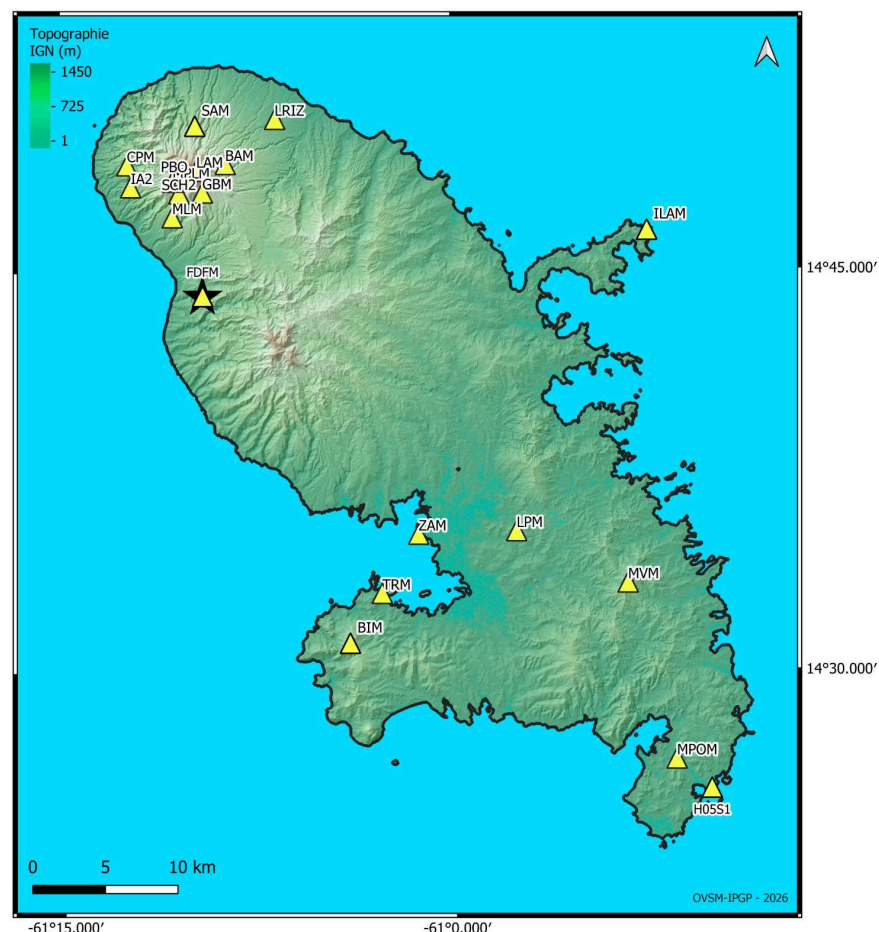


Figure 3 : Carte du réseau vélocimétrique opéré par l'OVSM-IPGP en 2025 (source E. Martin / OVSM-IPGP).

L'utilisation de sismomètres large-bande permet de couvrir une large bande de fréquences et donc d'enregistrer plusieurs types d'ondes, comme les ondes de volume et de surface provenant de télé-séismes (séismes lointains mais suffisamment puissants pour être enregistrés sur la Terre entière) ou encore les ondes de plus hautes fréquences provenant des séismes plus proches.



L'ensemble de ces stations participe donc à la surveillance sismique régionale, via la détection et la localisation des séismes par l'analyse des ondes enregistrées, mais aussi à la recherche et à l'étude de la structure interne de la Terre.

Le réseau vélocimétrique de l'OVSM-IPGP est aussi utilisé dans la surveillance permanente de la sismicité d'origine volcanique. C'est pourquoi il y a une concentration plus importante de stations dans le Nord de l'île, avec 11 stations situées autour et sur l'édifice de la Montagne Pelée (**figure 3**). En effet, cette concentration offre une sensibilité plus importante au niveau d'activité sismique de la Montagne Pelée, permettant de détecter des événements de plus faible magnitude et de pouvoir les localiser de manière plus précise. Les capteurs à large-bande passante nous donnent la possibilité de détecter des événements sismiques à contenu basse fréquence (tremors, séismes hybrides et longue-période) et éventuellement, en cas de séisme important, d'estimer la magnitude de moment (M_w), qui traduit plus fidèlement l'énergie sismique libérée.

Les données des stations opérées par l'OVSM-IPGP sont transmises via plusieurs technologies de télécommunication :

- Radio UHF/VHF
- WiFi (2,4GHz et 5GHz)
- Réseau mobile 4G
- VSAT (Very Small Aperture Terminal)

Les stations du réseau WI contribuent aussi à l'alerte montante du système de surveillance des tsunamis de la Caraïbe (SATCAR). Ce sont celles-ci qui transmettent leurs données via la VSAT, une technique de communication bidirectionnelle par satellites. Cette technologie permet une redondance en cas de problèmes techniques ou de catastrophes naturelles puisque chaque observatoire est équipé d'un hub de réception des données lui permettant de recevoir l'ensemble des données du réseau indépendamment.

L'OVSM-IPGP est aussi l'opérateur de la station H05S1, faisant partie du réseau de l'OTICE, pour le compte du Commissariat à l'Energie Atomique et aux énergies alternatives (CEA). Des maintenances préventives sont réalisées de manière bimensuelle et une visite annuelle est réalisée avec un membre du CEA. L'équipe technique doit aussi intervenir en urgence en cas de panne. L'OVSM-IPGP ne dispose cependant pas des données de la station, mais des discussions sont en cours, et elle n'est donc pas utilisée dans le cadre de ses missions.

Bilan de fonctionnement de l'année 2025

Au cours de l'année 2025, le réseau vélocimétrique de l'OVSM-IPGP a évolué de manière plutôt favorable, grâce à la mise en place de la transmission des données en temps réel à la station LRIZ (**figure 4**) et de la remise en fonctionnement de l'acquisition des données sismiques de la station SAM et de sa transmission.

Plusieurs pannes ont tout de même perturbé le réseau tout au long de l'année, notamment des problèmes d'énergie (ILAM, LPM, IA2, ZAM), de transmission (SAM, BAM, CPM) mais aussi d'instrumentation sur quelques stations. En effet, les numériseurs et les capteurs de MPLM et TRM ont dû être remplacés suite à des défaillances et le capteur d'ILAM a arrêté de fonctionner correctement en fin d'année. Ce dernier sera retiré de son forage et envoyé en réparation avec l'objectif de le réinstaller au cours de l'année 2026.

En tout, une cinquantaine d'interventions, préventives ou curatives, ont été réalisées sur des sites abritant un sismomètre pour assurer leur bon fonctionnement (**annexe B**).



Figure 4 : Photo de la station LRIZ (crédit photo : A. Andrieu / OVSM-IPGP).



De manière générale, les 18 stations du réseau vélocimétrique de l'OVSM-IPGP présentent un taux de disponibilité de près de 95% en moyenne (voir **annexe C**), hors MPOM, ce qui est comparable à l'année 2024.

En termes de qualité intrinsèque des données, aucune évolution majeure n'a été observée au cours de l'année. Le niveau de bruit sismique ambiant à la majorité des stations reste élevé, notamment à hautes fréquences (> 1 Hz) du fait à la fois de perturbations d'origine anthropique (circulation routière, activité de carrières, éoliennes, etc.) et de phénomènes naturels (vibration de la végétation sous l'effet du vent, bruit lié à la pluie, vagues déferlant sur les zones côtières, etc.). Une analyse du bruit est désormais réalisée en routine pour l'ensemble des stations. Un exemple est proposé en **figure 5** pour la composante verticale de la station SCH2. Celle-ci présente des caractéristiques de bruit sismique typiques des stations situées au niveau de la Montagne Pelée. On note par exemple un bruit élevé entre 2 et 10 Hz, caractérisé par une variation journalière avec plus de bruit durant la journée (**figure 5b**, droite), qui est causé par le fonctionnement des carrières d'extraction de matériaux situées sur la côte Caraïbe entre Saint-Pierre et le Prêcheur. On remarque également un bruit sismique élevé au-delà de 10 Hz qui est variable au cours de l'année (mais qui ne présente pas de variations spécifiques en fonction de l'heure de la journée) et qui peut être corrélé à la vitesse du vent mesuré par la station météorologique de LAM.

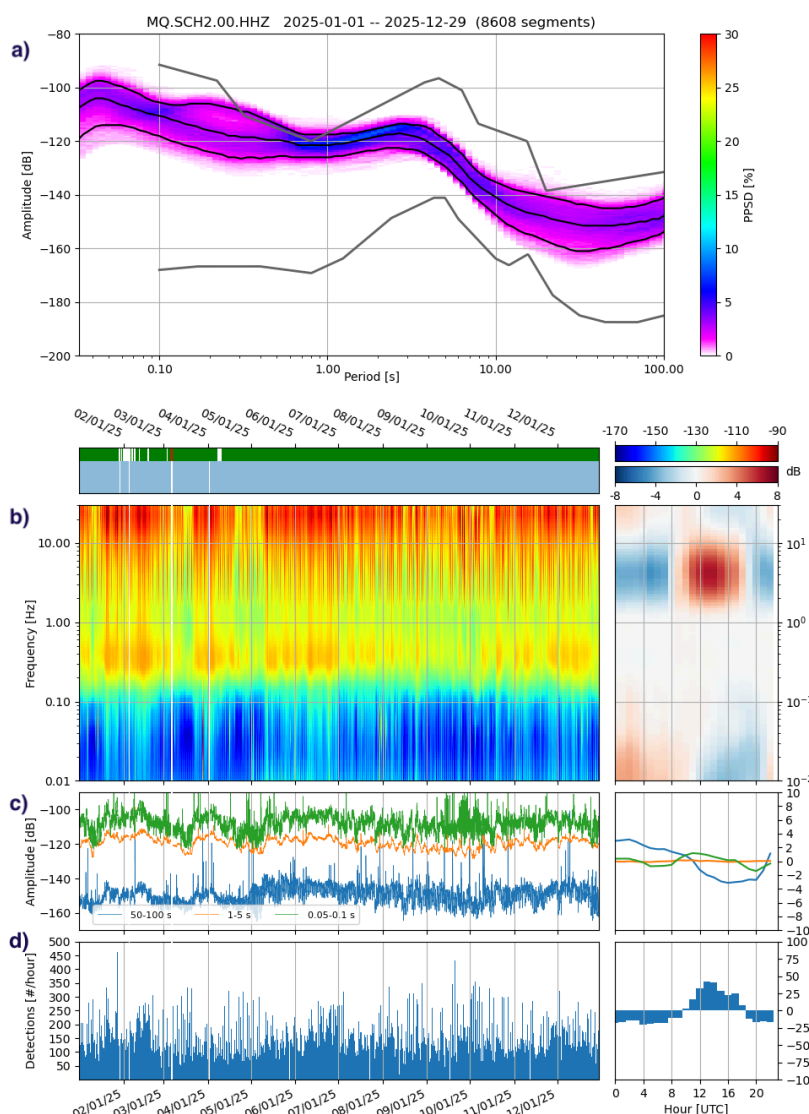


Figure 5 : Niveau de bruit sismique ambiant au cours de l'année 2025 pour la composante verticale de la station MQ.SCH2. a) Probabilité des densités spectrales de puissance exprimée en dB relativement à $1 \text{ m}^2\text{s}^4/\text{Hz}$. Les courbes grises représentent les modèles de référence bas et haut du bruit sismique ambiant de Peterson (1993). b) Représentation sous forme de spectrogramme de l'évolution des densités spectrales de puissance calculées sur des fenêtres consécutives d'une heure de signal (gauche) et variations relatives sur l'année à chaque fréquence en fonction de l'heure TU de la journée (droite). c) variation du niveau de bruit moyen dans 3 bandes de périodes (50-100s, 1-5s, 0.05-0.1s) en fonction de la date (gauche) et relativement en fonction de l'heure de la journée (droite). d) nombre de détections automatiques horaires basées sur un algorithme de type STA/LTA utilisant des paramètres standards pour la détection d'événements sismiques (gauche) et variation relative en fonction de l'heure de la journée (source : J. Vergne / OVSM-IPGP).

Réseau accélérométrique de la Martinique

Présentation du réseau

Le réseau accélérométrique opéré par l'OVSM-IPGP en Martinique comprend **15 stations** réparties sur l'ensemble du territoire (**figure 6**). Comme pour le réseau vélocimétrique, ces stations font partie de plusieurs réseaux distincts :

- Réseau **WI**, 4 stations : BIM, ILAM, MPOM, SAM. Elles sont opérées entièrement par l'OVSM-IPGP et les données sont distribuées par l'IPGP.
- Réseau **RA** (Service national d'observation Réseau Accélérométrique Permanent - RAP), 11 stations, dont :
 - 8 stations : MADI, MALA, MAMA, MAME, MASM, MASP, MATR, MAZM. Elles sont opérées entièrement par l'OVSM-IPGP pour le compte du RAP et les données sont gérées par le centre de données du RAP (Université Grenoble Alpes).
 - 3 stations³ : CGBP, CGMB, CGMH. Elles sont sous la responsabilité de la CTM et l'OVSM-IPGP apporte son soutien dans le cadre de conventions. Les données sont également gérées par le centre de données du RAP.

Les données accélérométriques du réseau WI sont transmises via la technologie VSAT, alors que celles du réseau RA transitent par le réseau cellulaire 4G au travers d'un tunnel VPN. Ce dernier permet ainsi un accès à distance pour contrôler la station en cas de problème.

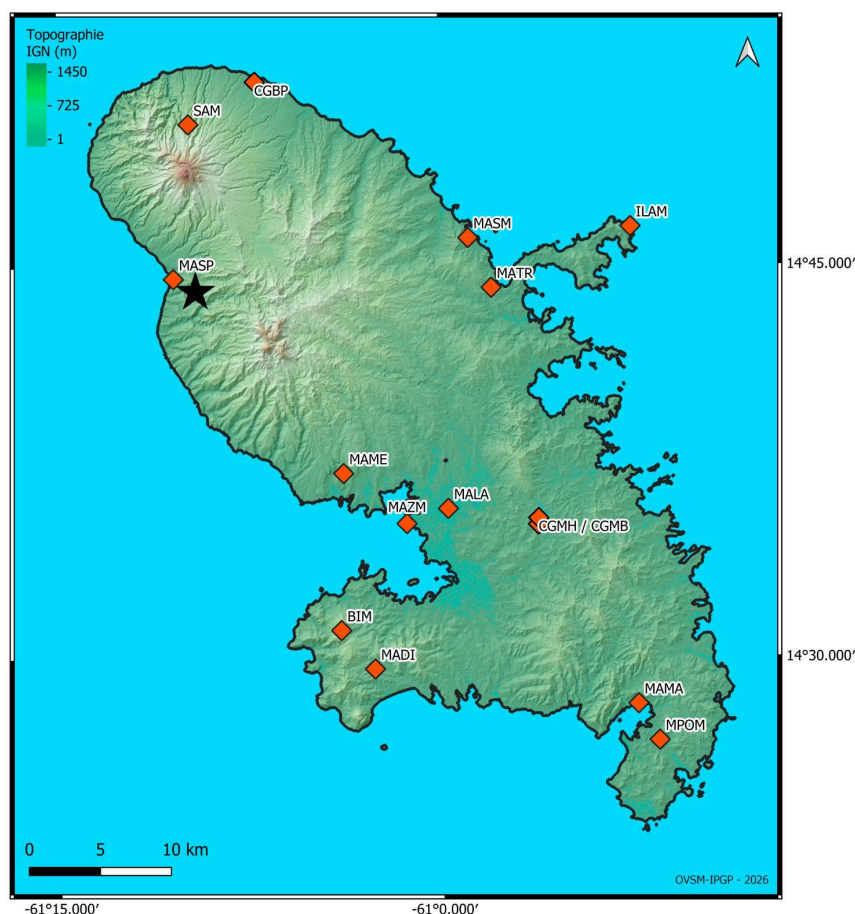


Figure 6 : Carte du réseau accélérométrique opéré par l'OVSM-IPGP en 2025 (Source : E. Martin / OVSM-IPGP).

³ Seules les stations sous responsabilité de la CTM ayant produit des données en 2024 ou 2025 sont comptabilisées



L'instrumentation et l'acquisition de données d'accélération du sol est cruciale dans des zones qui représentent des enjeux importants (conséquences sur les activités humaines et les populations) et où le risque sismique est fort. Les stations sismologiques équipées d'accéléromètres à grande dynamique permettent à l'OVSM-IPGP de compléter son réseau en termes de couverture spatiale et surtout de caractériser sans problème de saturation les événements forts et/ou proches contrairement aux sismomètres vélocimétriques, plus sensibles mais qui peuvent saturer lors de forts mouvements. Ces données accélérométriques sont donc critiques pour générer des cartes d'intensité permettant de mettre en évidence les grandeurs liées aux dégâts matériels potentiels associées aux séismes forts. Elles sont en outre utiles à d'autres communautés, dont par exemple les ingénieurs en génie civil pour la conception et la surveillance de structures sensibles (bâtiments, barrages, etc.) soumises à de fortes sollicitations sismiques.

Bilan de fonctionnement

En 2025, le RAP poursuit la modernisation de ses stations au niveau national, afin d'acquérir des données en continu qui permettent de réaliser des études plus poussées des mouvements du sol. Pour rappel, la modernisation des équipements a commencé en 2023 en Martinique, et les premières stations ont ainsi été installées en 2024. L'année 2025 aura permis à l'OVSM-IPGP de poursuivre ses efforts et de continuer la modernisation des stations du RAP qu'il opère. En effet, la station MAME a été totalement rénovée et transmet maintenant ses données en temps réel (**figure 7**). En plus de cette station, les trois stations modernisées en 2024 (MADI, MATR, MAZM) ont été finalisées. Elles sont maintenant équipées d'un modem 4G et transmettent elles aussi leurs données en temps réel. En 2025, une campagne de vérification de l'orientation des accéléromètres au gyrocompas laser a été réalisée à MALA (orientation correcte) et MAME (ré-orientation du capteur) lors d'une mission en Martinique de membres de l'équipe du RAP de Grenoble.

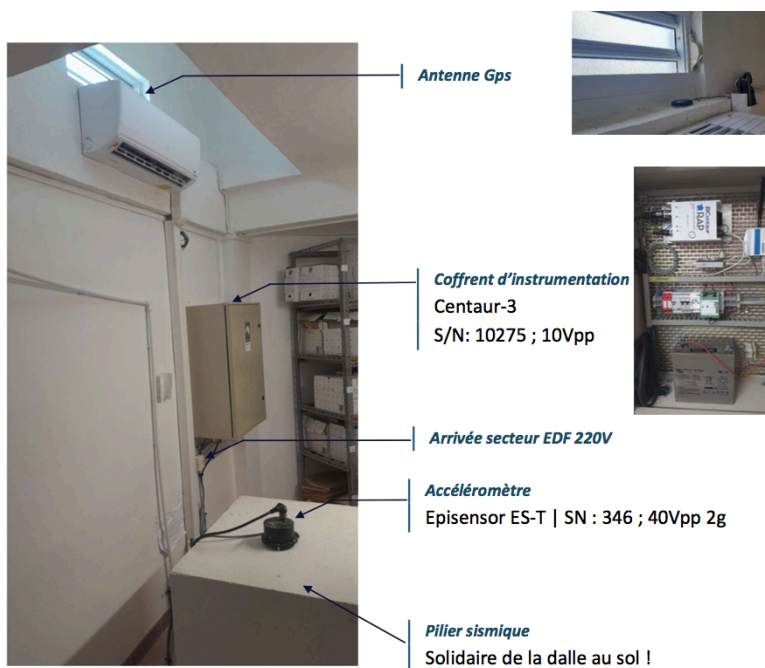


Figure 7 : Station MAME installée en juin 2025.

En parallèle de ces actions, des démarches ont été menées pour trouver de nouveaux sites d'implantations pour les trois dernières stations à moderniser (MAMA, MASM, MASP) et mettre en place des conventions avec les partenaires (Météo France, Gendarmerie de Saint Pierre, Mairie du Marin). La finalisation de ces conventions est en cours et ces stations devraient être opérationnelles en 2026.

Au total, l'ensemble de ces actions sur le réseau accélérométrique de Martinique a nécessité 21 interventions de l'équipe technique de l'OVSM-IPGP sur le terrain tout au long de l'année, dont 17 interventions pour les stations opérées par l'OVSM-IPGP et 4 interventions dans le cadre de la convention avec la CTM (**annexe B**).

Les trois stations ayant transmis leurs données en continu en 2025 ont des taux de disponibilité d'environ 95 % depuis la mise en place de la transmission des données par modem 4G (**figure 8**).

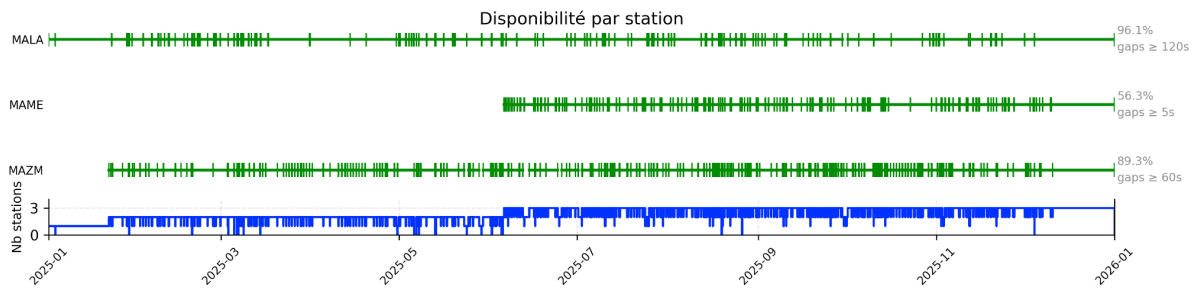


Figure 8 : Disponibilité des données des stations accélérométriques du réseau RA modernisées en 2025.

Réseau de mesure des déformations

Présentation du réseau

Le réseau de mesure des déformations de l'OVSM-IPGP est un réseau d'antennes GNSS (Global Navigation Satellite System) déployées sur l'ensemble de la Martinique transmettant leur données en continu à l'observatoire (**figure 9**). Ce réseau est complété par un réseau de répétition constitué de points de référence qui sont re-mesurés au moins annuellement lors de campagnes.

Ce réseau joue un rôle important dans les activités de l'OVSM-IPGP tant pour la surveillance volcanique que pour l'étude de la tectonique régionale. Les stations GNSS déployées au niveau de la Montagne Pelée permettent d'analyser finement les déformations de l'édifice ainsi que du flanc ouest du volcan, qui a connu des épisodes de glissements de flanc par le passé.

A l'échelle régionale, les mesures de déformations aident à estimer les déplacements et contraintes liés à la tectonique régionale autour des failles actives ou à l'échelle de la plaque tectonique elle-même, ainsi qu'à étudier le couplage de la zone de subduction (interactions entre les plaques tectoniques Caraïbe et Nord-Américaine).

Les mesures faites grâce aux antennes GNSS reposent sur la réception de signaux provenant de plusieurs satellites en orbite autour de la Terre. Les antennes captent les signaux émis simultanément par ces satellites et le récepteur GNSS calcule la position précise de l'antenne via un principe général de triangulation. Ces mesures sont réalisées régulièrement (toutes les 30s), corrigées de différents effets (notamment atmosphériques), puis moyennées sur une durée généralement égale à une journée afin d'obtenir des positions suffisamment précises pour estimer des vitesses de déplacement de l'ordre du millimètre par an.

Les données sont récupérées quotidiennement à l'observatoire afin d'être traitées et analysées et sont transmises par différentes technologies de télécommunication : WiFi, VSAT, 4G.

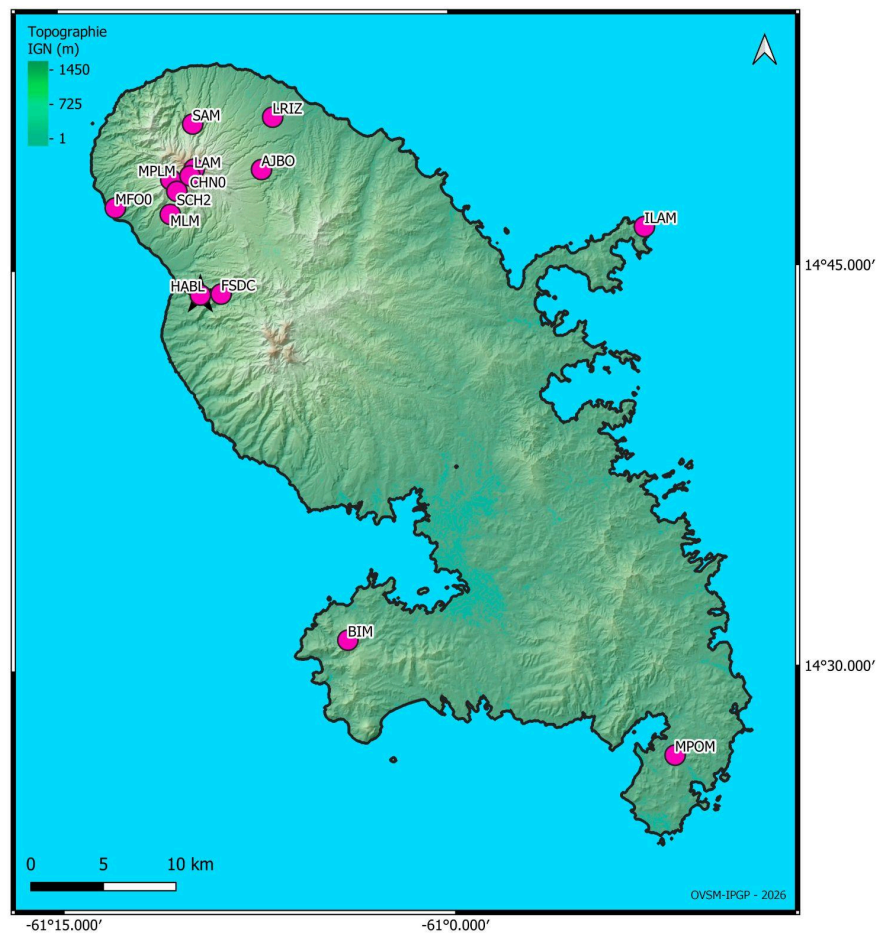


Figure 9 : Carte du réseau GNSS opéré par l'OVSM-IPGP en 2025 (source : E. Martin / OVSM-IPGP).

Pour compléter ce réseau, l'OVSM-IPGP prévoit l'installation de nouveaux inclinomètres en forage dans le cadre du programme PEPR Risques (voir section *Projets de recherche*).

Bilan de fonctionnement sur l'année 2025

En 2025, peu d'actions ont été menées sur le réseau de mesure des déformations puisque celui-ci a fonctionné plutôt correctement. Néanmoins, quelques problèmes d'énergie, n'empêchant pas le bon fonctionnement, sont apparus sur des stations (ILAM, MFO, MLM). Ils ont pu être réglés pour la station ILAM et le seront au cours de l'année 2026 pour MFO et MLM.

Deux stations, MMA et BIM, n'ont pas fonctionné en 2025 pour des raisons différentes. La station MMA, qui avait été vandalisée fin 2024, n'a pas pu être ré-installée au cours de l'année car les dégâts ont été sévères et l'emplacement de la station oblige à une organisation importante. Pour la station BIM, de fortes suspicions sur l'état du récepteur étaient présentes mais l'intervention de l'équipe technique a permis d'identifier la panne comme un problème d'énergie qui sera réparé en 2026.

La routine de récupération manuelle sur site des données mise en place en 2024 s'est poursuivie tout au long de l'année pour la récupération des données de 2 stations (AJBO, LRIZ). En ce qui concerne la station SAM, la transmission des données a été rétablie au mois de mai et a permis une récupération automatique comme pour le reste des stations. L'installation de la transmission pour les stations AJBO (**figure 10**) et LRIZ est un des objectifs de l'année 2026.



Figure 10: Photo de la station AJB0 (crédit photo : A. Andrieu / OVSM-IPGP).

En 2025, la campagne annuelle de répétition n'a pas été réalisée en raison de contraintes budgétaires et a été décalée en janvier 2026.

Malgré deux stations en panne toute l'année, la disponibilité globale des données sur l'année 2025 a progressé par rapport à l'année 2024 (voir **annexe D**). En effet, cette année la disponibilité des données est de 84 % contre 80 % en 2024. Les efforts portés sur ce réseau doivent être poursuivis afin de se rapprocher des 100% de disponibilité sur l'année.

Réseau de mesure des paramètres géochimiques

Présentation du réseau et des équipements

La géochimie couvre l'étude de la composition chimique des roches et des minéraux ainsi que des eaux et des gaz circulant dans la croûte terrestre. L'analyse de la variation des paramètres physico-chimiques des édifices volcaniques, notamment via les mesures des sources thermales, permet d'étudier l'activité volcanique.

Depuis 1970, date de l'extinction de la dernière fumerolle en activité de la Montagne Pelée, l'observatoire suit les paramètres physico-chimiques et la température de plusieurs sources thermales et rivières de l'édifice via des prélèvements manuels : les Sources Chaudes (SC) de la rivière Chaude (coulée de la rivière Blanche), la rivière du Prêcheur (RP), le forage Puits Chaud (FPC), les forages de carrière FCR1 et FCR2 (**figure 11**). Le forage du site FPC était à l'origine utilisé par un agriculteur pour l'eau de son bétail. Dès 1965, il a été instrumenté, et entre 1996-1997 un forage à 10,5 mètres a été creusé et instrumenté pour la réalisation de mesures continues de la température, de la conductivité et de la hauteur d'eau. La station continue, désignée par le code de site FPCC, transmet en temps réel ses données à l'observatoire. En 2025, à cause de problèmes techniques, les données ont été récupérées manuellement de manière mensuelle.

Les sites des Sources Chaudes de la rivière Chaude (SC) et de la rivière Mitan, difficiles d'accès, sont en moyenne échantillonnés 1 à 2 fois par an. Les autres sites sont mesurés mensuellement. Les mesures manuelles réalisées sur les sites FCR1 et rivière Chaude sont couplées à des mesures de température en continu via des sondes de température installées in situ. Les sondes de température utilisées sur ces deux sites sont des Tinytag Aquatic 2. En outre, des mesures de température sont également réalisées à chaque sortie sur les sites des Sources Chaudes à l'aide d'une caméra thermique (**figure 12**).

En complément des prélèvements des sources thermales et des rivières, une zone de dégazage en mer située au large de Saint-Pierre est également suivie depuis 2021. Des mesures et des prélèvements y sont réalisés 2 à 3 fois par an, en partenariat avec le Parc Naturel Marin de Martinique (PNMM) et l'Office français de la biodiversité.

Enfin des mesures de flux diffus de CO₂ au sol sont réalisées depuis 2023, grâce à une cloche acquise sur financement MTE en 2022, d'abord sur quelques sites particuliers (Rivière du Prêcheur, Sources Chaudes), puis de manière plus large en 2025 grâce au recrutement d'un personnel contractuel (**figure 13**).

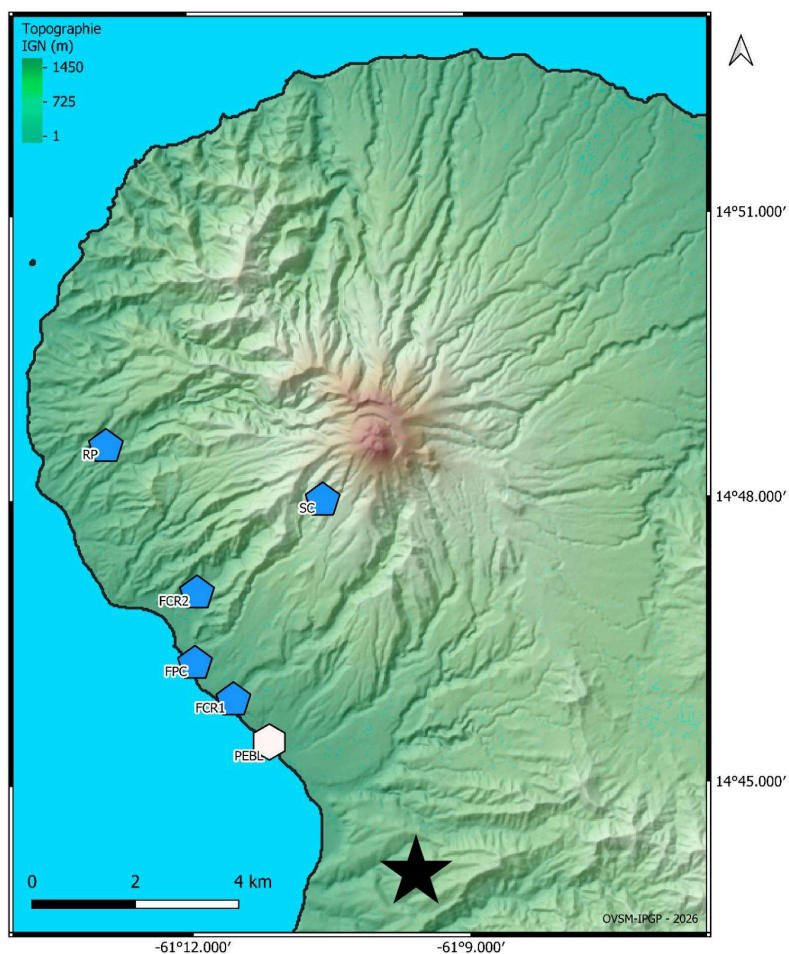


Figure 11 : Localisation des sites de prélèvement géochimiques suivis régulièrement par l'OYSM-IPGP au niveau de forages ou de sources hydrothermales. L'hexagone blanc correspond au site de dégazage en mer de Périnelle - Saint-Pierre (source : E. Martin / OYSM-IPGP).

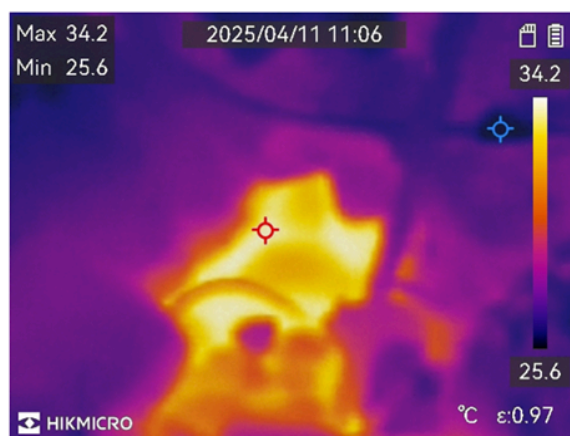
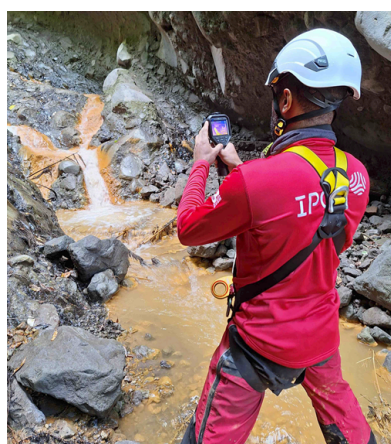


Figure 12 : Exemple de prise de mesure de température par caméra thermique (gauche) et champ de température obtenu le 11 avril 2025 (droite) sur le site SC4 des Sources Chaudes ($T^{\circ}\text{C}$ max=34,2 $^{\circ}\text{C}$ au niveau du marqueur rouge sur la photo de droite).



Figure 13 : Chambre d'accumulation WestSystems (gauche) et mesure du flux de CO₂ diffus au sol réalisées par Tracy Abauzit en 2025 (droite).

Principales évolutions et interventions en 2025

En 2025, vingt-six sorties ont été réalisées pour échantillonner et prélever les sources thermales de la Montagne Pelée ainsi que la zone de dégazage en mer à Saint-Pierre :

- Forages de carrières FCR1, FCR2, Puits Chaud et rivière du Prêcheur : au total 20 missions de prélèvements et de mesures ont été effectuées sur ces sites en 2025.
- Sources Chaudes (SC) : 3 missions ont été réalisées en avril, juillet et octobre 2025 avec le support du Dragon 972 de la Sécurité Civile.
- Zone de dégazage en mer à Saint-Pierre (PEBL) : 3 missions de prélèvements et de mesures ont pu être réalisées en mai, en juillet et en décembre 2025, en collaboration avec le Parc Naturel Marin de Martinique et l'Office français de la biodiversité.
- Sources de la rivière Mitan (SM) : en 2025, l'OVSM-IPGP n'a pas pu réaliser les prélèvements et mesures au niveau des sources de la rivière Mitan suite à l'effondrement d'une partie de la route à Grande Savane au Prêcheur.

A noter qu'en juin 2025, lors des prélèvements manuels sur le site de Puits Chaud, nous avons constaté un dépôt sauvage d'ordures au pied de la station de mesure. Ce dépôt a été signalé à la mairie de Saint-Pierre qui a procédé à l'enlèvement de ce dépôt par des agents techniques de la ville.

Bilan de fonctionnement sur l'année 2025

Le bilan de fonctionnement du réseau géochimique sur l'année 2025 est assez positif. Quelques problèmes ont néanmoins été rencontrés sur certains sites, comme FCR1 et Sources Chaudes.

A FCR1, un défaut de datation des données de température a été constaté lors de récupération des données au mois de février sur les mesures en continu. Nous avons procédé au remplacement de la sonde Tinytag en mars (**figure 14**). Les températures mesurées par la sonde sont depuis assez stables et oscillent entre 27.5 et 27.8°C.



Figure 14 : Sonde de température Tinytag utilisée à FCR1 et SC4 (gauche). Retrait de la sonde du forage FCR1 pour la récupération des données (droite).

Depuis 2021, la source « SC4 » de la rivière Chaude est également équipée d'une sonde de température in-situ de mesures en continu de type Tinytag. En avril 2025, nous avons pu retrouver, récupérer et remplacer la sonde présente à SC4. Cette sonde avait été recouverte par une grande quantité de sédiments. Une partie des données de température entre août 2023 et avril 2024 ont pu être extraites (**figure F1 en annexe F**). Cependant, lors des missions réalisées en juillet et en octobre 2025, les données n'ont pas pu être récupérées car la sonde a de nouveau été recouverte par une coulée dans la Rivière Chaude à la suite de précipitations (**figure 15**).



Figure 15 : Source SC4 recouverte par des sédiments.



Système de surveillance et d'alerte aux lahars dans la rivière du Prêcheur

Présentation du dispositif

La rivière du Prêcheur est sujette aux écoulements concentrés et aux lahars, qui peuvent mettre en danger la population locale. Ces événements peuvent se produire pendant des crises éruptives, mais également en dehors des périodes d'activité volcanique, du fait de l'altération et de l'érosion des matériaux constituant les flancs de l'édifice volcanique. En amont de la rivière du Prêcheur, des dépôts de roches et de matériaux volcaniques s'accumulent au pied de la falaise Samperre qui connaît des épisodes d'éboulements réguliers. Ces dépôts peuvent ensuite être remobilisés lors de fortes pluies, et sont emportés dans le lit de la rivière, créant alors un lahar.

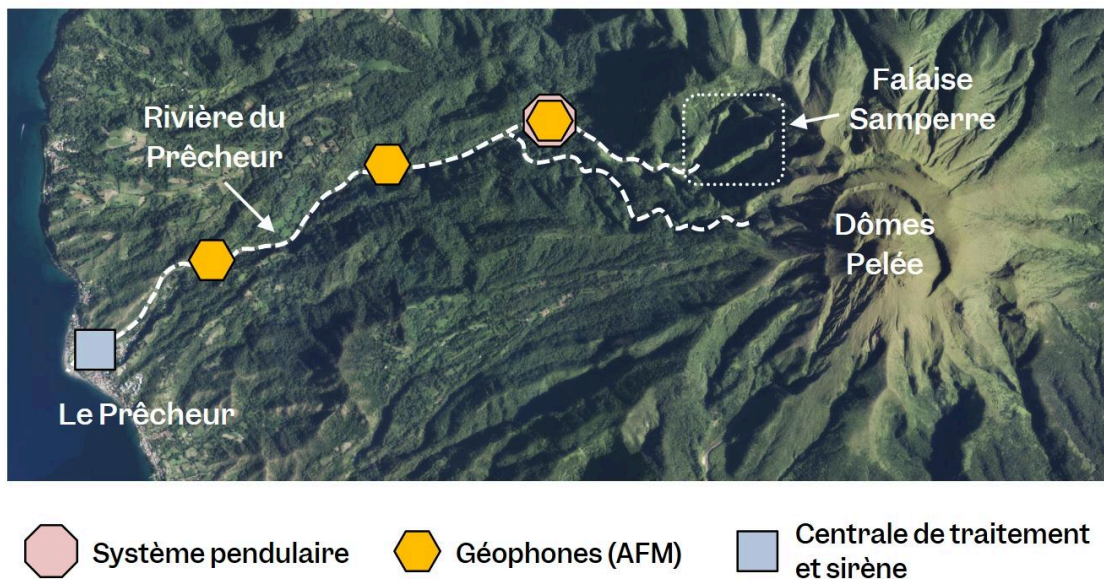


Figure 16 : Localisation des stations dédiées au système automatique d'alerte aux lahars dans la rivière du Prêcheur (source E. Martin / OVSM-IPGP).

L'OVSM-IPGP est l'opérateur d'un système automatique de surveillance et d'alerte aux lahars dans la rivière du Prêcheur. Le système est installé depuis la fin de l'année 1999 suite aux importantes coulées concentrées qui avaient eu lieu lors des deux années précédentes. Il a évolué au fil des années, notamment suite aux lahars de 2018 qui ont fortement endommagé les équipements et amené à une rénovation complète en 2019. Le système actuel est basé sur deux technologies (figure 16) :

- Des détecteurs AFM (Acoustic Flow Monitor), constitués de géophones, sismomètres miniatures utilisés ici pour enregistrer les vibrations du sol causées par le transport solide (glissement et saltation des blocs) dans la rivière à proximité. Trois sites (RPRE, CCPA, CPMA) sont équipés de ces capteurs AFM qui sont connectés localement à une centrale d'acquisition de type Campbell effectuant une partie du traitement des données. Une autre centrale d'acquisition est située dans la bibliothèque du Prêcheur.
- Un système pendulaire, installé sur le site RPRE, constitué de 5 pendules qui correspondent concrètement à des lests (appelés seaux dans la suite de ce rapport) suspendus à différentes hauteurs au-dessus du lit de la rivière et possédant un inclinomètre au niveau de leur point d'attache. Un écoulement concentré dans la rivière fera incliner les seaux qui sont pris dans le flot, permettant ainsi d'avoir une idée approximative de l'épaisseur de l'écoulement. L'état de chacun des inclinomètres est enregistré en continu par la centrale d'acquisition locale. Ce système est vulnérable en cas de fort lahar car il peut être arraché, comme cela s'est déjà produit en 2010.

Les trois stations transmettent en temps réel leurs données à la centrale d'acquisition principale située dans la bibliothèque du Prêcheur via radio UHF. Celle-ci analyse l'ensemble des données et les compare à des seuils qui ont été fixés pour chacun des systèmes (AFM et seaux pendulaires). Le dépassement de premiers seuils génère l'envoi d'un SMS sur les téléphones d'astreinte du personnel de l'OVSM-IPGP. Le déclenchement de l'alerte a lieu soit lors :

- De l'inclinaison d'au moins deux pendules,
- Du dépassement du seuil critique sur l'AFM (géophone) de la station RPRE,
- Du dépassement du seuil critique concomitant aux stations CCPA et CPMA.



Chacun de ces dépassements déclenche automatiquement une sirène qui retentit dans le bourg du Prêcheur pour avertir les personnes vivant à proximité de la rivière. En cas de déclenchement de cette sirène, la personne d'astreinte de l'OVSM-IPGP analyse rapidement les données disponibles et confirme ou infirme la survenue d'un lahar (ou écoulement concentré) à la mairie du Prêcheur et au SIDPC (**figure 17**).

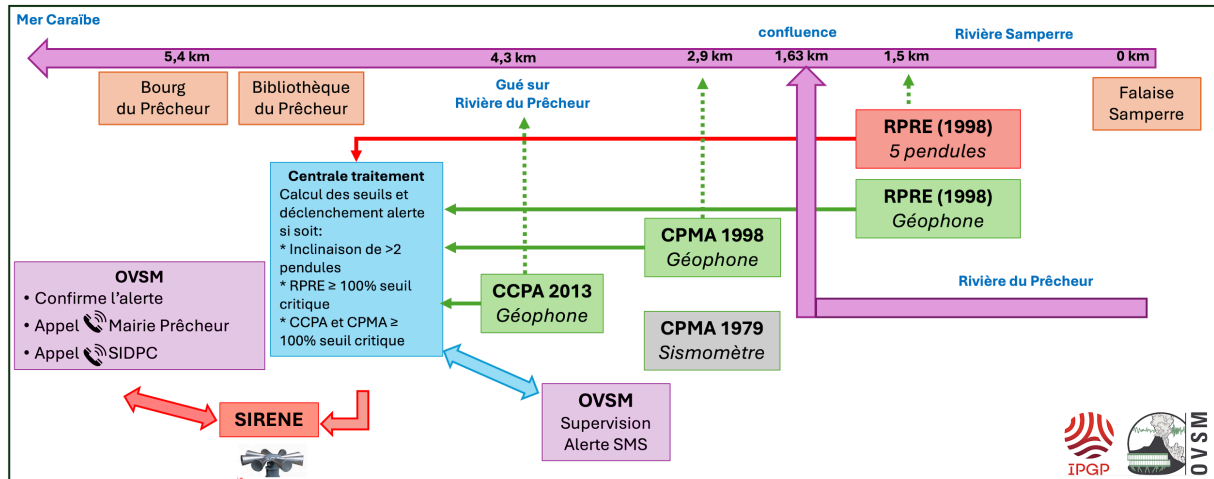


Figure 17 : Principe général du fonctionnement du système automatique d'alerte aux lahars dans la rivière du Prêcheur opéré par l'OVSM-IPGP.

Bilan de fonctionnement sur l'année 2025

En 2025, le système de surveillance et d'alerte aux lahars a été fortement sollicité puisque 6 lahars et 10 écoulements concentrés ont été détectés au cours de l'année, principalement en septembre et octobre. Cette activité intense a été destructrice, puisque le lahar du 16 septembre a emporté trois des quatre seaux fonctionnels du système pendulaire. Depuis cette date, le système fonctionne en mode dégradé, se reposant sur les trois stations AFM et le dernier seau du système pendulaire. Malgré tout, le système aura rempli son rôle en déclenchant la sirène pour les coulées concentrées et les lahars et en prévenant la personne d'astreinte de l'OVSM-IPGP qui a pu confirmer la présence des événements aux autorités.

Cette année, une importante intervention a été menée à RPRE où le géophone et la carte électronique d'acquisition de la station ont été remplacés car défectueux. Les autres interventions sur le système ont été des opérations d'entretien général. Une attention particulière a aussi été portée à l'analyse du code informatique des centrales d'acquisition ainsi qu'à l'analyse des données (**figure 18**) à disposition afin de mieux comprendre la manière dont réagissent les stations AFM aux différents événements qui ont pu être observés.

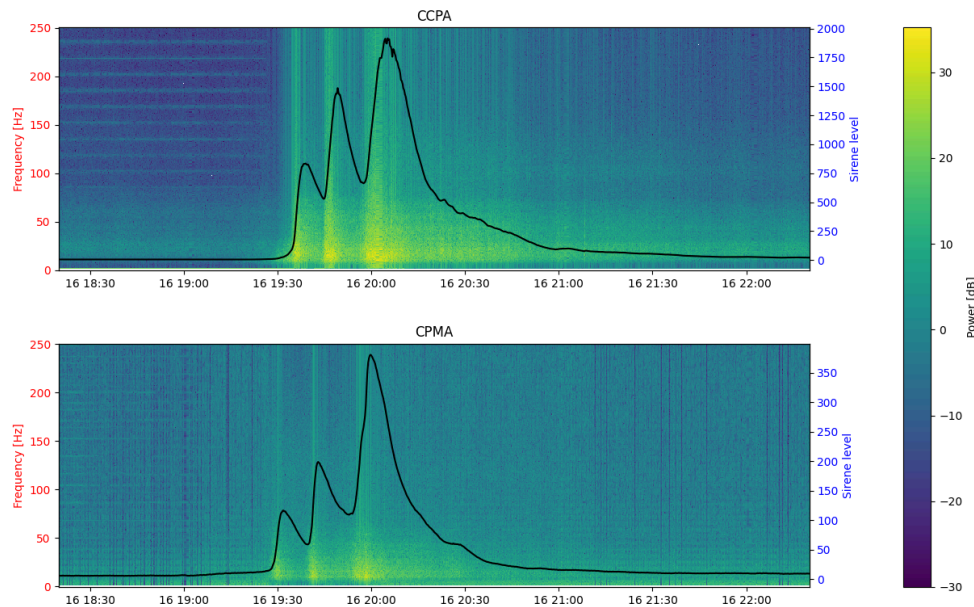


Figure 18 : visualisation du lahar du 16/09/2025 sur les stations AFM CCPA et CPMA. L'augmentation de la densité spectrale de puissance montre une accentuation des vibrations du sol causées par le transport solide (glissement et saltation des blocs).

En 2026, un gros travail devra être réalisé sur le système de surveillance et d'alerte aux lahars afin de rétablir le système pendulaire et de retrouver un fonctionnement nominal. Ce travail devra être mené conjointement aux autorités (mairie du Prêcheur, préfecture, SIDPC) car les opérations à réaliser sont complexes et coûteuses, que ce soit en temps ou en budget. En effet, les interventions sur le système pendulaire de RPRE nécessitent l'intervention de la Sécurité Civile via l'hélicoptère Dragon972 ainsi que celles d'une équipe spécialisée dans le travail en hauteur. Ce site est aussi soumis à des effondrements réguliers qui mettent en péril les équipements et la sécurité du personnel. La station CCPA est elle aussi soumise à des effondrements de berge qui risquent, à terme, d'emporter les équipements.

En plus de ces opérations de maintenance et de remise en service, il apparaît toujours nécessaire de mener un travail de redéfinition des modalités d'analyse des données des géophones et de détermination des seuils d'alerte afin d'assurer la fiabilité du système et sa pérennité. En effet, la rivière du Prêcheur et la rivière Samperre sont en constante évolution, que ce soit en termes de localisation de l'écoulement que de la nature du lit et des berges. Cette dynamique fluviale engendre une variation dans le temps de l'amplitude et du contenu fréquentiel des vibrations du sol mesurés par les 3 stations AFM (RPRE, CPMA, CCPA) pour un même type d'écoulement (même débit et même charge solide) dans les rivières mais également une variabilité du risque pour les populations suivant le niveau de curage de la rivière par exemple. Les indicateurs qui ont été déterminés à l'installation de ce système, ainsi que les seuils associés, ne sont donc probablement plus adaptés aux caractéristiques actuelles de la rivière. Cette situation peut induire soit une sous-estimation de la puissance d'un lahar et le non-déclenchement de la sirène (faux négatif), soit une surestimation de cette puissance et un déclenchement intempestif de la sirène alors que le risque est faible (faux positif). Une recalibration des indicateurs et des seuils nécessite de disposer de mesures quantitatives, ou à défaut d'informations qualitatives et régulières sur les caractéristiques (débit, charge solide, etc.) des différents écoulements (crue, lahar) dans la rivière du Prêcheur. En tout état de cause, un important travail de recherche et de développement apparaît nécessaire pour mieux relier les caractéristiques des écoulements et les mesures effectuées par les 3 AFM (voire les inclinaisons des seaux à RPRE) en prenant en compte la variabilité spatio-temporelle du lit des rivières et des écoulements dans le bassin versant.

Parc d'instrumentation en milieu marin

Présentation du parc

Dans le cadre du projet Interreg Caraïbe PREST piloté par l'OVSM-IPGP entre 2017 et 2023, l'OVSM-IPGP s'est équipé de quatre instruments de géophysique marine, destinés à l'observation des fonds marins, afin d'en suivre l'évolution et de surveiller et comprendre les structures géologiques actives près des côtes des îles. La plateforme d'instrument ainsi constituée est destinée à faire l'objet de partenariats avec d'autres organismes pour une utilisation mutualisée.

Le sondeur multifaisceaux de Subtop est utilisé pour des campagnes de relevés bathymétriques (**figure 19**). Les objectifs sont divers. Il peut s'agir de cartographier une embouchure de rivière afin d'en décrire sa forme, sa taille, la nature du cône de



déjection au large des côtes, et de ce fait mieux comprendre les processus de sédimentation, ou bien de comparer la morphologie des sites de pépinières de coraux pour en mesurer les volumes, la hauteur des sédiments déposés ou érodés.



Figure 19 : Photo du sondeur multifaisceaux : ensemble du matériel sur le site de l'OVSM-IPGP (à gauche) et installé sur un bateau en vue d'une exploration marine (à droite) (A. Potier / OVSM-IPGP).

Le CUBI (Compact Underwater Bottom Instrument) est un sismomètre fond de mer développé par une équipe d'ingénieurs de l'IPGP en collaboration avec la division technique de l'INSU (**figure 20**). Il répond aux besoins spécifiques des Antilles de déploiement rapide de sismomètres fond de mer en cas d'activité tellurique au large des îles : performant, compact, léger, déployable par des petits bateaux locaux, transportable en avion, et simple à utiliser.

Le ROV (Remotely Operated Vehicles) est un drone sous-marin télécommandé permettant d'obtenir des photos et des vidéos des explorations effectuées, comme le déploiement du CUBI, ou bien des fonds marins afin de caractériser les dépôts sédimentaires, les coraux, les dégazages en mer (**figure 21**).

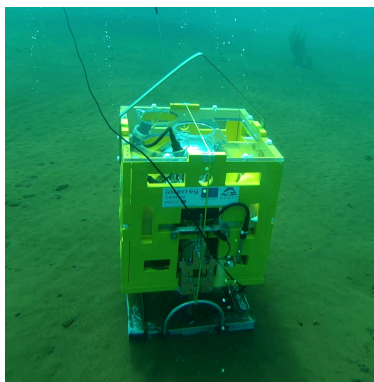


Figure 20 : Photo du CUBI déployé sur le fond marin dans la baie de Saint-Pierre en juillet 2023 (crédit photo OVSM-IPGP).

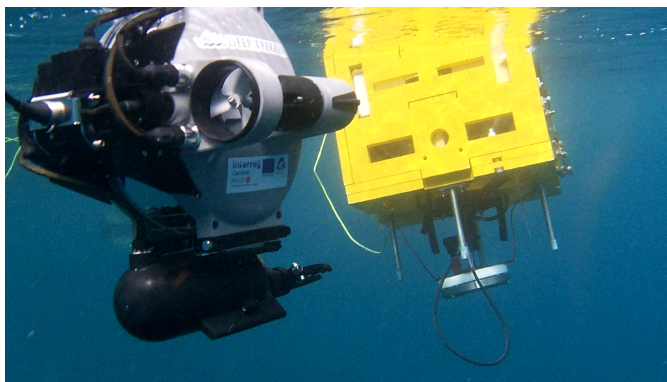


Figure 21 : Photo du ROV en utilisation lors d'un déploiement au fond de l'eau de l'instrument CUBI en juillet 2023 (crédit photo OVSM-IPGP).

Bilan de fonctionnement sur l'année 2025

La recette du sismomètre de fond de mer CUBI a été effectuée à Paris en avril 2025. L'observatoire l'a ensuite réceptionné en Martinique en juin 2025. Une formation de prise en main de l'instrument, de l'application téléphone, de la méthode d'extraction des données et de l'utilisation de la valise acoustique a été réalisée entre l'équipe ayant conçu l'instrument et l'équipe de l'OVSM-IPGP. Toutefois, au cours de cette formation, il a été observé que la batterie composée de 82 cellules lithium ne se rechargeait pas. Ce dysfonctionnement serait lié à la déconnexion d'au moins une des cellules lithium de la batterie pendant le transport de l'instrument entre Paris et la Martinique, rendant de ce fait la recharge impossible. Par conséquent, la conception d'une nouvelle batterie plus robuste est en cours. Celle-ci sera livrée en Martinique au premier semestre 2026. En parallèle de la résolution des dysfonctionnements de la batterie, le manuel d'utilisation de l'instrument a été nettement amélioré.



Concernant le sondeur multifaisceaux, le premier trimestre a été consacré à la conception de la perche d'accroche sur le bateau du Parc Naturel Marin (PNMM), à la prise en main générale (montage, connexions, démarrage des instruments et logiciels de traitement) ainsi qu'à une maintenance importante. En effet, les éléments du sondeur ont souffert des campagnes antérieures et la majorité des connecteurs (PC compris) sont oxydés voire corrodés à cause de l'air salin. En avril 2025, le montage de la perche sur le bateau a pu être testé, notamment grâce à une courte sortie en mer. Il en résulte qu'au-delà de 5 nœuds, la perche entre en vibration, par conséquent il ne faudra pas dépasser cette vitesse lors des campagnes futures. Mi-mai 2025, deux semaines avant une première sortie de bathymétrie, la centrale inertielle est tombée en panne. L'oxydation, la salinité, et la corrosion ont endommagé ses pistes électroniques et ses câbles intérieurs. Elle a donc été envoyée en SAV chez Subtop en hexagone en juillet, et nous avons obtenu le diagnostic et le devis de réparation en octobre 2025. Sa réparation est l'une des priorités en termes d'investissement pour la plateforme marine pour l'année 2026. Les projets menés avec l'Université des Antilles (UA) et l'association Assomer sont donc mis en attente le temps que la réparation puisse avoir lieu.

Au cours de l'année 2025, le ROV a fait l'objet de 6 sorties : une première de prise en main de l'instrument au ponton du Prêcheur. Quatre sorties ont ensuite été effectuées à partir de la plage du quartier Périnelle à Saint-Pierre pour prospecter le site de dégazage en mer PEBL. Une dernière sortie a été effectuée au point Y entre l'anse Dufour et l'anse Noire aux Anses d'Arlet, à la suite d'un témoignage de dégazage en mer intense. Cependant, lors de cette sortie, aucune anomalie n'a été constatée. Les services du ROV ont été proposés à quelques organismes : le Parc Naturel Marin de Martinique (PNMM), l'Université des Antilles (l'UA) et les associations d'archéologie des Petites Antilles (AAPA) et de l'Assommer, et ceux-ci ont témoigné de leur intérêt occasionnel pour cet instrument.

Depuis fin 2024, la bouée instrumentée est en attente de réparation. Le coût est conséquent et n'a pas pu être engagé en 2025 car la remise en état de bon fonctionnement du CUBI et du sondeur multifaisceaux était une priorité. La réparation complète de l'instrument comprend le remplacement du panneau solaire, le remplacement de la sonde porte capteur et de deux modules capteurs, et la maintenance annuelle pour les solutions chimiques de calibrage des capteurs. La présentation de cette bouée et l'utilisation de ses données ont été discutées avec plusieurs organismes. Le PNMM, l'Ifremer, Météo France et l'ODE se sont montrés intéressés par l'utilisation des données de la bouée. Pour le moment, les données acquises restent trop peu nombreuses pour être exploitées (136 jours de mesures cumulées en 2023 et 2024). Les démarches de recherche de subventions et de partenariats vont se poursuivre en 2026.

Acquisition, traitement et gestion des données

L'acquisition, le traitement et la gestion des données des stations opérées par l'OVSM-IPGP reposent principalement sur une architecture informatique complexe et hautement disponible, indispensable pour disposer en continu des données des réseaux de surveillance volcanologique et sismologique. Cette infrastructure s'appuie, à l'observatoire, sur un ensemble d'équipements et de services interconnectés (cluster de machines virtuelles, baies de brassage, systèmes de stockage SAN et serveurs spécialisés) permettant d'assurer la collecte en temps réel, la sécurisation, le traitement et l'archivage des données issues des différentes stations de mesure déployées sur le terrain.

Acquisition des données

Les données sismiques (vélocimétrie et accélérométrie) sont acquises à l'aide du logiciel Apollo Server de Nanometrics, installé au cours de l'année 2024 et du protocole seedlink pour les stations publiques.

L'acquisition des données des stations GNSS reposait sur un outil qui n'était plus supporté depuis 2019 (teqc) et sur un format de données ancien (RINEX2), progressivement abandonné par la communauté internationale. En début d'année 2025, la chaîne d'acquisition des données des stations GNSS a évolué avec l'installation de l'outil autorino (Sakic et al., 2026). Il intègre les convertisseurs officiels des constructeurs et permet de traiter les données d'un réseau hétérogène comme celui de l'OVSM-IPGP (récepteurs de deux constructeurs : Leica et Trimble). L'ensemble du prétraitement des données est piloté par autorino qui télécharge les données, vérifie les métadonnées, convertit les données brutes en RINEX3 et archive les données (brutes et converties) (**figure 22**). Les données converties sont ensuite traitées par le logiciel GipsyX du Jet Propulsion Laboratory de la NASA afin de calculer les positions des antennes GNSS et de pouvoir ensuite visualiser les déformations en cours.

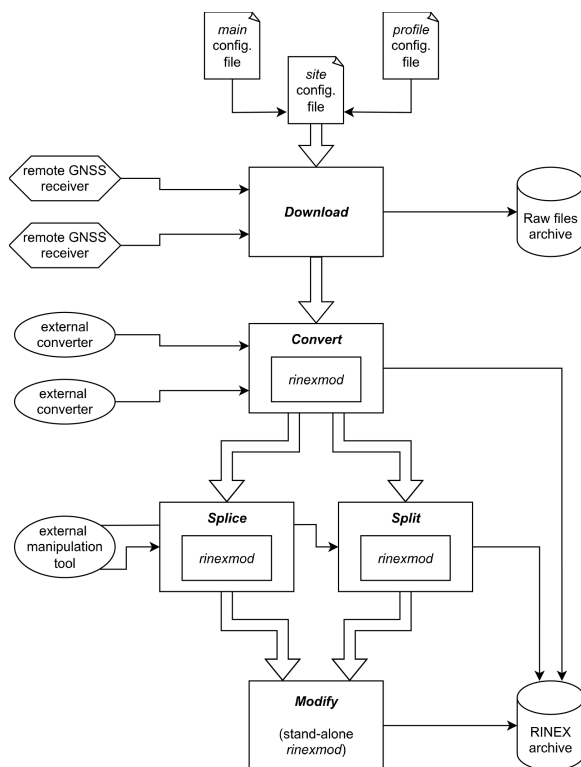


Figure 22 : Workflow standard d'autorino (tiré de Sakic et al., 2026)

Gestion informatique des données

L'OVSM-IPGP dispose de plusieurs baies réseau assurant le fonctionnement de son réseau local (LAN), réparties par bâtiment ou par étage. Chaque baie de brassage centralise les principaux équipements du réseau informatique : switches, panneaux de brassage, terminaisons de fibre optique, ainsi que, pour certaines d'entre elles, les systèmes de téléphonie IP et de vidéosurveillance.

L'architecture du réseau repose sur une topologie en étoile, organisée autour de la baie principale située au rez-de-chaussée, qui constitue le cœur du LAN. Cette baie assure l'interconnexion de l'ensemble des autres baies via des liaisons en fibre optique à 10 Gb/s.

En 2025, l'OVSM-IPGP a poursuivi la modernisation de son infrastructure en remplaçant les équipements actifs du cœur de réseau par une architecture redondante composée de trois switches Aruba stackés. Cette nouvelle configuration offre 132 ports cuivre PoE (Power over Ethernet) à 1 Gb/s, 12 ports fibre à 1 Gb/s et 8 ports fibre à 10 Gb/s, renforçant ainsi la résilience et les performances globales du réseau informatique.

Pour assurer le traitement et l'analyse des données, l'OVSM-IPGP utilise une quinzaine de machines virtuelles (VM), réparties dans un cluster géré avec Proxmox. Cette infrastructure virtualisée garantit une meilleure disponibilité des services de calcul et de stockage des données. Après sept années d'exploitation, l'OVSM-IPGP a fait le choix de ne pas renouveler l'extension de garantie de l'infrastructure physique du cluster, le coût devenant supérieur à celui d'un renouvellement complet du matériel.

Le SAN (Storage Area Network), stockage centralisé partagé à haute disponibilité, joue un rôle essentiel au sein de l'observatoire. En effet, une panne du SAN peut provoquer l'arrêt brutal des services et rendre les VM inaccessibles. C'est pour cette raison que l'OVSM-IPGP a été contraint de remplacer plusieurs composants de son SAN en 2025, celui-ci fonctionnant en mode dégradé à la suite d'une perte de redondance.

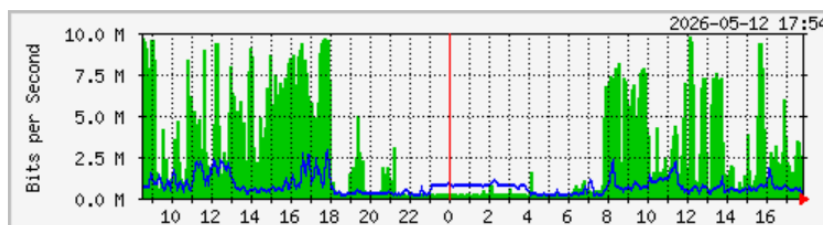
Une connexion Internet fiable est cruciale pour l'OVSM-IPGP afin de transmettre en temps réel les données scientifiques et de surveillance, tout en communiquant avec les équipes de recherche à distance. RENATER assure le raccordement Internet de l'OVSM-IPGP via le campus de l'Université des Antilles à Schoelcher. La liaison est fournie par Martinique Numérique, dans le cadre de la délégation de service public de la CTM. En 2025, il y a eu plusieurs coupures de cette connexion, notamment une rupture de la fibre optique causée par des travaux publics et un problème de liaison FH (faisceau hertzien). Une liaison de secours par satellite Starlink est utilisée par l'OVSM-IPGP afin de garantir la continuité de la connexion Internet (**figure 23**). Afin de réduire les coûts, l'abonnement a été ramené de 2 To par mois à 500 Go en 2025.



Figure 23 : Photo de l'antenne de Martinique Numérique (à gauche) et de l'antenne plate de Startlink au-dessus du local des serveurs (à droite).

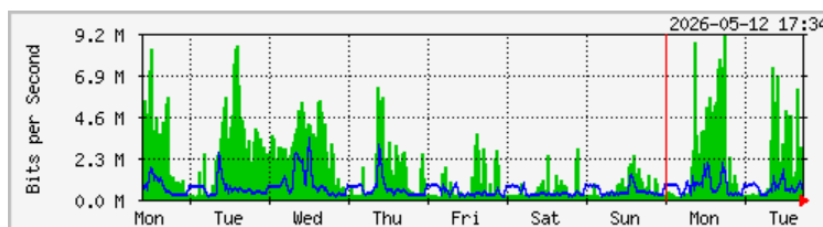
L'OVSM-IPGP dispose de deux types de télétransmission des données, centralisées vers le centre de données parisien de l'IPGP qui assure ensuite leur redistribution à la communauté scientifique via son portail [VOLOBSIS](#). Le premier est un flux continu permettant la diffusion en temps réel des données sismiques de la Martinique. Le second est un flux quotidien destiné à synchroniser les données sismiques consolidées ainsi que l'ensemble des données géophysiques et géochimiques acquises. En 2025, la synchronisation de l'ensemble des données a été rétablie. Elle avait été partiellement arrêtée après la migration des serveurs en 2024. La **figure 24** met en évidence une phase de synchronisation entre 23 h et 4 h, correspondant à un volume d'environ 900 Mo ainsi qu'un flux continu d'environ 100 kbit/s.

Graphique quotidien (sur 5 minutes : Moyenne)



	Max	Moyenne	Actuel
Entrée	9722.6 kb/s (9.7%)	2762.4 kb/s (2.8%)	2561.8 kb/s (2.6%)
Sortie	2802.2 kb/s (2.8%)	690.7 kb/s (0.7%)	346.8 kb/s (0.3%)

Graphique hebdomadaire (sur 30 minutes : Moyenne)



	Max	Moyenne	Actuel
Entrée	9151.6 kb/s (9.2%)	1737.9 kb/s (1.7%)	1893.0 kb/s (1.9%)
Sortie	3354.3 kb/s (3.4%)	574.4 kb/s (0.6%)	501.8 kb/s (0.5%)

Figure 24 : Trafic réseau entre l'OVSM-IPGP et RENATER

Gestion des échantillons d'eau

L'OVSM-IPGP dispose d'un laboratoire d'analyse des eaux doté d'un titrateur automatique pour la détermination de l'alcalinité, un pH-mètre permettant également de réaliser des mesures de température et de conductivité, un distributeur d'eau pure, une balance de précision pour la pesée des standards (éluants, régénérants, etc.), une étuve et divers produits chimiques.

Lors des sorties sur les différents sites suivis par l'OVSM-IPGP, différents échantillons sont prélevés (**figure 25**). En 2025, environ **442 échantillons d'eau** ont été prélevés par l'OVSM-IPGP. Une partie des échantillons est analysée au laboratoire de l'OVSM-IPGP pour déterminer les paramètres standards dont l'alcalinité, et une autre partie est archivée.



Figure 25 : Exemples de conditionnement des échantillons d'eau prélevés à l'OVSM-IPGP pour expédition et analyse par les différents partenaires.

D'autres échantillons sont envoyés au laboratoire d'analyse des eaux de l'OVSG-IPGP, opérationnel depuis 1979, pour une analyse systématique des concentrations en ions (anions, cations) majeurs. Néanmoins, depuis juillet 2024, l'OVSM-IPGP a entrepris la réparation de son appareil à chromatographie ionique, avec pour objectif de pouvoir réaliser des analyses de concentrations en ions directement à l'OVSM-IPGP. Avec l'appui de C. Aubaud, géochimiste de l'IPGP, F. Jadelus a œuvré à la remise en route de cet appareil. Plusieurs éléments, tels que le suppresseur, la colonne, les joints de la pompe et plusieurs tubes capillaires ont été remplacés sur l'appareil. Quelques analyses tests ont été réalisées en 2025 et montrent une assez bonne cohérence avec les résultats d'analyses réalisés par l'OVSG-IPGP. Cependant l'instrument n'est pas encore totalement fonctionnel et sa remise en route opérationnelle a été retardée suite à une panne de climatisation sur tout l'étage où se situe le laboratoire d'analyse des eaux.

Les analyses en concentration et en rapport isotopique du carbone inorganique dissous sont effectuées à Paris au Laboratoire de Géochimie des Isotopes Stables de l'IPGP. Des analyses isotopiques et en gaz dissous (CO₂, ⁴He, H₂S, etc.) sont aussi réalisées en collaboration avec Géosciences Rennes (OSUR, Université de Rennes) et le Centre de Recherches Pétrographiques Géochimiques (CRPG-CNRS) de Nancy (Université de Lorraine).



Activité de la Montagne Pelée

Contexte

La Montagne Pelée est un stratovolcan actif de type explosif situé dans la partie nord de l'île de la Martinique. Cette île de l'arc insulaire des Petites Antilles résulte de la subduction de la plaque Sud-Américaine sous la plaque Caraïbe à une vitesse de l'ordre de 2 cm par an. Le début d'activité de ce volcan est daté à environ 550 000 ans avec la construction du Mont Conil au nord-ouest de l'île. L'édifice volcanique actuel de la Montagne Pelée apparaît probablement autour de 127 000 ans à la suite d'une déstabilisation majeure d'un flanc du Mont Conil. La Montagne Pelée a ensuite connu une lente phase de construction marquée par de multiples éruptions à dôme de lave (Morne Calebasse vers 75 000 ans) et éruptions explosives produisant des écoulements pyroclastiques (« nuées ardentes ») (Tombeau des Caraïbes vers 63 000 ans) jusqu'à environ 36 000 ans où un autre effondrement majeur du flanc du volcan s'est produit. Entre 36 000 et 25 000 ans, de nombreuses éruptions explosives participent à la reconstruction des flancs de la Montagne Pelée. La période récente depuis 25 000 ans est marquée par au moins 55 éruptions magmatiques dont 17 éruptions explosives (plinienne ou sub-plinienne) avec retombées de cendres et de ponces et des écoulements pyroclastiques ; et 38 éruptions dites péléennes à croissance de dômes qui génèrent des écoulements pyroclastiques par effondrement gravitaire ou explosion latérale dirigée de dômes (Boudon et Balcone-Boissard, 2021; Michaud-Dubuy et al., 2023). Plusieurs de ces éruptions ont laissé des traces bien visibles au sommet de la Montagne Pelée (Morne Macouba vers 12 000 ans et dôme de l'Aileron vers 9 000 ans), mais aussi tout autour du volcan en niveaux de ponces blanches (éruptions P1, P2 et P3 au cours des derniers 2 000 ans) (Carazzo et al., 2012; Carazzo et al., 2019; Carazzo et al., 2020).

Les 4 dernières éruptions de la Montagne Pelée ont été décrites dans les archives historiques :

- L'éruption phréatique (sans apport de magma) du 22 janvier 1792 avec des explosions mineures ;
- L'éruption phréatique de 1851, qui a débuté le 5 août 1851, a produit au moins 3 explosions (5 août, 9 août, et fin octobre) et a engendré des retombées de cendres sur les villes du Prêcheur, de Saint-Pierre et du Morne Rouge ;
- L'éruption magmatique de 1902-1905, précédée par une phase d'activité phréatique, avec la mise en place d'un dôme de lave qui a été détruit par plusieurs explosions latérales dirigées dévastatrices et qui a produit des écoulements pyroclastiques denses et turbulents connus sous le nom de « nuées ardentes ». Une soixantaine de nuées ardentes se sont produites dont plusieurs se sont propagées sur une vaste zone sans être canalisées par la topographie. Ce fut le cas de celle du 8 mai 1902 qui détruisit la ville de Saint-Pierre (ainsi que les 20 mai, 26 mai, 6 juin et 9 juillet), et celle du 30 août 1902 qui ravagea le Morne Rouge. Cette éruption magmatique causa environ 29 000 victimes ;
- L'éruption magmatique de 1929-1932, aussi précédée par une phase d'activité phréatique, avec des nuées ardentes d'effondrements gravitaires du dôme qui ont été canalisées dans la rivière Blanche et la rivière Claire.

Depuis 1932, l'activité a décliné de manière significative jusqu'à l'arrêt de l'activité fumerolienne, autour de 1970, et seule subsiste une activité sismique d'origine volcanique globalement très faible, avec seulement quelques essais de séismes en 1980, 1985-1986, 2006, et 2013-2014.

Depuis avril 2019, une phase de réactivation de la Montagne Pelée a été mise en évidence et se traduit (avant 2025) par :

- Une augmentation de l'activité sismique d'origine volcanique qui a significativement dépassé son niveau de base établi sur la période de janvier 2015 à mars 2019, où les capacités et méthodes de détection de la sismicité étaient globalement équivalentes à la période actuelle. Cette activité sismique se caractérise à la fois par de nombreux séismes superficiels de faible énergie localisés principalement sous les dômes et se produisant généralement en essais de quelques heures à plusieurs jours, par quelques séismes de type hybride et longue-période profonds (localisés entre 10 et 40 km de profondeur dans l'environnement de l'édifice volcanique) et par quelques signaux sismiques de type trémor, témoignant de mouvements de fluides en surpression dans le système hydrothermal.
- La mise en évidence depuis mi-2022 par le réseau de capteurs GNSS de déformations de l'édifice, correspondant à un faible et lent gonflement de la partie sommitale pouvant être généré par une source superficielle de pressurisation localisée à ~1km de profondeur sous 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.
- La présence de zones de végétation dégradée sur le flanc sud-ouest de la Montagne Pelée observées depuis 2019, qui témoignent d'un dégazage diffus de CO₂ par le sol. Une zone de dégazage en mer (présence de bulles de CO₂ d'origine magmatique à faible température) au nord de Saint-Pierre est également surveillée en partenariat avec le Parc Naturel Marin de Martinique afin de suivre l'évolution de ce phénomène en relation éventuelle avec la réactivation du volcan.

Ces observations et leurs interprétations ont amené la préfecture de la Martinique à relever le 4 décembre 2020 le niveau d'alerte volcanique du plan ORSEC volcan de la Montagne Pelée au niveau **JAUNE = VIGILANCE**.

L'**annexe E** présente le niveau d'activité volcanique des autres volcans de l'arc des Petites Antilles.



Activité sismique d'origine volcanique

Plusieurs types d'événements sismiques sont associés à l'activité volcanique (**figure 26**). Ils sont habituellement classifiés en quatre grandes catégories :

- **Séismes volcano-tectoniques (VT)**. Ils se caractérisent par des signaux sismiques enregistrés aux stations proches, de faible durée, à large contenu fréquentiel (avec une prépondérance de fréquences supérieures à environ 10 Hz) et présentant des phases P et S clairement identifiables. Lorsque plusieurs séismes VT se succèdent dans un intervalle de temps faible, leurs formes d'onde se superposent et ils sont alors nommés "emboîtés". Les séismes VT sont des séismes "standards" correspondant à un processus de micro-fracturation ou de glissement sismique sur des failles pré-existantes situées au niveau ou dans l'environnement de l'édifice volcanique.
- **Séismes longue-période (LP)**. Les signaux sismiques associés sont caractérisés par un contenu fréquentiel restreint aux basses fréquences (< 10 Hz), présentant parfois une fréquence fondamentale et des harmoniques, une durée variable pouvant être supérieure à 60s, et des phases P et S parfois difficilement identifiables. Les signaux de type LP sont souvent interprétés comme des mises en mouvement de fluides hydrothermaux ou magmatiques dans des fissures ou conduits qui s'amortissent plus ou moins rapidement. Pour les séismes longue-période profonds, ils pourraient également être générés par une exsolution rapide de gaz dans des réservoirs de magma sursaturés (Melnik et al., 2024).
- **Séismes hybrides**. Les signaux sont semblables à ceux de séismes volcano-tectoniques mais sont suivis d'une coda significativement plus longue et présentant des basses fréquences similaires à celles d'un séisme longue-période. La part de hautes fréquences dans le spectre peut être plus ou moins marquée, notamment en fonction de la profondeur de l'événement. Les séismes hybrides sont généralement interprétés comme des séismes VT générant une mise en mouvement de fluides hydrothermaux ou magmatiques dans des fissures ou conduits environnants.
- **Tremors**. Il s'agit d'oscillations maintenues, d'une durée pouvant varier de plusieurs minutes à plusieurs jours et pouvant être composées d'une succession de séismes longue-période. Les tremors traduisent habituellement une circulation entretenue de fluides hydrothermaux ou magmatiques dans une fissure ou un conduit.

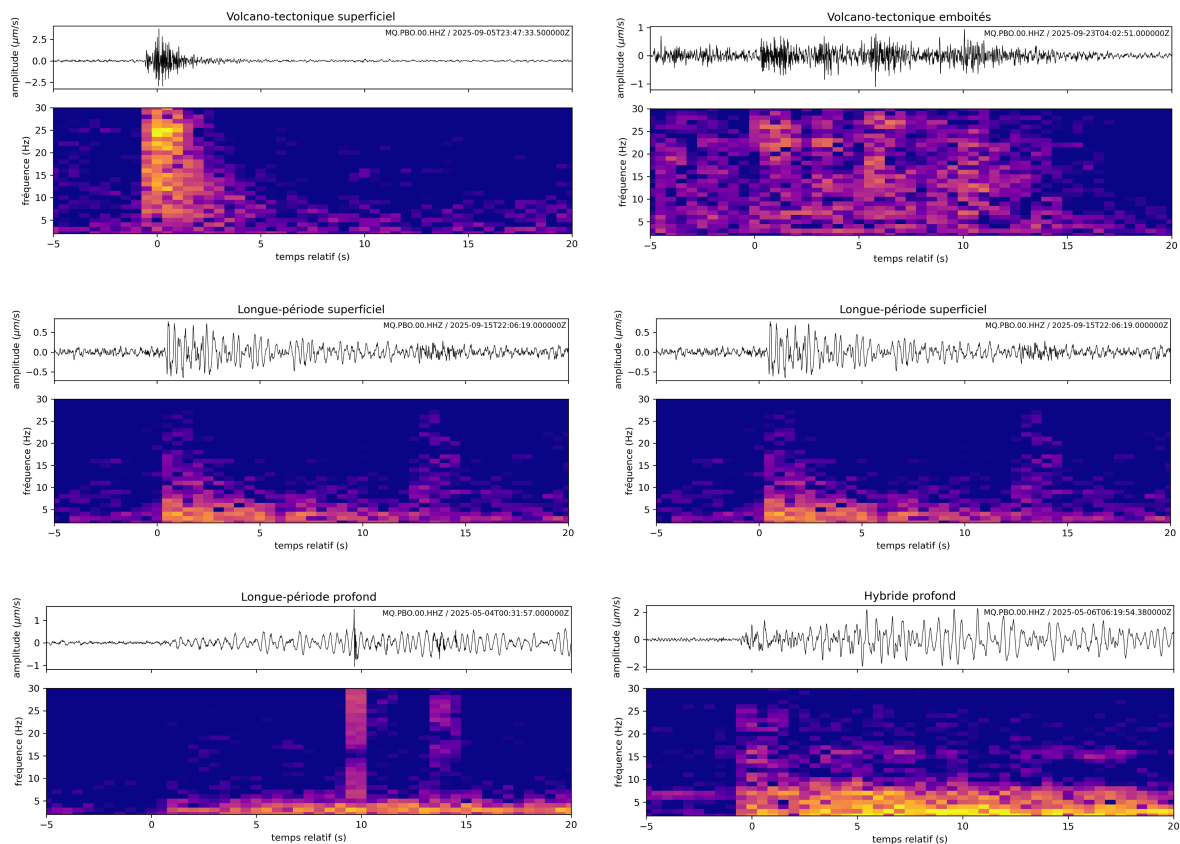


Figure 26 : Exemples de traces sismiques (haut) et de spectrogrammes (bas) pour 6 types d'événements sismiques d'origine volcanique enregistrés en 2025 dans l'environnement de la Montagne Pelée. (source : J. Vergne / OVSM-IPGP)

Les durées et contenus fréquentiels de ces catégories sont variables suivant la localisation de l'évènement (épicentre, profondeur) et les propriétés des milieux traversés par les ondes. Leur classification peut donc s'avérer complexe et est sujette à incertitude.

Les premières stations sismologiques directement installées sur les flancs et à proximité des dômes de la Montagne Pelée datent des années 1970 (Hirn et al., 1987). La **figure 27** représente le nombre annuel d'évènements sismiques classifiés d'origine volcanique (pour la Montagne Pelée) présents dans le catalogue de l'OVSM-IPGP.

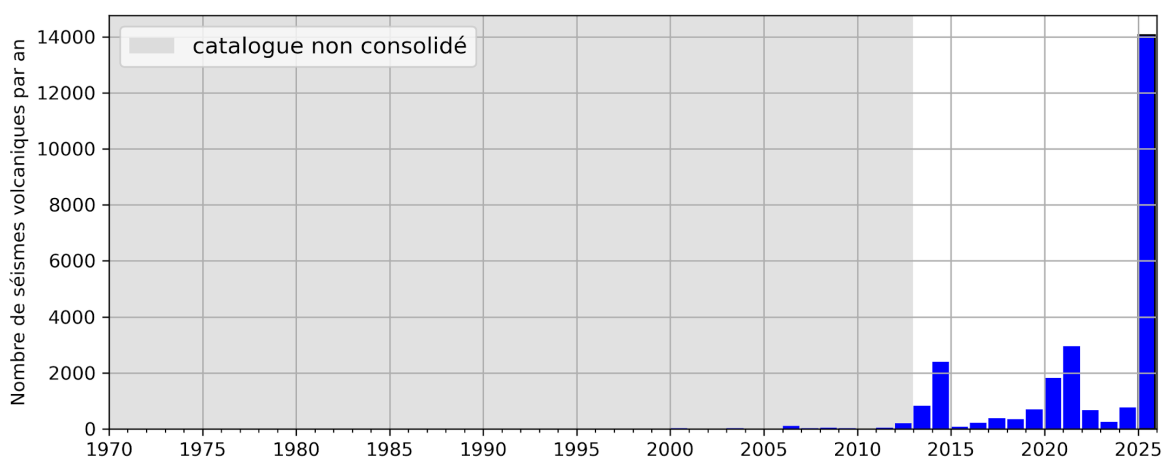


Figure 27 : Evolution du nombre annuel d'évènements sismiques d'origine volcanique du catalogue de l'OVSM-IPGP entre 1970 et fin 2025. La période grisée correspond à la période non consolidée avant 2013 où, par exemple, les méthodes de détection de séismes par reconnaissance de forme d'onde n'ont pas pu être appliquées. (source : J. Vergne / OVSM-IPGP; données WebObs/OVSM)

Il est important de tenir compte du fait qu'au fil des ans le nombre de stations sismiques, leurs caractéristiques et la disponibilité des données ont fortement évolué pour aboutir à la situation actuelle (voir section *Dispositifs instrumentaux de surveillance et d'études*). De même, les procédures de détection, de localisation et d'analyse de cette sismicité ont été améliorées en fonction de l'évolution des outils, des méthodes et des moyens informatiques disponibles. Ainsi les capacités de détection de la micro-sismicité d'origine volcanique de la Montagne Pelée sont aujourd'hui bien supérieures à ce qu'elles étaient dans le passé. En particulier, avant 2013 la détection automatique des évènements était basée sur un algorithme simple ne se déclenchant que sur les plus gros séismes, et n'était complétée de manière visuelle que par l'enregistrement papier d'une seule station du réseau. A partir de 2013 cette détection manuelle, réalisée sur plusieurs stations en parallèle, a été complétée *a posteriori* par un outil d'identification automatique de formes d'ondes de référence déterminées sur la base d'une partie des évènements sismiques enregistrés après 2019. Cette approche permet de détecter des évènements sismiques de plus faible amplitude qui ne sont pas visibles par l'œil humain sur les enregistrements bruts. La quantification de cette évolution multi-paramétrique de la complétude du catalogue de l'OVSM-IPGP est un travail toujours en cours. Au premier ordre, il est néanmoins possible de considérer que le catalogue sismique de l'OVSM-IPGP est globalement consolidé et stable depuis 2013.

Durant la période 1970-2000, l'activité sismique enregistrée dans la zone de la Montagne Pelée a été globalement très faible à l'exception d'une crise d'une quarantaine de séismes entre décembre 1985 à juin 1986, probablement de type VT, et localisés à faible profondeur (< 2 km) sous les dômes (Hirn et al., 1987). Une dizaine de ces signaux avait dépassé la magnitude $M_d = 2$. Une réanalyse des signaux plus anciens semble indiquer que quelques autres évènements de même type s'étaient déjà produits durant le dernier trimestre de 1976 (Hirn et al., 1987).

Par la suite, le nombre de séismes d'origine volcanique répertoriés dans le catalogue de l'OVSM-IPGP est resté faible mais a présenté néanmoins quelques épisodes d'essaims — succession de séismes rapprochés dans le temps — en 2000 (31 séismes), 2003 (37 séismes) et 2006 (106 séismes). A partir de 2011 une activité plus significative apparaît et culmine en 2014 (2356 séismes). Sur cette période (2000-2014), seuls 2 séismes volcaniques ont dépassé la magnitude 2.

Entre 2015 et 2019, l'activité est de nouveau plus réduite. La période du 1er janvier 2015 au 1er avril 2019, incluse dans la période considérée comme consolidée du catalogue de la sismicité d'origine volcanique de l'OVSM-IPGP, a été choisie pour définir le **niveau de base** de l'activité sismique de type VT de la Montagne Pelée. Cette période contient 1069 séismes VT, soit une moyenne de **251 VT/an ou 19 VT/mois**⁴. En termes d'énergie libérée par ces séismes VT, la moyenne sur cette période s'élève à **25.1 MJ/an ou 1.9 MJ/mois**.

⁴ Un mois est ici considéré comme une période de 28 jours glissante.



La **figure 28** représente l'évolution du nombre mensuel des différents types de séismes d'origine volcanique entre janvier 2016 et décembre 2025. Elle permet de mettre en évidence la dernière réactivation sismique qui a débuté en 2019. Une analyse détaillée de cette réactivation basée sur les données de l'OVSM-IPGP jusqu'en juillet 2024 est présentée dans l'article de Fontaine et al. (2025). Sur la période 2019-2024, cette réactivation était principalement caractérisée en termes d'activité sismique par :

- Une prépondérance de séismes VT aussi bien en nombre qu'en énergie libérée. Le début de cette réactivation de la sismicité de type VT est définie par un essaim débutant en avril 2019. L'énergie sismique associée est faible à modérée avec un maximum d'énergie libérée sur la période mi 2020 - fin 2021. Néanmoins, le plus fort séisme VT a été enregistré le 31 janvier 2023 ($M_d = 2.0$, $M_{lv} = 2,8$ / cf. rapport annuel 2023 OVSM-IPGP / Beauducel et al., 2024). Ces événements de type VT se localisent principalement à faible profondeur (< 5 km) au niveau ou à proximité de la zone hydrothermale située sous les dômes et le flanc ouest de la Montagne Pelée.
- L'occurrence de quelques rares séismes superficiels (profondeur inférieure à 5 km) de type hybride et trémor qui apparaissent principalement fin 2020-début 2021, soit plus d'un an après le début des séismes VT. Ces événements traduisent probablement des circulations limitées de fluides hydrothermaux au niveau de l'édifice de la Montagne Pelée.
- L'occurrence de quelques séismes profonds (profondeur supérieure à 10 km) de type longue-période et hybride localisés à des profondeurs entre 15 et 30 km de profondeur, dans une zone centrée sur la Montagne Pelée d'environ 8 km de rayon. Ces événements se produisent principalement à partir de 2022 à des taux de l'ordre de quelques unités par mois et avec une énergie dissipée relativement faible.

L'activité sismique associée à cette réactivation avait significativement réduit sur la période 2023-2024. L'année 2025 marque une rupture nette de cette tendance aussi bien en termes de nombre d'événements que d'énergie libérée.

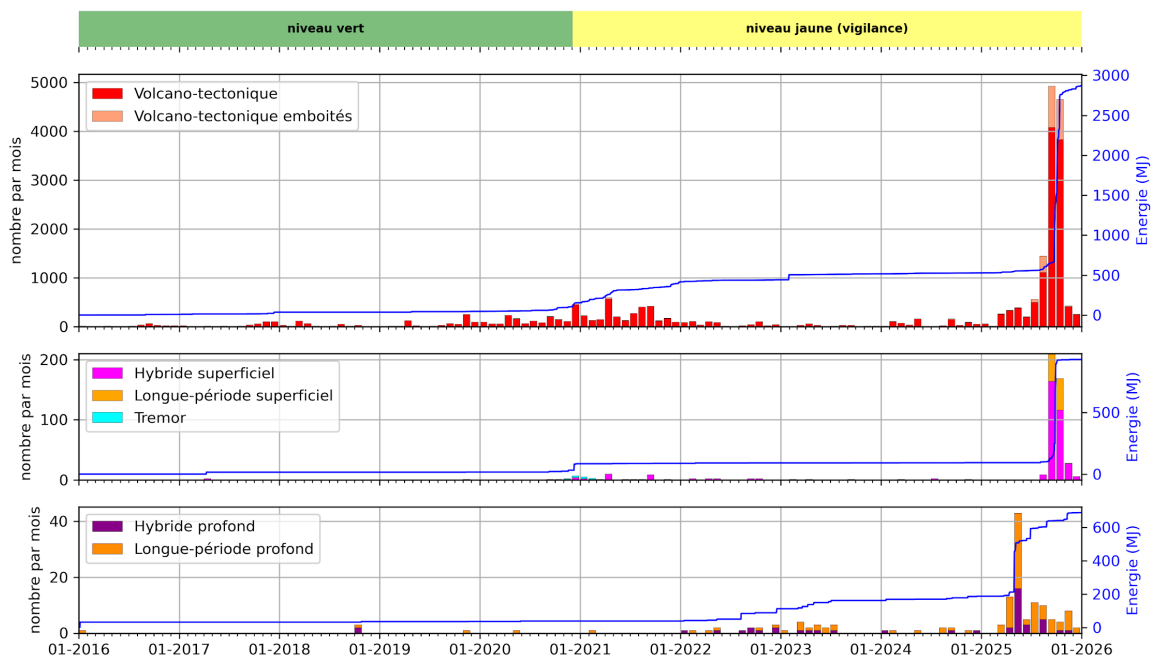


Figure 28 : Évolution du nombre mensuel d'événements sismiques enregistrés dans l'environnement de la Montagne Pelée entre janvier 2016 et décembre 2025 pour différentes catégories de séismes d'origine volcanique (barres verticales colorées) et de l'énergie cumulée équivalente en MJ issue d'une conversion des magnitudes pour les séismes localisés à plus de 10 km de profondeur dans l'environnement de la Montagne Pelée ou leurs signaux sont similaires à d'autres événements dans cette gamme de profondeur. A noter que les échelles verticales sont différentes pour chaque catégorie. La barre supérieure représente le niveau d'alerte du plan ORSEC Volcan de la Martinique avec le passage du niveau vert au niveau jaune (vigilance) le 4/12/2020. (source : J. Vergne / OVSM-IPGP; données WebObs/OVSM)

Au cours de l'année 2025, l'OVSM-IPGP a détecté au moins **14 059 séismes d'origine volcanique**, dont :

- **13 533** séismes **superficiels** de type **volcano-tectonique** (VT), dont 2 124 de type emboîté⁵ ;
- **100** séismes **superficiels** de type **longue-période** ;
- **322** séismes **superficiels** de type **hybride** ;
- **76** séismes **profonds** de type **longue-période** ;
- **28** séismes **profonds** de type **hybride** ;

⁵ Une séquence de séismes emboîtés est considérée comme un unique séisme dans ce décompte



Les séismes dits “superficiels” sont localisés à moins de 5 km de profondeur et ceux dits “profonds” sont localisés à plus de 10 km de profondeur (voir ci-dessous). Pour les séismes qui n’ont pas pu être localisés, ils sont catégorisés en fonction de la ressemblance de leurs signaux avec ceux des événements localisés dans chaque gamme de profondeur.

Le **tableau 2** indique la répartition de ces différents types d’événements sismiques d’origine volcanique pour chaque mois de l’année 2025 et la **figure 29** présente graphiquement l’évolution de ces événements sismiques entre le 1^{er} janvier et le 31 décembre 2025, en termes de nombre quotidien de séismes et d’énergie cumulée sur l’année.

L’année 2025 est celle qui comporte le plus grand nombre de séismes d’origine volcanique dans l’ensemble de la base de données de l’OVSM-IPGP (**figure 28**), en rappelant néanmoins que le niveau de détection de la sismicité volcanique est très dépendant de la densité du réseau sismique sur la Montagne Pelée, qui a significativement évolué au cours des années. Sur la période récente, le nombre de séismes d’origine volcanique en 2025 est néanmoins supérieur d’un facteur 5 à la précédente année record (2021: 2958 séismes d’origine volcanique).

Localisation et magnitude

Sur l’ensemble de ces événements sismiques d’origine volcanique, l’OVSM-IPGP a été en mesure de localiser et de déterminer la magnitude de **1 932 séismes** :

- 1 711 séismes volcano-tectonique superficiels (emboîtés inclus) - soit ~13% des séismes détectés ;
- 16 séismes longue-période superficiels et 105 séismes hybride superficiels - soit ~29% des séismes détectés ;
- 74 séismes longue-période profonds et 26 séismes hybride profonds - soit ~96% des séismes détectés ;

Type	TOTAL	Jan. 2025	Fev. 2025	Mars 2025	Avril 2025	Mai 2025	Juin 2025	Juil. 2025	Août 2025	Sept. 2025	Oct. 2025	Nov. 2025	Dec. 2025
Volcano-tectonique superficiel (dont emboîtés)	13 533 (2 124)	61 (6)	13 (1)	266 (8)	336 (8)	387 (8)	206 (6)	558 (60)	1447 (336)	4564 (845)	4655 (827)	423 (13)	257 (6)
Longue-période superficiel	100									46	53	1	
Hybride superficiel	322								9	164	116	27	6
Volcano-tectonique profond	0												
Longue-période profond	76			3	11	27	2	11	5	5	3	7	2
Hybride profond	28				2	16	3		5		1	1	
Tremor	0												
TOTAL	14 059	61	13	269	349	430	211	569	1466	5139	4828	459	265

Tableau 2 : Nombre mensuel d’événements sismiques d’origine volcanique par type en 2025.

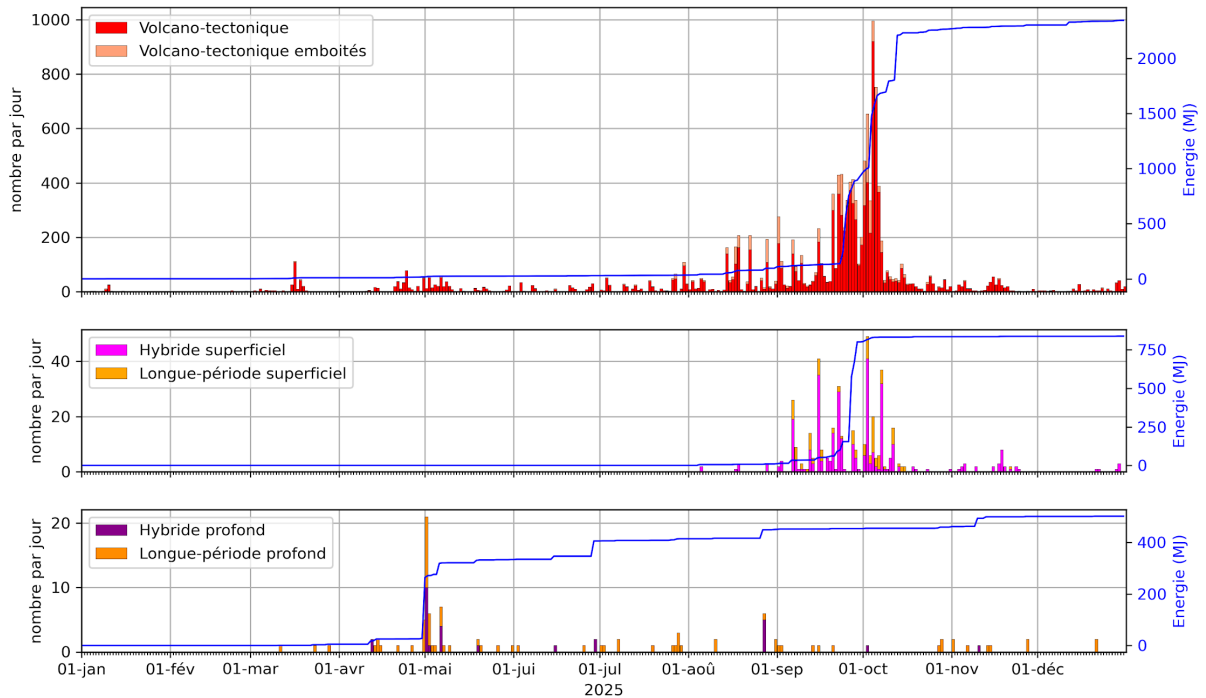


Figure 29 : Évolution du nombre quotidien d'évènements sismiques enregistrés dans l'environnement de la Montagne Pelée entre le 1^{er} janvier 2025 et le 31 décembre 2025 pour différentes catégories de séismes d'origine volcanique (barres verticales colorées) et de l'énergie cumulée équivalente en MJ issue d'une conversion des magnitudes pour les séismes localisés (lignes bleues). A noter que les échelles verticales sont différentes pour chaque catégorie. (source : J. Vergne / OVSM-IPGP; données WebObs/OVSM)

La faible proportion de VT localisés s'explique par le fait que, dans la plupart des cas, les VT de faible énergie présentent un nombre de phases insuffisant pour contraindre avec précision la localisation. D'autre part, durant la période de plus forte activité en septembre et octobre 2025, le nombre très important de séismes a contraint l'OVSM-IPGP à ne localiser de manière exhaustive que les événements les plus significatifs, à savoir ceux présentant une amplitude indiquée comme moyenne, forte ou saturée sur le SefraN.

Les localisations des séismes de l'année 2025 sont représentées sur le **figure 30** (vue en carte) et la **figure 31** (vue en coupe). La **figure 32** représente la répartition en profondeur pour chaque type de séismes d'origine volcanique.

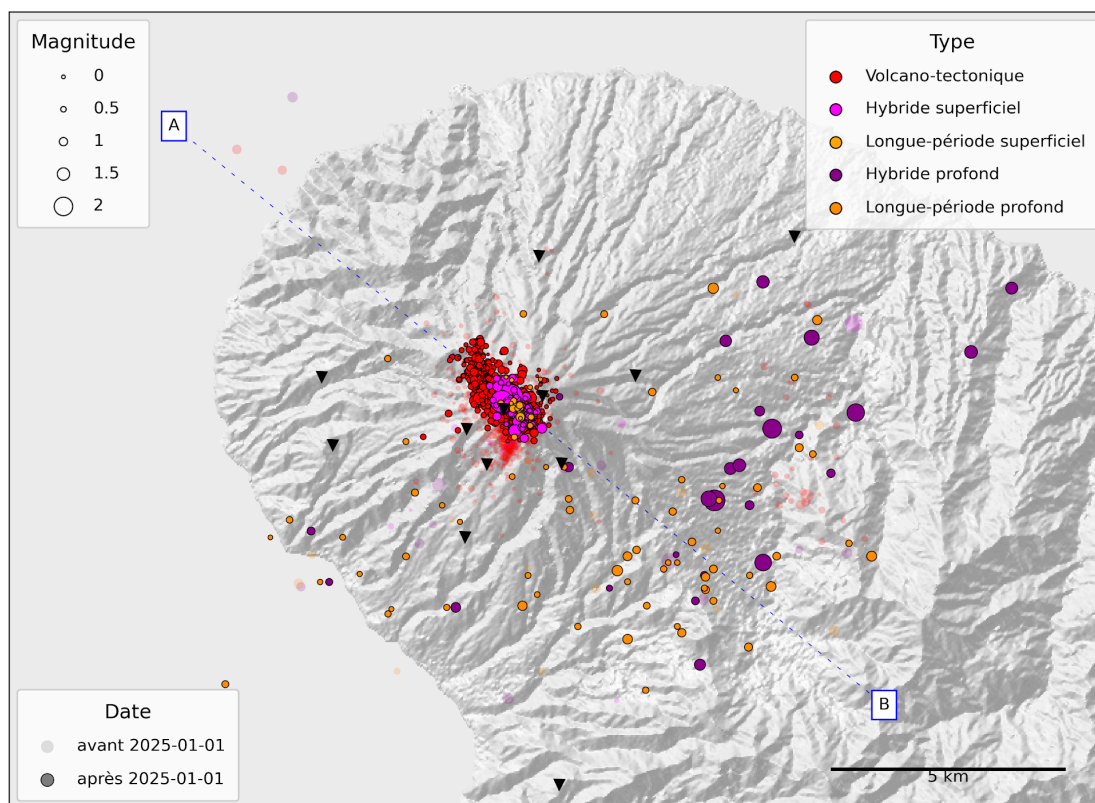


Figure 30 : Carte de localisation manuelle de la sismicité d'origine volcanique de l'année 2025 (cercles pleins) superposée à celle de la période janvier 2019 à décembre 2024 (cercles semi-transparents). La couleur des symboles est fonction de la classification des événements et leur taille est proportionnelle à leur magnitude. Les triangles représentent les stations vélocimétriques permanentes opérées par l'OVSVM-IPGP. Le trait pointillé A-B indique la position du profil de la coupe verticale représentée sur la figure 31. (source : J. Vergne / OVSVM-IPGP; données WebObs/OVSVM)

Pour l'ensemble des séismes localisés, une magnitude a été déterminée. Pour les séismes VT les plus énergétiques, il s'agit généralement d'une magnitude locale M_{lv} , calculée à partir de l'amplitude maximale de l'onde S sur la composante verticale. Pour les séismes de plus faible énergie, lorsque la détermination d'une magnitude M_{lv} n'est pas réalisable à un nombre suffisant de station, une magnitude de durée (Md) a été déterminée. Cette dernière est plus dépendante du niveau de bruit ambiant à haute fréquence (variable en fonction de la période) et plus subjective dans sa détermination (estimation de la fin du signal de coda).

Pour les séismes de type longue-période et hybride (superficiels ou profonds), la magnitude locale M_{lv} est utilisée car ces événements présentent généralement une longue coda qui fausserait l'estimation de la Md. Néanmoins le spectre de ces événements sismiques n'étant pas similaire à celui d'un séisme (volcano-)tectonique, il n'est pas directement possible de comparer les magnitudes M_{lv} de ces types de séismes avec celle des séismes VT.

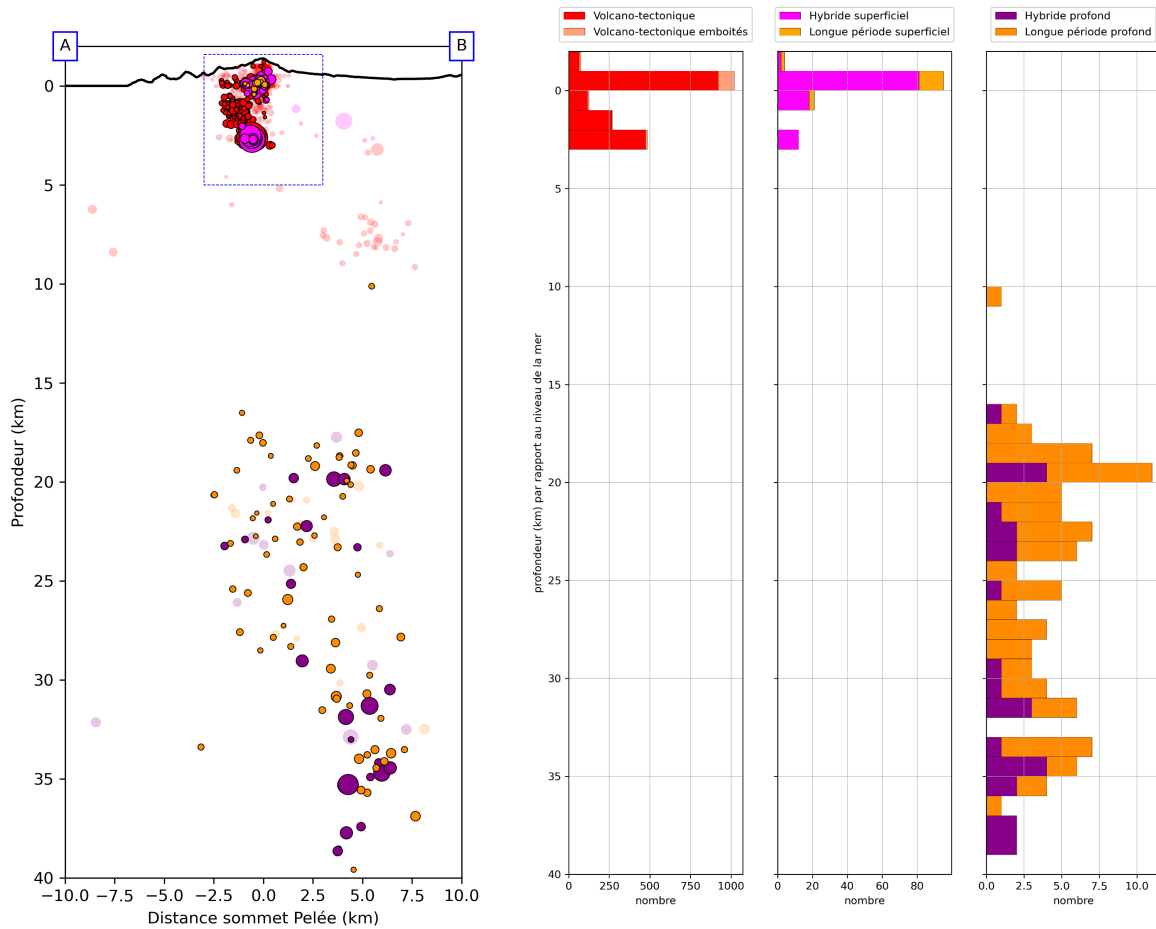


Figure 31 : Coupe verticale de la sismicité d'origine volcanique dans l'environnement de la Montagne Pelée le long du profil A-B indiqué sur la figure 30 et orienté N130°E. La sismicité représentée et les figurés sont identiques à la figure 30. (source : J. Vergne / OVSM-IPGP; données WebObs/OVSM)

Figure 32 : Répartition en profondeur (par tranche de 1 km) de la sismicité d'origine volcanique localisée sur l'année 2025

La figure 33 représente la répartition en magnitude pour chaque catégorie de séisme d'origine volcanique sur l'ensemble de l'année 2025.

Pour les séismes VT, elle montre un comportement standard de type loi de Gutenberg-Richter : au-delà de la magnitude de complétude (magnitude à partir de laquelle on considère que la très grande majorité des séismes sont détectés et localisés, estimée à $M \sim 0,25$), on observe une diminution logarithmique du nombre de séismes avec la magnitude.

Pour les séismes de type longue-période et hybride, la distribution ne suit pas la même statistique. On peut néanmoins considérer que la magnitude de complétude pour ce type de séismes est de l'ordre de $M \sim 0,6$ pour les événements superficiels et de $M \sim 0,8$ pour les profonds. On remarque une prédominance des séismes de type longue-période pour les faibles magnitudes. Ces événements pourraient être, au moins pour une partie d'entre-eux, de type hybride mais avec un contenu haute-fréquence non visible sur les signaux.

Sur l'année 2025, les plus forts événements par type de séisme d'origine volcanique sont :

- Séisme VT : 13 octobre 2025 à 6h18TU, magnitude $M_{lv} = 2,53$
- Séisme longue-période ou hybride superficiel : 29 septembre 2025 à 00H25TU, magnitude $M_{lv} = 2,46$
- Séisme longue-période ou hybride profond : 1^{er} mai 2025 à 17H17TU, magnitude $M_{lv} = 2,15$

Pour les séismes superficiels, 132 séismes ont dépassé la magnitude 1 et **9 ont dépassé la magnitude 2**.

Alors que le nombre de séismes de faible magnitude est très dépendant de la densité de stations sismiques, les séismes de plus forte magnitude permettent une comparaison plus aisée par rapport à des périodes où l'instrumentation sismologique était moins développée sur la Montagne Pelée. Dans le catalogue de l'OVSM-IPGP, seule la période comprise entre décembre 1985



et janvier 1987 présente un nombre plus élevé de séismes de magnitude supérieure à 2 (10 séismes de magnitude⁶ comprise entre $M_d = 2,0$ et $M_d = 2,5$ d'après Hirn et al., 1987).

Aucun des séismes volcaniques de l'année 2025 n'a cependant été confirmé comme ressenti par la population. Cependant, plusieurs séismes VT ont une magnitude s'approchant de celle de séismes susceptibles d'être ressentis, en particulier par des randonneurs sur la Montagne Pelée. Par exemple, le plus fort séisme VT de l'année 2025 (le 13/10/2025 à 6h18TU, magnitude $M_{lv} = 2,53$) a généré une accélération maximale mesurée de 12.8 mg à la station SCH2. Cela correspond à une intensité III sur l'échelle EMS-98, associée à une perception humaine faible. Une modélisation de l'intensité pour ce séisme indique une iso-intensité III sur un rayon de 5 km centrée sur le sommet de la Montagne Pelée. L'occurrence de ce séisme en pleine nuit (2h18 heure locale) peut expliquer l'absence de témoignages.

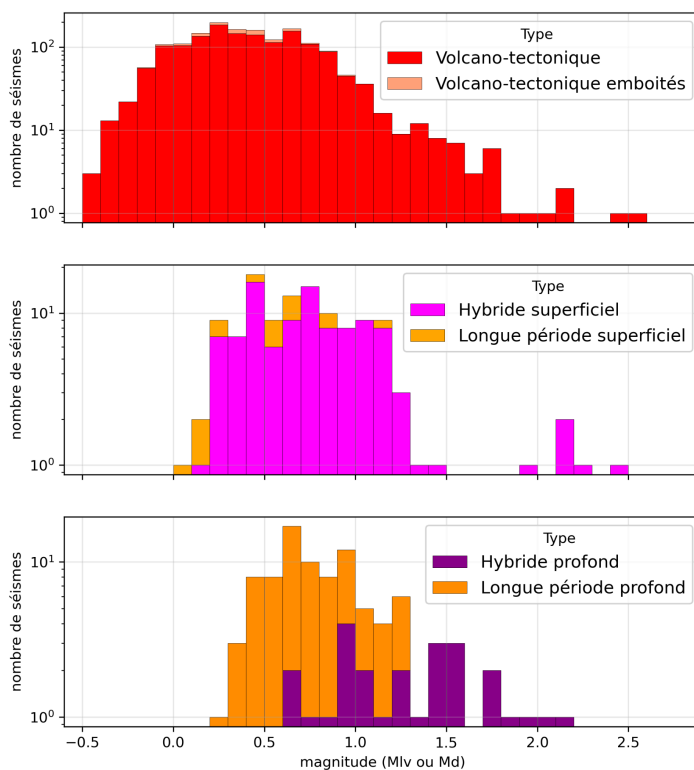


Figure 33 : Répartition en magnitude (par tranche de 0.1 point de magnitude M_{lv} ou M_d) des différents types de séismes d'origine volcanique localisés en 2025. Attention l'échelle verticale est en logarithme du nombre de séismes.

La magnitude peut être convertie en énergie (exprimée en MJ - méga joules) à partir de la formule de Hanks et Kanamori (1979). L'énergie sismique totale libérée en 2025 est de **3 821 MJ**, répartie comme suit :

- Séismes volcano-tectoniques : 2 464 MJ.
- Séismes longue-période et hybride superficiels : 842 MJ.
- Séismes longue-période et hybride profonds : 515 MJ.

Même si cette énergie totale est près de 150 fois supérieure à celle de la période de référence 2015-2019 (25 MJ/an) et 60 fois supérieure à celle de 2024 (62 MJ), elle reste néanmoins modérée. Elle est équivalente à celle qui serait libérée par un unique séisme de magnitude **$M=3,19$** .

La **figure 34** représente l'évolution temporelle des séismes localisés durant l'année 2025 en fonction de leur profondeur. Elle montre que l'activité sismique d'origine volcanique de l'année 2025 se caractérise par deux phases principales :

- Une **sismicité profonde** de type longue-période et hybride qui débute en mars 2025 et qui a connu un pic d'activité, en nombre et en énergie libérée, sur la période du 30 avril au 6 mai 2025 ;
- Une **sismicité superficielle** qui commence à croître en mars 2025 et qui présente une activité intense entre mi-juillet et mi-octobre 2025, avec un apex durant la première quinzaine du mois d'octobre. Cette sismicité superficielle est caractérisée, d'une part, par des séismes de type volcano-tectonique (VT), intégrant un nombre relativement important de VT emboîtés, et, d'autre part, par des séismes de type longue-période et hybride qui débutent principalement au début du mois de septembre 2025.

⁶ Hirn et al (1987) mentionnent que la magnitude de durée utilisée dans leur étude était très probablement surestimée.

Sur l'ensemble de l'année 2025, aucun séisme n'a été localisé entre 4 et 15 km de profondeur, à l'exception d'un unique séisme longue-période le 31 août localisé à 10km de profondeur (**figures 32 et 34**).

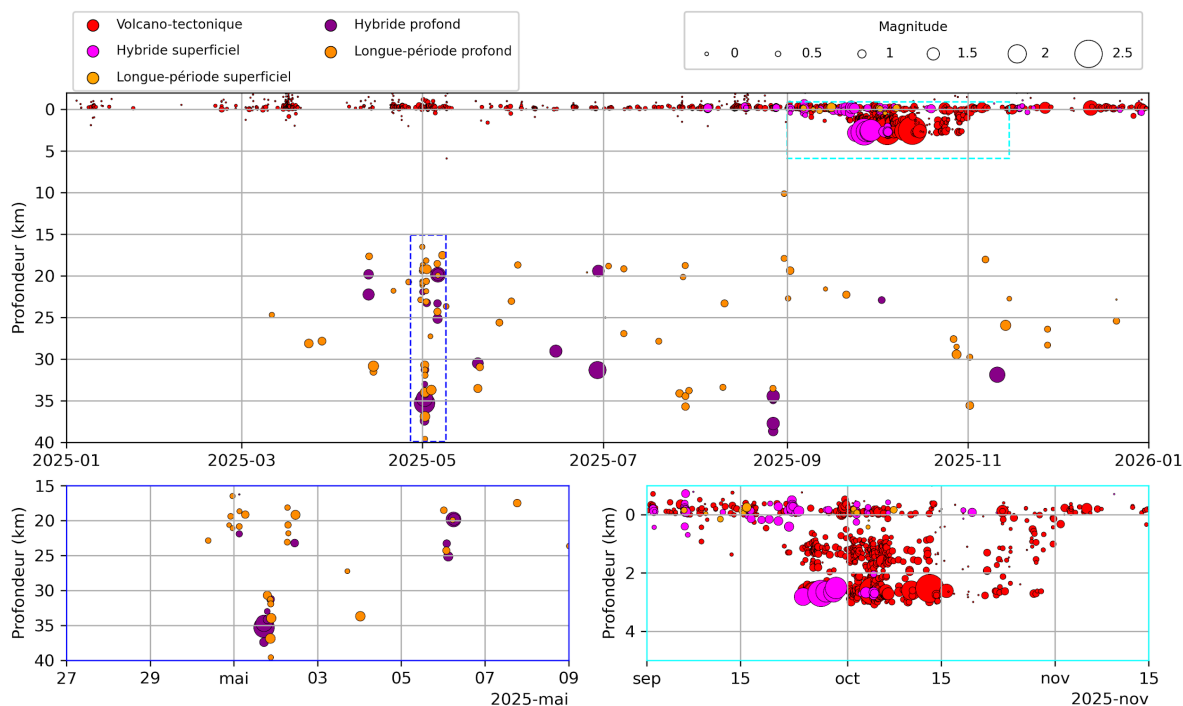


Figure 34 : Représentation en temps-profondeur de la sismicité d'origine volcanique localisée en 2025 dans les environs de la Montagne Pelée (voir figure 30). Les deux zooms représentés sur la partie basse de la figure correspondent aux fenêtres indiquées par des rectangles pointillés dans la partie haute.

Sismicité profonde

L'ensemble des séismes volcaniques profonds (profondeur supérieure à 10 km) sont tous de type longue-période ou hybride. Sur l'année 2025, ils commencent à être observés à partir du mois de mars. Un premier essaim de 5 événements apparaît entre le 12 et le 14 avril. L'essaim le plus intense, comportant 30 événements identifiés, se produit entre le 30 avril et le 2 mai et contient les deux événements profonds de type longue-période ou hybride les plus énergétiques du catalogue de l'OVSM-IPGP (magnitudes $M_{lv} = 2,15$ et $M_{lv} = 2,02$). Après filtrage dans la bande 2-15Hz, les signaux de ces 2 événements sont visibles à l'ensemble des stations sismiques en Martinique ainsi qu'à quelques stations vélocimétriques à faible niveau de bruit situées en Guadeloupe (TDBA, DHS, DSD). Un autre essaim un peu moins intense s'est produit le 6 mai (7 séismes). Par la suite, le nombre de ces séismes profonds a diminué, mais ils ont continué à se produire jusqu'en décembre 2025 à un rythme supérieur à ce qui avait été observé les années précédentes.

Plusieurs de ces événements se produisent sous forme de séquences d'événements imbriqués ("emboîtés"). Ainsi, les 2 événements les plus énergétiques sont inclus dans une séquence formant un signal d'une durée de plus de 3 minutes comportant au moins 4 événements identifiables. L'occurrence de séismes profonds longue-période sous forme de séquences imbriquées a été rapportée pour d'autres volcans (Shapiro et al., 2017).

La localisation épiscopentrale de ces séismes profonds est mal contrainte en raison de la faible ouverture du réseau (induite par la géométrie de l'île de Martinique) et en particulier dans l'axe est-ouest. Ainsi, les ellipses d'incertitude des localisations présentent généralement un demi grand axe orienté dans la direction est-sud-est / ouest-nord-ouest et d'une longueur pouvant atteindre plus de 5 km, notamment lorsque les phases P et S ne peuvent être pointées à la station la plus orientale ILAM. Cette incertitude de localisation explique probablement la large dispersion observée des épiscopentres de ces séismes sur un axe est-sud-est / ouest-nord-ouest (**figure 30**). Il est donc possible que la zone d'occurrence de ces séismes soit bien moins étendue latéralement que celle imagée à partir de leur localisation. Le fait que plusieurs événements présentent des formes d'onde très similaires tendrait également à indiquer qu'ils proviennent de zones restreintes.

A contrario, l'incertitude sur la profondeur de ces événements est bien plus faible et est estimée à environ ± 2 km pour la plupart d'entre eux. Les profondeurs de ces séismes sont comprises entre 16 et 40 km, à l'exception d'un unique événement localisé à 10 km de profondeur. Le diagramme de répartition avec la profondeur (**figure 32**) ne montre pas de séparation nette entre les séismes de type hybride et les séismes de type longue-période et présente deux maxima d'activité vers ~ 20 km et ~ 35 km de profondeur. Ces deux zones sont d'ailleurs activées séquentiellement durant l'essaim principal du 30 avril au 2 mai (**figure 34** -



insert bleu) avec un premier cluster vers 20 km de profondeur entre le 30 avril à 9h15 TU et le 1er mai à 6h30 TU, puis le suivant vers 35 km de profondeur le 1er mai entre 17h15TU et 22h30 TU, avant une reprise de l'activité vers 20 km de profondeur à partir du 2 mai à 6h30 TU. Si l'activité dans ces 2 gammes de profondeurs est reliée, cela induit des vitesses de transfert de pression rapides (de l'ordre du kilomètre par heure). D'autre part, la profondeur du Moho est estimée à environ 25 km de profondeur en Martinique (Melekhova et al., 2019). Les séismes profonds de type hybride et longue-période se produiraient donc à la fois dans la croûte inférieure et dans le manteau supérieur.

Dans la littérature, les séismes profonds de type hybride et longue-période sont souvent interprétés comme étant générés par des fluctuations de la pression dans les fluides magmatiques (magma, fluides supercritiques) qui circulent au sein des systèmes magmatiques profonds (Ukawa et Ohtake, 1987). D'autres travaux proposent qu'ils soient induits par un dégazage brutal au sein de magma basaltiques sur-saturés (Melnik et al., 2024). Dans cette hypothèse, l'essai de séismes profonds de 2025 pourrait avoir engendré une remontée de gaz d'origine magmatique profonde vers la surface.

Sismicité superficielle

L'évolution de la sismicité superficielle (profondeur inférieure à 5 km) durant l'année 2025, présente 4 phases principales (**tableau 2, figures 29 et 34**) :

- **Janvier et février** : Activité sismique faible en nombre et en énergie, proche du niveau de base, dans la continuité de ce qui avait été observé durant l'année 2024.
- **Mars à août** : Augmentation graduelle du nombre de séismes VT d'abord sous forme d'essaims sporadiques avec un premier essaim entre le 15 et le 20 mars (213 séismes) puis une seconde période d'activité, plus longue, approximativement entre le 20 avril et le 9 mai 2025, concomitante avec l'apparition de la sismicité profonde. A partir de juillet, la sismicité VT présente un caractère plus cyclique, avec des essaims d'une durée de quelques heures séparés par des périodes de relative quiescence de quelques jours, et intègre des séquences de séismes emboîtés. Cette sismicité reste localisée à de très faibles profondeurs, globalement au-dessus du niveau de la mer, et présente une faible énergie.
- **Fin août à mi-octobre** : L'activité sismique est très soutenue (comparativement à ce qui avait pu être observé par l'OVSM-IPGP durant les décennies précédentes). Sur la seule journée du 4 octobre, 1 015 séismes volcaniques sont détectés (soit plus que sur l'ensemble de l'année 2024). A partir du 6 septembre, de nombreux séismes superficiels de type hybride et longue-période sont observés, principalement durant des périodes de forte activité de séismes VT. A partir du 24 septembre, de nombreux séismes VT et hybrides apparaissent à des profondeurs plus importantes, entre 1 et 3 km sous le niveau de la mer (**figure 34** - insert cyan). L'énergie sismique augmente significativement. Les 9 séismes de magnitude supérieure à 2 enregistrés en 2025 se produisent durant cette période.
- **Mi-octobre à fin décembre** : Une baisse brutale du nombre de séismes est observée à partir du 15 octobre. Néanmoins, le taux de sismicité reste pendant toute cette période bien supérieur au niveau de base, et plusieurs séismes de magnitude supérieure à 1 continuent à se produire. La sismicité localisée entre 1 et 3 km de profondeur s'interrompt à partir de fin octobre.

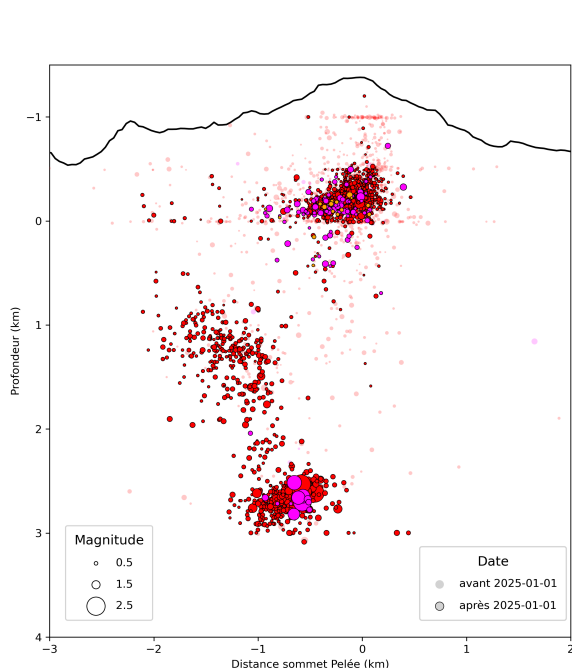


Figure 35 : Zoom de la localisation de la sismicité volcanique superficielle dans le rectangle pointillé indiqué sur la figure 31. (source : J. Vergne / OVSM-IPGP; données WebObs/OVSM)

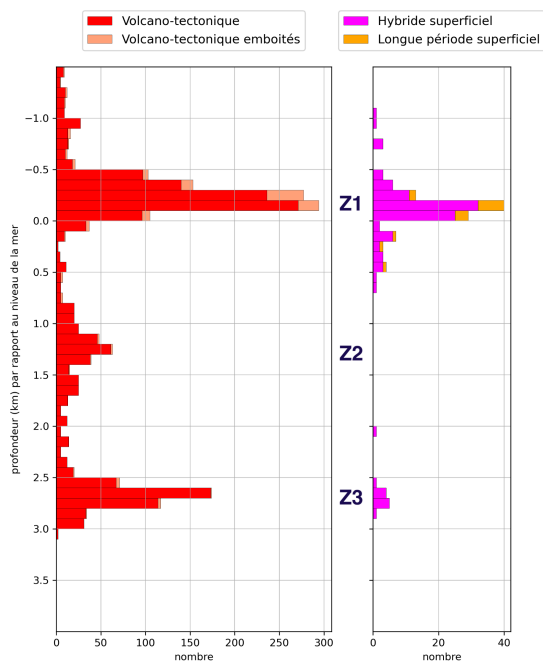


Figure 36 : Répartition en profondeur (par tranche de 0,2 km) de la sismicité superficielle d'origine volcanique localisée sur l'année 2025. (source : J. Vergne / OVSM-IPGP; données WebObs/OVSM)

L'ensemble des séismes volcaniques superficiels localisés est confiné dans un rayon de 2,5 km centré sur la Montagne Pelée. Les profondeurs (exprimées par rapport au niveau de la mer) des séismes localisés sont comprises entre -1 km et 3,1 km. Trois principales zones peuvent être observées dans la répartition des profondeurs (figures 35 et 36).

La sismicité la plus superficielle est centrée autour de -0,2 km de profondeur (Z1 sur la figure 36), soit à environ 1 km sous le sommet du volcan, dans des zones sismiquement actives et bien connues à la Montagne Pelée depuis plusieurs décennies. C'est dans cette gamme de profondeur que se concentrent l'ensemble des séismes de type longue-période et l'essentiel des séismes de type hybride.

Les deux autres zones de sismicité, produisant essentiellement des séismes de type VT, sont centrées autour de 1,2 et 2,6 km de profondeur (Z2 et Z3 sur la figure 36). Les événements les plus profonds (Z3) sont situés directement sous les dômes de la Montagne Pelée alors que ceux vers 1,2 km de profondeur (Z2) sont plutôt localisés au nord-ouest des dômes (figures 30 et 35). Historiquement, des séismes VT avaient déjà été observés en 2021 dans ces gammes de profondeur (voir rapport annuel d'activité 2021 de l'OVSM-IPGP). Les années suivantes, ces zones avaient présenté une très faible activité. Les séismes sont apparus à nouveau dans cette gamme de profondeur à partir du 24 septembre 2025.

La répartition en profondeur (figure 35) semble suggérer qu'une connectivité mécanique s'est développée entre les parties très superficielles du volcan, dans lesquelles la sismicité était jusqu'à présent essentiellement concentrée, et des régions plus profondes de l'édifice, jusqu'à environ 3 km de profondeur. Néanmoins, cette interprétation doit encore être confirmée. En effet, il apparaît que la grande majorité des séismes dans la zone Z3 ont été localisés en intégrant les pointés de phases P et/ou S de la station FDFM (située à 8 km du sommet de la Montagne Pelée) alors que la grande majorité des séismes dans la zone Z2 étaient de trop faible énergie pour être pointés à cette station FDFM. Il existe donc potentiellement un biais de localisation en profondeur de ces séismes lié à la géométrie imparfaite du réseau et la méconnaissance du modèle de vitesse en 3D de la montagne Pelée. D'autre part, la similitude des formes d'onde entre les séismes VT situés dans les zones Z2 et Z3 constitue un argument supplémentaire en faveur d'une zone d'activation restreinte en profondeur de ces événements.

La figure 37 présente, pour les séismes VT superficiels, leur nombre en fonction de leur magnitude sous la forme d'un diagramme dit de Gutenberg-Richter (nombre annuel de séismes supérieurs à une magnitude M en fonction de M) en séparant les séismes VT de profondeurs inférieures à 0,8 km (zone Z1 au sens large) et ceux de profondeurs supérieures à 0,8 km (zones Z2 et Z3 au sens large). La pente de la décroissance linéaire en échelle logarithmique au-delà du plateau, appelée b -value, est généralement proche de -1 pour une activité d'origine tectonique et inférieure, parfois jusqu'à environ -3, pour une sismicité associée à l'activité d'un système hydrothermal. En 2025, la b -value est de -1,84 pour les séismes les plus superficiels (zone Z1). Cette valeur est proche de celle calculée pour les années précédentes et typique de l'activité d'un système



hydrothermal. A l'inverse, la zone plus profonde (Z2 et Z3) est caractérisée par une *b-value* de -1,29. Cela tend à indiquer que les séismes s'étant produit dans cette gamme de profondeur traduisent un processus de fracturation d'une zone plus compétente et dans un état de contrainte déviatorique plus élevé.

Cette représentation permet également de mettre en évidence que la magnitude de complétude, qui correspond à la limite entre le plateau et la décroissance linéaire en fonction de la magnitude, est, pour l'année 2025, de l'ordre de $M=0,2$ pour les séismes les plus superficiels (zone Z1), alors qu'elle est plutôt de $M=0,6$ pour les séismes plus profonds (zones Z2 et Z3).

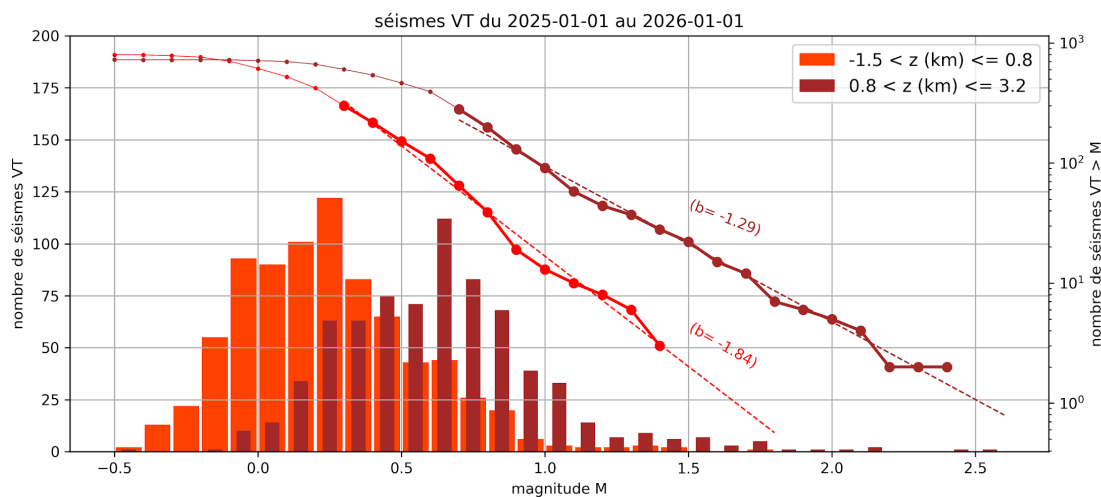


Figure 37 : Histogrammes du nombre de séismes volcano-tectoniques durant l'année 2025 en fonction de leur magnitude, par tranche de 0,1 points de magnitude, pour les événements de distance épacentrale par rapport au sommet de la Montagne Pelée inférieure à 3 km et dans deux gammes de profondeurs : entre -1,5 et 0,8 km (barres rouge clair) et entre 0,8 km et 3,2 km de profondeur par rapport au niveau de la mer (barres rouge foncé). Les courbes continues représentent le nombre cumulé de séismes de magnitude supérieure à M en fonction de la magnitude M (diagramme de Gutenberg-Richter) pour chaque catégorie de profondeur et sur une échelle logarithmique. Les courbes pointillées correspondent à la régression linéaire des distributions sur la gamme de magnitude correspondante permettant de définir la pente de la distribution de Gutenberg-Richter ("valeur b ") indiquée entre parenthèses. (source : J. Vergne / OVSM-IPGP; données WebObs/OVSM)

Mise en contexte

La **figure 38** (gauche) présente un schéma conceptuel de l'état actuel des connaissances de la structure et de la dynamique interne de la Montagne Pelée, issu de l'article de Fontaine et al. (2025), et sur lequel les auteurs se basent pour expliquer notamment les principales caractéristiques de la sismicité volcanique observée depuis la réactivation en 2019 jusqu'à mi 2024. Ce schéma conceptuel montre la présence :

- D'un réservoir magmatique profond, situé vers 16 km de profondeur, qui serait constitué de niveaux de lentilles magmatiques de composition basaltique à basaltique-andésitique (Boudon et Balcone-Boissard, 2021) ;
- D'un réservoir magmatique supérieur, situé vers 6-9 km de profondeur, qui serait constitué de niveaux de lentilles magmatiques de composition basaltique-andésitique à andésitique. L'essentiel des magmas éruptés de la Montagne Pelée au cours des derniers 5 000 ans proviendraient de ce réservoir (Boudon et Balcone-Boissard, 2021) ;
- D'un système hydrothermal, potentiellement composé de deux sous-systèmes, dont le toit serait situé vers environ 0 km de profondeur et présenterait une perméabilité faible (Gadalia et al., 2015).

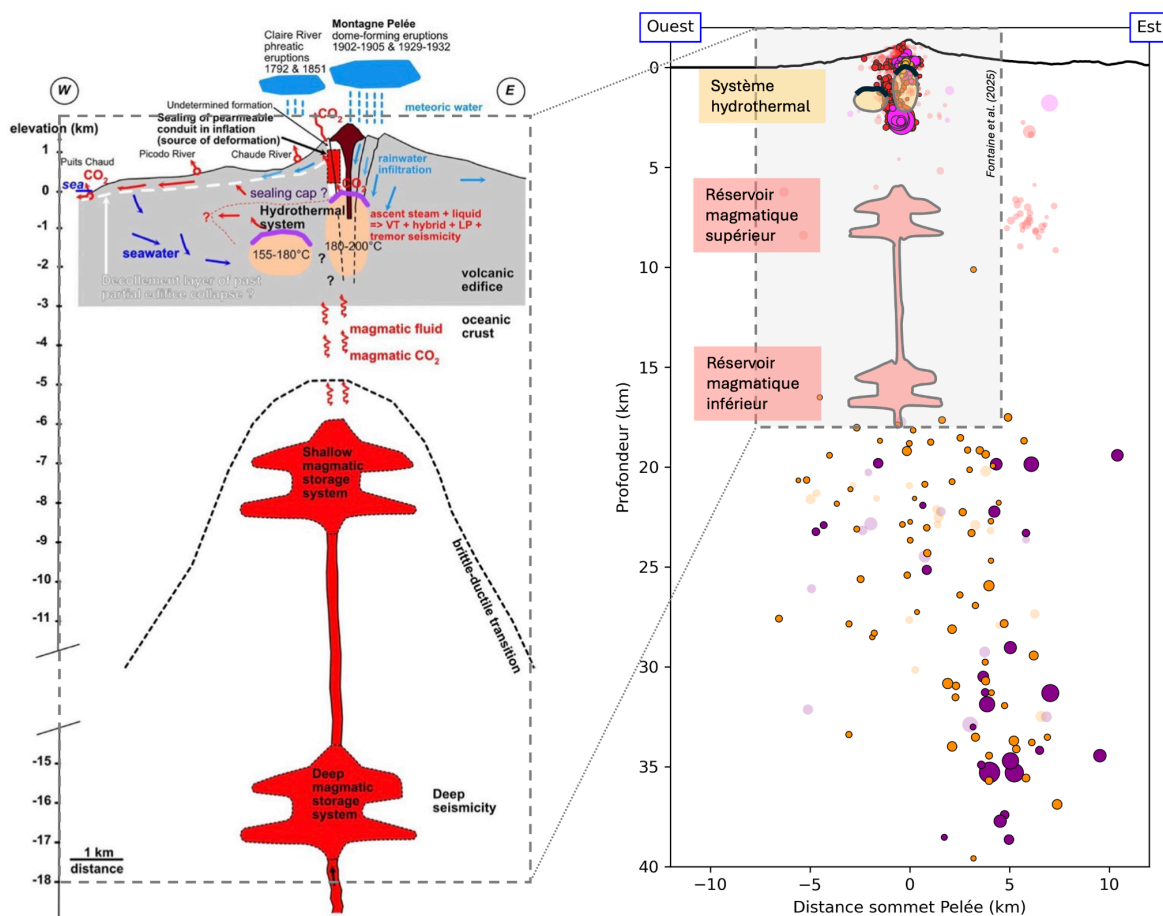


Figure 38 : (gauche) Schéma conceptuel des systèmes hydrothermaux et magmatiques de la Montagne Pelée tiré de Fontaine et al. (2025) lui-même modifié de Gadhia et al. (2015). (droite) Coupe verticale de la sismicité d'origine volcanique dans le long du profil est-ouest passant par le sommet de la Montagne Pelée, avec la superposition des principaux systèmes représentés du schéma conceptuel de la figure de gauche remis à la même échelle verticale. La sismicité représentée et les figurés sont identiques aux figures 30 et 31. (source : J. Vergne / OVSM-IPGP; données WebObs/OVSM).

Sur la **figure 38** (droite), ce schéma est superposé, à l'échelle, sur une coupe verticale est-ouest de la sismicité volcanique enregistrée en 2025 (ainsi que celle de la période 2019-2024, voir **figure 30**). Cette représentation tend à indiquer que :

- La sismicité profonde de type hybride et longue-période est localisée sous le réservoir magmatique inférieur, probablement au sein d'une vaste zone de stockage de magma dans la croûte inférieure et dans le manteau supérieur. Cette sismicité profonde traduisant sans doute des processus de circulation ou dégazage de fluides magmatiques (magma, gaz), il est possible que le réservoir magmatique inférieur ait été faiblement réalimenté en magma ou gaz.
- La sismicité volcanique superficielle (profondeur inférieure à 5 km) se concentre au niveau du système hydrothermal. L'essaim supérieur (zone Z1 sur la **figure 36**) est situé au niveau du toit supposé de ce système hydrothermal. La mise en pression de ce toit, peu perméable, par des fluides sur-pressurisés pourrait générer de la fracturation ou des rejeux de failles existantes (sismicité VT) et des variations de pression de fluides dans de proches fissures ou cavités saturées (sismicité de type longue-période et hybride). La sismicité VT plus profonde (zones Z2 et Z3 sur la **figure 36**) pourrait traduire une fracturation induite par une circulation de fluides en surpression et en conditions supercritiques ($> 374 \text{ }^\circ\text{C}$ et $> 221 \text{ bars}$) dans le système hydrothermal profond, proche de la limite fragile-ductile.
- L'absence de sismicité aux profondeurs où sont envisagés les réservoirs magmatiques supérieurs et inférieurs tend à indiquer qu'il n'y a pas eu de modification substantielle des processus dans ces systèmes ni de mise en connexion du réservoir magmatique supérieur avec le système hydrothermal. Néanmoins les conditions de température dans l'environnement des réservoirs magmatiques pourraient induire un comportement rhéologique ductile de l'encaissant limitant la possibilité d'observer des séismes de type VT.



Enfin, cette recrudescence de la sismicité volcanique superficielle s'est produite environ 4 mois après l'essai de séismes profonds de type longue-période et hybride (**figures 29 et 34**). Il est possible que ces deux épisodes sismiques puissent être reliés et que la forte activité sismique superficielle au sein du réservoir hydrothermal ait été induite par des remontées de gaz magmatiques profonds générés dans la zone de la sismicité profonde.

En résumé, l'année 2025 marque une intensification significative de l'activité sismique de la Montagne Pelée comparativement aux années précédentes. Celle-ci se caractérise par une augmentation de la sismicité profonde de type longue-période et hybride dès le mois de mars, puis, entre juillet et octobre, par une intense activité sismique superficielle, jusqu'à 3 km de profondeur, incluant des séismes volcano-tectonique de magnitude supérieure à 2 et des événements de type hybride et longue-période. L'énergie sismique totale libérée par ces séismes en 2025 est environ 5 fois supérieure à celle cumulée sur la période 2019-2024. Néanmoins, elle reste faible à modérée comparativement à celle observée sur d'autres volcans lors de phases de réactivation. D'autre part, aucun séisme volcano-tectonique n'a été observé dans le proche environnement du réservoir magmatique supérieur.

Déformations du sol

Les déformations de la Montagne Pelée sont principalement mesurées à partir d'un réseau permanent de stations GNSS qui a été densifié à partir de 2020 suite à la phase de réactivation observée sur les données sismiques. Des campagnes de répétition réalisées sur un rythme quasi annuel viennent compléter ces mesures. Des contraintes budgétaires ont cependant empêché de réaliser une campagne de répétition en 2025.

Sur la période 2021-2023, les stations GNSS permanentes (ainsi que celles déployées dans le cadre des campagnes de répétition) situées au niveau de l'édifice de la Montagne Pelée avaient montré un léger signal de déformation de direction radiale par rapport au sommet de l'édifice, principalement visible aux quelques stations proches du sommet, avec des vitesses horizontales comprises entre 2 et 7 mm/an. Ce champ de déformation en inflation sur cette période pouvait être expliqué avec une source de pressurisation superficielle située entre 1 et 2 km de profondeur sous la surface (voir rapport annuel 2023 OVSM-IPGP; Beauducel et al., 2024; Fontaine et al., 2025). Durant les années 2023 et 2024, les déformations observées au niveau de l'édifice étaient peu significatives (voir rapport annuel 2024 OVSM-IPGP).

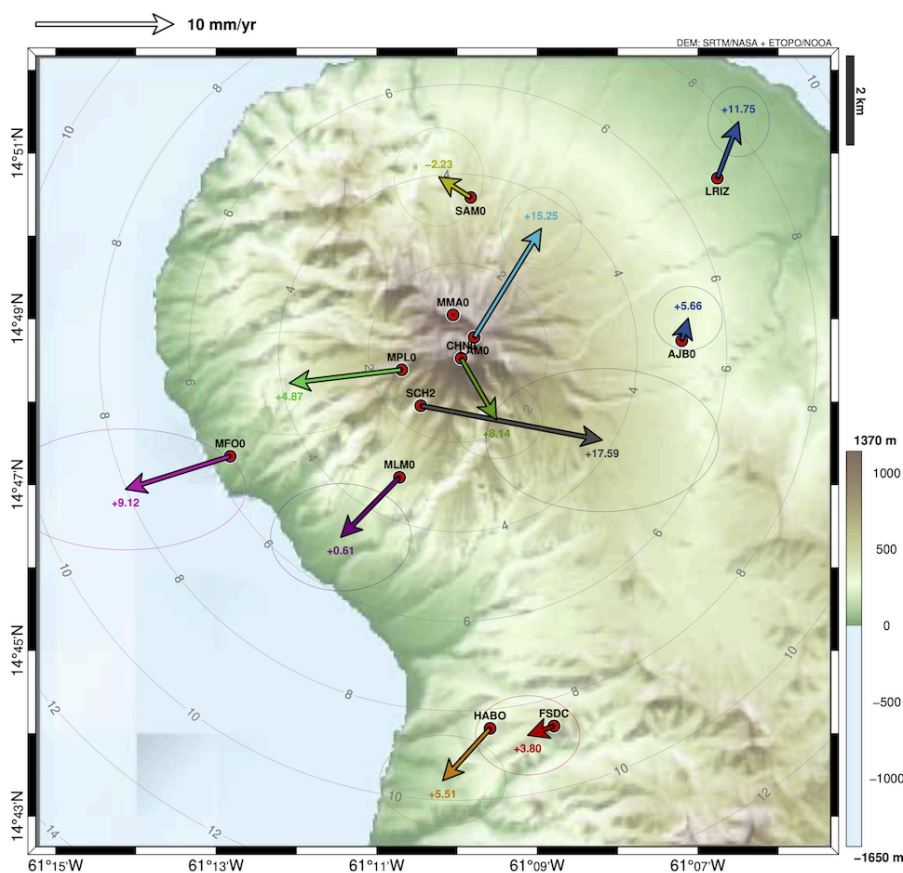
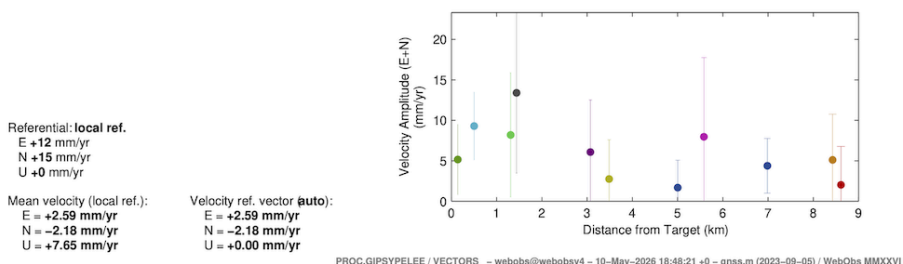


Figure 39 : Champ de vecteurs vitesses des stations GNSS permanentes du 1er janvier 2025 au 31 décembre 2025, obtenues à partir de solutions journalières réalisées avec GipsyX/JPL. Chaque vecteur est associé à une ellipse d'erreur ainsi qu'une indication de la vitesse verticale en mm/an. Les cercles concentriques gris indiquent les distances en km depuis le sommet. Le référentiel des vecteurs est virtuel. Le graphe en bas à droite représente les amplitudes des vitesses horizontales en fonction de la distance au sommet (source WebObs/OVSM).



Referential: local ref.
E +12 mm/yr
N +15 mm/yr
U +0 mm/yr

Mean velocity (local ref.):
E = +2.59 mm/yr
N = -2.18 mm/yr
U = +7.65 mm/yr

Velocity ref. vector (auto):
E = +2.59 mm/yr
N = -2.18 mm/yr
U = +0.00 mm/yr

PROC.GIPSYPELEE / VECTORS - webobs@webobs4 - 10-Mav-2026 18:48:21 +0 - gnss.m (2023-09-05) / WebObs MMXXVI

La **figure 39** représente le champ de vitesses de déformation mesuré par les stations GNSS permanentes de l'OVSM-IPGP moyenné sur l'ensemble de l'année 2025. Les vitesses des 3 stations les plus proches du sommet (CHN0, LAM0, MPLM0)⁷ varient entre 5.2 ± 5 mm/an (station CHN0) et 9.3 ± 4 mm/an (station LAM0). Même si elles présentent une erreur relativement importante, ces valeurs sont supérieures aux valeurs obtenues les années précédentes. Les vecteurs de vitesse de ces 3 stations montrent globalement un mouvement radial divergent qui traduit un léger signal extensif au niveau de la partie sommitale du volcan. Le vecteur de la station SCH2 n'est pas en cohérence mais est associé à une erreur plus importante qu'à toutes les autres stations. Cela pourrait être lié à un problème de couplage de l'antenne.

Sur le flanc ouest, on mesure une déformation, peu significative, de 6.1 ± 7 mm/an (MLM0) et 8 ± 12 mm/an (MFO0) dans une direction sud-ouest correspondant à la zone principale de glissement des dernières éruptions. Les autres stations permanentes, situées à plus grande distance de la Montagne Pelée, sont particulièrement stables ce qui indique l'absence d'une source d'inflation profonde d'ampleur significative.

La **figure 40** compare le champ de vitesse pour la période de janvier à août 2025 avec celle sur la période de septembre à décembre 2025. L'utilisation de ces périodes plus courtes pour le calcul du champ de vitesse moyen implique des erreurs nettement plus importantes sur les vecteurs vitesses. Cette représentation montre que les déformations dans la partie

⁷ A noter que la station MMA a été vandalisée fin 2024 et n'a pas été opérationnelle en 2025

sommite étaient très faibles et non significatives sur la première partie de l'année. Par contre, sur la période de septembre à décembre 2025, les stations sommitales montrent clairement un champ de déformation radial avec des vitesses relativement élevées, variant entre 14.1 ± 12 mm/an (station CHN0) et 47.5 ± 28 mm/an (station SCH2).

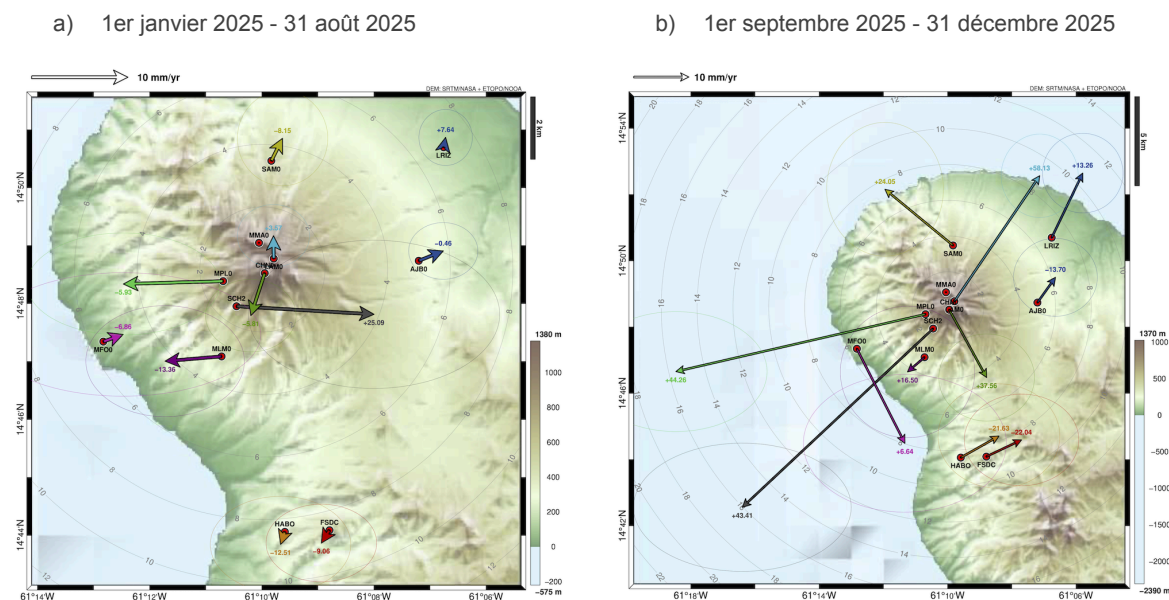


Figure 40 : Vecteurs des vitesses moyennes de déformations horizontales mesurées entre le 1er janvier et le 31 août 2025 (gauche) et entre le 1er septembre et le 31 décembre 2025 (droite) sur la Montagne Pelée (échelle donnée en haut à gauche en mm/an). (source: WebObs/OVSM).

La **figure 41** représente l'évolution temporelle des lignes de base, c'est-à-dire les variations relatives de distance linéaire entre différents couples de stations GNSS, qui traduisent une extension (pentes positives) ou une compression (pentes négatives) dans la direction des stations du couple considéré. Cette technique différentielle permet de s'affranchir en grande partie des signaux transitoires régionaux de type atmosphérique, hydrologique ou tectonique.

Cette représentation permet de préciser la date de la ré-apparition des déformations au niveau de la montagne Pelée qui auraient débuté approximativement vers le mois de septembre ou octobre 2025. En effet, si la plupart des lignes de base sont stables sur la période 2023 - mi-2025, on note que les lignes proches du sommet (MPL0-LAM0, CHN0-MPL0 ; LAM0-CHN0, LAM0-MLM0, SCH2-CHN0) indiquent toutes une reprise d'une extension marquée (pente positive des courbes) et relativement régulière à partir de septembre-octobre 2025.

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 LAM0-CHN0 que l'on enregistre la valeur la plus élevée depuis juin 2021, avec un allongement total de +21 mm sur une ligne de base de seulement 550 m, soit une déformation en extension de +0,0039%. Cette déformation en extension sur la ligne LAM0-CHN0 était relativement faible sur la période janvier à août 2025 (+4.4 mm en 8 mois) alors qu'elle a été bien plus marquée sur la période de septembre à décembre 2025 (+12 mm en 4 mois). Les déformations radiales en extension pour les stations sommitales se sont initiées globalement à la même période que la phase d'intense activité sismique superficielle (**figure 29**). Néanmoins, alors que cette sismicité a décliné significativement à partir de mi-octobre 2025, les déformations se sont poursuivies sur le même rythme jusqu'à la fin de l'année 2025 (et jusqu'à au moins avril 2026).

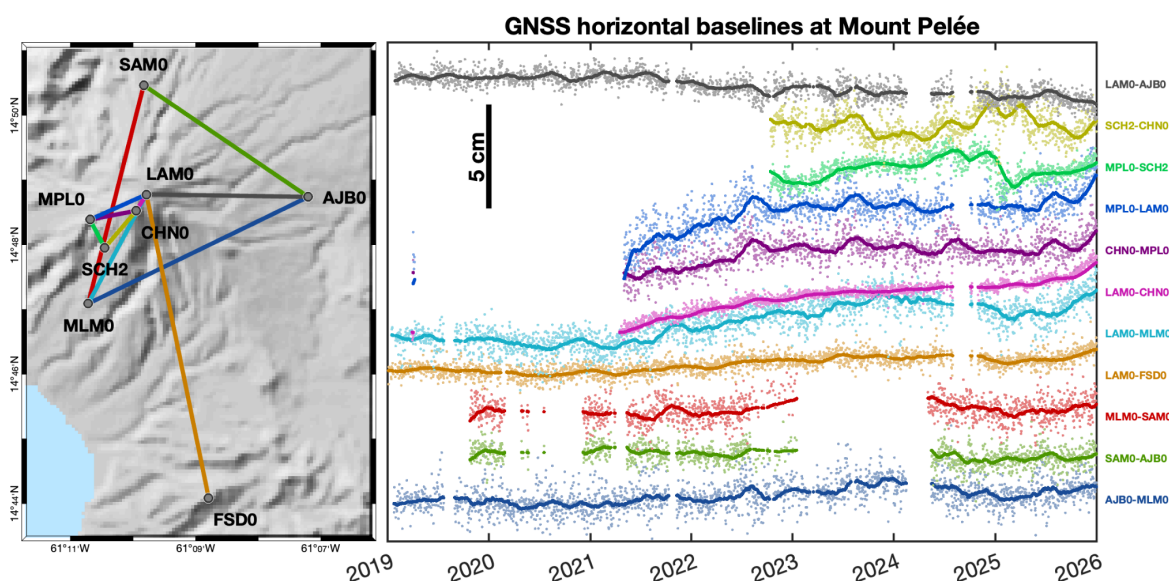


Figure 41 : Variation des distances horizontales (lignes de base) sur la Montagne Pelée, calculées à partir des données journalières du réseau GNSS permanent. (Gauche) Position des lignes de base entre chaque couple de station (FSD0 correspond à la station située à l'ancien observatoire du Morne des Cadets). (Droite) Evolution des distances horizontales pour chaque couple de station sur 6 années (2019-2025) : données journalières brutes (points) et filtrées par moyenne glissante sur 60 jours (lignes). Les périodes sans données correspondent à des interruptions techniques ou à des stations qui ont été passées en enregistrement continu en 2019 et en 2021 (source F. Beauducel / IPGP, données WebObs/OVSM).

Malgré les erreurs importantes associées à la faible durée considérée, une modélisation des vecteurs de déplacement calculés sur la période de septembre à décembre 2025 est présentée sur la **figure 42**. Cette modélisation est basée sur une approche bayésienne qui estime pour chaque point d'un milieu élastique la probabilité de présence d'une unique source de déformation isotrope (modèle de Mogi) et le volume équivalent associé. La zone de probabilité maximale correspond à une source de pressurisation localisée vers -0,1 km de profondeur (par rapport au niveau de la mer) et d'un volume équivalent de **140 000 ± 10 000 m³**. Ce modèle permet d'expliquer de manière satisfaisante les vecteurs de déplacement observés sur cette période (faibles résidus - flèches vertes sur la **figure 42** - entre les déplacements observés et modélisés).

Cette source de pressurisation est localisée dans la même zone qui concentre la majorité de la sismicité volcanique superficielle (zone Z1 - **figure 36**) et traduit probablement une mise en pression au niveau du toit du système hydrothermal associée à des circulations de fluides hydrothermaux et/ou des remontées de gaz d'origine magmatique.

En résumé, la source de déformation en inflation située à ~1 km sous les dômes de la Montagne Pelée, qui avait été identifiée en 2021-2023 et qui s'était atténuée par la suite, est de nouveau observée depuis septembre 2025. Les taux de déformations sur cette période sont plus importants que ceux de la période 2021-2023 mais, à ce stade, ils restent relativement faibles tout comme le volume équivalent de la source de pressurisation.

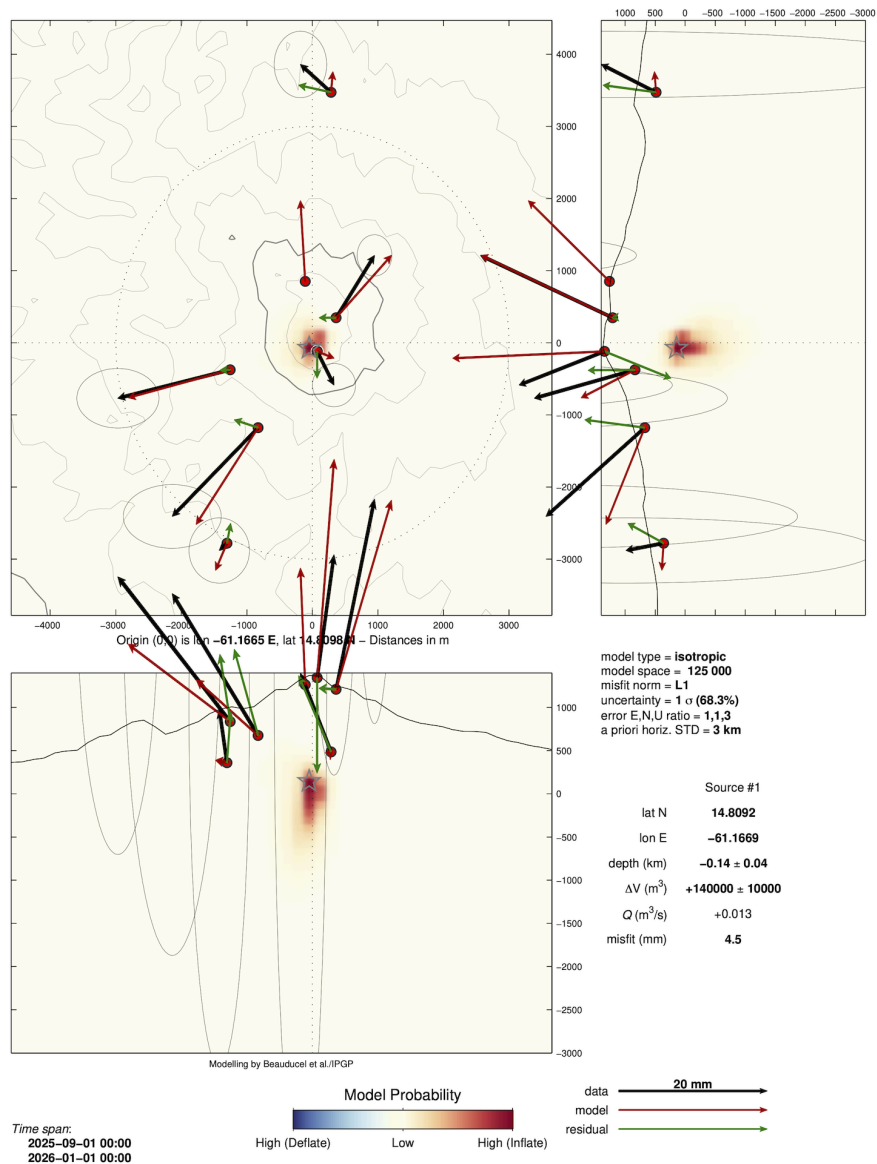


Figure 42 : Modélisation 3D de l'ensemble des déplacements GNSS (stations permanentes uniquement) sur les 4 derniers mois de l'année 2025 (septembre à décembre) par inversion bayésienne d'une source de déformation simple et unique, vu en plan et en coupes verticales Est-Ouest et Nord-Sud : les zones colorées correspondent à la probabilité d'existence de cette source à un emplacement donné (le rouge correspondant à une source en inflation), une étoile indique la position de probabilité maximale, vecteurs déplacement (flèches noires et ellipse d'erreur), vecteurs modélisés (flèches rouges), résidus (flèches vertes). Source F. Beauducel - WebObs/OVSM.

Géochimie des eaux et des gaz

Géochimie des eaux

Nous reportons ci-après la synthèse des mesures physico-chimiques réalisées en 2025 sur les différents sites de prélèvement et les comparons aux mesures des années précédentes. Les valeurs des différents paramètres mesurés pour chaque prélèvement en 2025 sont explicitées dans l'**annexe F (tableau F1)**.

Puits Chaud

La **figure 43** montre l'évolution des paramètres physico-chimiques mesurés manuellement à Puits Chaud au cours des 6 dernières années (2020-2025) et la **figure 44** représente les données de conductivité et de température acquises en continu à 6 et 8 m de profondeur sur l'année 2025. Tous ces paramètres sont restés relativement stables en 2025.

Sur le plus long terme, les mesures de température effectuées à Puits Chaud depuis le milieu des années 60 montrent une tendance générale à la baisse de la température des eaux thermales souterraines de la coulée de la rivière Blanche jusqu'en 2009, suivie d'une possible tendance à la stabilisation de la température depuis 2017 (**figure 45**).

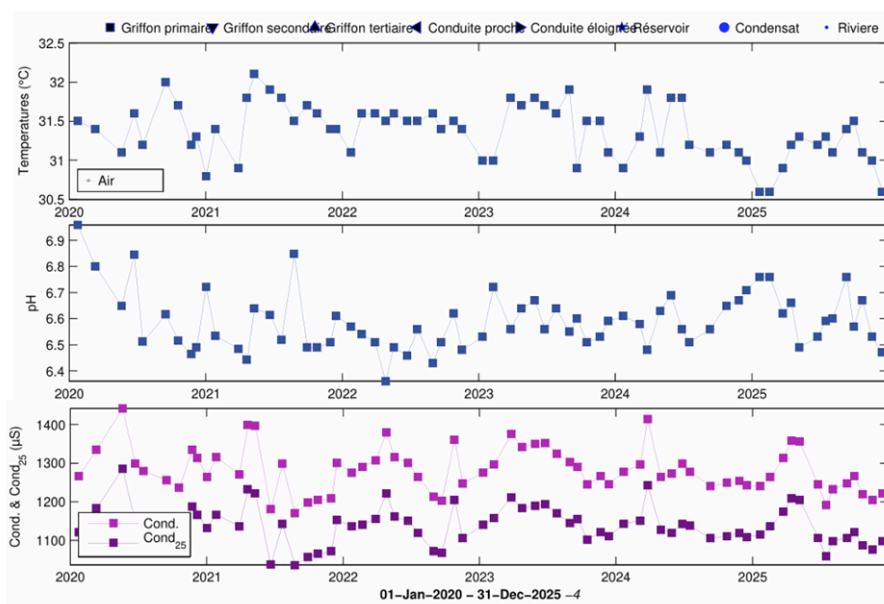


Figure 43 : Évolution des paramètres physico-chimiques de Puits Chaud entre 2020 et 2025 (source WebObs / OVSM).

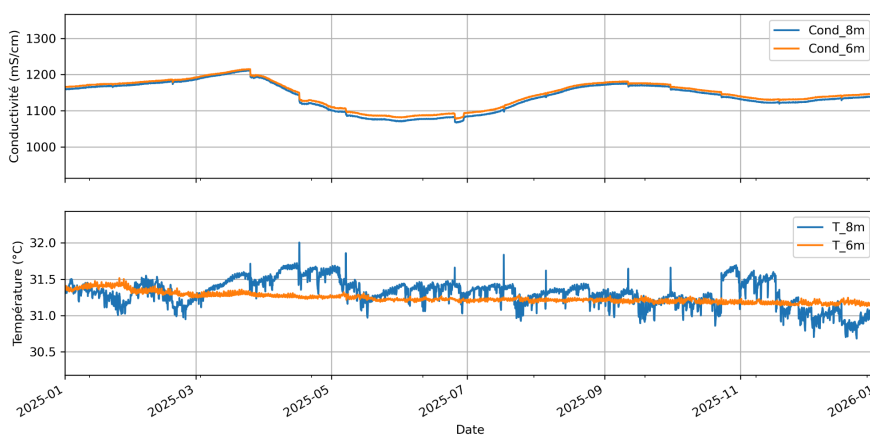


Figure 44 : Evolution de la conductivité (haut) et de la température (bas) mesurées en continu par les capteurs situés à 6 m (orange) et 8 m (bleu) de profondeur dans le forage.

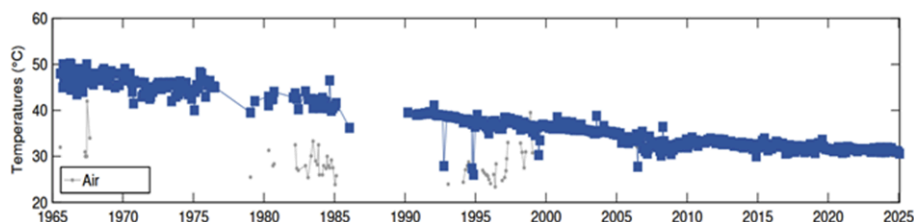


Figure 45 : Évolution de la température de Puits Chaud depuis 1965 jusqu'à fin 2025 (points bleus) (source WebObs / OVSM).

Forages des carrières FCR1 et FCR2

Depuis mai 2021, l'OVSM-IPGP mesure mensuellement les propriétés physico-chimiques des fluides au sein du forage Carrière N°1 (FCR1) d'une profondeur de 50 m et du forage Carrière N°2 (FCR2) d'une profondeur de 60 m (carrière Fond Canonville). Les figures 46 et 47 présentent les valeurs des propriétés physico-chimiques à FCR1 et FCR2, respectivement, depuis 2021. Les températures mesurées en continu en 2025 par sonde Tinytag de FCR1, sur la période de fonctionnement correct, sont cohérentes avec les mesures manuelles.

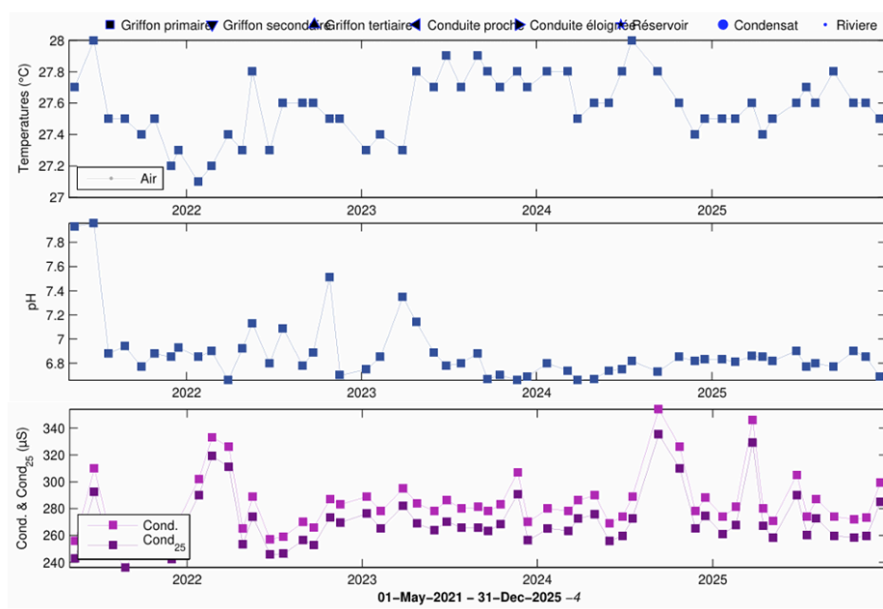


Figure 46 : Évolution des paramètres physico-chimiques de FCR1 entre mai 2021 et décembre 2025 (source WebObs / OVSM).

Rivière du Prêcheur

La figure 48 montre l'évolution de paramètres physico-chimiques mesurés manuellement sur le site de la rivière du Prêcheur au cours des 6 dernières années (2020-2025). Ces paramètres sont relativement stables en 2025 comparativement aux années précédentes. Néanmoins, on observe une augmentation de la température mesurée dans la rivière durant les mois de septembre et octobre 2025. La première valeur qui s'écarte de la température moyenne à cette époque de l'année a été mesurée à 31,8°C le 11 septembre 2025, soit 3 jours après la phase principale d'effondrements partiels de flanc de la falaise Samperre située en amont (voir section ci-après). Cette augmentation de température pourrait être liée à un apport en eaux hydrothermales plus chaudes mais les autres paramètres physico-chimiques ne montrent pas d'évolution particulière. Il est aussi envisageable que cette augmentation de température soit induite par un apport en sédiments issus de ces effondrements et qui auraient été chauffés au soleil avant d'être entraînés dans la rivière. Des mesures plus resserrées de la température ont été réalisées pendant les mois suivants dans la rivière du Prêcheur. Elles indiquent que la température est restée élevée jusqu'à la mi-octobre, date à laquelle l'activité sismique intense associée au système hydrothermal sous la Pelée a significativement réduit (figure 29).

Sources Chaudes et Rivière Chaude

Trois missions de prélèvements ont été effectuées en avril, juillet et octobre 2025 sur le site de la rivière Chaude avec le concours du Dragon 972 de la Sécurité Civile. Les mesures réalisées sont reportées dans le **tableau F2** en **annexe F**, et la **figure 49** montre l'évolution de ces paramètres depuis 2022. Sur cette période, il n'y a pas eu de variations significatives.

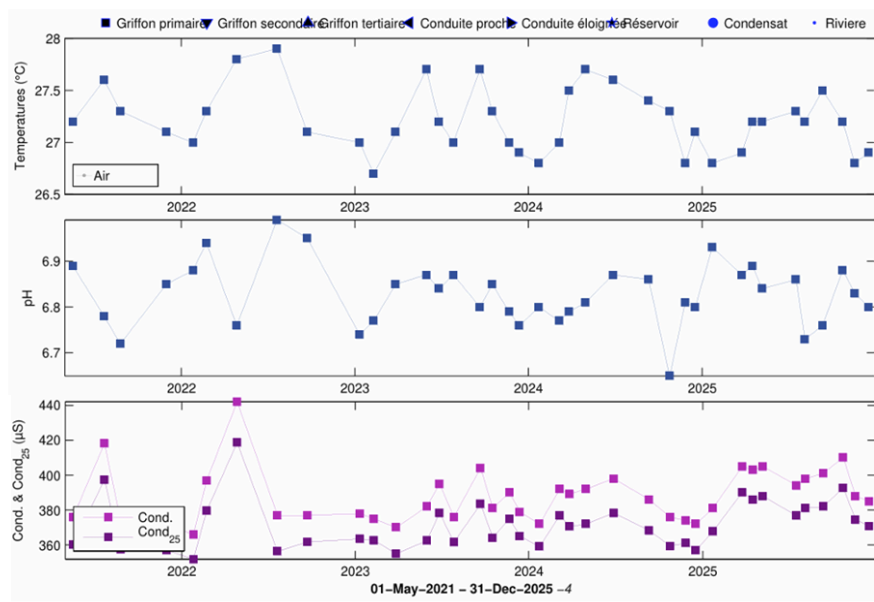


Figure 47 : Évolution des paramètres physico-chimiques de FCR2 entre mai 2021 et décembre 2025 (source WebObs / OVSM).

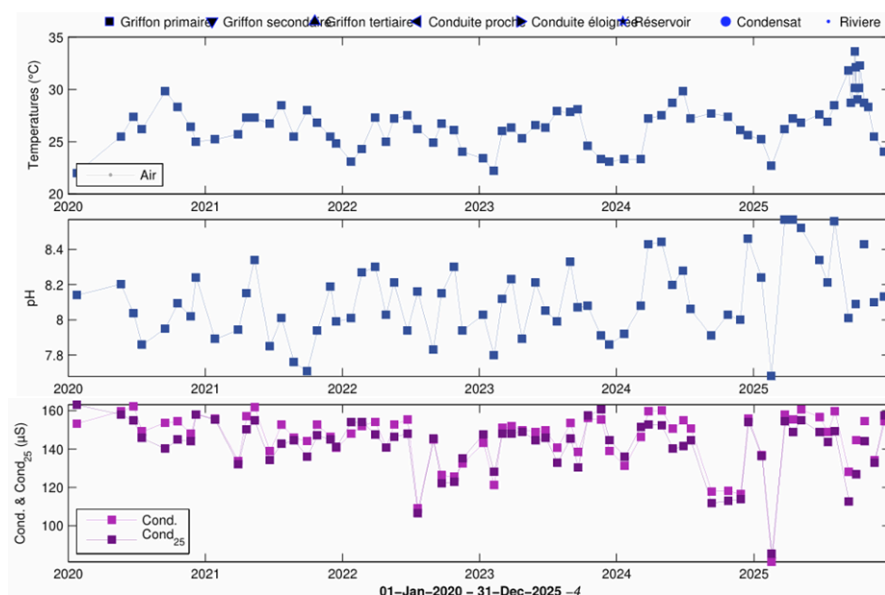


Figure 48 : Évolution des paramètres physico-chimiques à rivière du Prêcheur entre 2020 et 2025 (source WebObs / OVSM).

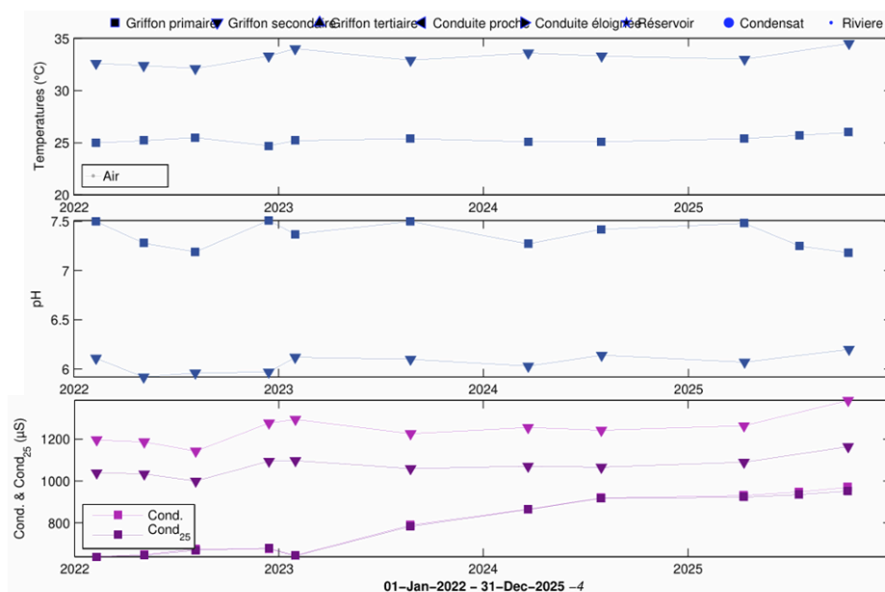


Figure 49 : Évolution des paramètres physico-chimiques aux Sources Chaudes (triangle) et dans la rivière Chaude (carré) entre 2022 et 2025.

Les échantillons de gaz dissous prélevés par l'OVSM-IPGP en avril 2025 dans les eaux des sources chaudes (Rivière Chaude) ainsi que les deux échantillons de gaz prélevés dans les émissions sous-marines en mai et décembre 2025 (site de Périnelle, Saint-Pierre) - voire ci-après - ont été analysés au CRPG (Nancy) par P.H. Blard, B. Tibari et L. Zimmermann.

Le **tableau 3** et la **figure F2 (annexe F)** présentent les rapports $^3\text{He}/^4\text{He}$ ainsi que la proportion d'hélium ^4He provenant de différentes sources, obtenue par un calcul basé sur un modèle de mélange à 3 pôles (atmosphère, basalte de ride médio-océanique MORB et croûte). Ces données indiquent que :

- 2 à 29% de l'hélium est d'origine atmosphérique (2 à 8% pour Sources Chaudes, et 4 à 29% pour les émissions gazeuses sous-marines de Saint-Pierre). Les gaz marins sont légèrement plus contaminés par l'atmosphère mais cela n'impacte pas l'analyse et l'interprétation.
- La proportion d'hélium venant du pôle mantellique (MORB) représente en moyenne 62% du gaz prélevé en mer (Saint-Pierre), et en moyenne 86% à Sources Chaudes, avec une variabilité significative entre les échantillons. De manière symétrique, l'hélium crustal est plus abondant dans le gaz d'eau de mer de Saint-Pierre (environ 30%) qu'à Sources Chaudes (environ 9,6 %) qui est le site le plus proche de l'axe du conduit magmatique de la Montagne Pelée.



Echantillons	Date prélevement	Site	Distance en km du volcan (Conduit magmatique)	⁴ He/ ²⁰ Ne	³ He/ ⁴ He (Ra ^a)	⁴ He mantellique (%)	⁴ He crustal (%)	⁴ He atmosphérique (%)
1	28/03/2024	Gaz, émissions sous-marines (Périnelle, Saint-Pierre, Martinique)	5,8	5,4 +/- 0,3	4,9 +/- 0,1	61%	34%	5%
2	28/03/2024	Gaz, émissions sous-marines (Périnelle, Saint-Pierre, Martinique)	5,8	4,4 +/- 0,2	4,8 +/- 0,1	60%	34%	6%
3	28/03/2024	Gaz, émissions sous-marines (Périnelle, Saint-Pierre, Martinique)	5,8	4,3 +/- 0,2	3,7 +/- 0,1	46%	48%	6%
1	21/11/2024	Gaz, émissions sous-marines (Périnelle, Saint-Pierre, Martinique)	5,8	3,9 +/- 0,1	5,3 +/- 0,1	65%	28%	7%
2	21/11/2024	Gaz, émissions sous-marines (Périnelle, Saint-Pierre, Martinique)	5,8	2,5 +/- 0,1	5,1 +/- 0,1	62%	27%	11%
3	21/11/2024	Gaz, émissions sous-marines (Périnelle, Saint-Pierre, Martinique)	5,8	0,9 +/- 0,0	5,1 +/- 0,1	60%	11%	29%
1	26/05/2025	Gaz, émissions sous-marines (Périnelle, Saint-Pierre, Martinique)	5,8	6,1 +/- 0,1	4,5 +/- 0,1	56%	40%	4%
2	26/05/2025	Gaz, émissions sous-marines (Périnelle, Saint-Pierre, Martinique)	5,8	6,0 +/- 0,1	4,8 +/- 0,1	60%	36%	4%
1	17/12/2025	Gaz, émissions sous-marines (Périnelle, Saint-Pierre, Martinique)	5,8	4,8 +/- 0,2	7,0 +/- 0,3	87%	8%	6%
2	17/12/2025	Gaz, émissions sous-marines (Périnelle, Saint-Pierre, Martinique)	5,8	6,0 +/- 0,3	5,6 +/- 0,3	69%	26%	4%
3	17/12/2025	Gaz, émissions sous-marines (Périnelle, Saint-Pierre, Martinique)	5,8	4,9 +/- 0,1	4,4 +/- 0,2	55%	40%	5%
1	21/03/2024	Gaz dissous, sources chaudes (Rivière Chaude, Martinique)	1,4	14,0 +/- 0,8	7,7 +/- 0,2	95%	3%	2%
2	21/03/2024	Gaz dissous, sources chaudes (Rivière Chaude, Martinique)	1,4	14,2 +/- 0,7	5,7 +/- 0,1	71%	27%	2%
3	21/03/2024	Gaz dissous, sources chaudes (Rivière Chaude, Martinique)	1,4	14,7 +/- 0,8	6,2 +/- 0,2	77%	21%	2%
1	11/04/2025	Gaz dissous, sources chaudes (Rivière Chaude, Martinique)	1,4	6,6 +/- 0,3	7,2 +/- 0,1	90%	6%	4%
2	11/04/2025	Gaz dissous, sources chaudes (Rivière Chaude, Martinique)	1,4	3,3 +/- 0,1	7,5 +/- 0,1	93%	-1%	8%
3	11/04/2025	Gaz dissous, sources chaudes (Rivière Chaude, Martinique)	1,4	3,4 +/- 0,0	7,3 +/- 0,8	90%	2%	8%

Tableau 3 : Composition isotopique et origine de l'hélium dans les gaz dissous des Sources Chaudes (rivière Chaude) et le gaz des émissions sous-marines (Périnelle, Saint-Pierre) à la Montagne Pelée, prélevés en 2024 et 2025 par l'OVSM-IPGP et analysés par PH Blard, B. Tibari et L. Zimmermann (CRPG Nancy). a : $Ra = 1.384e-6 = \text{rapport atmosphérique } ^3\text{He}/^4\text{He}$.

Géochimie des gaz

Gaz en mer à Saint-Pierre

Une zone d'émission de bulles de gaz sortant du fond marin à moins de 11 m de profondeur est suivie régulièrement par l'OVSM-IPGP depuis juin 2021. Celle-ci est située au nord de Saint-Pierre, au niveau du quartier Périnelle, à l'embouchure de la rivière des Pères. Selon plusieurs témoignages, ce dégazage diffus pourrait exister depuis plusieurs décennies dans cette zone. Sa surveillance quantitative sert néanmoins d'indicateur sur l'évolution de la réactivation de la Montagne Pelée. L'OVSM-IPGP, en collaboration avec le Parc Naturel Marin de Martinique (PNMM), réalise donc depuis août 2021 des mesures périodiques de pH, de température, de superficie de la zone, et organise des prélèvements pour l'analyse géochimique des bulles de gaz (**figure 50**). Ce type d'émission de gaz est habituel aux alentours des zones volcaniques actives ou au repos, comme par exemple en Dominique (Soufrière et Champagne), en Italie (sites de Panarea, Vulcano, Baie de Pozzuoli) ou encore en Grèce (Santorin).

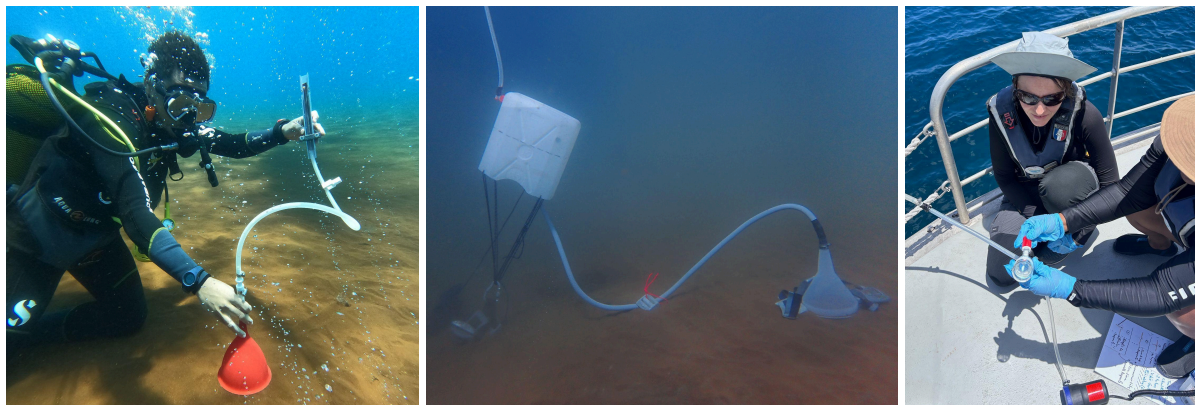


Figure 50 : Prélèvement de gaz par tubes de cuivre réalisé par un plongeur du PNMM (à gauche) ; dispositif de stockage de gaz mis en place sur le fond marin utilisé pour la méthode de prélèvement par ampoule à soude (au milieu) ; prélèvement de gaz et manipulation depuis le bateau d'une ampoule à soude (à droite) - Site d'émission de gaz en mer PEBL.

En 2025, trois missions de mesures et de prélèvements ont été réalisées en mai, juillet et décembre 2025, en collaboration avec les plongeurs du Parc Naturel Marin de Martinique (PNMM) et de l'Office français de la biodiversité (OFB). Les méthodes sont diverses, évoluent et s'adaptent selon les disponibilités de matériel (**tableau 4** et **figure 50**). A noter qu'aucune estimation de débit n'a été entreprise depuis 2023, la méthode utilisée étant non suffisamment représentative. Une nouvelle méthode de mesure de débit est en cours de réflexion pour compléter le protocole actuel.

Date	12/08/2021	02/09/2021	15/09/2021	28/10/2021	15/12/2021	12/07/2022	13/09/2022	21/11/2022	02/03/2023	25/05/2023	17/01/2024	28/03/2024	21/11/2024	26/05/2025	15/07/2025	17/12/2025
Méthode																
T° Tinytag	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
pH	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓
Superficié	✗	✗	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✗	✓	✓
Débit	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✗	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗
Tubes Exetainer	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✓
Ampoule NaOH	✗	✗	✗	~	✗	~	~	✗	✗	✓	✗	✓	✓	✗	✓	✓
Tubes de cuivre	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✗	✓
Sonde Multi-paramètres	✗	✗	✗	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗

Tableau 4 : Suivi des multi-méthodes entreprises sur le site d'émission de gaz en mer PEBL réalisées avec succès (en encoches vertes), réalisées mais incomplètes (en tilde orange) ou non effectuées (croix rouge).

La température et le pH sont mesurés directement sur le bateau à la suite de deux prélèvements : le premier à la sortie d'un train de bulles de gaz (zone "IN"), le second dans une zone témoin environnante sans remontée de bulles (zone "OUT"). L'ensemble des valeurs mesurées depuis août 2021 est reporté dans le **tableau F3 en annexe F** et représenté sur la **figure 51**. La température au niveau des trains de bulles est systématiquement légèrement supérieure à la température de la zone témoin. En 2025, ces anomalies de températures sont comprises entre +0,5 et +1,5°C. Le pH au niveau des trains de bulles est quant à lui toujours inférieur à celui de la zone témoin. En 2025, ces anomalies de pH sont comprises entre 0,93 et 2,39 unité. Les écarts fluctuants ne sont pas significatifs pour être corrélés à une interprétation fiable.

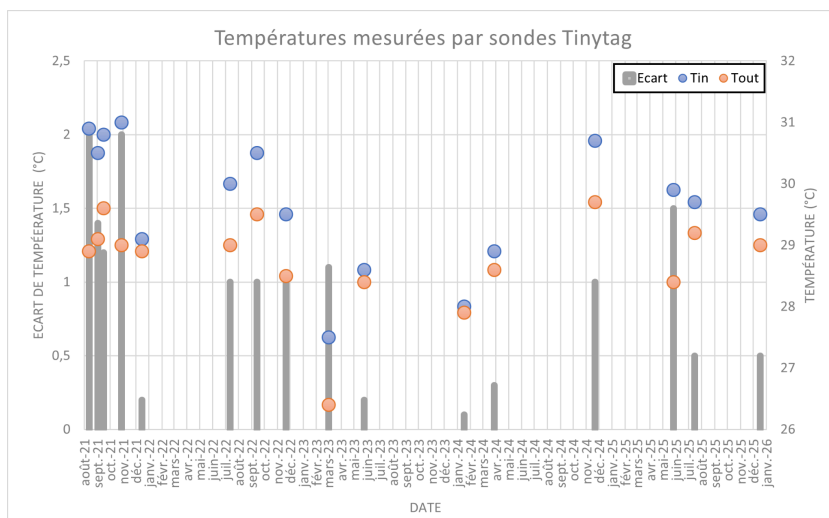
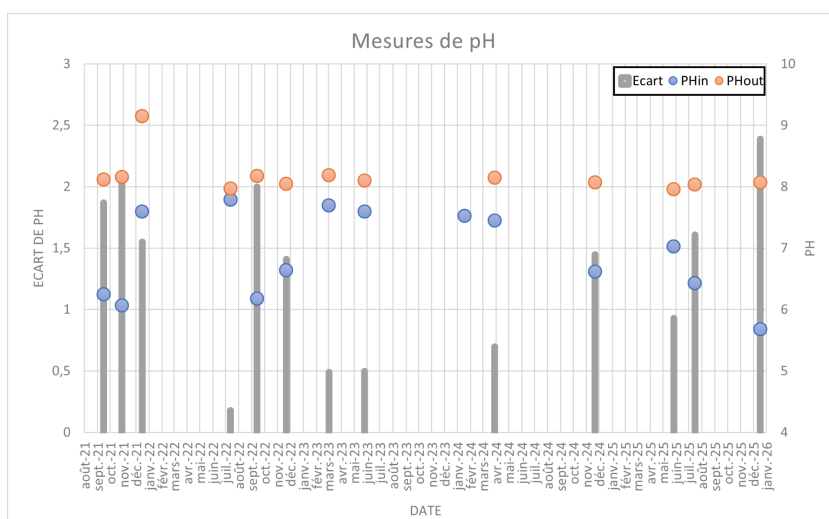


Figure 51 : Evolution des températures (haut) du pH (bas) et des écarts entre les zones "in" et "out" du site d'émission de gaz en mer PEBL depuis août 2021.



Au cours du temps, la superficie de la zone d'émission évolue et se déplace (**tableau 5** et **figure 52**). La mesure précise de la superficie peut néanmoins être limitée par une forte houle dissipant les trains de bulles et rendant leur discrimination difficile. En 2025, la superficie de la zone de dégazage a varié entre 655m² et 1930m². Ces variations de superficie pourraient être liées à des forçages en lien avec la pluviométrie, la météorologie marine et la dynamique sédimentaire.

Date	15/09/2021	01/10/2021	28/10/2021	20/05/2022	12/07/2022	13/09/2022	21/11/2022	02/03/2023	28/03/2024	21/11/2024	26/05/2025	15/07/2025	17/12/2025
Superficie (m ²)	1372	1429	1128	1641	1180	1443	770	1488	1810	612	655	1930	948

Tableau 5 : Historique des relevés de superficie de la zone de dégazage depuis septembre 2021 - Site d'émission de gaz en mer PEBL.

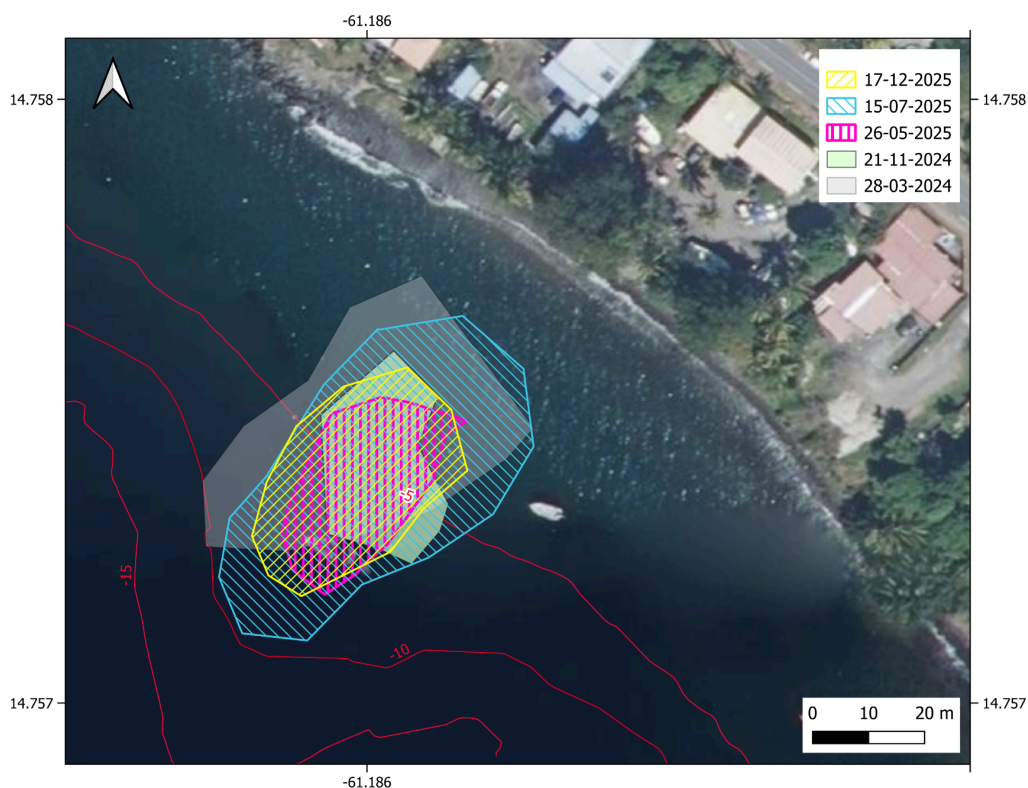


Figure 52 : Carte des 5 dernières surfaces de la zone de dégazage en mer entre mars 2024 et décembre 2025 - Site d'émission de gaz en mer PEBL.

Prélèvements d'échantillons de gaz avec un dispositif en cuivre du CRPG

Des prélèvements de gaz ont été réalisés sur les trains de bulles de gaz de la zone de dégazage en mer PEBL en mai, juillet et décembre 2025 (figure 50). Les résultats d'analyses des ratios des isotopes de l'hélium ($^3\text{He}/^4\text{He}$) et du néon ($^4\text{He}/^{20}\text{Ne}$) réalisées au CRPG-CNRS en 2025 sur ces échantillons sont présentés dans le tableau 3 de la section sur les Sources Chaudes. L'hélium présent dans les émissions gazeuses sous-marines à Saint-Pierre, situées à 6 km du sommet de la Montagne Pelée, montre une signature isotopique avec une contribution un peu plus importante en ^4He d'origine crustale comparé aux Sources Chaudes plus proches du volcan (1,5 km). Cette tendance a déjà été identifiée sur de nombreux volcans dont l'Ontake, le Nevado del Ruiz, et le Galeras (Sano et al., 1990 ; Sano et al, 1997 ; Sano et Fischer, 2013). En effet, il n'est pas étonnant qu'à proximité d'un volcan actif ayant des éruptions magmatiques récentes on observe un dégazage magmatique profond d'origine mantellique.

Prélèvements d'échantillons de gaz avec des ampoules à soude de type Giggenbach.

Les résultats d'analyse de la composition des gaz non condensables des ampoules Giggenbach sont présentés dans le tableau 6 et la figure 53. Après analyse à l'OVSG-IPGP (Elodie Chilun Eusebe, Ivan Vlastelic), les échantillons prélevés ne présentent pas de différences significatives par rapport aux prélèvements antérieurs.



	Répartition (%) des gaz mesurés									
	H2	He	CO	CH4	N2	H2S	Ar	CO2	SO2	O2
25/05/23	0,5493	0,0040	0,0018	0,0159	93,7854	0,185	1,4189	0,0018	0,0119	0,0018
28/03/24	0,5339	0,0044	0,0011	0,0124	92,6831	0,0265	1,4457	0,0139	0,0125	5,2664
21/11/24	0,6718	0,0023	-0,0055	0,0108	85,0240	0,0383	1,0060	0,0152	0,0136	13,2235
	0,6855	0,0033	-0,0060	0,0167	90,5717	0,0257	1,1126	0,0148	0,0144	7,5612
	0,8424	0,0033	-0,0033	0,0163	91,1595	0,0254	1,1142	0,0192	0,0149	6,8083
15/07/25	0,7461	0,0046	-	0,0113	92,3743	0,0237	1,1548	0,0135	0,0172	5,6618
	0,7631	0,0039	-	0,0087	90,5478	0,0295	1,0808	0,0145	0,0181	7,5418
	0,7771	0,0043	-	0,0103	91,2618	0,0264	1,0742	0,0141	0,0172	6,8220

Tableau 6 : Compositions des gaz prélevés en mer sur le site de Périnelle grâce aux ampoules à soude (Saint-Pierre) en 2023 et 2025.

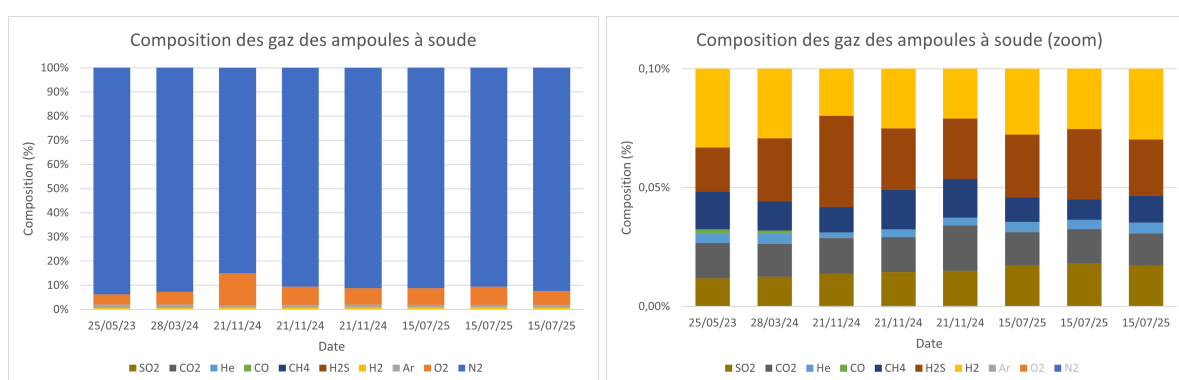


Figure 53 : Histogramme de la composition des gaz des prélèvements par ampoules à soude NaOH Giggengbach depuis mai 2023.

Zone de végétation dégradée et mesures de flux de CO₂

Zone de végétation dégradée

Une zone de végétation dégradée située sur le flanc sud-ouest de la Montagne Pelée entre la haute rivière Claire et la rivière Chaude a été identifiée en décembre 2020 (**figure 54**, zone VEG-1). D'après l'analyse d'images satellitaires, cette zone, composée de troncs d'arbres et de fougères sans têtes, défoliés ou abattus, et d'herbes et de buissons jaunies, est apparue à la fin de l'année 2019. Elle est située à proximité des cratères des éruptions phréatiques historiques de 1792 et 1851. D'autres zones de végétation dégradée ont par la suite été identifiées entre 2020 et 2023 en aval de la zone VEG-1, le long de la rivière Claire, et nommées VEG-2 à VEG-6 (**figure 54**).

Le dépérissement de la végétation peut être un traceur du dégazage passif de CO₂ dans le sol. Les émissions passives de CO₂ dans l'atmosphère à partir du dégazage passif du sol constituent un phénomène normal du fonctionnement des systèmes volcaniques, y compris en dehors de périodes éruptives. Le CO₂ d'origine magmatique est très mobile et remonte des zones du système hydrothermal superficiel et des zones plus profondes de stockage des magmas vers la surface via différentes structures, notamment des failles, des cratères, des conduits volcaniques anciens ou des zones de perméabilité dans le substratum. Depuis 2020, ces zones de végétation dégradée sont suivies visuellement par des survols hélicoptérés avec le soutien de la Sécurité Civile. Les différents survols de la zone VEG-1 qui ont été faits au cours de l'année 2025 ont montré que cette zone a été significativement re-végétalisée. Néanmoins, il existe toujours des signes disparates de dépérissement de la végétation au niveau des zones VEG-4 et VEG-6.

En complément des observations visuelles, le traitement d'images satellitaires permet le suivi temporel de l'indice de végétation normalisé (appelé indice NDVI). Ce paramètre est sensible à la vigueur et à la densité de la végétation, et est calculé mensuellement à partir des images satellitaires Sentinel_2 (ESA, CNES, CNRS, résolution de 10 m). L'indice NDVI est construit à partir des canaux rouge (R) et proche infrarouge (PIR) des images satellitaires ($NDVI = (PIR - R) / (PIR + R)$), et met donc en valeur la différence entre la bande visible du rouge et celle proche de l'infrarouge.



En 2025, l'analyse mensuelle des images satellitaires montre que la végétation continue de repousser sur les zones qui persistaient jusqu'alors, et notamment sur VEG-2 et certaines portions de VEG-6. L'indice NDVI est globalement équivalent à celui de 2023 sur les différentes zones. On observe cependant toujours un léger dépérissement dans la zone VEG-4, une mare située dans la haute rivière Claire et qui pourrait correspondre à un ancien cratère d'explosion phréatique (**figure 54**). La présence de végétation dégradée dans les zones VEG-4 a par ailleurs été confirmée lors d'une mission au sol de l'OVSM-IPGP les 18 juillet et 14 octobre 2025.

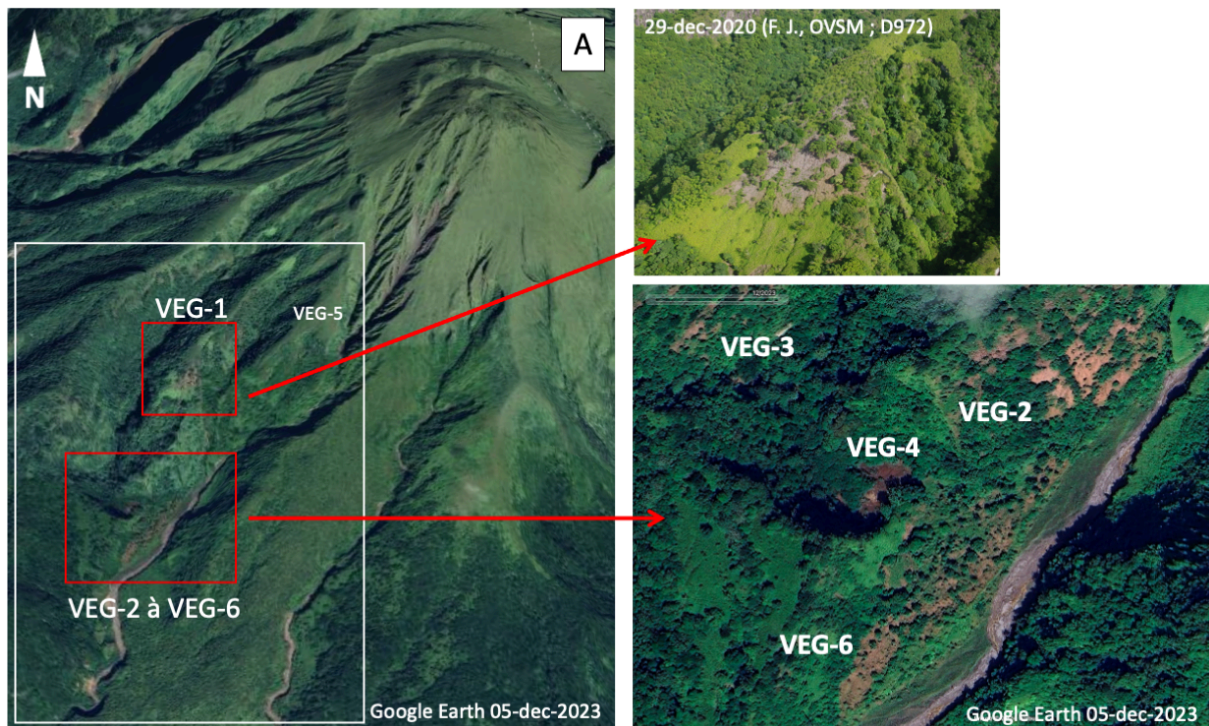
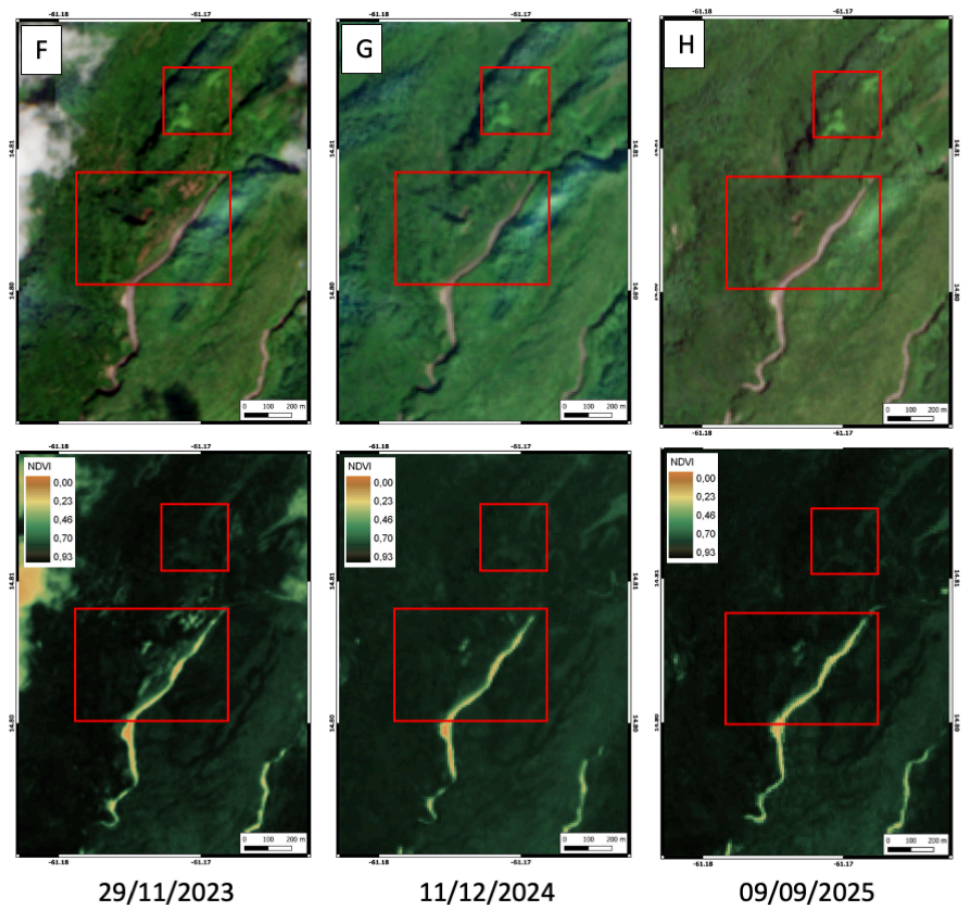
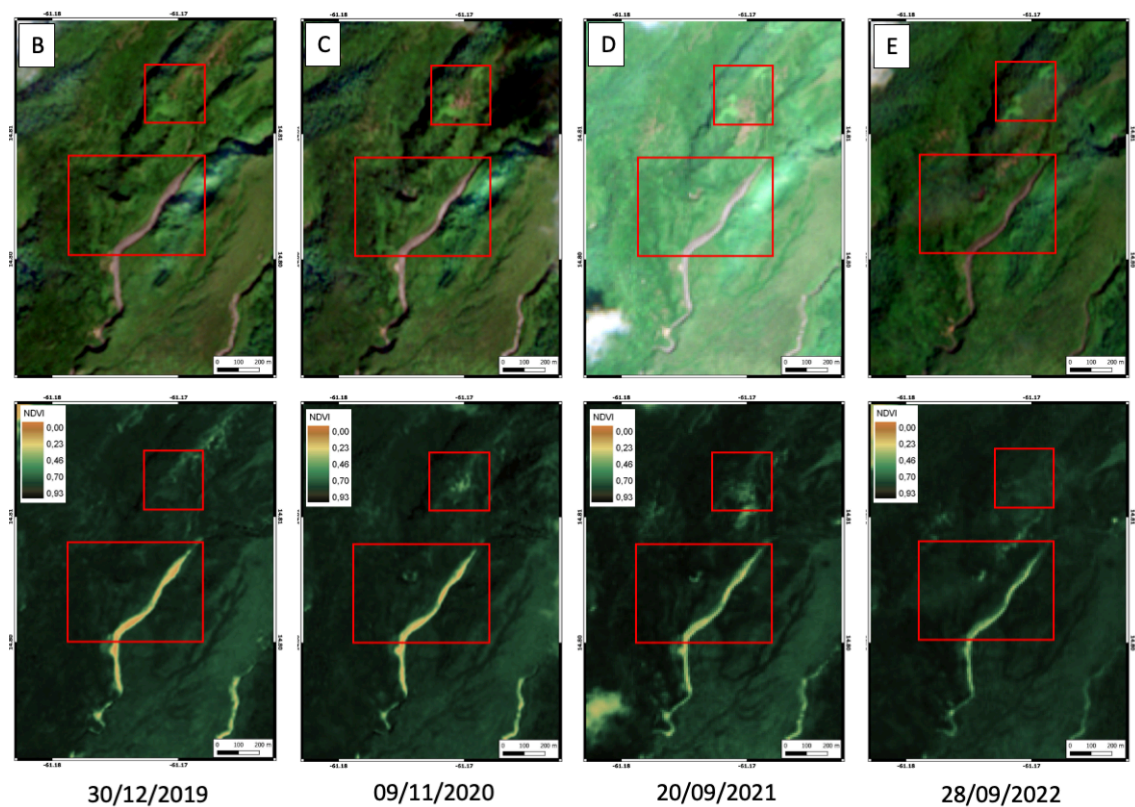


Figure 54 : (A) Image Google Earth (gauche) et zooms sur les localisations des différentes zones nommées VEG-1 à VEG-6 (droite). (Page suivante) Suivi temporel approximatif de 2019 à 2025 du dépérissement de la végétation sur le flanc sud-ouest de la Montagne Pelée engendré par le dégazage passif de CO₂ dans le sol via la cartographie du NDVI (Normalized Difference Vegetation index / indice de végétation par différence normalisé) à partir du traitement de l'imagerie satellitaire (Sentinel_2). Cet indice est sensible à la vigueur et à la quantité de végétation. La végétation saine non dégradée est représentée en vert foncé, tandis qu'une couleur jaune voire orange indique une végétation dégradée (hors zone d'ombre, de nuage et de lit rocheux de rivière). (B) à (G) Images Sentinel_2, composition en lumière visible (en haut) et images Sentinel_2, composition en index NDVI (en bas). On note les zones de végétation dégradée (encarts rouges) marquées VEG-1 à VEG-6. Traitement d'imagerie NDVI et cartographie SIG : J. Corbeau, J.-C. Komorowski, OVSM-IPGP.



Mesures de flux de CO₂

Grâce au recrutement en mai 2025 de Tracy Abauzit, assistante-ingénieure contractuelle (7 mois), l'OVSM-IPGP a pu mener une cartographie du flux diffus de CO₂ au niveau du sol dans l'environnement de la Montagne Pelée. L'objectif principal de ce travail était de mieux caractériser la variabilité spatio-temporelle du flux de CO₂ à l'échelle de l'ensemble du massif, alors qu'auparavant, l'OVSM-IPGP ne réalisait que quelques mesures ponctuelles sur un nombre limité de points. Ces mesures de flux en CO₂ au niveau de la Montagne Pelée ont été réalisées avec la chambre d'accumulation de type WestSystems (**figure 13**) de l'OVSM-IPGP. La stratégie de mesures adoptée a combiné :

- Des mesures régulières (hebdomadaires ou mensuelles) sur les sites de référence de l'OVSM-IPGP (**tableau F4 en annexe F**), notamment ceux où les paramètres physico-chimiques des eaux sont suivis mensuellement, ainsi que sur de nouveaux sites facilement accessibles répartis dans différentes zones autour du volcan ;
- Des campagnes de mesures ponctuelles, parfois répétées une ou deux fois, visant à étendre la couverture spatiale aux zones plus difficiles d'accès, comme la zone sommitale de la Montagne Pelée.

Sur l'année 2025, **453 mesures** ont donc été effectuées sur 118 sites distincts. La **figure 55** présente la répartition de ces points de mesure, les valeurs du flux diffus de CO₂ au sol (valeur médiane lorsque plusieurs mesures ont été réalisées sur un même site), ainsi que deux exemples de séries temporelles pour des sites suivis régulièrement le long du sentier de l'Aileron menant au sommet. Par ailleurs, un site de référence situé à l'observatoire, en dehors du système magmatique de la Montagne Pelée, a été mesuré régulièrement afin d'estimer le flux de CO₂ biogénique et sa variabilité en fonction des conditions météorologiques (humidité, température, pression atmosphérique).

L'analyse préliminaire de ce jeu de données montre une forte variabilité spatiale et temporelle du flux de CO₂ autour de la Montagne Pelée (**figure 55**). Plus de 50 % des mesures dépassent 50 g/m²/jour, alors que le flux biogénique est estimé à environ 25 g/m²/jour. Certains sites présentent des valeurs relativement élevées et variables sur toute la période (par exemple le site Aileron_3, **figure 55 c**). La valeur maximale mesurée a atteint **1 046 g/m²/jour** à proximité des Sources Chaudes, dans une zone où la végétation est dégradée, comme le montre le suivi par imagerie satellite effectué mensuellement par l'OVSM-IPGP en 2025 (**figure 56**). Une partie significative du CO₂ mesuré est donc très probablement d'origine magmatique. Plusieurs échantillons de gaz prélevés à la sortie de la chambre d'accumulation sont actuellement en cours d'analyse, notamment pour leur isotopie du carbone, afin de confirmer cette origine.

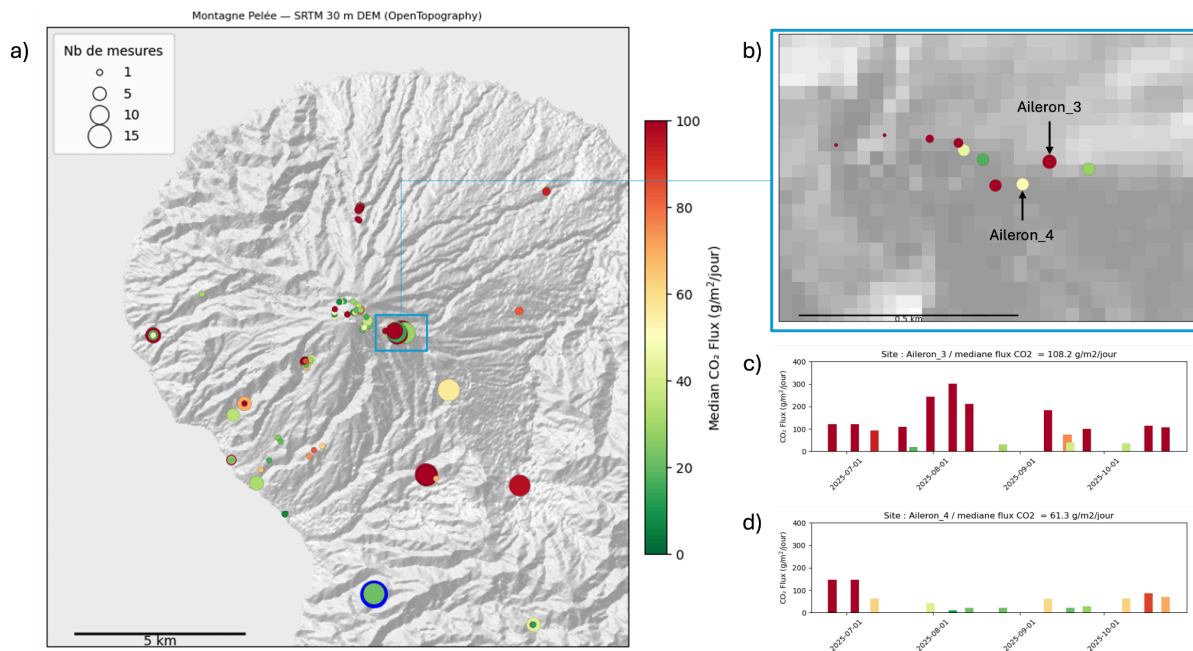


Figure 55 : a) Valeur médiane du flux diffus de CO₂ au sol sur les différents sites mesurés entre le 20 mai et le 20 novembre 2025. La taille des symboles est proportionnelle au nombre de mesures réalisées. Le point bleu représente le site de l'OVSM. b) zoom sur les sites situés sur le sentier de l'Aileron menant au sommet de la Montagne Pelée et où des mesures quasi hebdomadaires ont été réalisées. c) et d) séries temporelles du flux diffus de CO₂ au sol, respectivement sur les sites Aileron_3 et Aileron_4. L'absence de mesures certaines semaines est liée soit à des problèmes instrumentaux, soit à un sol trop humide pour que les mesures soient significatives.

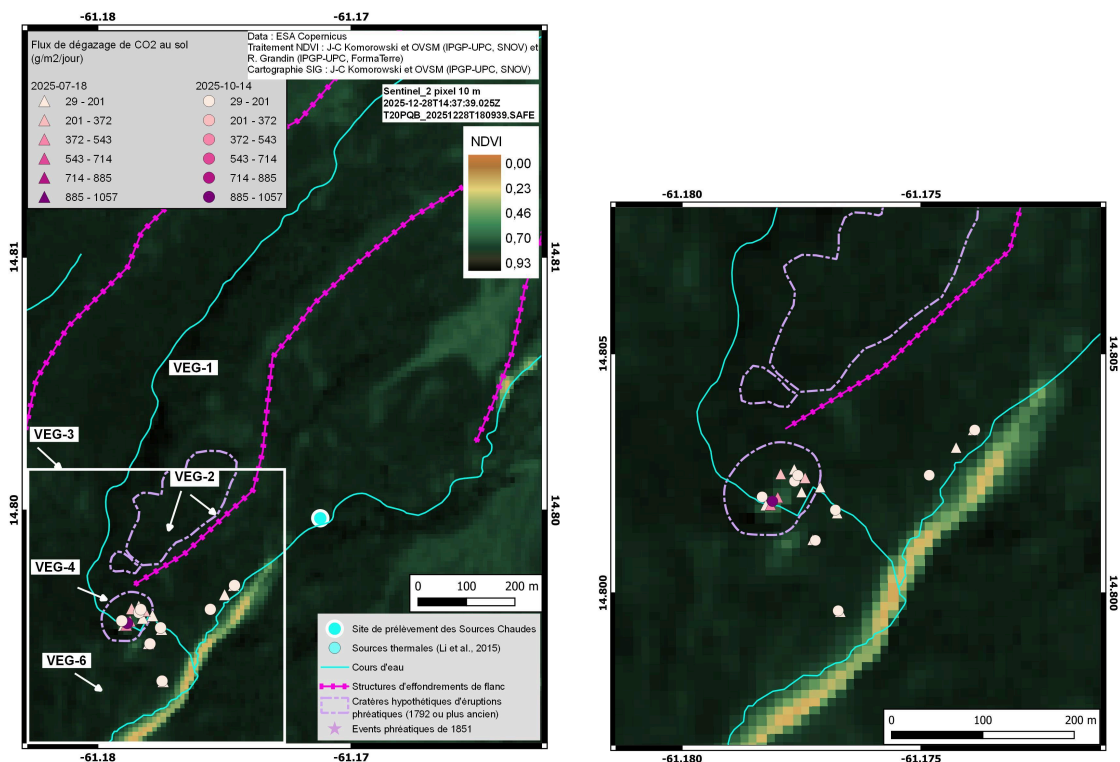


Figure 56 : (Gauche) Cartographie des mesures de flux de dégazage de CO₂ réalisées en juillet 2025 (triangles) et en octobre 2025 (ronds) sur les zones de végétation dégradées VEG-4 et VEG-6, avec en fond une image Sentinel_2 du 28/12/2025 (composition en index NDVI). (Droite) Zoom sur la partie encadrée en blanc de la figure de gauche.

En résumé, l'OVSM-IPGP observe toujours en 2025 un dégazage passif et diffus de CO₂ d'origine magmatique, et notamment sur les sites de végétation dégradée VEG-4 et VEG-6 dans la zone des Sources Chaudes, ainsi qu'au niveau du forage de la rivière du Prêcheur. Néanmoins, les flux restent modérés. Les campagnes de mesures étendues réalisées en 2025 permettront de définir de nouveaux points à suivre sur le long terme par l'OVSM-IPGP.

Eboulements et glissements de terrains

Les éboulements et glissements de terrain sont des phénomènes liés à l'évolution du volcan, que ce soit en période éruptive ou en période de quiescence volcanique. Ces processus de pente jouent un rôle essentiel dans l'évolution des paysages en lissant les reliefs par le transfert continu (à l'échelle des temps géologiques) de la matière des sommets vers le fond des vallées et en alimentant le réseau de drainage en sédiments. Leur étude et leur suivi en période calme permettent :

- D'identifier les zones potentiellement dangereuses lors des futures reprises d'activité ;
- De discriminer les signaux des glissements de ceux de l'activité hydrothermale ou volcano-tectonique à l'intérieur de l'édifice ;
- De mettre au point des techniques de suivi instrumental adaptées ;
- De participer aux recherches en cours sur les processus gravitaires ou sur les mécanismes de construction/destruction des édifices volcaniques.

Les éboulements, chutes de blocs, glissements de terrain et effondrements partiels de flancs au niveau de l'édifice de la Montagne Pelée génèrent des vibrations sismiques qui peuvent être enregistrées aux stations sismiques du réseau de l'OVSM-IPGP. Ces signaux sont généralement caractérisés par une forme en ogive du signal et une atténuation rapide de l'amplitude des ondes avec la distance à l'événement. Les éboulements et chutes de blocs correspondent généralement à un contenu plus haute-fréquence alors que les glissements de terrain et effondrements partiels de flancs sont majoritairement composés de basses fréquences. L'ensemble de ces signaux sont catégorisés comme éboulements dans la main courante de l'OVSM-IPGP sans discrimination entre chutes de blocs et glissements de terrain.

La localisation des éboulements à partir des données sismiques est complexe car les ondes P et S ne sont pas clairement identifiables sur les sismogrammes des éboulements et la fonction source est complexe car elle intègre le détachement de la masse, le rebond sur la paroi et l'impact au sol.

Au cours de l'année 2025, l'OVSM-IPGP a détecté, sur les données du réseau sismique de la Montagne Pelée, **721 signaux de type éboulement**⁸. La **figure 57** représente l'évolution du nombre de signaux de type éboulement au cours de l'année en comparaison avec la pluviométrie cumulée enregistrée à la station Météo-France d'Ajoupa-Bouillon Eden (la station Météo-France du Prêcheur ainsi que les 2 pluviomètres de l'OVSM-IPGP ayant été inopérants pendant une partie de l'année). L'essentiel des signaux de type éboulement se sont produits au cours du mois de septembre et correspondent, pour la grande majorité d'entre eux sur cette période, aux effondrements de flanc de la falaise Samperre (voir ci-dessous). En dehors de cette période, le nombre de signaux de type éboulement a été plutôt faible en 2025 comparativement aux années précédentes et on observe une relative concordance entre les périodes où les éboulements sont plus intenses et la pluviométrie, notamment fin janvier, début mai et mi-novembre. Néanmoins la relation n'est pas strictement linéaire, et on note en particulier un nombre d'éboulements relativement faible sur les périodes mi-juin à fin juillet et mi-octobre à mi-décembre malgré une pluviométrie assez marquée.

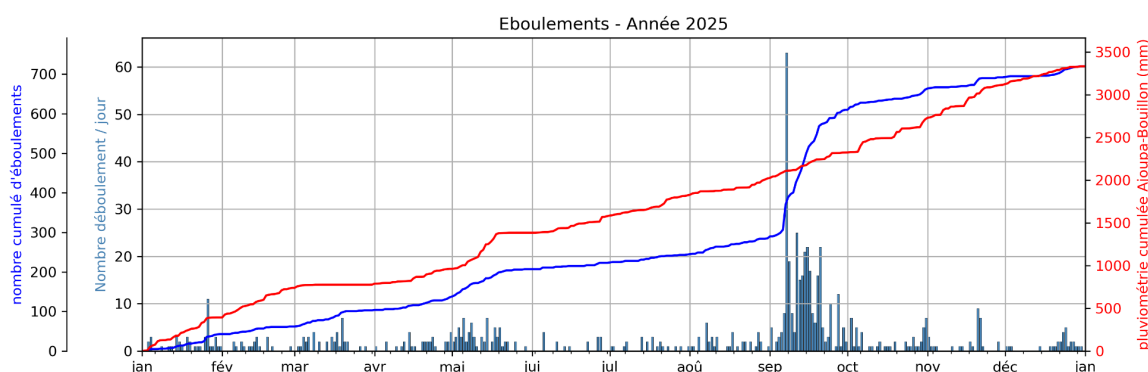


Figure 57 : Evolution au cours de l'année 2025 du nombre d'éboulements quotidiens et cumulés du catalogue de l'OVSM-IPGP (barres bleue foncée et ligne bleue) en comparaison avec la pluviométrie cumulée enregistrée à la station Météo-France de Ajoupa-Bouillon Eden (ligne rouge). Obtenues sur <https://meteo.data.gouv.fr/>.

Effondrements partiels de flanc de la falaise Samperre

La falaise Samperre, située à 1,25 km au nord-ouest du sommet de la Montagne Pelée, est une structure récente formée par des effondrements régressifs successifs depuis les années 1950. Les épisodes majeurs de déstabilisation se sont produits notamment en 1980, 1997–1998, 2009–2010 et 2018, entraînant un recul du sommet de la falaise d'environ 250 m et la formation d'une paroi abrupte de près de 300 m de hauteur (Aubaud et al., 2013; Nachbaur et al., 2019; Peruzzetto et al., 2022). Ces effondrements mobilisent des volumes importants de matériaux et génèrent régulièrement des coulées de débris et des lahars dans la rivière du Prêcheur. La présence de résurgences à plusieurs endroits sur la falaise pourrait indiquer que ces effondrements sont, au moins en partie, générés par des circulations de fluides provenant des nappes phréatiques et du système hydrothermal de la Montagne Pelée. Cette falaise représente donc à la fois un enjeu important pour la gestion du risque lahar pour le bourg du Prêcheur mais aussi pour la surveillance de l'activité volcanique de la Pelée.

L'année 2025 a été marquée par une nouvelle phase d'effondrements partiels de flanc au niveau de la falaise Samperre qui ont été à l'origine d'épisodes lahariques dans la rivière du Prêcheur (voir section suivante).

Sur les données des stations sismiques permanentes de la Montagne Pelée, les signaux associés à des éboulements ou des effondrements partiels de flanc au niveau de la falaise Samperre présentent quelques caractéristiques spécifiques, notamment en termes de temps d'arrivée et de rapport d'amplitude des signaux entre les stations (**figure 58**). La **figure 59** (milieu) représente le nombre des signaux de type éboulement du catalogue 2025 de l'OVSM-IPGP pour lesquels un commentaire a été ajouté indiquant que ces signaux proviennent très probablement de la falaise Samperre. On observe une recrudescence marquée de ces signaux à partir de la première semaine de septembre 2025.

⁸ Cette catégorie englobe l'ensemble des phénomènes de type éboulement, chute de bloc, glissement de terrain et effondrement partiel de flanc mais n'intègre pas les éboulements observés à proximité des carrières situées entre Saint-Pierre et le Prêcheur et qui sont intégrés dans une catégorie de signaux d'origine anthropique.

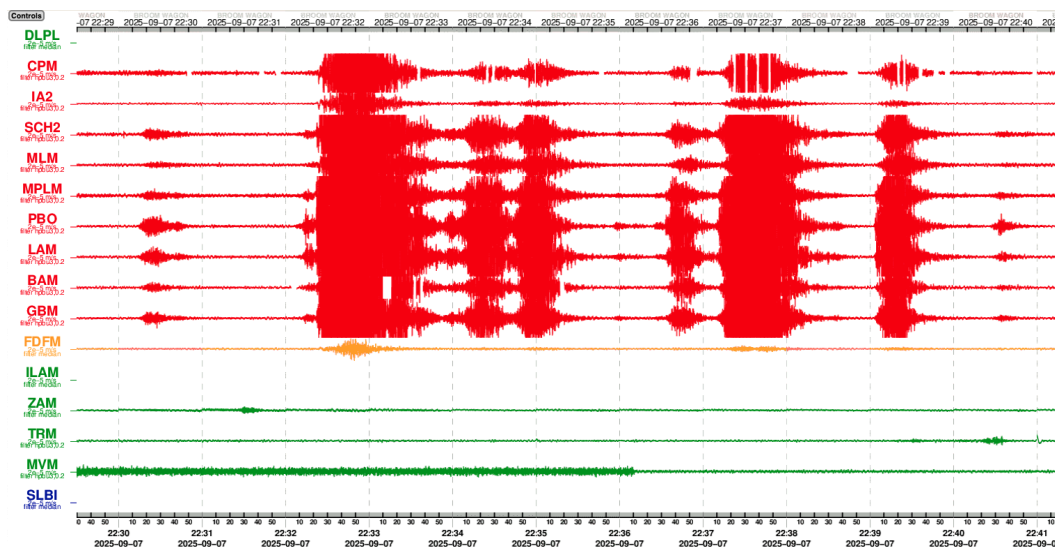


Figure 58 : Extrait du Seifan de l'OVSM-IPGP du 7 septembre 2025 entre 22h30 TU et 22h41 TU montrant une succession de signaux sismiques associés à des effondrements principalement visibles aux stations situées au niveau de l'édifice de la Montagne Pelée (traces rouges).

Le premier signal d'éboulement d'amplitude forte provenant de la falaise Samperre a été enregistré le 31 août à 21h04 TU. Il se produit quelques jours après l'apparition des premiers séismes superficiels de type hybride (figures 29 et 59), enregistrés dans l'environnement du toit du système hydrothermal de la Montagne Pelée (voir la section *Activité sismique d'origine volcanique*). Les signaux d'effondrements partiels de flanc les plus importants (en nombre et en énergie) au niveau de la falaise Samperre ont été enregistrés entre le 7 septembre à 22h30 TU (figure 58) et le 8 septembre à 5h30 TU. Cette phase d'effondrements majeurs s'est déroulée quelques heures après le premier essai de 12 séismes superficiels de type longue-période (figures 29 et 59) qui s'est produit entre le 6 septembre vers 12h TU et le 7 septembre vers 12h TU.

Cette concomitance entre l'activité sismique traduisant des circulations de fluides sous pression au niveau du toit du système hydrothermal de la Montagne Pelée et l'occurrence d'effondrements de flancs importants au niveau de la falaise Samperre suggère une relation de causalité entre ces 2 phénomènes. Une fuite de fluides hydrothermaux vers la zone de la falaise Samperre a pu modifier la pression de pore dans des fissures pré-existantes de la paroi et engendrer leur rupture.

Par la suite, plusieurs autres épisodes d'effondrements partiels ont été détectés par les stations sismiques de l'OVSM-IPGP en particulier sur les périodes du 8 au 15 septembre, du 20 au 27 septembre, le 26 octobre, et du 20 au 21 novembre. Dans la majorité des cas, ils correspondent également à des périodes d'activité sismique superficielle de type hybride et longue-période au niveau du toit du système hydrothermal de la Pelée.

Un survol de la falaise Samperre a pu être effectué le matin du 9 septembre avec le concours du Dragon972 de la Sécurité Civile. Il a permis de confirmer que d'importants effondrements de parois se sont produits sur toute la hauteur de la paroi est de la falaise avec probablement un recul de plusieurs dizaines de mètres par endroits (figure 60). Plusieurs exurgences d'eau ont également été observées à différentes hauteurs sur la paroi.

L'analyse des vidéos et des photos prises lors du survol du 9 septembre 2025 montre que l'effondrement de la falaise est un glissement majeur de type avalanche de débris, qui a produit au moins trois type de dépôts :

- un écoulement volcanoclastique basal concentré épais (5-20 m d'épaisseur) riche en blocs plurimétriques dans une matrice de matériaux plus fins et qui s'est arrêté après une centaine de mètres en pied de falaise (visible sur la figure 60 droite) ;
- un écoulement volcanoclastique basal concentré épais (> 10 m d'épaisseur) plus mobile et volumineux, qui s'est arrêté à environ 600 m en aval de la falaise, et qui a rempli de bord à bord la vallée en formant un dépôt riche en blocs dans une matrice de matériaux plus fins avec une surface plane ;
- un écoulement turbulent dilué très mobile (effet de souffle, type *blast*) érosif, qui a abrasé le substratum des bords de la vallée et qui a laissé de manière discontinue des dépôts non consolidés de granulométrie plus fine (blocs décimétriques et matériaux plus fins), formant des traînées de dépôts en hauteur parfois plusieurs mètres au dessus du lit de la rivière. Cet écoulement a atteint une distance maximale d'environ 800 m de la falaise Samperre (figure 61 droite).

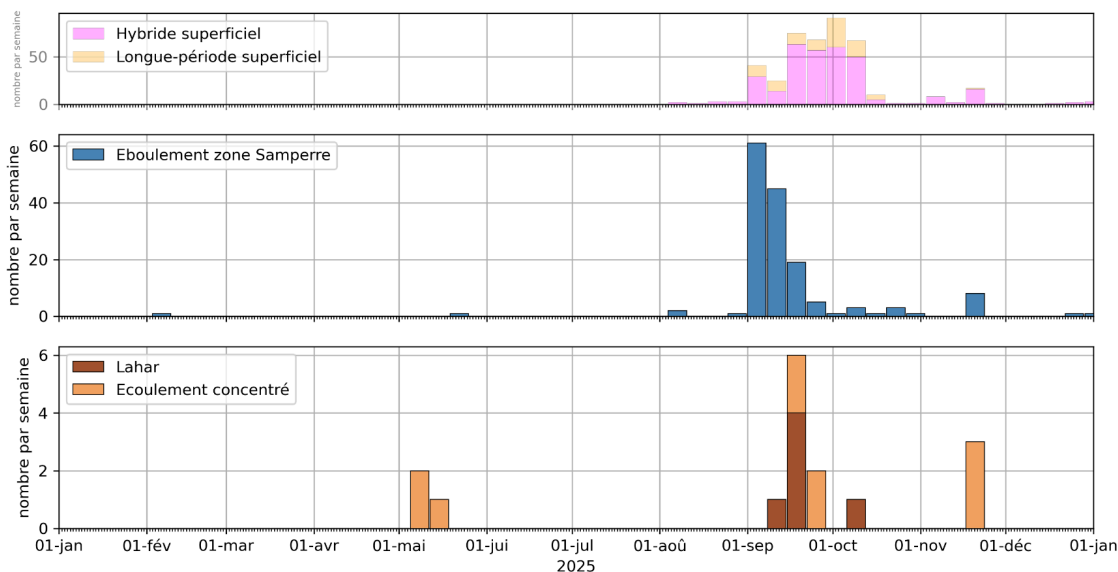


Figure 59 : Evolution au cours de l'année 2025 du nombre hebdomadaire d'événement sismique de type hybride superficiel et longue-période superficiel (haut), de type éboulement présentant une signature typique des éboulements et effondrements partiel de flanc au niveau de la falaise Samperre (milieu) et des lahars ou écoulements concentrés détectés par le système de détection et d'alerte opéré par l'OVSIM-IPGP dans la rivière du Précheur.

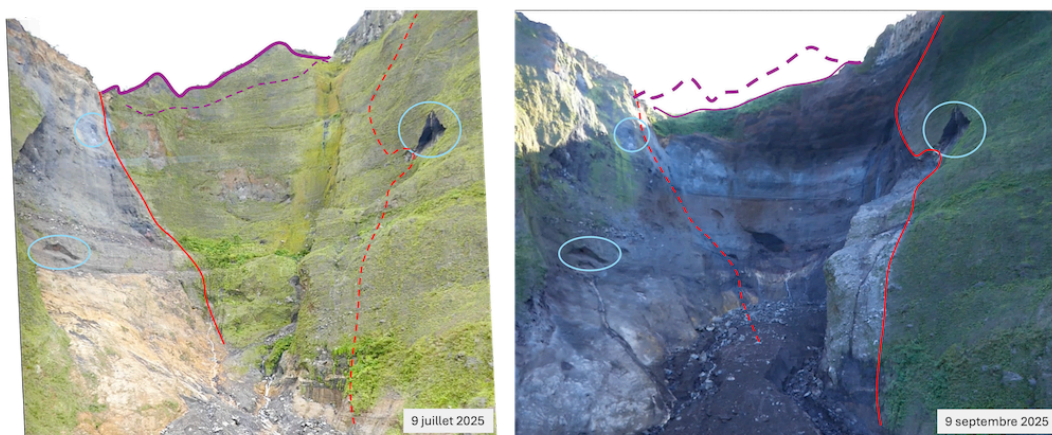


Figure 60 : Vues vers l'est du fond de la falaise Samperre (flanc nord sur la gauche) prises le 9 juillet 2025 (photo de gauche) et le 9 septembre 2025 (photo de droite) grâce au concours du Dragon972 de la Sécurité Civile. Les deux images sont approximativement à la même échelle. La hauteur de la falaise dans l'emprise des photos est de l'ordre de 150 m. Quelques marqueurs permanents entre les 2 photos sont cerclés en bleu clair. Quelques grandes limites de zones modifiées entre les deux images au niveau de la falaise (traits rouges) et de la ligne de crête (traits violets) sont indiquées (traits pleins sur l'image sur laquelle ils ont été dessinés et traits pointillés sur l'image sur laquelle ils ont été reportés approximativement à la même localisation).

Ce phénomène est similaire à celui qui avait eu lieu le 4 janvier 2018 et dont les débris s'étaient propagés pratiquement jusqu'au niveau de la station de surveillance RPRE (Nachbaur et al., 2019). La comparaison qualitative des observations de 2025 avec, d'une part, les signaux sismiques et les dépôts observés lors des éboulements de janvier 2018, et avec, d'autre part, les travaux et simulations de Peruzzetto et al. (2022), permet d'estimer que le volume de matériaux éboulés est probablement de l'ordre de quelques centaines de milliers à **un million de mètre cube**, du même ordre de grandeur (mais probablement légèrement inférieur) aux principales phases d'effondrements partiels de flanc de mai 2010 et de janvier 2018.



Figure 61 : Comparaison de photos prises depuis l'hélicoptère Dragon972 de la Sécurité Civile le 9 juillet 2025 (gauche) et le 9 septembre 2025 (droite) dans la vallée Samperre vers la zone terminale des dépôts associés à la phase d'effondrement partiel de flanc du 7 septembre 2025. Le point sur la carte en haut à gauche indique la position approximative des prises de vue. Le trait orange sur les 2 photos représente la même ligne de crête. L'angle de vue de la photo du 9 juillet 2025 est plus vertical que celui de la photo du 9 septembre 2025. Les dépôts de septembre 2025 sont épais (de l'ordre de 5 à 15 m) et remplissent toute la vallée. Ils ont déjà été érodés et incisés par l'eau s'écoulant depuis l'amont de la rivière.

Les survols suivants effectués avec le concours du Dragon972 de la Sécurité Civile ainsi que les observations directes et l'imagerie satellitale (**figure 62**) ont permis de constater que les effondrements qui se sont produits après cette première phase ont principalement affecté la partie haute de la falaise, dans sa partie est, à cheval au dessus du prolongement de la crête sud de vallée Samperre. Une partie des matériaux issus de ces effondrements se sont déversés dans une ravine située au sud et sont encore partiellement présents à la date de ce rapport.



Figure 62 : Images satellitales Sentinel-2 prises le 4 septembre 2025 (avant les phases d'effondrements de flancs importants), le 9 septembre (après la première phase d'effondrements de flanc) et 29 septembre 2025 montrant le recul de la falaise Samperre et l'emprise des zones de dépôts dans les vallées adjacentes.

Lahars et écoulements concentrés

Les lahars, terme d'origine indonésienne désignant une coulée boueuse (différente d'un écoulement fluvial) contenant des débris de roches de toutes tailles, affectent les pentes des volcans. Ils peuvent survenir lors d'intenses et/ou de longs épisodes pluvieux, emportant ainsi d'importants volumes de sédiments présents dans le réseau hydrographique d'un volcan. Ils sont caractérisés par une forte concentration sédimentaire (plus de 50% en volume) et une granulométrie très étendue, allant de particules micrométriques à des blocs de plusieurs mètres. Les lahars constituent une menace dès lors que des enjeux économiques, matériels et humains sont implantés sur les marges latérales d'un cours d'eau affecté par ce type d'écoulement. Ils ont un caractère imprévisible à la fois dans le temps et dans l'espace et possèdent une multitude de facteurs déclenchant, comme par exemple de fortes pentes, un stock sédimentaire mobilisable et l'occurrence de précipitations.

En Martinique, la rivière du Prêcheur constitue l'unique zone où ce risque est prégnant en dehors des périodes d'intense activité volcanique. Ce phénomène est lié à l'accumulation de matériaux au pied de la falaise Samperre et la présence occasionnelle



d'embâcles sur le cours de la rivière Samperre et Prêcheur. L'OVSM-IPGP opère un système d'alerte automatique aux lahars dans la rivière du Prêcheur (voir section *Système de surveillance et d'alerte aux lahars dans la rivière du Prêcheur*) et référence dans sa main courante l'ensemble des phénomènes de lahars et de coulées concentrées dans cette zone sur la base des données des seaux pendulaires, des capteurs AFM et du niveau des vibrations ambiantes du sol aux stations sismologiques permanentes à proximité.

La **figure 63** synthétise le nombre de lahars et coulées concentrées⁹ enregistrées entre 2000 et fin 2025. Une période d'intense activité est visible globalement entre 2010 et 2019 avec notamment des lahars significatifs durant les années 2010 et 2018. Depuis 2020 le nombre de ces événements a largement décru. Malgré la phase d'effondrements partiels de flanc de la falaise Samperre en septembre 2025 (voir section précédente), le nombre de lahars est resté faible en 2025.

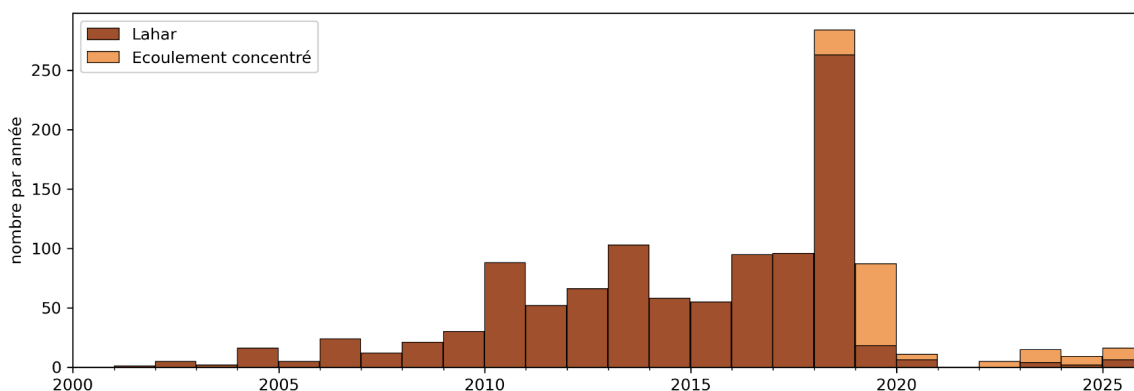


Figure 63 : Nombre annuel de lahars et d'écoulements concentrés dans la rivière du Prêcheur depuis 2000 dans le catalogue de l'OVSM-IPGP. Avant 2019, il n'y avait pas de distinction entre un lahar et un écoulement concentré dans le catalogue.

Sur l'année 2025, l'OVSM-IPGP a comptabilisé (**figure 63**) :

- **10 coulées concentrées.** 3 de ces coulées se sont produites en mai lors d'épisodes de fortes pluies durant lesquels Météo-France avait placé la Martinique en état de vigilance orange pour fortes précipitations et orages. Les autres se sont produits après la première phase d'effondrement de la falaise Samperre.
- **6 lahars** qui se sont tous produits après la première phase d'effondrement de la falaise Samperre à savoir (*entre parenthèse figure la qualification de l'amplitude sur le système AFM*) le 13 septembre (*fort*), le 15 septembre (*faible*), le 16 septembre (*très fort*), le 17 septembre (*moyen*), le 18 septembre (*fort*) et le 6 octobre (*fort*)

Les épisodes de lahars et coulées concentrées après la première phase d'effondrement de la falaise Samperre ont tous été déclenchés par des épisodes pluvieux. Néanmoins nous n'observons pas de corrélation évidente entre l'amplitude de ces écoulements et le cumul de pluie lors de ces épisodes.

Le lahar le plus important s'est produit le 16 septembre (**figure 64**). Ce lahar a présenté 3 vagues principales séparées d'une quinzaine de minutes chacune et d'amplitude croissante. Il a transporté des blocs plurimétriques jusqu'à l'embouchure de la rivière. Ce lahar a significativement endommagé le système de seaux pendulaires de la station RPRE en emportant 3 des 4 seaux opérationnels (voir la section *Système de surveillance et d'alerte aux lahars dans la rivière du Prêcheur*).

⁹ Le terme lahar est utilisé lorsque des blocs métriques à pluri-métriques sont observés dans l'écoulement soit à partir de la caméra située au niveau du pont du Prêcheur par le BRGM, soit par reconnaissance sur site.



Figure 64 : Photo du lahar du 16 septembre 2025 lors de l'apex du phénomène (16h10 heure locale) prise par la caméra opérée par le BRGM sur le toit de la bibliothèque du Prêcheur (document BRGM).

Pour chacun des lahars et des écoulements concentrés principaux, le système de détection automatique opéré par l'OVSM-IPGP le long de la rivière du Prêcheur a envoyé des alertes provoquant le déclenchement de la sirène dans le bourg du Prêcheur.

La **figure 65** illustre le phasage des déclenchements sur l'exemple du lahar principal du 16 septembre 2025 :

- 19h23 TU : la sirène est déclenchée dans le bourg du Prêcheur suite à l'inclinaison au-delà du seuil critique des trois seaux pendulaires les plus proches du lit de la rivière (seaux 1, 2 et 3). Le seau n°2 ne revient pas à son niveau de base indiquant qu'il a été arraché par la première vague.
- 19h31 TU et 19h36 TU : le seuil critique est dépassé aux capteurs AFM de CPMA et CCPA respectivement, suite au passage de la première vague au niveau de ces deux stations. Ces dépassements déclenchent une nouvelle fois la sirène. A noter que le seuil critique n'a jamais été dépassé à l'AFM de la station RPRE pour ce lahar.
- 19h36 TU : une seconde vague provoque l'inclinaison au-delà du seuil critique de l'ensemble des seaux pendulaires (seaux 1, 3 et 4). Les seaux 1 et 3 sont arrachés.
- 19h45 TU environ : la première vague arrive au niveau du bourg du Prêcheur (soit 22 minutes après le déclenchement de la sirène).
- 19h50 TU : une troisième vague, la plus intense, incline le dernier seau à être encore opérationnel (seau 4).
- 20h10 TU environ : la troisième vague est observée au bourg du Prêcheur.

A la suite de ce lahar, seul le seau 4 (le plus élevé par rapport au lit de la rivière) du système de détection et d'alerte basé sur les seaux pendulaires à la station RPRE est resté opérationnel. Pour les lahars suivants plus faibles, d'une hauteur inférieure à celle de ce seau, le déclenchement de la sirène a donc été basé uniquement sur les données des stations AFM. De plus, les problèmes techniques rencontrés par le capteur AFM de la station RPRE ont réduit le délai entre le déclenchement de la sirène et l'arrivée du lahar au bourg du Prêcheur. Ainsi, pour le lahar du 18 septembre 2025, ce délai n'a été que d'environ 5 minutes.

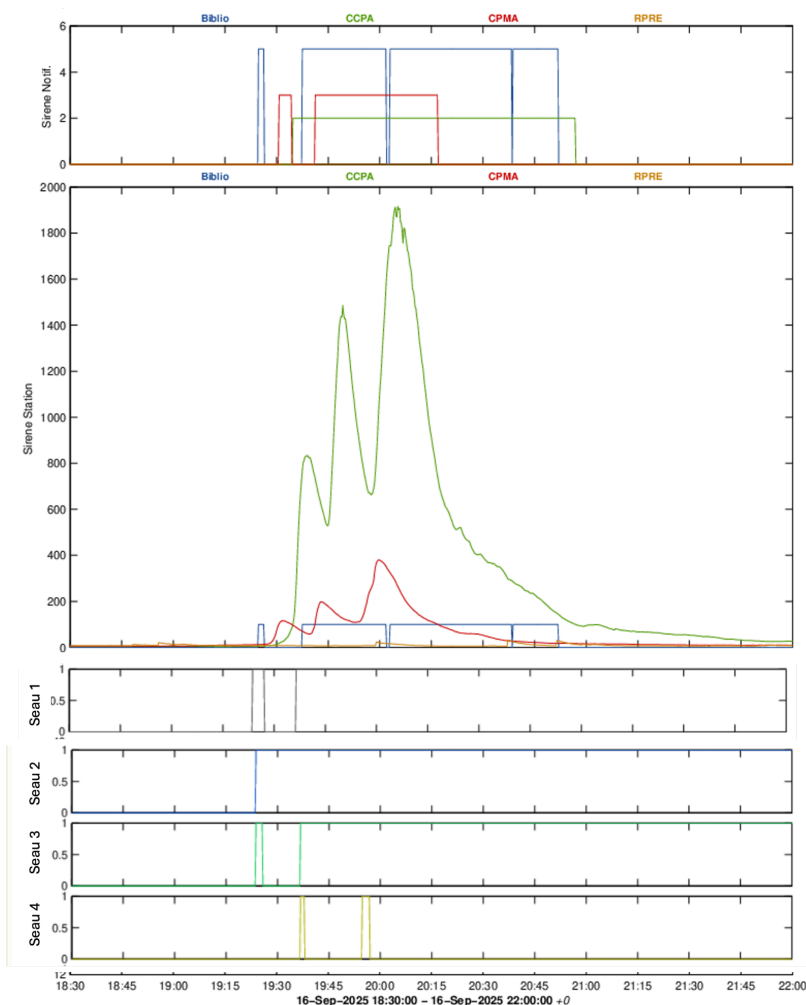


Figure 65 : Illustration de l'état des éléments du système de détection et d'alerte aux lahars de la rivière du Prêcheur opéré par l'OVSM-IPGP lors du lahar du 16 septembre 2025 entre 18h30 TU et 22h TU. La partie supérieure indique l'état d'activation de la sirène (Biblio - bleu) et celui associé aux 3 stations AFM (CCPA, CPMA, RPRE) lorsque le seuil critique a été dépassé. Le graphique central représente les signaux des AFM exprimés en % du seuil critique (CCPA en vert, CPMA en rouge, RPRE en jaune). Les 4 figures inférieures indiquent l'état binaire des 4 seaux pendulaires du site RPRE (le seau 1 est le plus proche du lit de la rivière et le seau 4 le plus haut). L'état 1 correspond à un seau incliné au-delà du seuil critique. La persistance de l'état 1 pour les seaux 1, 2 et 3 après le passage du lahar indique qu'ils ont été arrachés par le lahar. (WebObs OVSM/IPGP)

Synthèse de l'activité de la Montagne Pelée

L'année 2025 marque une nouvelle phase dans la réactivation de la Montagne Pelée observée depuis 2019, avec la ré-augmentation de quelques paramètres surveillés par l'OVSM-IPGP après deux années d'activité plus réduite.

La sismicité volcanique constitue le principal marqueur de cette évolution. Plus de 14 000 séismes d'origine volcanique ont été détectés en 2025, ce qui représente l'activité la plus élevée enregistrée par l'OVSM-IPGP depuis le début de la surveillance instrumentale moderne. Deux phases principales ont été observées. La première correspond à une sismicité profonde de type longue-période et hybride, principalement active en avril-mai 2025, qui pourrait traduire des circulations et/ou un dégazage de fluides magmatiques profonds. La seconde phase, globalement entre août et octobre 2025, est caractérisée par une intense sismicité superficielle, localisée principalement au niveau du système hydrothermal de la Montagne Pelée. Cette activité est dominée par des séismes volcano-tectoniques mais des séismes de type hybride et longue-période, traduisant des circulations de fluides sous pression, sont également apparus. Néanmoins, la magnitude de tous ces séismes reste faible à modérée et aucun n'a été ressenti par la population.

Les mesures de déformation du sol enregistrées par le réseau GNSS montrent une reprise claire de l'inflation de la partie sommitale de l'édifice à partir de septembre 2025, concomitante avec la phase de sismicité intense. Ces observations sont bien expliquées par une source de pression située autour de 1 km de profondeur sous les dômes, dans la même zone que la sismicité superficielle la plus active.

Les paramètres physico-chimiques des eaux thermales et des gaz sont restés globalement stables en 2025. Néanmoins, les mesures de flux diffus de CO₂ au sol indiquent la présence d'un dégazage de CO₂ d'origine magmatique faible mais relativement généralisé à l'échelle du volcan avec quelques zones présentant des flux plus élevés comme dans le secteur des Sources Chaudes où des zones de végétation dégradée, de faible extension, sont encore visibles en 2025. Les analyses isotopiques des gaz confirment leur origine magmatique avec une contribution mantellique.



Enfin, une phase d'effondrements partiels de flanc d'ampleur significative de la falaise Samperre est survenue en septembre 2025, quelques jours après l'apparition des premiers séismes longue-période superficiels. Cette concomitance suggère qu'une augmentation des circulations de fluides hydrothermaux a pu contribuer à la déstabilisation des parois.

Ainsi, l'ensemble des observations acquises en 2025 confirme l'image d'un système volcanique en réactivation progressive, mais non linéaire, marquée par une augmentation du transfert de fluides profonds vers le système hydrothermal superficiel. L'activité observée en 2025 traduit principalement une pressurisation de ce système hydrothermal. En revanche, l'absence de sismicité autour des réservoirs magmatiques superficiels, l'absence d'un signal de déformation aux stations plus éloignées du sommet et l'absence d'anomalies géochimiques majeures suggèrent qu'il n'y a pas eu d'évolution significative au niveau du réservoir magmatique supérieur.

Deux réunions du Comité d'experts en volcanologie de l'IPGP (CEV) se sont tenues en 2025, après l'épisode de séismes profonds, afin d'analyser les différentes observations. Ce comité considère que le niveau global d'activité de la Montagne Pelée reste cohérent avec le niveau d'alerte jaune - vigilance actuellement en cours.



Activité tectonique régionale

Contexte tectonique de la Martinique

L'arc insulaire des Petites Antilles résulte du plongement des plaques tectoniques Nord et Sud-Américaines sous la plaque Caraïbe. Ce phénomène, appelé subduction, se produit à une vitesse d'environ 2 cm/an et est à l'origine de la majorité des séismes tectoniques de l'arc, faisant des Petites Antilles une région à fort aléa sismique (**figure 66**). La Martinique et la Guadeloupe sont les deux seuls territoires français classés en zone 5 (aléa sismique maximal du zonage français). Plusieurs séismes majeurs, d'intensité supérieure ou égale à VII, ont touché la Martinique depuis le XIX^{ème} siècle (**figure 66**) :

- **30 novembre 1827** : intensité VII-VIII, épicentre à l'Est de la Martinique (magnitude ~7) ;
- **11 janvier 1839** : intensité VIII-IX (la moitié de la ville de Fort-Royal est détruite, 317 morts officiels mais vraisemblablement plusieurs milliers), séisme majeur de subduction situé à l'Est de la Caravelle (magnitude ~7,5) ;
- **8 février 1843** : intensité VII en Martinique (maisons lézardées), séisme majeur de subduction situé au Nord-Est de la Guadeloupe (magnitude > 8) ;
- **16 février 1906** : intensité VII en Martinique (maisons lézardées, 5 blessés à Rivière Salée), épicentre au large de Sainte-Lucie (magnitude ~7) ;
- **21 mai 1946** : intensité VII-VIII (1 mort et dégâts importants au Lorrain, une vingtaine de blessés en Martinique), épicentre situé à l'Est de la Martinique (magnitude ~7) ;
- **19 mars 1953** : intensité VII (3 blessés, dégâts dans plusieurs communes) épicentre situé au large de Sainte-Lucie (magnitude ~7,5) ;
- **29 novembre 2007** à 19h00 TU (15h00 en heure locale): intensité V-VII (dégâts dans plusieurs communes), épicentre situé à 30 km au Nord de la Martinique à 152 km de profondeur (magnitude 7,4).

Une grande partie des séismes d'origine tectonique provient de la zone *inter-plaque* à l'Est de l'arc antillais, à l'endroit où les plaques tectoniques entrent en interaction (zone dite sismogène, **figure 67**). Ils se situent à des profondeurs de quelques kilomètres à quelques dizaines de kilomètres, et peuvent atteindre de fortes magnitudes. D'autres séismes proviennent de ruptures de la plaque plongeante après qu'elle soit entrée en subduction, et ont lieu à des profondeurs intermédiaires aux alentours de 100 à 150 km de profondeur. D'autres encore, plus superficiels et de magnitudes plus faibles, résultent de la déformation de la plaque Caraïbe (*intra-plaque*) ou Amérique avant son entrée en subduction ("*outer-rise*").

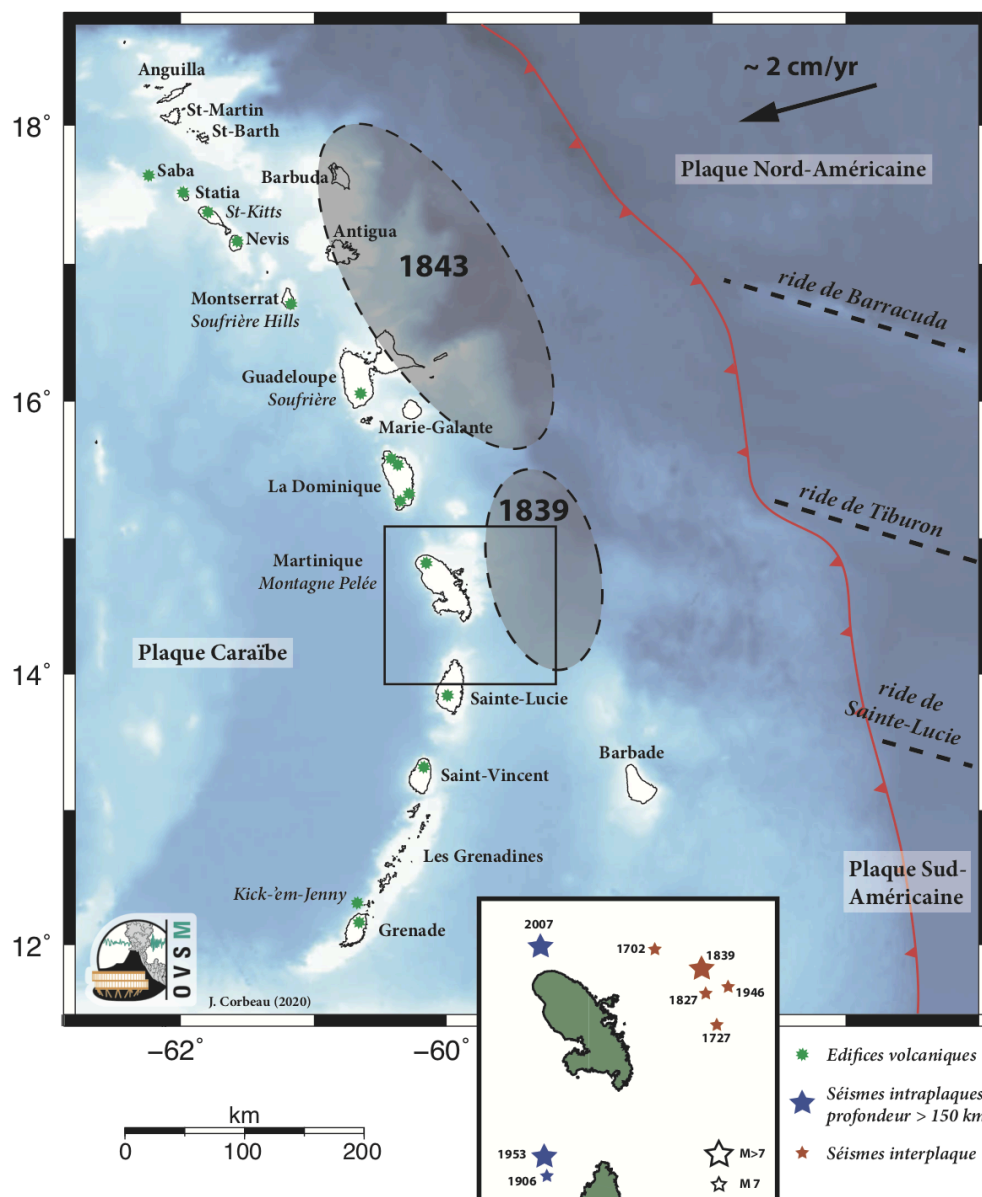


Figure 66 : Contexte tectonique de l'arc volcanique des Petites Antilles. Les plaques tectoniques Nord-Américaine et Sud-Américaine entrent en subduction sous la plaque Caraïbe à une vitesse d'environ 2 cm/an. Les étoiles vertes indiquent la localisation des volcans. Les ellipses grises indiquent les zones de ruptures estimées pour les deux séismes historiques majeurs de 1839 et 1843. L'encadré en bas de la figure précise les localisations des séismes historiques de magnitude estimée supérieure à 7 répertoriés comme ayant été ressentis en Martinique. (source : J. Corbeau / OVSM-IPGP, d'après Feuillet et al. (2011)).

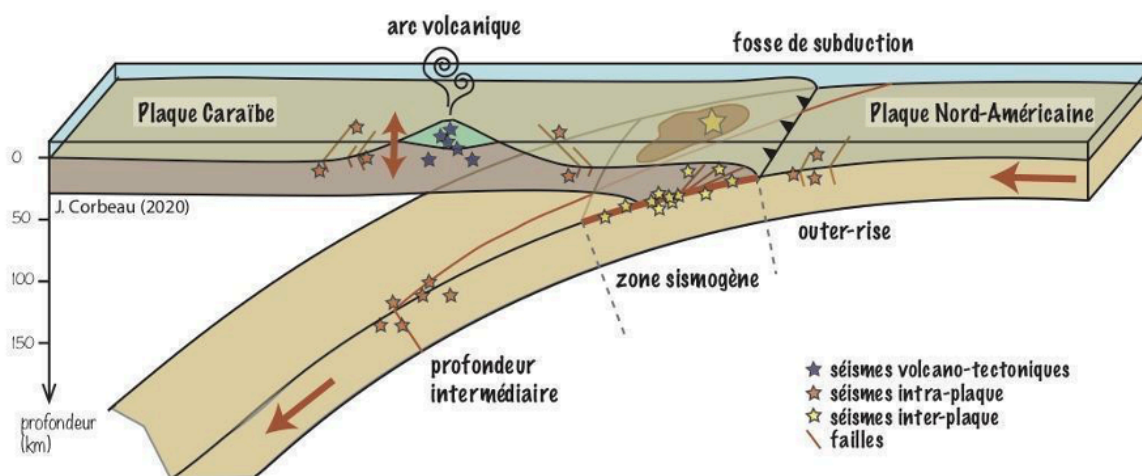


Figure 67 : Schéma conceptuel de la zone de subduction des Petites Antilles vue en fonction de la profondeur. Les étoiles de couleur indiquent les différents types de séismes enregistrés en Martinique. (source : J. Corbeau / OVSM-IPGP).

Activité sismo-tectonique locale et régionale

L'enregistrement et le prétraitement automatique de la sismicité ont lieu à l'OVSM 24h/24. Les données acquises par les réseaux de stations sismologiques sont enregistrées en temps réel, stockées localement, synchronisées avec l'IPGP à Paris, et traitées quotidiennement par les analystes de l'OVSM. Après traitement, les événements sismiques et leurs caractéristiques sont listés dans une main courante (catalogue dans lequel est consigné l'ensemble des événements identifiés) et proviennent soit d'événements détectés par les programmes de traitement automatiques et validés par les analystes, soit d'événements repérés visuellement sur les données numériques par les analystes.

Au cours de l'année 2025, l'OVSM-IPGP a identifié **2 043 séismes régionaux** d'origine tectonique au niveau de l'arc des Petites Antilles, et **164 télé-séismes** (séismes lointains dont les hypocentres sont situés à plus de 3000 km des réseaux sismologiques et dont la magnitude est généralement supérieure à 5). Les hypocentres de **1 272 séismes** d'origine tectonique ont pu être déterminés manuellement par les analystes de l'OVSM-IPGP (figure 68). Les localisations des séismes qui se situent à proximité des îles sont relativement bien contraintes par le réseau local ou régional (hypocentres à +/- quelques kilomètres). Pour les séismes plus lointains, la géométrie du réseau liée à l'alignement Nord-Sud des îles peut engendrer des incertitudes plus grandes de l'ordre de la dizaine de kilomètres.

En 2025, les magnitudes des séismes d'origine tectonique localisés varient entre 0,1 et 6,8 (figure 69). La majeure partie des événements possède une magnitude comprise entre 1,5 et 2,5, tandis que la magnitude représentative de l'année 2025 est de 2,2 (figure 69). Par rapport aux années précédentes, et notamment depuis 2020, nous constatons une augmentation de la sismicité dont la magnitude est comprise entre 0 et 2, ainsi que de la sismicité dont la magnitude est supérieure à 4 (figure 70). L'augmentation en 2025 de la sismicité dont la magnitude est supérieure à 4 est liée à l'activité inhabituelle qui s'est produite au large de la Guadeloupe. En effet, le 27 octobre 2025 à 8h38 heure locale, un séisme de magnitude 6,6 (selon le communiqué de l'OVSG-IPGP, le calcul interne à l'OVSM-IPGP fait avec des stations sismologiques différentes indique une magnitude 6,8) s'est produit à environ 160 km à l'est de la Guadeloupe, à une profondeur de 32 km. Ce séisme a été largement ressenti en Guadeloupe et en Martinique (intensité IV, échelle EMS-98). Il a été suivi par une réplique de magnitude 6,2 à 08h55 heure locale, elle aussi ressentie dans les deux îles (intensité III à IV, échelle EMS-98). Au moins 710 répliques ont ensuite été identifiées jusqu'à la fin décembre 2025, dont 254 localisées (figure 68), expliquant l'augmentation du taux de sismicité de l'année 2025.

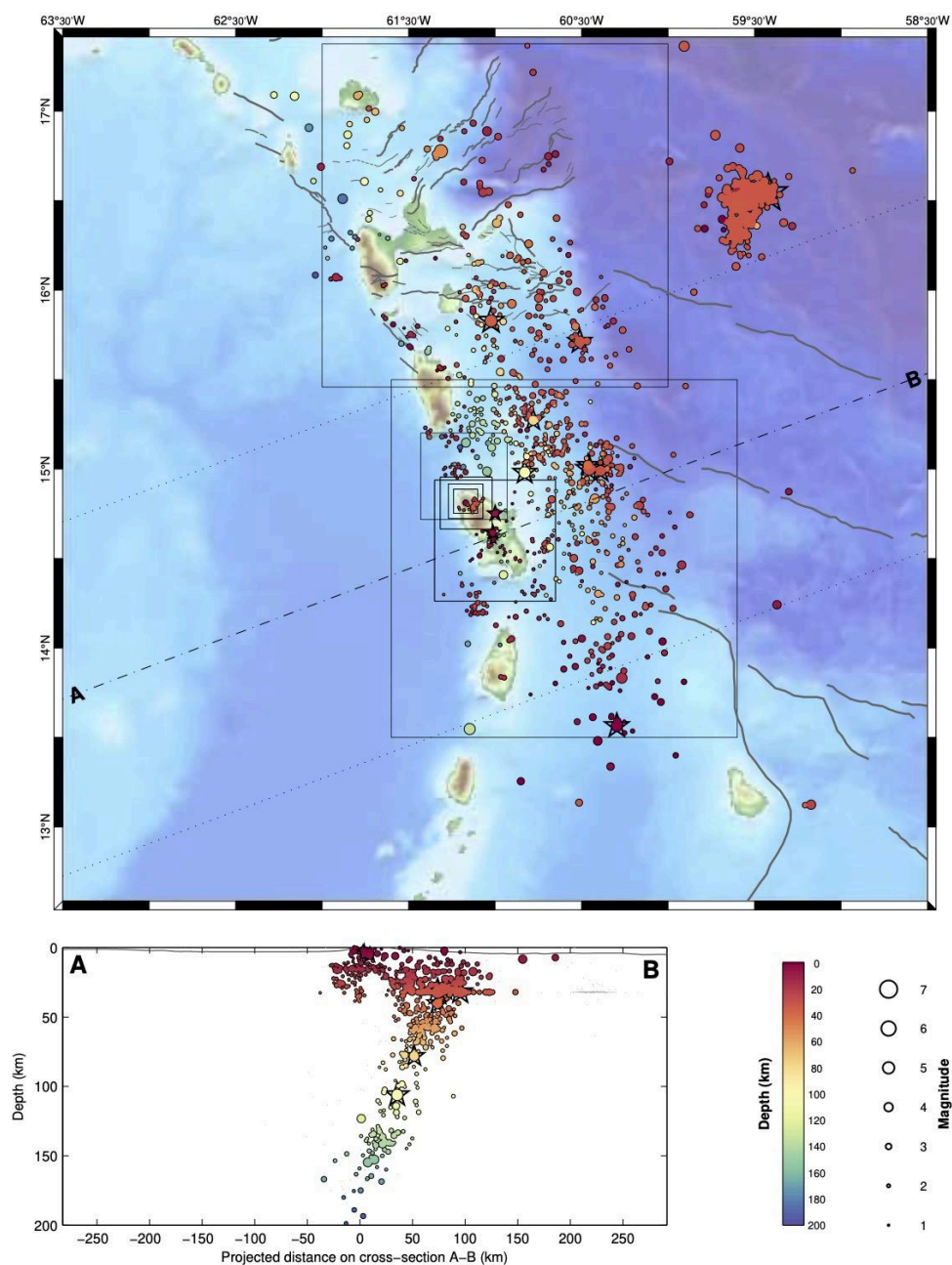


Figure 68 : Partie supérieure : carte des épicentres des séismes enregistrés et localisés par l'OVSM-IPGP au cours de l'année 2025 sur l'arc Antillais. Partie inférieure : représentation des hypocentres des séismes en fonction de la profondeur, suivant le profil A-B indiqué sur la carte. Les étoiles représentent les séismes ressentis en Martinique (source WebObs/OVSM).

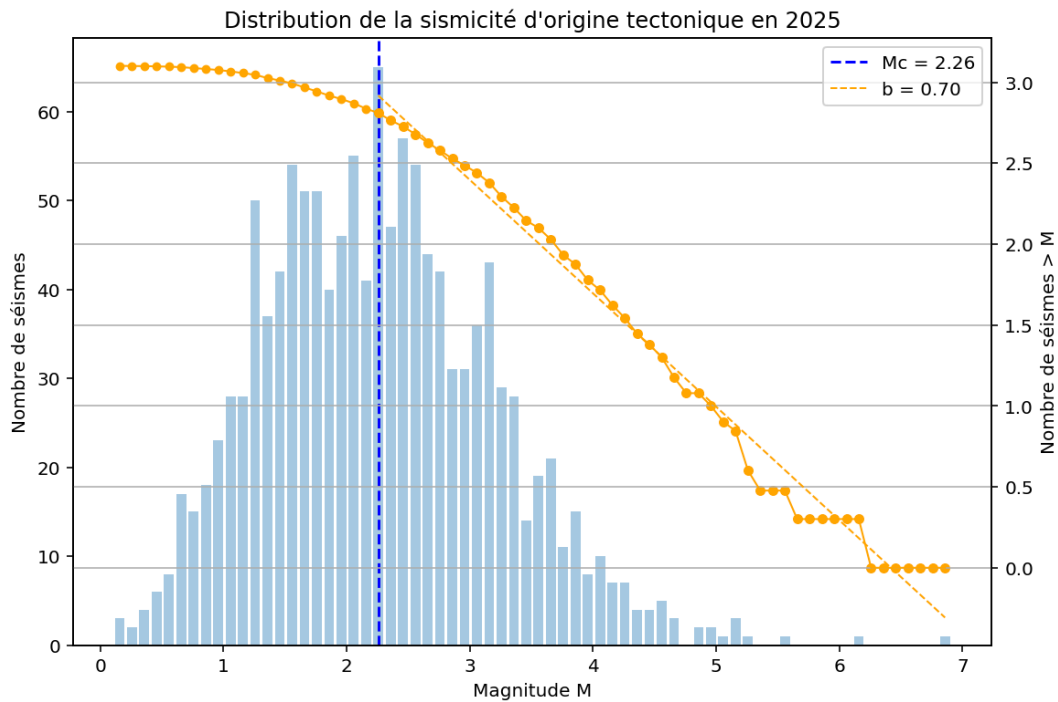


Figure 69 : Histogramme du nombre de séismes d'origine tectonique enregistrés en 2025 en fonction de leur magnitude, par tranche de 0,1 points de magnitude. La ligne pointillée bleue indique la magnitude de complétude du jeu de données (valeur M_c indiquée dans la légende). La courbe continue orange représente le nombre cumulé de séismes de magnitude supérieure à M en fonction de la magnitude M (diagramme de Gutenberg-Richter) sur une échelle logarithmique. La courbe pointillée orange correspond à la régression linéaire de la distribution sur la gamme de magnitude correspondante permettant de définir la pente de la distribution de Gutenberg-Richter ("valeur b ") indiquée dans la légende (source : J. Corbeau / OVSM-IPGP; données WebObs/OVSM).

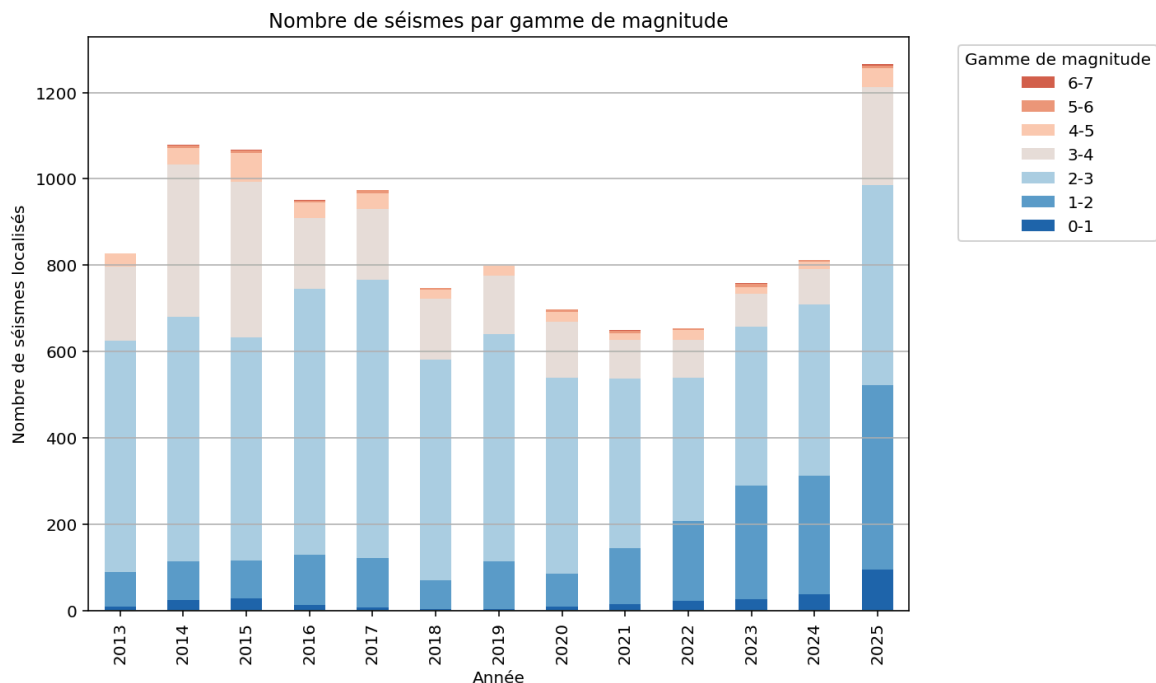


Figure 70 : Histogramme du nombre de séismes localisés par gamme de magnitude et pour chaque année entre 2013 et 2025 (source : J. Corbeau / OVSM-IPGP).

En 2025, la sismicité régionale enregistrée autour de la Martinique est principalement liée à la zone sismogène de l'interface de subduction (zone dite *inter-plaque*) et notamment au nord-est de la Martinique, dans la zone de rupture supposée du séisme historique de 1839 (**figure 71**). Nous notons également en 2025 une sismicité crustale marquée (zone intraplaque) en mer entre les îles de la Martinique et de la Dominique, et entre la Martinique et Sainte-Lucie, ainsi qu'à terre au centre de la Martinique (**figure 71**).

Deux essaims de séismes superficiels ont été enregistrés au nord du Lamentin et à Sainte-Marie en Martinique début 2025. Au total, 17 événements ont été identifiés dans la zone du Lamentin, et 14 dans la zone de Sainte-Marie (**figure 72**). Quatre d'entre eux ont été ressentis par les habitants des zones les plus proches (étoiles sur la **figure 72**). Ces séismes ont été localisés à des profondeurs allant de 1,5 km à 9,5 km au nord du Lamentin, et présentent des magnitudes (M_{lv}) comprises entre 0,6 et 3,1. Les séismes de l'essai de Sainte-Marie ont été localisés à des profondeurs comprises entre 2 km à 7,8 km, et possèdent des magnitudes (M_{lv}) comprises entre 0,3 et 3,1. Concernant les deux séismes ressentis les plus forts ayant eu lieu dans la zone nord du Lamentin, la détermination préliminaire des mécanismes au foyer associés aux ruptures indiquent des mouvements en extension (**figure 73**).

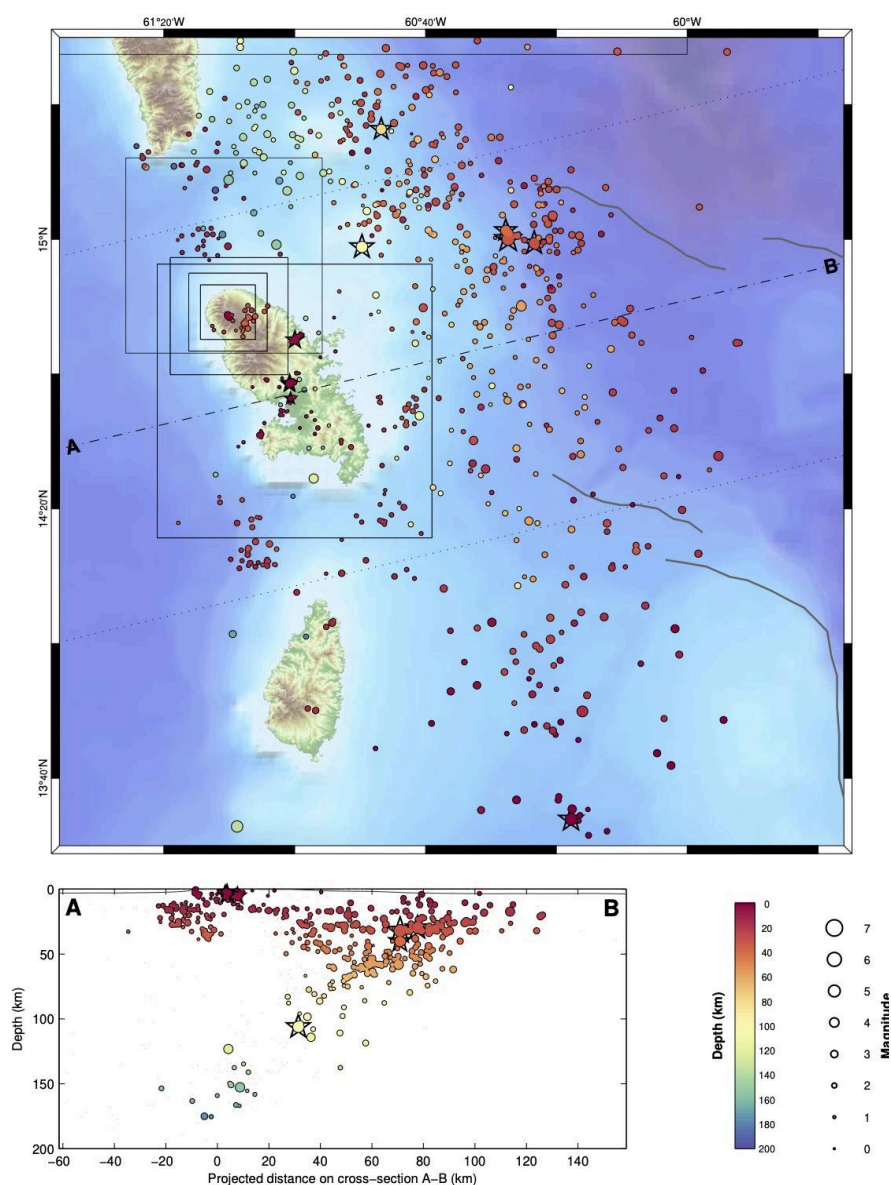


Figure 71 : Partie supérieure : carte des épicentres des séismes enregistrés et localisés par l'OVSVM-IPGP au cours de l'année 2025 autour de la Martinique. Partie inférieure : représentation des hypocentres des séismes en fonction de la profondeur, suivant le profil A-B indiqué sur la carte. Les étoiles représentent les séismes ressentis en Martinique (source WebObs/OVSVM).

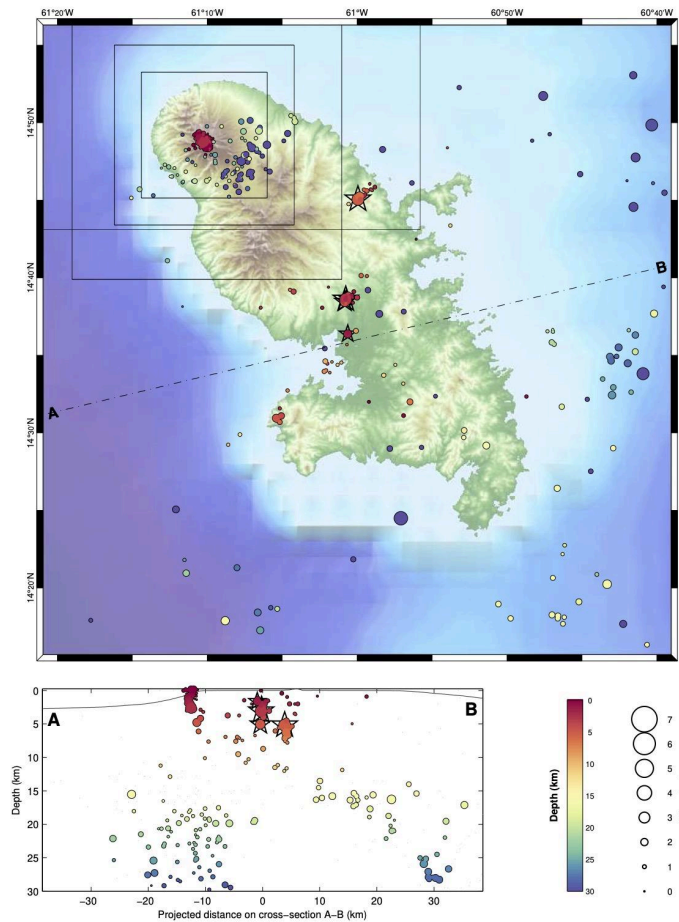


Figure 72 : Partie supérieure : carte des épicentres des séismes enregistrés et localisés par l'OVSIM-IPGP au cours de l'année 2025 autour de la Martinique. Partie inférieure : représentation des hypocentres des séismes en fonction de la profondeur, suivant le profil A-B indiqué sur la carte. Les étoiles représentent les séismes ressentis en Martinique (source WebObs/OVSIM).

Essaim zone Nord Lamentin

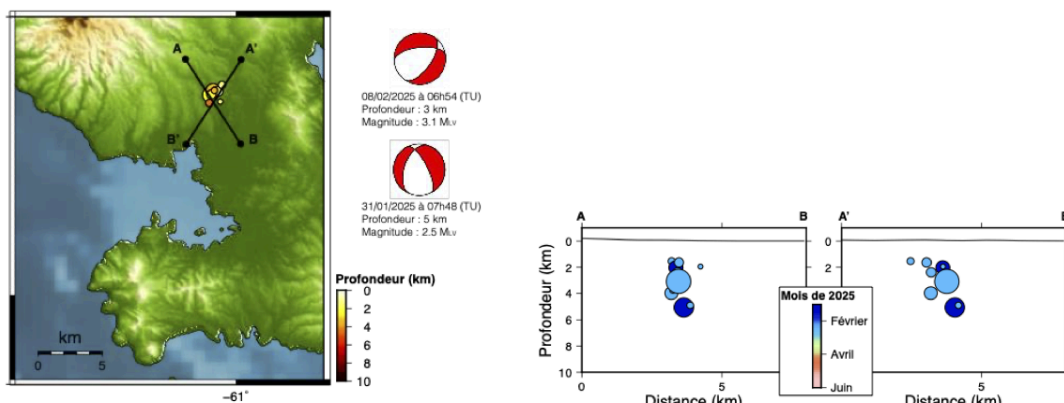


Figure 73 : Carte et coupes des séismes enregistrés et localisés par l'OVSIM-IPGP au nord du Lamentin entre janvier et mars 2025. Les mécanismes au foyer préliminaires calculés pour les deux événements les plus forts indiquent des ruptures en extension (source J. Corbeau / OVSIM-IPGP).

Séismes ressentis en 2025

Au cours de l'année 2025, l'OVSM-IPGP a localisé en moyenne **106 séismes tectoniques régionaux** par mois, dont certains ont pu être ressentis par la population en fonction de leur localisation.

Lors d'un séisme fort, un SMS d'alerte est envoyé automatiquement vers le téléphone portable de la personne d'astreinte. Si ce message d'alerte est associé à au moins deux témoignages indépendants de personnes ayant ressenti la secousse, la personne de permanence procède immédiatement au traitement des données, afin de localiser le séisme et de calculer sa magnitude, et prévient le SIDPC. Elle émet ensuite un bulletin d'information (appelé B³ - « B cube ») qui contient les caractéristiques du séisme et une carte indiquant les intensités prédites de la secousse pour chaque commune de Martinique. Ce bulletin est à destination des autorités, des scientifiques des autres centres de surveillance régionaux, des médias, des abonnés à nos listes de diffusion, et du BCSF-Rénass, qui crée alors une page sur son site web www.franceseisme.fr afin de déclencher la collecte de témoignages.

En 2025, **15 séismes ont été ressentis** en Martinique (représentés par les étoiles sur les **figures 68, 71 et 72**), d'intensités I-II à IV (**tableau 7**).

Date	Heure locale	Magnitude	Profondeur (km)	Epicentre	Intensité EMS98	Type
31/01/2025	03h48	2,5 MLv	5	2,7 km au NNW du Lamentin	II à III	Crustal
31/01/2025	04h01	1,8 MLv	2	3,1 km au NNW du Lamentin	I à II	Crustal
08/02/2025	02h54	3,1 MLv	3	2,9 km au NNW du Lamentin	II à IV	Crustal
02/03/2025	20h01	5,0 MLv	46	57 km à l'ENE de Trinité	III à IV	Interplaque
03/03/2025	18h44	5,1 MLv	28	29 km à l'E de Marie-Galante	II à III	Interplaque
22/03/2025	00h08	3,1 MLv	5	3,4 km au SSW de Sainte-Marie	III	Crustal
25/03/2025	00h53	4,5 MLv	106	28 km au NE du Marigot	III	Profondeur intermédiaire
16/04/2025	15h13	4,1 MLv	40	62 km au NE de Trinité	II à III	Interplaque
21/04/2025	06h06	2,1 MLv	2	1,9 km au SW du Lamentin	II à III	Crustal
27/04/2025	19h33	4,6 MLv	< 1	91 km au NW de la Barbade	II à III	Crustal
06/07/2025	11h29	4,6 MLv	32	114 km au NNE du Marigot	II	Interplaque
14/09/2025	07h49	4,1 MLv	78	57 km au NNE du Marigot	IV	Interplaque
27/10/2025	08h38	6,6 ML	32	168 km à l'E de la Désirade	IV	Interplaque
27/10/2025	08h55	6,2 ML	32	163 km à l'E de la Désirade	III à IV	Interplaque
23/11/2025	17h22	4,4 MLv	30	67 km au NE de Trinité	II à III	Interplaque

Tableau 7 : Caractéristiques des séismes ressentis en Martinique au cours de l'année 2025 (source : OVSM-IPGP).

Pour comparaison, en 2024, 4 séismes tectoniques avaient été ressentis en Martinique. La **figure 74** indique le nombre de séismes ressentis en Martinique chaque année depuis l'an 2000, et précise pour chaque année le nombre de ces séismes qui ont eu lieu dans la zone inter-plaqué de la subduction, dans la zone de profondeur intermédiaire de la zone de subduction, et dans la partie superficielle de la croûte Caraïbe (zone intra-crustale). En moyenne, sur les 25 dernières années, 9 séismes sont ressentis chaque année.

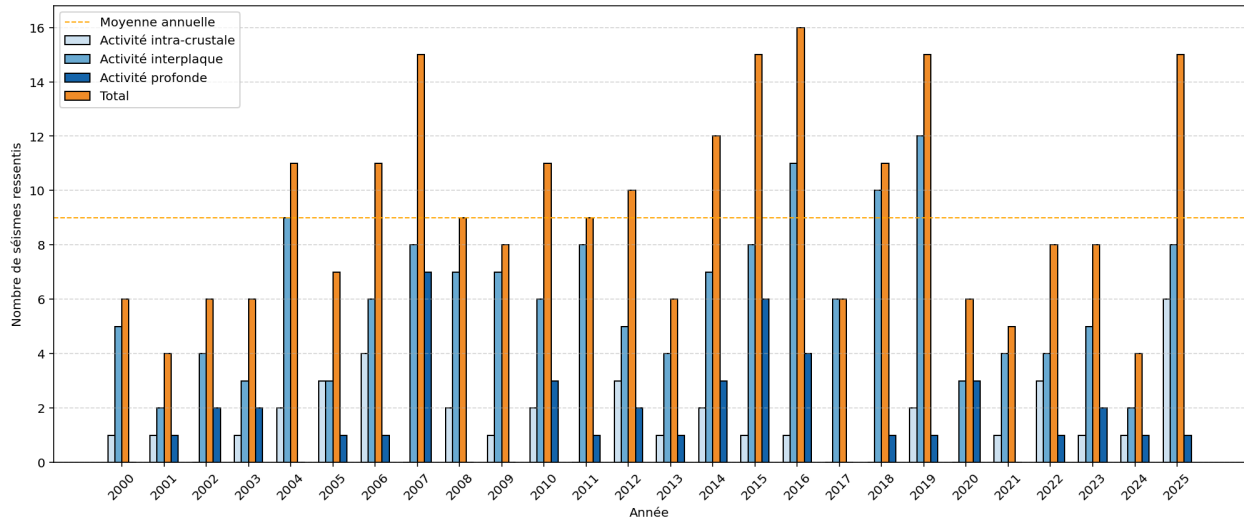


Figure 74 : Évolution du nombre de séismes ressentis en Martinique par année dans les différentes zones de rupture de la subduction des Petites Antilles depuis l'an 2000. La moyenne est de 9 séismes ressentis par an (source : J. Corbeau / OVSM-IPGP).

Déformations régionales

Les vecteurs de déplacement à l'échelle de la Martinique, calculés à partir des mesures réalisées sur les deux dernières années, sont représentés sur la **figure 75**. Ces vecteurs de déplacement ne montrent pas de variations par rapport aux années précédentes et reflètent bien la dynamique de la tectonique régionale à l'échelle de la plaque Caraïbe, avec un déplacement d'environ 2 cm/an vers le Nord-Est.

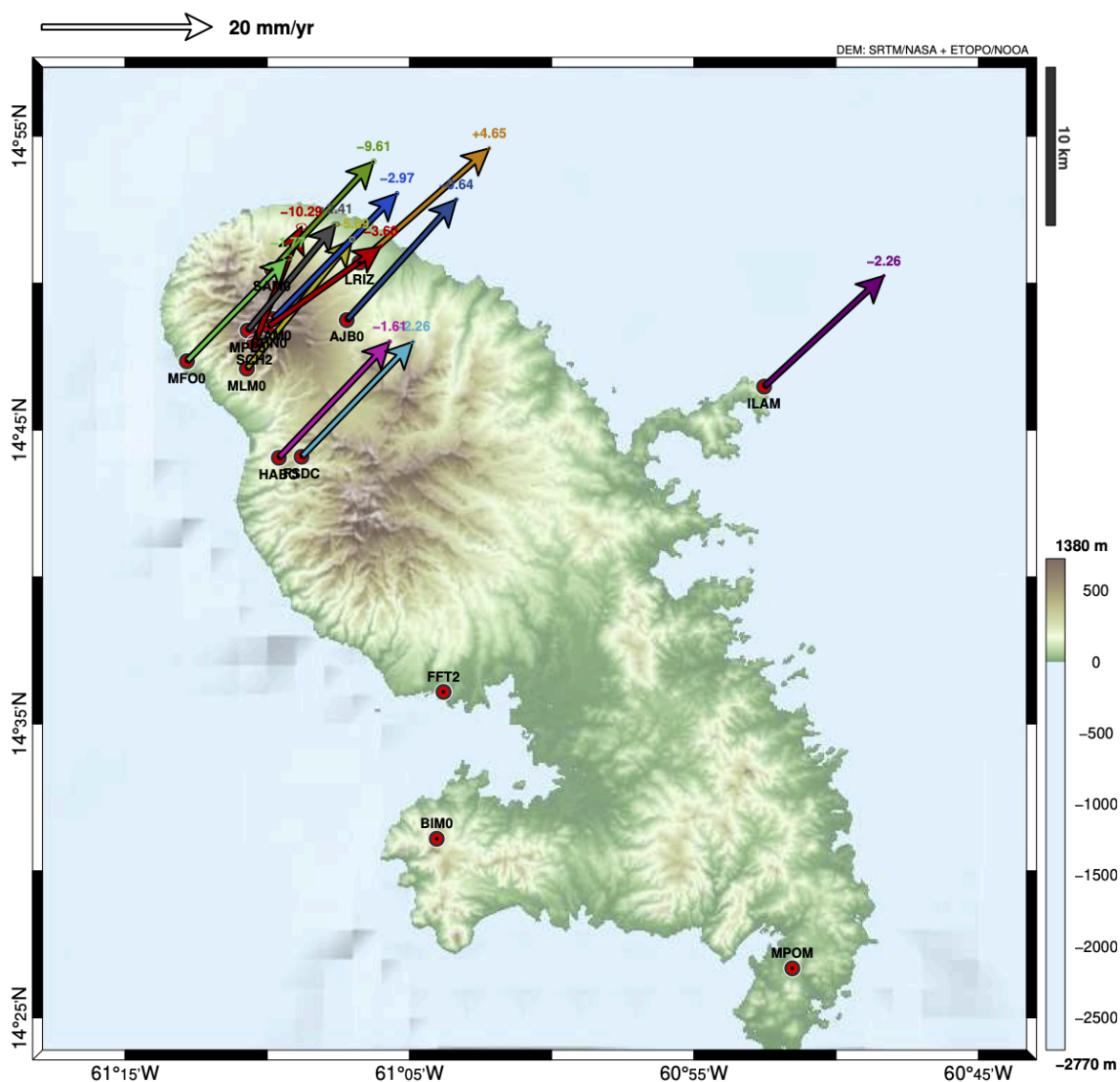


Figure 75 : Vecteurs de déplacement calculés avec le logiciel GipsyX à partir des deux dernières années (2024 et 2025) de mesures du réseau GNSS permanent de l'OVSM-IPGP. La taille des vecteurs représente la vitesse de déplacement en mm/an, et la flèche indique le sens du déplacement par rapport à la plaque Nord-Américaine (source WebObs/OVSM).



Projets de recherche

Homogénéisation en magnitude du catalogue sismique instrumental des Petites Antilles

À la suite des travaux initiés en 2019 par le MTE pour la remise à niveau de la caractérisation probabiliste de l'aléa sismique aux Antilles, un nouveau zonage sismotectonique a été élaboré (Foix et al., 2023). En 2022 et en 2024, l'IPGP a publié un premier catalogue instrumental validé à l'échelle des Antilles pour les périodes de 2014 à 2019 (Saurel et al., 2022) et de 2020 à 2022 (Saurel et al., 2024), construit à partir des catalogues instrumentaux issus des OVS de Guadeloupe et de Martinique harmonisés et assemblés pour ne former qu'un jeu de données de 18 784 séismes couvrant l'ensemble de l'arc des Petites Antilles. Cependant, pour être utilisable pour les études probabilistes d'aléa, les magnitudes de ce catalogue instrumental devaient être homogénéisées et converties en magnitude de moment. Pour réaliser ce travail, l'OVSM-IPGP a recruté un chercheur, O.L. Gonzalez, dans le cadre d'une convention avec le MTE et du projet ATLAS supporté par Epos-France, entre octobre 2024 et juin 2025.

L'objectif du travail de recherche appliquée d'O.L. Gonzalez était de réaliser un catalogue instrumental en magnitude de moment (M_w) en analysant les formes d'onde et les spectres des événements sismiques répertoriés dans le catalogue validé 2014-2022. Pour ce faire, O.L. Gonzalez a débuté son travail à l'IPGP où il s'est formé à l'utilisation du code SourceSpec (Satriano, 2026) aux côtés de C. Satriano. Ce code permet, par l'analyse des spectres d'ondes S et/ou P, de calculer les paramètres de la source sismique tels que le moment sismique, la fréquence coin, l'énergie rayonnée et la chute de contrainte. O.L. Gonzalez a ensuite rejoint l'OVSM-IPGP en Martinique pour travailler avec J. Corbeau, où son objectif a été d'employer ces méthodes pour l'analyse du catalogue instrumental des observatoires volcanologiques et sismologiques de l'IPGP pour la période 2014-2022. Le code SourceSpec a été utilisé sur les séismes dont la magnitude est supérieure à 2 (8 472 événements) pour inverser le spectre de déplacement de l'onde S et/ou P et estimer la M_w correspondante. Au total, les inversions de 4 564 séismes ont pu être validées (**figure 76**). Les séismes d'une magnitude supérieure à environ 4,5 ont également été analysés à l'aide du code ISOLA (Zahradnik and Sokos, 2018), qui permet de calculer le tenseur de moment complet, pour comparer les valeurs obtenues par les deux approches et ainsi valider les résultats. L'analyse des résultats obtenus a permis d'établir des relations de régressions entre les magnitudes calculées couramment par les observatoires des Antilles (M_d , M_L et M_{lv}) et la magnitude de moment M_w (**figure 77**), et d'étudier la variabilité de la chute de contrainte en fonction du contexte tectonique : sismicité crustale, interface de subduction, sismicité profonde. Ces relations de régressions ont ensuite été appliquées à l'ensemble des événements sismiques du catalogue 2014-2022 afin d'obtenir le premier catalogue instrumental des OVS homogène en magnitude de moment M_w (**figure 78**). La **figure 79** présente l'histogramme du nombre de séismes en fonction de leur magnitude M_w et indique que la magnitude de complétude de ce nouveau catalogue est égale à $M_w = 2,55$.

Les équations construites par O.L. Gonzalez durant son travail de post-doctorat pour la période 2014-2022 ont ensuite été appliquées à l'ensemble des événements sismiques revus et validés, localisés manuellement par les observatoires de l'IPGP en Guadeloupe et Martinique, permettant ainsi de remonter jusqu'en 1981 (Saurel et al., 2026). Le livrable de cette étude, en cours de finalisation, est donc le premier catalogue instrumental, homogène en magnitude de moment pour la zone Antilles couvrant la période de 1981 à 2022. Ce catalogue, qui recense plus de 32 000 séismes localisés manuellement par les observatoires volcanologique et sismologique de l'IPGP, contient la localisation des séismes associée à la magnitude de moment, calculée par l'analyse des formes d'ondes et des spectres des ondes S et/ou P pour la période de 2014 à 2022, ou calculée à partir des équations de régressions établies par O.L. Gonzalez pour la période de 1981 à 2013. Une version de ce catalogue a été livrée début septembre 2025 aux autres groupes de travail du projet Atlas en charge des études sur le *Probabilistic Seismic Hazard Assessment* (PSHA) et les lois d'atténuation. A l'issue des retours des équipes utilisatrices, des ajustements et corrections pourront être apportés avant son dépôt dans l'entrepôt du centre de données de l'IPGP en libre accès sous plusieurs formats et l'attribution d'un DOI.

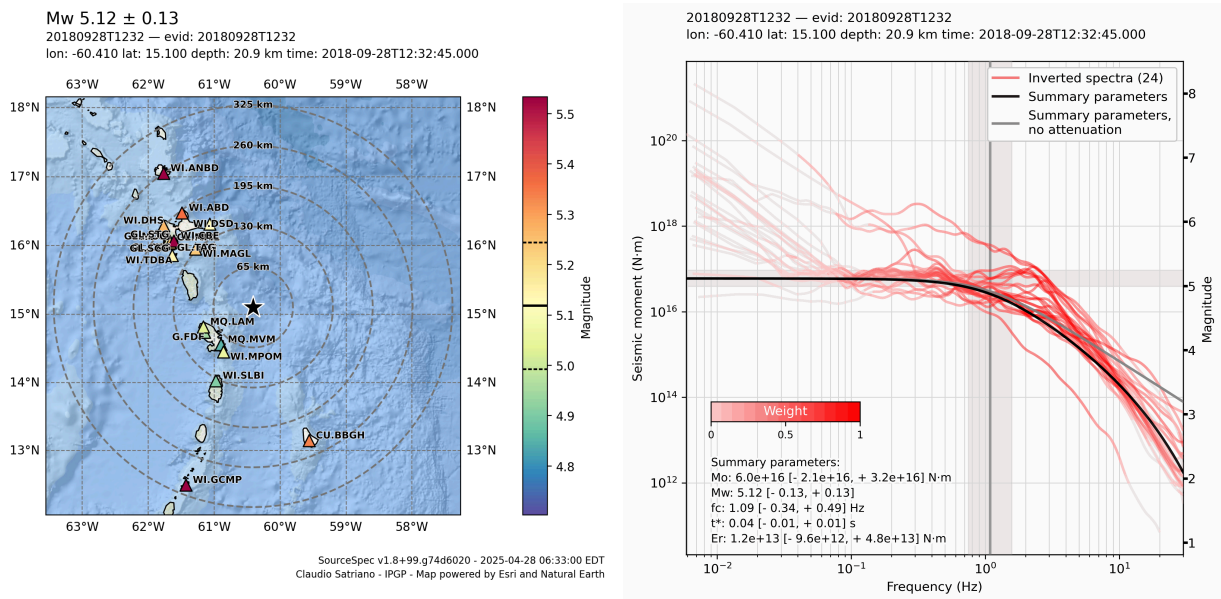


Figure 76 : Exemple du résultat de l'inversion spectrale (code SourceSpec de Satriano, 2026) des ondes S de 24 stations ayant enregistré le séisme du 28/09/2018 qui s'est produit à 21 km de profondeur au large de la Martinique (étoile sur la carte de gauche). La magnitude Mw estimée pour ce séisme est de 5,1 contre 5,9 pour la magnitude MLv calculée manuellement à l'observatoire le jour du séisme (source : O'L. Gonzalez, OVSM-IPGP).

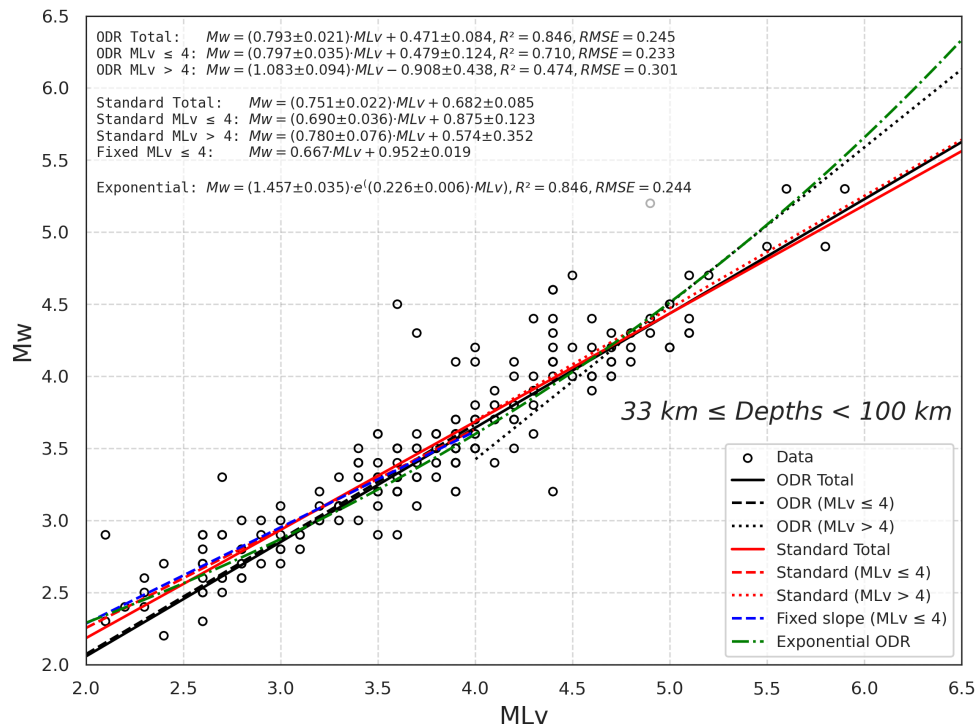


Figure 77 : Exemple d'équations de régressions entre la magnitude MLv présente dans le catalogue instrumental des observatoires volcanologique et sismologique de l'IPGP entre 2014 et 2022, pour les séismes localisés entre 33 km et 100 km de profondeur, et la magnitude de moment Mw calculée par l'analyse des formes d'ondes. L'équation retenue dans la suite de l'étude est la relation exponentielle (notée Exponential ODR et représentée en vert) (source : O.L. Gonzalez / OVSM-IPGP).

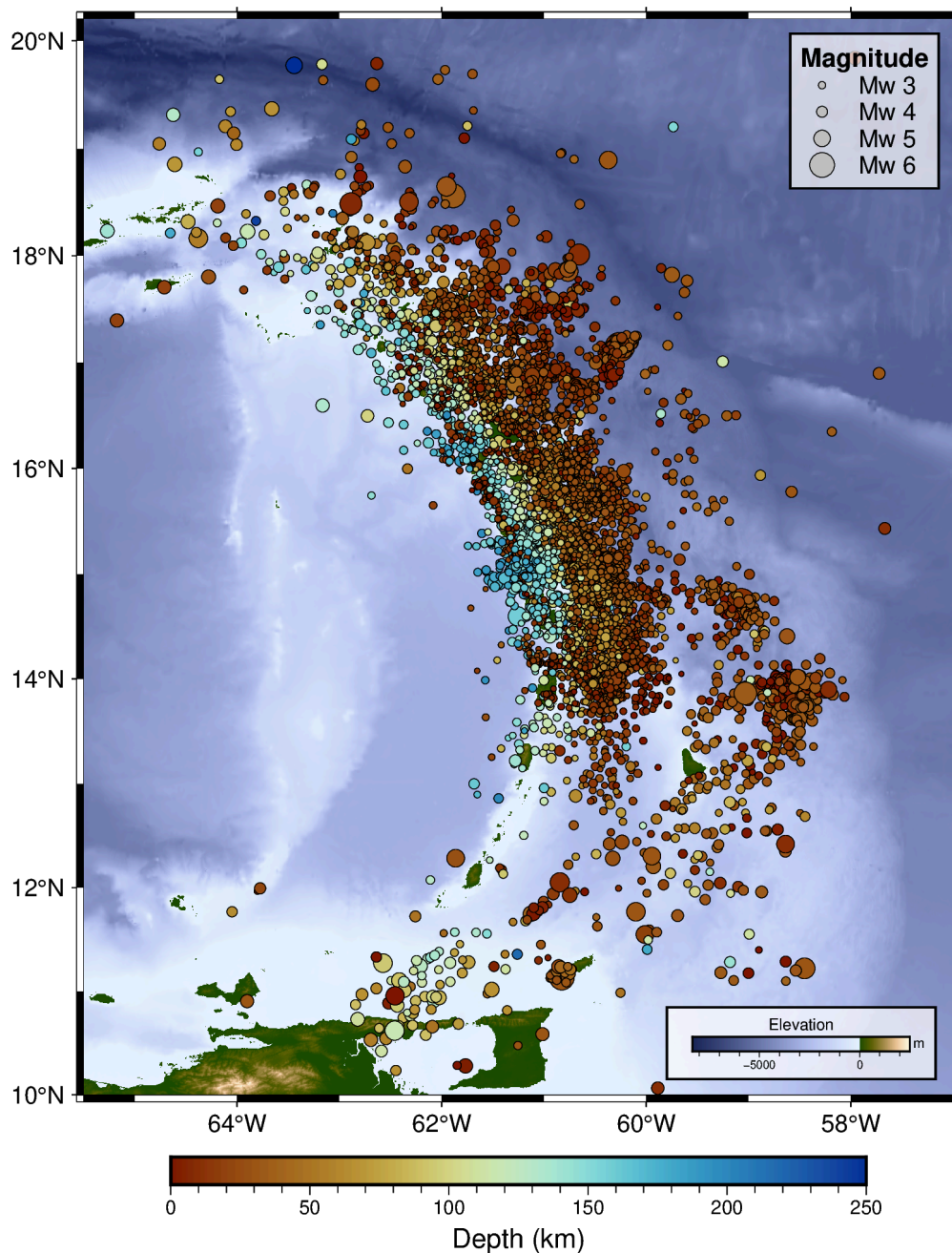


Figure 78 : Carte de localisation du catalogue instrumental des OVS homogénéisé en magnitude de moment Mw pour la période 2014-2022 (source : OL. Gonzalez et J. Corbeau / OVSM-IPGP).

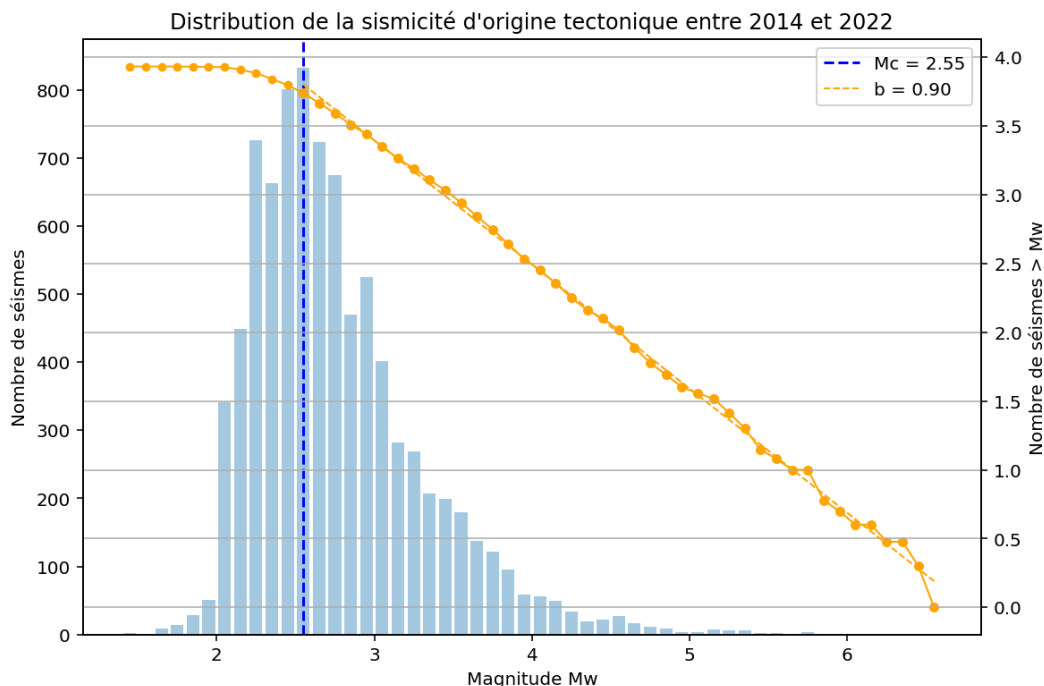


Figure 79 : Histogramme du nombre de séismes d'origine tectonique enregistrés entre 2014 et 2022 en fonction de leur magnitude M_w , par tranche de 0,1 points de magnitude. La ligne pointillée bleue indique la magnitude de complétude du jeu de données (valeur M_c indiquée dans la légende). La courbe continue orange représente le nombre cumulé de séismes de magnitude supérieure à M_w en fonction de la magnitude M_w (diagramme de Gutenberg-Richter) sur une échelle logarithmique. La courbe pointillée orange correspond à la régression linéaire de la distribution sur la gamme de magnitude correspondante permettant de définir la pente de la distribution de Gutenberg-Richter ("valeur b ") indiquée dans la légende (source : OL Gonzalez et J. Corbeau / OVSM-IPGP; données WebObs/OVSM).

Expérience MQnodes

L'entreprise TLS Geothermics, spécialisée dans le domaine de la géothermie profonde, a récemment obtenu en Martinique deux permis exclusifs de recherche (PER) dans la zone du Lamentin (PER "Coeur Martinique") et dans celle des Anses d'Arlets (PER "Pointe Sud-Ouest"). Dans le cadre de ses travaux d'exploration, TLS Geothermics a souhaité réaliser une campagne d'acquisition géophysique en sismique passive de grande ampleur sur l'ensemble du territoire de la Martinique afin d'améliorer la connaissance de la structure interne de l'île. TLS Geothermics a sollicité l'OVSM-IPGP pour mettre en place une collaboration scientifique et réaliser cette campagne de mesure.

Dans ce cadre, TLS Geothermics et l'OVSM-IPGP ont déployé pendant un mois entre mi-mai et mi-juin 2025 un réseau temporaire dense de 500 stations sismiques miniaturisées autonomes, appelées "nodes", sur l'ensemble de la Martinique (**figure 80**). Cette expérience a été baptisée *MQnodes* au sein de l'OVSM. En amont de la campagne, l'OVSM-IPGP a accompagné TLS dans les démarches menées auprès des mairies et des organismes pour l'installation temporaire de ces capteurs le long des routes communales, départementales ou chemins de randonnées. Le site de l'observatoire a servi de base logistique pour la réception et le stockage du matériel, la recharge des batteries des nodes et la gestion des données à la fin du déploiement.

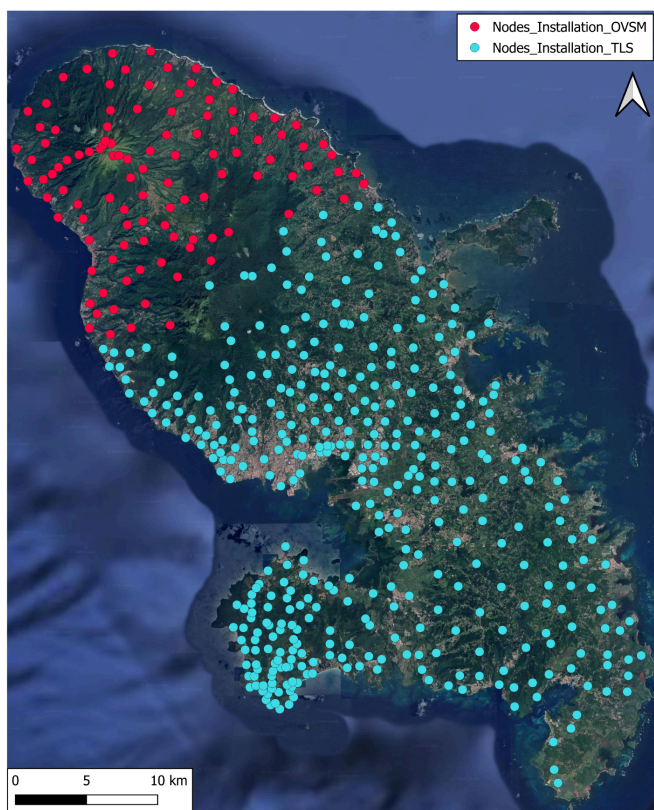


Figure 80 : Carte des nodes sismiques déployés sur tout le territoire de la Martinique en mai 2025 par l'OVSM (en rouge) et par TLS (en bleu), et ayant enregistré les signaux sismiques durant 1 mois.

L'installation des 500 nodes s'est déroulée du 12 au 16 mai 2025. A l'OVSM-IPGP, 11 agents se sont mobilisés par équipe de 2 pour installer 108 nodes sur la partie nord de la Martinique (**figures 80 et 81**), avec une personne en permanence à l'observatoire pour assurer la supervision et le suivi des déploiements. La désinstallation s'est effectuée du 16 au 20 juin 2025, soit après 30 jours d'acquisition. Le même personnel de l'OVSM a été mobilisé ainsi que 5 stagiaires¹⁰. Par convention, l'OVSM dispose des droits pour mener des travaux de recherche sur les données de 286 nodes, incluant la totalité de ceux installés dans le Nord et ceux répartis sur une maille homogène sur le reste de l'île.

Le bilan technique de cette expérience est particulièrement satisfaisant. Sur les 500 nodes installés, 496 ont fourni des données complètes sur une durée médiane de 27,5 jours (batterie d'une autonomie d'environ 30 jours), soit un volume de 2,2 To de données brutes.

En termes scientifiques, *MQnodes* permettra de mettre en œuvre différentes techniques d'imagerie sismologique passives (tomographie de bruit sismique, tomographie de temps d'arrivées de phases, fonctions récepteur, imagerie matricielle, etc.) afin de mieux contraindre la structure de la croûte et du manteau lithosphérique sous la Martinique et, plus localement, à l'échelle de l'édifice de la Montagne Pelée. Pour l'OVSM, un enjeu fort est de disposer d'un modèle de vitesse 3D régional (sur l'ensemble de la Martinique) et local (Montagne Pelée) afin d'améliorer la localisation de la sismicité d'origine tectonique et volcanique. Ce jeu de données permettra également de mieux analyser les sources sismiques des événements qui se sont produits durant l'expérience. En guise d'exemple, la **figure 82** illustre les sismogrammes obtenus par 495 nodes d'une séquence de séismes profonds de type longue-période qui s'est produite le 20 mai 2025. Malgré une magnitude relativement faible ($M_{lv} = 0,9$) on observe que cet événement est clairement visible sur la grande majorité des nodes, même ceux installés dans le sud de la Martinique à 50 km de l'épicentre. Cela va permettre de mieux contraindre ces séismes volcaniques profonds en termes de localisation et de mécanisme.

L'analyse poussée de ce jeu de données exceptionnel est en cours et fera l'objet de différents projets de recherche dans les mois et années à venir.

¹⁰ Charlyse Pot, Sacha Guy, Bastien Bur, Abel Campagne et Pablo de Sousa



Figure 81 : Installation d'un node par F. Jadelus au Prêcheur (à gauche) et par A. Andrieu sur la Montagne Pelée (à droite).

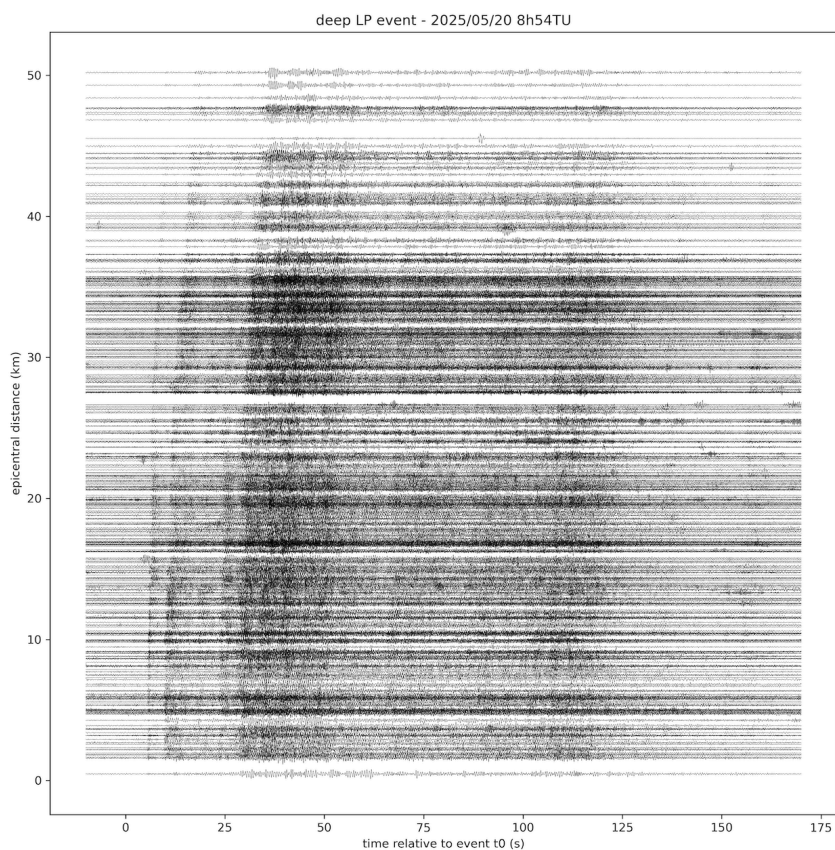


Figure 82 : Exemple d'une séquence de séismes profonds d'origine volcanique de type longue-période (20 mai 2025 à 8h45TU) enregistrée par 495 nodes de l'expérience MQnodes dans le cadre de la collaboration entre l'OVSM-IPGP et TLS-Geothermics. Les signaux ont été filtrés entre 1,5 et 5 Hz et sont organisés en fonction de la distance épacentrale par rapport à l'origine calculée à partir des stations permanentes de l'OVSM-IPGP ($14,78^{\circ}\text{N}$, $61,14^{\circ}\text{W}$, $z = 31 \text{ km}$, $M_{lv} = 0,9$) pour l'événement le plus énergétique de la séquence. On distingue aisément plusieurs fronts d'ondes de phases P et S au sein de cette séquence et même les nodes les plus éloignés (~50 km) présentent un bon rapport signal à bruit.



PEPR Risques (IRiMa)

Le programme [Risques](#) (IRiMa - Gestion intégrée des Risques pour des sociétés plus résilientes à l'ère des changements globaux) est un PEPR (Programme et équipement prioritaire de recherche) qui vise à comprendre les processus naturels et sociaux qui génèrent des risques et des catastrophes, et à développer des démarches et outils innovants pour mieux y faire face. Il fédère les communautés scientifiques (géosciences, sciences de l'environnement, ingénierie, sciences des données, sciences humaines et sociales) de plusieurs institutions et laboratoires partenaires, dont l'IPGP, afin de contribuer à l'élaboration d'une nouvelle stratégie nationale de gestion des risques et des catastrophes à l'ère des changements globaux. Son organisation est basée d'une part sur 8 projets ciblés (PC), qui ont pour la plupart été contractualisés en 2024, et d'autre part sur des appels à projet.

L'OVSIM-IPGP est impliqué dans plusieurs axes scientifiques et projets ciblés dont, en particulier, le PC Risques en Outre-mer (ROM) et le PC "Chaires collectives". Les deux sous-sections suivantes détaillent ces PC et notamment les volets au sein desquels l'OVSIM-IPGP est particulièrement impliqué. En outre, l'OVSIM-IPGP prendra part au projet IRIVOLC (porteur : Jean-Christophe Komorowski, IPGP), qui a été récemment retenu à l'appel à projets, et qui a pour ambition d'améliorer et d'innover, au-delà de l'état actuel des connaissances, la science et les outils d'aide à la décision nécessaires aux parties prenantes pour répondre aux éruptions volcaniques majeures de type *High Impact Low Probability* (HILP), en mettant l'accent sur la Soufrière (Guadeloupe) et la Montagne Pelée (Martinique).

Programme cible Risques en Outre-mer (ROM)

Le PC ROM (risques sismo-volcaniques, tsunamis et hydro-climatiques en Outre-mer et zones intertropicales) est coordonné par Anne Le Friant (IPGP) et Ywenn De la Torre (BRGM). Il vise à répondre à 3 défis principaux :

- Identifier de nouveaux observables pour l'étude des risques naturels et de leur impact anthropique sur de grandes échelles spatio-temporelles ;
- Développer des modèles holistiques et intégrer des processus complexes ;
- Développer des stratégies de gestion intégrée des risques s'adaptant à l'Outre-mer et aux zones intertropicales et également capables de faire face aux conséquences des événements extrêmes et en cascade.

La Martinique, et en particulier le volcan de la Montagne Pelée, est le site pilote du *work package* 1 orienté sur les risques sismo-volcaniques. Au sein de ce volet, il est notamment prévu le développement de 3 stations multi-paramétriques en forage qui viendront compléter le réseau de l'OVSIM-IPGP autour de la Montagne Pelée (voir rapport annuel 2024 OVSIM-IPGP). Ces stations intégreront un sismomètre large-bande à 10 m de profondeur, deux inclinomètres à 10 m - grande dynamique - et 50 m - haute résolution - de profondeur, des mesures de température, des mesures piézométriques et de conductivité, une antenne GNSS, une station météo et une centrale d'acquisition et de transmission. Une station multi-capteurs de surface est également prévue.

Ces nouvelles stations permettront :

- D'établir des lignes de base de paramètres physico-chimiques de l'activité du volcan avec un rapport signal/bruit amélioré et à haute résolution temporelle ;
- De détecter avec le maximum de résolution temporelle des signaux précurseurs à une activité éruptive ;
- De disposer de sites résilients aux phénomènes volcaniques, sismiques et cycloniques afin, par exemple, de pouvoir être fonctionnels avant et surtout pendant et après une éruption majeure.

D'autre part, il est prévu de réaliser un forage carotté d'au moins 50 m de profondeur dans la zone de Chamflore qui a préservé plusieurs milliers d'années d'activité éruptive de la Montagne Pelée au sein d'archives sédimentaires lacustres.

Après une première phase de prospection des sites potentiels fin 2024, l'équipe de l'OVSIM-IPGP a profité du déploiement du réseau de 500 nodes en Martinique en partenariat avec TLS Geothermics (voir section précédente) pour caractériser en 2025 l'ensemble des sites déjà reconnus, ainsi que d'autres sites potentiels, en termes de niveau de bruit sismique ambiant. Cette phase préalable de test de site est en effet cruciale pour s'assurer que les stations en forage répondront aux objectifs scientifiques fixés. Les analyses des données des nodes montrent que pour au moins 2 sites des signaux perturbateurs d'origine anthropique (fonctionnement des éoliennes, vibration d'un mât de télécommunication) sont clairement visibles dans les données et nécessitent de prospecter de nouveaux sites (**figure 83**).

En outre, en 2025, l'équipe de l'OVSIM-IPGP a débuté une prospection d'entreprises de BTP en mesure de réaliser les forages et a œuvré à la sécurisation des fonds pour la réalisation du troisième forage (dans le cadre d'une nouvelle convention pluri-annuelle IPGP-MTE), non financé par le programme Risques.

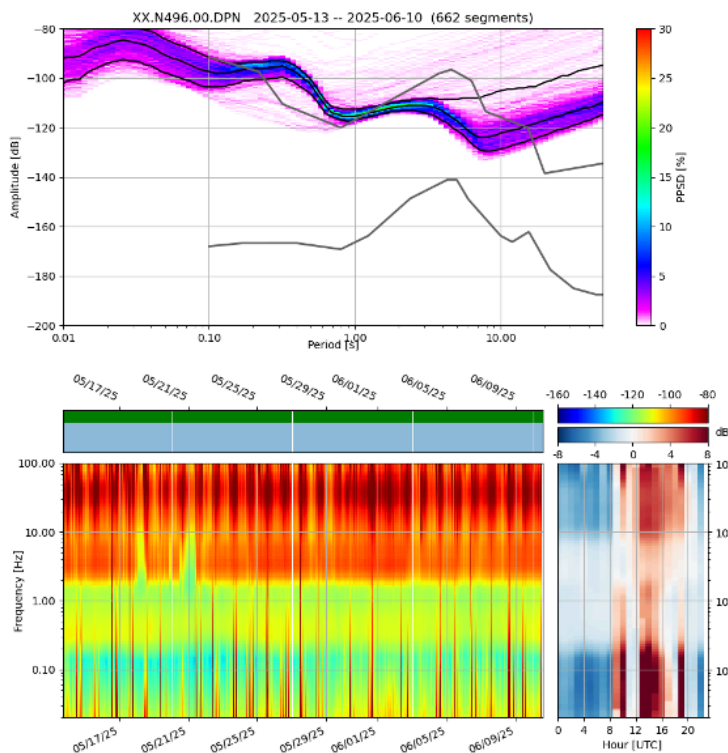


Figure 83: Analyse du niveau de bruit sismique ambiant pour le node N496 installé pendant un mois sur le site de Malakoff (commune de Grand'Rivière) envisagé pour la construction d'une station multi-paramétriques en forage dans le cadre du programme cible ROM du PEPR Risques. Voir la légende de la figure 5 pour le détail des éléments représentés. On remarque notamment un bruit sismique quasi permanent entre 2 et 10Hz, très probablement induit par le fonctionnement du parc d'éoliennes situé à environ 1 km du site testé.

PC Chaires collectives

Le programme ciblé « Chaires collectives » vise à mettre en place quatre chaires de recherche collaboratives pour renforcer les activités scientifiques transversales du PEPR Risques et leur valorisation en créant les conditions de collaborations pluri et interdisciplinaires à une large échelle. La chaire 1 est orientée autour des données, modèles et décisions en sciences des risques, la chaire 2 autour de la notion de multi-risques, la chaire 3 sur la thématique sciences, expertise et politique à l'ère des changements globaux et la chaire 4 traite de la culture et médiation des risques.

J. Vergne (OVSM-IPGP) est l'un des 3 coordinateurs de cette chaire 4 (avec Sébastien Soubiran de l'Université de Strasbourg et Anne Rasmussen de l'EHESS/CNRS), structurée autour de trois axes :

- Mise en culture et en public des risques. Il s'agit d'établir un bilan des travaux de recherche et des réflexions expertes sur la mise en culture et en public des risques et catastrophes environnementaux sur la longue durée (musées, médias, cinéma, littérature...);
- Mémoire, histoire et patrimoine : Il s'agit de saisir les multiples temporalités du déploiement et de l'impact des crises, de leur histoire et de leur mémoire (rapport au passé, au présent, au futur) et de constituer une base de données ouverte constituée de nouveaux corpus de matériaux documentaires (objets du quotidien, instruments scientifiques, archives écrites, audiovisuelles, archives orales, bâtiments...);
- Médiation et expérimentations culturelles. L'objectif est de renouveler la conception des outils de médiation culturelle qui peuvent accompagner la socialisation des savoirs scientifiques sur les risques environnementaux et la construction d'une culture des risques.

La Martinique est un site focus et d'expérimentation majeur pour ces 3 axes.

La réunion officielle de lancement du programme COCHAIR s'est tenue en janvier 2025. Dans le cadre de la Chaire "culture et médiation des risques", une première mission exploratoire impliquant des collègues d'hexagone a été réalisée en Martinique du 19 au 27 mai 2025 et a permis de rencontrer et d'échanger avec différents acteurs culturels et institutionnels en lien avec les sciences de la terre et la gestion des risques (Musée Frank Perret, Fondation Clément, CTM, Centre de découverte des sciences de la terre, Carbet des sciences, direction du patrimoine de la ville de Saint-Pierre, sous-préfète de Saint-Pierre en charge de la gestion des risques). Cela a permis de mieux identifier ces acteurs et de comprendre leur positionnement, leur vision et leurs attentes en termes d'actions de médiation, de valorisation du patrimoine et de recherches sur l'histoire des catastrophes en Martinique.

En termes de personnels, une archiviste a été recrutée à l'IPGP pour inventorier les fonds patrimoniaux de l'IPGP et sera impliquée dans la structuration des archives de l'OVSM. D'autre part, un travail d'inventaire des publications médiatiques sur la thématique de la surveillance et du risque volcanique en Martinique depuis 2019 (> 500 documents) a été initié et constitue l'une des thématiques principales d'un stage débuté à l'OVSM en janvier 2026 (Esteban Martin).



Autres projets de recherche

Détection de la sismicité volcanique par reconnaissance de forme d'onde

Depuis quelques années, l'OVSM-IPGP utilise des outils automatiques pour compléter la détection de la sismicité volcanique effectuée visuellement par les agents sur les données continues. L'un de ces outils est basé sur une reconnaissance de forme d'ondes à partir de gabarits (méthode dite du *template matching*) fabriqués grâce aux signaux les plus énergétiques enregistrés entre 2019 et 2021 (début de la réactivation). Depuis plusieurs mois, nous observons de plus en plus de séismes volcaniques qui ne sont pas détectés par cet outil. Cela signifie que la localisation de cette sismicité, et/ou le mécanisme au foyer, ont évolué.

Dans le cadre de leur stage d'été de 2 mois à l'OVSM, Charlyse Pot et Sacha Guy ont travaillé à construire de nouveaux gabarits (*template*) à partir des séismes volcaniques du catalogue de l'OVSM sur toute la période de 2019 à mi-2025, incluant notamment les séismes profonds de type longue-période et hybride. Ces *templates* ont ensuite été utilisés pour rechercher automatiquement des événements analogues dans plusieurs années de données continues. Les développements ont été réalisés principalement avec les bibliothèques Python ObsPy et EQcorrscan.

Les résultats obtenus montrent une nette amélioration des performances de détection par rapport aux anciens outils utilisés en routine. Les nouvelles détections mettent en évidence un nombre plus important de séismes volcaniques que ceux inscrits dans le catalogue manuel de l'OVSM, mais quasi exclusivement de très faible magnitude. L'étude révèle également l'apparition progressive de nouvelles familles de séismes VT superficiels depuis 2022, traduisant une évolution des sources sismiques sous l'édifice volcanique et expliquant la perte d'efficacité des anciens *templates*. Les analyses réalisées sur les événements profonds de type longue-période et hybride confirment par ailleurs une augmentation marquée de cette activité au cours des dernières années, en particulier lors de la crise de mi-2025 (**figure 84**).

Enfin, ce stage a permis d'engager des travaux préliminaires sur la relocalisation relative des séismes et sur l'analyse statistique des distributions de magnitude à l'aide de la loi de Gutenberg-Richter. Ces résultats ouvrent des perspectives importantes pour l'amélioration du suivi de la sismicité de la Montagne Pelée et pour une meilleure compréhension des processus volcaniques en cours.

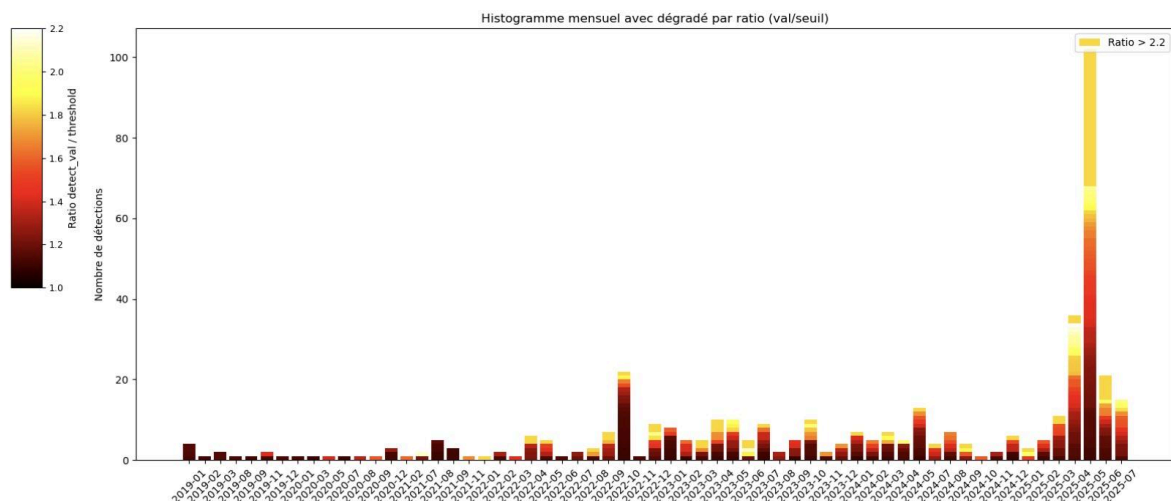


Figure 84 : Nombre mensuel de séismes profonds de type longue-période de janvier 2019 à juin 2025 détectés automatiquement par une approche de *template matching*. L'échelle de couleur indique le rapport entre le score de détection et le seuil choisi. Les couleurs rouges correspondent à des séismes faiblement détectés et les couleurs jaunes des séismes de plus forte amplitude et très similaires aux *templates*. On remarque que le nombre de ces détections automatiques est bien plus important que ceux présents dans le catalogue de l'OVSM-IPGP (figure 28) mais que l'évolution temporelle reste similaire. Figure et travaux réalisés par Sacha Guy et Charlotte Pot dans le cadre de leur stage d'été 2025 à l'OVSM-IPGP.

Modèle de vitesse 1D de la Montagne Pelée

La quantité de séismes volcano-tectoniques enregistrés dans l'édifice de la Montagne Pelée ces dernières années, et notamment en 2025, est une opportunité pour améliorer le modèle de vitesse des ondes sismiques qui sert de base à la localisation quotidienne des événements. L'étude de ce jeu de données, initiée durant l'été 2024 dans le cadre du stage d'Elise Pépin, a été poursuivie durant l'été 2025 dans le cadre des stages de Bastien Bur et d'Abel Campagne. L'objectif est de déterminer un modèle de vitesse 1D optimal pour la localisation de la sismicité volcanique de la Montagne Pelée. Pour cela, le



code VELEST a été utilisé (Kissling et al., 1995). À partir d'un catalogue de séismes et de paramètres d'entrée qui lui sont fournis, ce code réalise conjointement la résolution du meilleur modèle de vitesse et la détermination de nouveaux hypocentres, en inversant complètement la matrice par la méthode des moindres carrés amortis.

Dans cette étude, le jeu de données initial est constitué de 413 séismes volcano-tectoniques dont les hypocentres sont localisés de 0 à 39 km de profondeur sous le sommet du volcan et dont le rapport V_p/V_s moyen est de 1,77. De nombreux tests des paramètres d'entrée et de sortie ont été effectués, et de nombreux modèles de vitesses ont été inversés. Ainsi, des dizaines de modèles de vitesse présentant des interfaces et/ou des vitesses de propagation des ondes P et S dérivées du modèle initial ont été implémentés dans l'optique de faire ressortir des tendances qui expliquent au mieux le jeu de données. Bien que des interfaces géologiques ne ressortent pas clairement des inversions, il a été noté que les vitesses de propagation des ondes P et S semblent plus élevées dans la partie superficielle du système (entre 0 et 5 km de profondeur) par rapport au modèle utilisé quotidiennement pour la localisation des séismes. Un modèle de vitesse 1D final avec une augmentation graduelle des vitesses de propagation des ondes a donc été proposé (**figure 85 gauche**). Les rapports V_p/V_s associés à ce nouveau modèle montrent que le rapport V_p/V_s maximal est atteint à environ 2 km de profondeur tandis que la valeur minimale est atteinte à 20 km de profondeur (**figure 85 droite**). Ce modèle a été testé pour la relocalisation des séismes volcano-tectoniques du jeu de données, et les nouveaux hypocentres sont légèrement décalés vers l'ouest et approfondis d'environ 500 m. L'objectif est maintenant de poursuivre cette analyse en augmentant le jeu de données et en affinant les différents paramètres d'entrée du code.

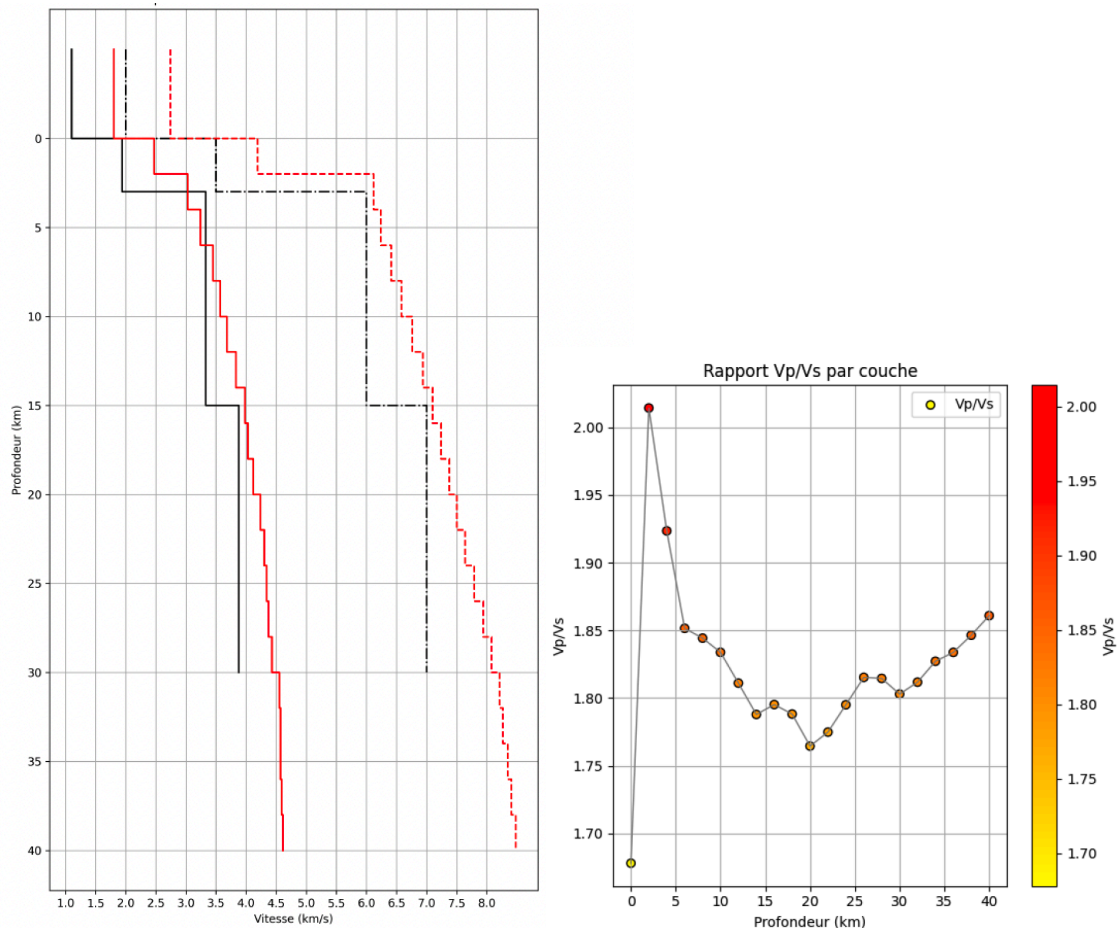


Figure 85 : Modèle de vitesse de propagation des ondes P et S final proposé dans cette étude (gauche) et rapports V_p/V_s associés en fonction de la profondeur (à droite). Sur le graphique de gauche, les courbes noires représentent les vitesses de propagation des ondes P (ligne pointillée) et des ondes S (ligne continue) utilisées en routine à l'observatoire, tandis que les courbes rouges indiquent les vitesses de propagations des ondes P (ligne pointillée) et des ondes S (ligne continue) dérivées de l'ensemble des inversions réalisées avec le code VELEST. (Source : B. Bur et A. Campagne, stagiaires OVSM-IPGP).



Relations avec la société

Relations institutionnelles

Participation à la CTRNM (Commission Territoriale des Risques Naturels majeurs de Martinique)

- 29/04/2025 : Participation à la quatrième réunion de la CTRNM (J. Vergne)
- 12/12/2025 : Participation à la cinquième réunion de la CTRNM (avec point Pelée et lahars) (J. Vergne)

Participation à l'exercice CARIBE WAVE

- 20/03/2025 : Caribe Wave 2025 (équipe OVSM)

Autres interactions (autorités, partenaires)

- 09/01/2025 : Rencontre CTM direction des risques et de la résilience du territoire (D2RT) (J. Vergne)
- 16/01/2025 : Cérémonie des vœux du Préfet (J. Vergne)
- 07/02/2025 : Commission Territoriale d'Expertise (à l'Hôtel de la CTM) (J. Corbeau)
- 12/02/2025 : Réunion mise à jour du plan ORSEC Tsunami (à la Préfecture) (J. Vergne)
- 19/03/2025 : Visite officielle du ministre des Outremer Manuel Valls au Prêcheur (J. Vergne)
- 24/03/2025 : Visite du député Marcellin Nadeau (J. Corbeau, J. Vergne)
- 07/05/2025 : Assemblée Générale du Carbet des Sciences (J. Vergne)
- 09/05/2025 : Visite de Paul-François Schira, Directeur de Cabinet du Préfet de Martinique (J. Vergne)
- 19/05/2025 : Visite de Gari Mayberri de l'USGS (équipe OVSM)
- 23/05/2025 : Réunion de présentation du CoTRRiM (J. Vergne)
- 28/06/2025 : Cérémonie officielle d'ouverture de la Fête Patronale de Saint-Pierre (J. Vergne)
- 04/07/2025 : Réunion de préparation de la semaine Réplik 2025 à la DEAL (J. Corbeau)
- 11/07/2025 : Cérémonie de prise de fonction du Sous-Préfet David Ursulet (J. Vergne)
- 15/07/2025 : Réunion du CoTRRiM phase 2 (J. Corbeau)
- 13/08/2025 : Visite du Sous-Préfet de Saint-Pierre à l'OVSM (J. Vergne)
- 03/09/2025 : Entretien avec le nouveau Directeur de Cabinet du Préfet de Martinique, M. Philémon Perrot (J. Vergne)
- 09/09/2025 : Réunion de situation suite aux éboulements Samperre à la Sous-Préfecture de Saint-Pierre (J. Corbeau)
- 19/09/2025 : Première réunion de gestion de crise lahars Prêcheur à la mairie du Prêcheur (J. Corbeau)
- 26/09/2025 : Deuxième réunion de gestion de crise lahars Prêcheur au CDST (J. Corbeau)
- 03/10/2025 : Troisième réunion de gestion de crise lahars Prêcheur au CDST (J. Corbeau)
- 16/10/2025 : Visite d'une délégation de la MAPPROM (J. Vergne et J. Corbeau)
- 22/10/2025 : Visite officielle de M. le Préfet de la Martinique, Etienne Desplanques (équipe OVSM)
- 22/10/2025 : Visite de M. Servant, directeur de l'ARS (J. Vergne)

Participation au CESECEM

Depuis fin 2022, Jordane Corbeau siège au Conseil Économique et Social, Environnemental, de la Culture et de l'Éducation de Martinique (CESECEM). Le CESECEM est l'organe de la CTM qui représente la société civile dans l'élaboration des politiques publiques. Au sein de ce conseil, J. Corbeau prend part aux travaux de la commission Environnement, Risques Majeurs, Aménagement de l'espace, Mobilité, Transition Écologique et Énergies renouvelables (ERAMOTE), et est vice-présidente de la commission Enseignement supérieur, Recherche et Innovation (ESRI).

Diffusion des savoirs

Accueil de visiteurs à l'OVSM

- 21/01/2025 : Visite d'une classe du collège Julia Nicolas (J. Vergne)
- 20/02/2025 : Visite d'un groupe d'étudiants de l'IMFPA (J. Vergne)
- 18/05/2025 : Visite de la classe élémentaire américaine (J. Vergne)
- 09/07/2025 : Visite de Mme Desert - Association Architectes (J. Vergne)
- 20/09/2025 : Accueil grand public pour les Journées Européennes du Patrimoine (3 sessions 9h - 10h - 11h) (équipe OVSM)
- 16/10/2025 : Accueil d'une délégation du projet européen Twinned by Stars (J. Vergne)
- 07/11/2025 : Visite d'un groupe 20 personnes - Colloque international sur l'Analyse Statistique Implicative (J. Vergne)



Rapport annuel 2025

Observatoire volcanologique et sismologique de Martinique - IPGP

- 13/11/2025 : Accueil de classes du Collège de Saint-Pierre - Fête de la Science (équipe OVSM)
- 15/11/2025 : Accueil grand public pour la Fête de la Science (3 sessions 9h - 10h - 11h) (équipe OVSM)
- 18/12/2025 : Visite groupe de 30 lycéens Joseph Zobel (J. Vergne)

Participation à des événements de sensibilisation aux risques :

- 17/01/2025 : Formation DU gestion de crise du SAMU (J. Corbeau, J. Vergne)
- 06/02/2025 : Sensibilisation risques sismiques entreprises Martinique (organisation CCI) - Fort-de-France (J. Vergne)
- 13/02/2025 : Sensibilisation risques sismiques pour entrepreneurs (organisation CCI) - Le Carbet (J. Vergne)
- 28/03/2025 : Conférence "séismes au cinéma" au CDST (J. Vergne)
- 10/04/2025 : Conférence séismes - Cadre semaine PREVENT RISK du Lorrain (J. Vergne)
- 23/05/2025 : Conférence "risque volcanique / Pelée" au CDST (J. Vergne)
- 19/06/2025 : Intervention dans le cadre d'un séminaire VolonTerre à Basse Pointe (risques naturels et personnes vulnérables) (J. Vergne)
- 19/06/2025 : Conférence Journée du Risque du Prêcheur / Activité Pelée (J. Vergne)
- 17/09/2025 : Réunion publique au Prêcheur - Éboulements Samperre / Lahars (J. Corbeau, J. Vergne)
- 10/01/2025 : Réunion des élus du Nord sur activité récente Pelée, organisée par la Sous-Préfecture de Saint-Pierre (J. Vergne)
- 13/10/2025 : Ciné-débat autour du film MAGMA pour les élus (journées de la résilience) (J. Corbeau, J. Vergne)
- 15/10/2025 : Conférence introductive journée INSPE - Activité récente Pelée (J. Vergne)
- 23/10/2025 : Réunion élargie des maires (J. Vergne)
- 28/10/2025 : Réunion publique Activité Pelée et lahars - Le Prêcheur (J. Vergne)
- 12/11/2025 : Réunion publique Activité Pelée - Saint-Pierre (J. Vergne)
- 14/11/2025 : Réunion publique Activité Pelée - Morne Rouge (J. Vergne)
- 21/11/2025 : Réunion publique Activité Pelée - Fonds-Saint-Denis (J. Corbeau)
- 26/11/2025 : Participation au Village Réplik dans la commune du Carbet (équipe OVSM)
- 03/12/2025 : Réunion publique Activité Pelée - Le Diamant (J. Corbeau)
- 10/12/2025 : Forum des métiers scientifiques au Collège Roger Castendet à Fort-de-France (J. Corbeau)
- 11/12/2025 : Séminaire risques volcaniques pour les employés France Travail - Fort-de-France (J. Vergne)

Conférences scientifiques

- 23/01/2025 : Séminaire en ligne collèges/lycées Structure de la Terre - Année des Géosciences (J. Vergne)
- 04/04/2025 : La nuit de la Géographie (à l'UA) (D. Melezan)
- 27/04/2025 au 02/05/2025 : Congrès EGU25 à Vienne, Autriche (J. Corbeau, participation en mode virtuel)
- 17/06/2025 et 18/06/2025 : Journées de la recherche UA (J. Vergne)
- 27/06/2025 : Réunion Observatoire des réservoirs profonds (ORP) - Géothermie Alsace (J. Vergne, mode virtuel)
- Du 13/07/2025 au 21/07/2025 : Congrès SHV30 à Montserrat (J. Vergne)
- Du 03/11/2025 au 08/11/2025 : Workshop INGV-IPGP à Paris (J. Corbeau)
- 20/11/2025 : 2èmes rencontres scientifiques et techniques Epos-France - Sète (J. Vergne et A. Andrieu)

Interventions dans les médias :

- 17/01/2025 : Article FA sur l'accueil des scolaires à l'OVSM pour la fête de la science
- 21/01/2025 : Rencontre Eloane Venkatapen - Film documentaire Pelée (J. Vergne)
- 31/01/2025 : Interview RCI sur le séisme ressenti au Lamentin le 31/01 (J. Vergne)
- 04/02/2025 : Interview Radio Martinique La Première - bilan de l'activité de la Pelée (J. Vergne)
- 08/02/2025 : Interview RCI et AFP sur le séisme ressenti au Lamentin (M 3,1) (J. Vergne)
- 09/02/2025 : Interview FA et Martinique La Première TV sur l'alerte au tsunami des îles Caïman (J. Vergne)
- 04/03/2025 : Direct Journal 19h Via ATV sur les séismes ressentis du 02 et 03/03 (J. Vergne)
- 04/03/2025 : Interview RCI sur les séismes ressentis du 02 et 03/03 (J. Vergne)
- 04/03/2025 : Reportage Martinique La Première à l'OVSM (A. Andrieu et J. Vergne)
- 22/03/2025 : Interview RCI sur séisme ressenti à Sainte-Marie et l'observation de bulles en mer aux Anses-d'Arlet (J. Vergne)
- 24/03/2025 : Interview FA sur le séisme ressenti à Sainte-Marie et l'observation de bulles en mer aux Anses-d'Arlet (J. Vergne)
- 24/03/2025 : Interview Martinique La Première sur le séisme ressenti à Sainte-Marie et sur l'activité de la Montagne Pelée (J. Vergne)
- 25/03/2025 : Reportage Journal 19h Via ATV suite au séisme ressenti du 25/03 (J. Corbeau)
- 25/03/2025 : Direct Journal de 13h sur Martinique La Première suite au séisme ressenti du 25/03 (J. Vergne)



- 02/04/2025 : Interview Martinique La Première sur l'impact du réchauffement climatique sur les risques naturels (J. Vergne)
- 03/04/2025 : Reportage France TV à l'OVSM pour l'émission C pas si loin (J. Corbeau)
- 03/04/2025 : Interview - Thomas Thurar pour France 3 (J. Corbeau, J. Vergne)
- 28/04/2025 : Enregistrement ATV émission Face à Face - Semaine Pelée (J. Vergne)
- 07/07/2025 : Interview France-Antilles - Point sur l'activité Pelée (J. Vergne)
- 05/08/2025 : Reportage ATV - Bilan activité (D. Melezan, J. Vergne)
- 15/09/2025 : Direct Journal Martinique La Première (J. Vergne)
- 15/09/2025 : Interview France Antilles Martinique (lahars) (J. Vergne)
- 17/09/2025 : Interview Martinique La Première (audio) - Lahars Prêcheur (J. Vergne)
- 19/09/2025 : Interview Journal 19h Via ATV (Lahars et réunion de crise au Prêcheur) (J. Corbeau)
- 28/09/2025 : Interview Journal 19h Martinique La Première sur l'activité de la Pelée (J. Vergne)
- 29/09/2025 : Interview RCI et article web sur activité Pelée (J. Vergne)
- 29/09/2025 : Interview France Inter, FA, Via ATV et AFP sur activité Pelée (J. Vergne)
- 07/10/2025 : Visite Journaliste Libération (J. Vergne)
- 09/10/2025 : Entrevue Céline Remusat + Augustin Le Gall / Reportage Pelée (J. Vergne)
- 15/10/2025 : Interview SEM radio (direct) (J. Vergne)
- 20/10/2025 : Interview direct RCI émission "Décryptage" (Mme Isabelle Hamot) (J. Vergne)
- 22/10/2025 : Plusieurs interviews ont été données lors de la visite officielle du Préfet de la Martinique à l'OVSM (ATV, Martinique La Première, France Antilles Martinique, RCI Martinique) (équipe OVSM)
- 23/10/2025 : Interview Nord FM (Le Lorrain) - Activité Pelée - Direct (J. Vergne)
- 03/11/2025 : Interview ATV Face à Face (J. Vergne)
- 10/11/2025 : Interview TF1 (D. Melezan, J. Vergne)
- 23/11/2025 : Interview France Antilles suite au séisme ressenti du 23/11 (M 4,4) (J. Corbeau)
- 26/11/2025 : Interview RCI sur le village Réplik au Carbet (J. Corbeau)
- 26/11/2025 : Reportage Journal 19h Via ATV sur le village Réplik au Carbet (J. Corbeau)

Réseaux sociaux :

L'OVSM-IPGP possède un compte sur les plateformes Facebook et Bluesky. Ces comptes sont majoritairement utilisés pour la diffusion des bilans hebdomadaires de l'activité de la Montagne Pelée, des bulletins mensuels d'activité et des communiqués sur les séismes ressentis. En accord avec la politique de l'IPGP, le compte X/Twitter a été désactivé au début de l'année 2025.

Au 31/12/2025, la page Facebook de l'OVSM-IPGP comptait 519 abonnés, soit 404 de plus qu'au 01/01/2025 (+ 351,3 % en un an, **figure 86**).

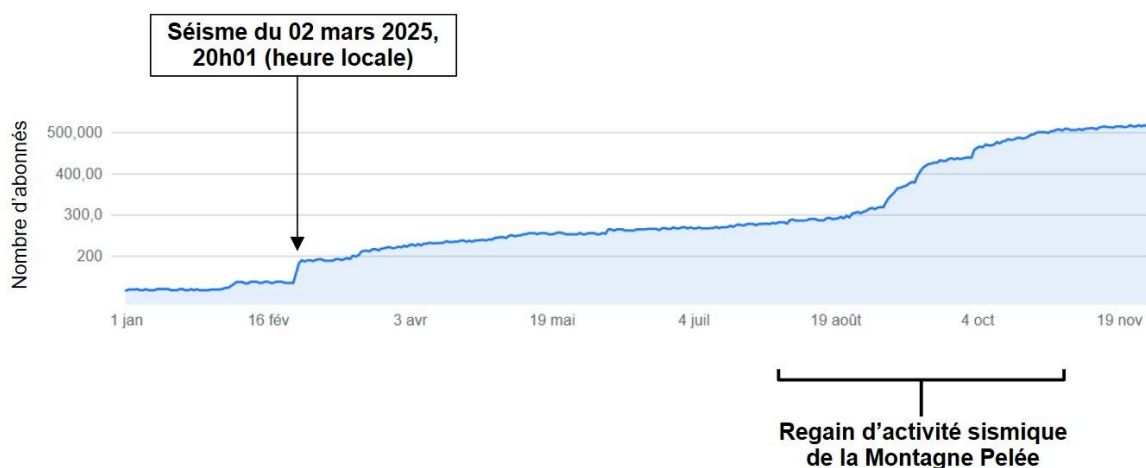


Figure 86 : Évolution du nombre d'abonnés à la page Facebook de l'OVSM-IPGP au cours de l'année 2025 (Source : compte Facebook de l'OVSM-IPGP).

Sur l'année 2025, la page Facebook cumule un total de 74 598 vues (**figure 87**).

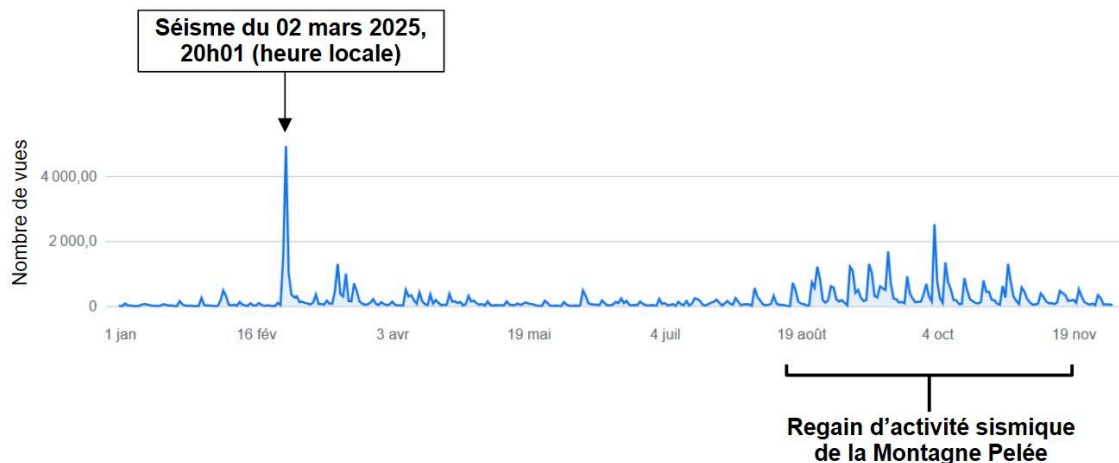


Figure 87 : Évolution du nombre quotidien de vues cumulées par la page Facebook de l'OVSM-IPGP au cours de l'année 2025 (Source : compte Facebook de l'OVSM-IPGP).

Deux publications présentent un nombre de vues significatif :

- La publication du communiqué exceptionnel lié au séisme ressenti survenu le 02/03/2025 à 20h01 (heure locale) a cumulé 6 626 vues ;
- La publication du bulletin hebdomadaire du 26/09/2025 (faisant état de 2 267 séismes d'origine volcanique observés sur la semaine écoulée) a cumulé 3 051 vues.

Plus globalement, on observe un trafic important lors des publications des bilans hebdomadaires lors de la période d'intense activité sismique d'origine volcanique entre août et novembre 2025.

Par ailleurs, au 31/12/2025, la page Bluesky de l'OVSM-IPGP comptait 81 abonnés.

Les éléments communiqués par l'OVSM-IPGP sur ces plateformes sont régulièrement retransmis par les médias locaux (France Antilles Martinique, Martinique La Première, RCI...).



Figure 88 : A gauche : réunion publique du 17/09/2025 au Prêcheur suite aux effondrements de la falaise Samperre et aux lahars dans la rivière du Prêcheur au début du mois de septembre 2025. De gauche à droite à la table des intervenants : J. Vergne, J. Corbeau, M. Bertrand, G. Duton, D. Ouellet, M. Marie). A droite : stand OVSM-IPGP au village Réplik de la commune du Carbet le 26/11/2025 (A-S. Leygnac et F. Jadelus, OVSM-IPGP).



Vie interne de l'OVSM

Bâtiment, véhicules et infrastructures

Fonctionnement du bâtiment en 2025

Étanchéité

Depuis sa livraison, le bâtiment de l'OVSM subit de nombreuses et importantes infiltrations d'eau. Trois principaux types de défauts d'étanchéité ont été relevés :

- Au niveau de la jonction des couvertines de la terrasse des bureaux et des parois vitrées. Ces infiltrations impactent le laboratoire d'électronique et la salle d'acquisition informatique reconvertie en salle de stockage. En l'absence de réparations, ces infiltrations se sont maintenues en 2025 ;
- Au niveau de la toiture terrasse. Ces infiltrations impactent le hall d'accueil, les sanitaires et les bureaux. En fin d'année 2024, des travaux mandatés par la CTM avaient été réalisés afin d'améliorer temporairement l'étanchéité, dans l'attente d'une ré-étanchéification complète du toit terrasse. À l'exception du bureau de la directrice-adjointe, les infiltrations s'étaient atténuées. Malheureusement, depuis le milieu de l'année 2025 les infiltrations au niveau du hall d'accueil sont réapparues ;
- Au niveau du parvis d'entrée du bâtiment. Ces infiltrations impactent l'atelier et le local électrique, où se trouve le tableau général basse tension (TGBT), au centre de la distribution électrique du bâtiment, et l'onduleur principal du bâtiment. La pose d'une résine de fortune sur certaines zones de jointure en fin d'année 2024 n'a pas démontré d'efficacité : durant l'année 2025, les infiltrations ont augmenté, mettant en danger l'alimentation électrique de l'observatoire.

Climatisation

La climatisation de l'observatoire est composée de trois groupes de climatisation VRV (Variable Réfrigérant Volume), le premier servant à climatiser le rez-de-chaussée (accueil, bureaux, amphithéâtre), le second servant à climatiser le rez-de-jardin (laboratoires, vestiaires, salle de stockage) et le troisième le bâtiment B (studios, cuisine). Le VRV du rez-de-chaussée, remplacé fin 2023, a fonctionné sans aucun incident. Cependant, le VRV du rez-de-jardin a connu une panne et ne peut pas être réparé car le constructeur ne fabrique plus cet équipement. Le mauvais positionnement de son unité extérieure, trop proche de la dalle du rez-de-jardin, a empêché l'air chaud de s'échapper, ce qui a entraîné une surchauffe. Les équipements des laboratoires sont fortement affectés par le dysfonctionnement de la climatisation, en particulier le chromatographe ionique permettant l'analyse des eaux de source volcanique qui ne peut plus être utilisée.

Système d'alimentation électrique

Suite à des infiltrations d'eau dans le local du TGBT (détaillées ci-dessus), l'inverseur électrique principal du bâtiment changé en 2024 par l'OVSM-IPGP a été de nouveau impacté par des entrées d'eau (**figures 89 et 90**). L'inverseur électrique est un élément électrique indispensable, garant du bon fonctionnement de l'alimentation électrique du bâtiment. En cas de dysfonctionnement du réseau électrique principal (par exemple une coupure EDF), il permet de démarrer, automatiquement ou manuellement, le groupe électrogène et d'assurer la continuité de l'énergie électrique. Le 4 décembre 2025, le module de puissance de l'onduleur du bâtiment a été détruit par un court-circuit dû à une infiltration d'eau. Il a été remplacé par la société qui est chargée de la maintenance de l'onduleur. Néanmoins des infiltrations sont toujours présentes dans ce local faisant craindre de nouveaux dégâts. De plus, la structure mécanique du groupe électrogène commence à montrer des signes de rouille du fait de son placement en extérieur.



Figure 89 : Photo de l'onduleur et du TGBT.



Figure 90 : Infiltration au-dessus de l'onduleur.

Véhicules

L'OVSIM-IPGP mène ses actions de terrain via l'utilisation de 3 véhicules de service financés par l'IPGP et le CNRS. La très grande majorité des missions de terrain sont réalisées par le personnel technique avec un véhicule tout terrain de type Ford Ranger (véhicule CNRS ; 9 ans en avril) et un véhicule de type Peugeot Partner (véhicule IPGP ; 6 ans en septembre). Le troisième véhicule, de type Citroën C3 (véhicule IPGP ; 7 ans en octobre), est utilisé pour les déplacements liés aux rendez-vous avec les autorités, les partenaires, les interventions faciles d'accès ou les déplacements durant les astreintes.

Ce parc automobile nécessite une maintenance préventive et curative régulière. En 2025, les interventions suivantes ont été réalisées :

- Ford Ranger / CNRS :
 - Révision et remplacement des pneumatiques ;
 - Observation d'une perte de puissance inopinée du moteur (aucune autre observation depuis plusieurs mois) ;
 - Contrôle technique ;
- Citroën C3 / IPGP :
 - Révision ;
 - Remplacement des pneumatiques avant directement sur le site de l'observatoire ;
 - Remplacement de la batterie ;
- Peugeot Partner / IPGP :
 - Remplacement des pneumatiques avant ;
 - Contrôle pollution ;

Les trois véhicules ont été floqués avec les nouveaux logos de l'observatoire et de l'IPGP.

Le parc automobile est fonctionnel et en bon état. Toutefois, afin de respecter la réglementation sur la transition écologique, l'observatoire devra planifier le remplacement progressif de son parc en VFE (Véhicule à Faible Émission).



Hygiène et sécurité

Législation

Avec la mise en place des registres réglementaires (registre de santé et sécurité au travail, registre de danger grave et imminent, etc.) l'observatoire s'inscrit dans une logique d'actions sur la prévention des risques au travail afin d'assurer au mieux la sécurité du personnel et du matériel. Aucun accident de travail n'est à déplorer en 2025. Nous relevons toutefois le besoin de répondre à une problématique importante liée au risque de glissade à certains endroits du site (hall d'accueil, escaliers internes donnant accès au rez-de-jardin, deck en face de la cuisine, local du groupe électrogène).

La réalisation du Document Unique des Évaluations des Risques Professionnels (DUERP), signé en août 2025, permet d'avoir une visibilité globale sur les risques professionnels et une projection des actions à mener suivant un calendrier précis. Un travail collaboratif est assuré régulièrement avec la responsable hygiène et sécurité de l'IPGP ainsi qu'avec les assistants prévention des observatoires de la Guadeloupe (OVSG) et de la Réunion (OVPF).

Équipements

L'OVSM-IPGP dispose de moyens de communication satellitaire afin de répondre à des situations de gestion de crises ou pour assurer la sécurité du personnel sur le terrain. Un test annuel de bon fonctionnement est réalisé avec les services de la préfecture de la Martinique ; en 2025, celui-ci a eu lieu au mois d'avril. Néanmoins, la valise satellite fixe (de type Thrane & Thrane) est actuellement obsolète et devra être remplacée.

Par ailleurs, les interventions suivantes ont été réalisées au cours de l'année 2025 :

- Le défibrillateur semi-automatique de l'observatoire, qui ne répondait plus aux normes en vigueur, a été remplacé par un défibrillateur automatique avec mise en place d'un contrat global de maintenance pour les appareils de santé de l'IPGP ;
- La maintenance du capteur Draëger nécessaire à la sécurité du personnel lors des prélèvements géochimique et gazeux a été réalisée à deux reprises, en mars et en septembre ;
- Les extincteurs ont été vérifiés en juillet, comme prévu par le contrat de maintenance annuel ;
- Certains détecteurs d'incendie défectueux ont été remplacés en 2025 ;
- La maintenance du groupe électrogène a été effectuée en juillet ;
- Deux opérations d'entretien de l'onduleur ont été réalisées, en octobre et en novembre ;
- Une réparation de la ligne téléphonique a été effectuée en octobre ;
- Le portail d'accès au site de l'OVSM-IPGP a connu des défaillances en début d'année, avant d'être réparé au cours du mois de janvier.

Santé

Les campagnes de dératisation et de désinsectisation ont bien été effectuées en 2025 (quatre interventions).

Formations du personnel

En 2025, plusieurs formations ont pu être réalisées à l'observatoire pour l'ensemble du personnel de l'OVSM :

- Sensibilisation au risque incendie et chargé d'évacuation ;
- Formation initiale SST (4 personnes) et formation SST de recyclage (6 personnes) ;
- Formation à la manipulation des extincteurs.



Références

- Aubaud, C.**, Athanase, J.-E., Clouard, V., Barras, A.-V., & Sedan, O. (2013). A review of historical lahars, floods, and landslides in the Prêcheur river catchment (Montagne Pelée volcano, Martinique island, Lesser Antilles). *Bulletin de La Société Géologique de France*, 184(1–2), 137–154. <https://doi.org/10.2113/gssqbull.184.1-2.137>
- Beauducel, F.**, Lafon, D., Béguin, X., Saurel, J.-M., Bosson, A., Mallarino, D., Boissier, P., Brunet, C., Lemarchand, A., Anténor-Habazac, C., Nercessian, A., & Fahmi, A. A. (2020). WebObs: The Volcano Observatories Missing Link Between Research and Real-Time Monitoring. *Frontiers in Earth Science*, 8. <https://doi.org/10.3389/feart.2020.00048>
- Beauducel, F.**, Corbeau, J., Komorowski, J.-C., de Chabalière, J.-B., Aubaud, C., Carazzo, G., Burtin, A. et l'équipe de l'OVSM-IPGP, Rapport d'activité 2023 de l'Observatoire volcanologique et sismologique de Martinique, *Institut de physique du globe de Paris*, février 2024.
- Boudon, G.**, & Balcone-Boissard, H. (2021). Volcanological evolution of Montagne Pelée (Martinique): A textbook case of alternating Plinian and dome-forming eruptions. *Earth-Science Reviews*, 221, 103754. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2021.103754>
- Carazzo, G.**, Tait, S., Kaminski, E., & Gardner, J. E. (2012). The recent Plinian explosive activity of Mt. Pelée volcano (Lesser Antilles): The P1 AD 1300 eruption. *Bulletin of Volcanology*, 74(9), 2187–2203. <https://doi.org/10.1007/s00445-012-0655-4>
- Carazzo, G.**, Tait, S., & Kaminski, E. (2019). Marginally stable recent Plinian eruptions of Mt. Pelée volcano (Lesser Antilles): the P2 AD 280 eruption. *Bulletin of Volcanology*, 81(1), 3. <https://doi.org/10.1007/s00445-018-1265-6>
- Carazzo, G.**, Tait, S., Michaud-Dubuy, A., Fries, A., & Kaminski, E. (2020). Transition from stable column to partial collapse during the 79 cal CE P3 Plinian eruption of Mt. Pelée volcano (Lesser Antilles). *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 392, 106764. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2019.106764>
- Feuillet, N.**, Beauducel, F., & Tapponnier, P. (2011). Tectonic context of moderate to large historical earthquakes in the Lesser Antilles and mechanical coupling with volcanoes. *Journal of Geophysical Research*, 116(B10), B10308. <https://doi.org/10.1029/2011JB008443>
- Foix, O.**, Mazzotti, S., Jomard, H. (2023). A New Seismic Source Zone Model for Lesser Antilles Seismic Hazard Assessment - Data. OSU OREME. (Dataset). DOI: <https://doi.org/10.15148/dd520135-7656-4e80-91fe-f0284accbc76>
- Fontaine, F. R.**, Komorowski, J. C., Corbeau, J., Burtin, A., de Chabalière, J. B., Grandin, R., Saurel, J. M., Agrinier, P., Moune, S., Jadelus, F., Melezan, D., Gabriel, J. G., Vidal, C., Zimmermann, B., Vatou, D., Koziol, J., Lavenaire, J. M., Moretti, R., Lemarchand, A., ... Satriano, C. (2025). Ongoing multiparameter unrest at the Montagne Pelée volcano on Martinique from 2019 to 2024. *Scientific Reports*, 15(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-025-05641-6>
- Hirn, A.**, Girardin, N., Viodé, J.-P., & Eschenbrenner, S. (1987). Shallow seismicity at Montagne Pelée volcano, Martinique, Lesser Antilles. *Bulletin of Volcanology*, 49(6), 723–728. <https://doi.org/10.1007/BF01079823>
- Kissling, E.**, Kradolfer, U., & Maurer, H. (1995). Program VELEST user's guide-Short Introduction. Institute of Geophysics, ETH Zurich, 22.
- Melekhova, E.**, Schlaphorst, D., Blundy, J., Kendall, J.-M., Connolly, C., McCarthy, A., & Arculus, R. (2019). Lateral variation in crustal structure along the Lesser Antilles arc from petrology of crustal xenoliths and seismic receiver functions. *Earth and Planetary Science Letters*, 516, 12–24. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2019.03.030>
- Melnik, O.**, Lyakhovskiy, V., & Shapiro, N. M. (2024). Rapid Gas Bubble Growth in Basaltic Magma as a Source of Deep Long Period Volcanic Earthquakes. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 129(11). <https://doi.org/10.1029/2024JB029602>
- Michaud-Dubuy, A.**, Carazzo, G., Balcone-Boissard, H., Boudon, G., & Kaminski, E. (2023). Unsuspected explosive activity of Montagne Pelée (Lesser Antilles) during the 25–10 ka period. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 440, 107873. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2023.107873>
- Nachbaur, A.**, Legendre, Y., Lombard, M., and Dewez, T.: Caractérisation Géologique et Identification Des Mécanismes d'instabilité de La Falaise Samperre, Rapport Final RP-68564- FR, BRGM, 2019.
- Peruzzetto, M.**, Legendre, Y., Nachbaur, A., Dewez, T. J. B., Thiery, Y., Levy, C., & Vittecoq, B. (2022). How volcanic stratigraphy constrains headscarp collapse scenarios: the Samperre cliff case study (Martinique island, Lesser Antilles). *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 22(12), 3973–3992. <https://doi.org/10.5194/nhess-22-3973-2022>



- Peterson, J. R.** (1993). Observations and modeling of seismic background noise (No. 93-322). *US Geological Survey*. <https://doi.org/10.3133/ofr93322>
- Sakic, P.**, Boissier, P., Saurel, J.-M., Deroussi, S., Andrieu, A., Griot, C., Bosson, A., Vidal, C., Pardo, C., & de Chabalière, J.-B. (2026). Modernizing GNSS data acquisition, pre-processing, and distribution at volcanological observatories. *Geoscientific Instrumentation, Methods and Data Systems*, 15(1), 89–106. <https://doi.org/10.5194/gi-15-89-2026>
- Sano, Y.**, Wakita, H., & Williams, S. N. (1990). Helium-isotope systematics at Nevado del Ruiz volcano, Colombia: implications for the volcanic hydrothermal system. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 42(1–2), 41–52. [https://doi.org/10.1016/0377-0273\(90\)90068-Q](https://doi.org/10.1016/0377-0273(90)90068-Q)
- Sano, Y.**, Gamo, T., & Williams, S. N. (1997). Secular variations of helium and carbon isotopes at Galeras volcano, Colombia. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 77(1–4), 255–265. [https://doi.org/10.1016/S0377-0273\(96\)00098-4](https://doi.org/10.1016/S0377-0273(96)00098-4)
- Sano, Y.**, & Fischer, T. P. (2013). *The Analysis and Interpretation of Noble Gases in Modern Hydrothermal Systems* (pp. 249–317). https://doi.org/10.1007/978-3-642-28836-4_10
- Satriano, C.** (2026). SourceSpec – Earthquake source parameters from P- or S-wave displacement spectra (X.Y). doi: 10.5281/ZENODO.3688587
- Saurel, J.-M.**, Bouin, M.-P., Satriano, C., Lemarchand, A.; OVSG Team, OVSM Team (2022). 2014-2019 Antilles IPGP merged seismic catalog. *IPGP Research Collection, V1*. <https://doi.org/10.18715/IPGP.2022.l3ylhaal>
- Saurel, J.-M.**, Bouin, M.-P., Satriano, C., OVSG Team, OVSM Team (2024). 2020-2022 Antilles IPGP merged seismic catalog. *IPGP Research Collection, V1*. <https://doi.org/10.18715/IPGP.2024.lrf7xxq4>
- Saurel, J.-M.**, Corbeau, J., Gonzalez, O. L., Satriano, C. (2026). Lesser Antilles instrumental seismic catalog from the French observatories for seismic hazard assessment (No. EGU26-18593). Copernicus Meetings.
- Shapiro, N. M.**, Droznin, D. v., Droznina, S. Ya., Senyukov, S. L., Gusev, A. A., & Gordeev, E. I. (2017). Deep and shallow long-period volcanic seismicity linked by fluid-pressure transfer. *Nature Geoscience*, 10(6), 442–445. <https://doi.org/10.1038/ngeo2952>
- Ukawa, M.**, & Ohtake, M. (1987). A monochromatic earthquake suggesting deep-seated magmatic activity beneath the Izu-Oshima Volcano, Japan. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 92(B12), 12649–12663. <https://doi.org/10.1029/JB092iB12p12649>

Accès aux données de l'OVSM-IPGP

Le catalogue sismique manuel et automatique de l'OVSM-IPGP est disponible et accessible librement par le web-service ws.ipgp.fr/fdsnws/event, voir <https://doi.org/10.18715/MARTINIQUE.OVSM>.

Les données sismologiques et GNSS sont accessibles librement sur le portail <https://volobis.ipgp.fr>.

Les jeux de données publics produits par l'OVSM-IPGP sont disponibles sur le dataverse de l'OVSM-IPGP : <https://dataverse.ipgp.fr/dataverse/OVSM>

Les traitements automatiques de données à l'observatoire sont en partie réalisés par le code numérique communautaire WebObs (Insu-CNRS Terre Solide, Beauducel et al., 2020) : <https://ipgp.github.io/webobs>.

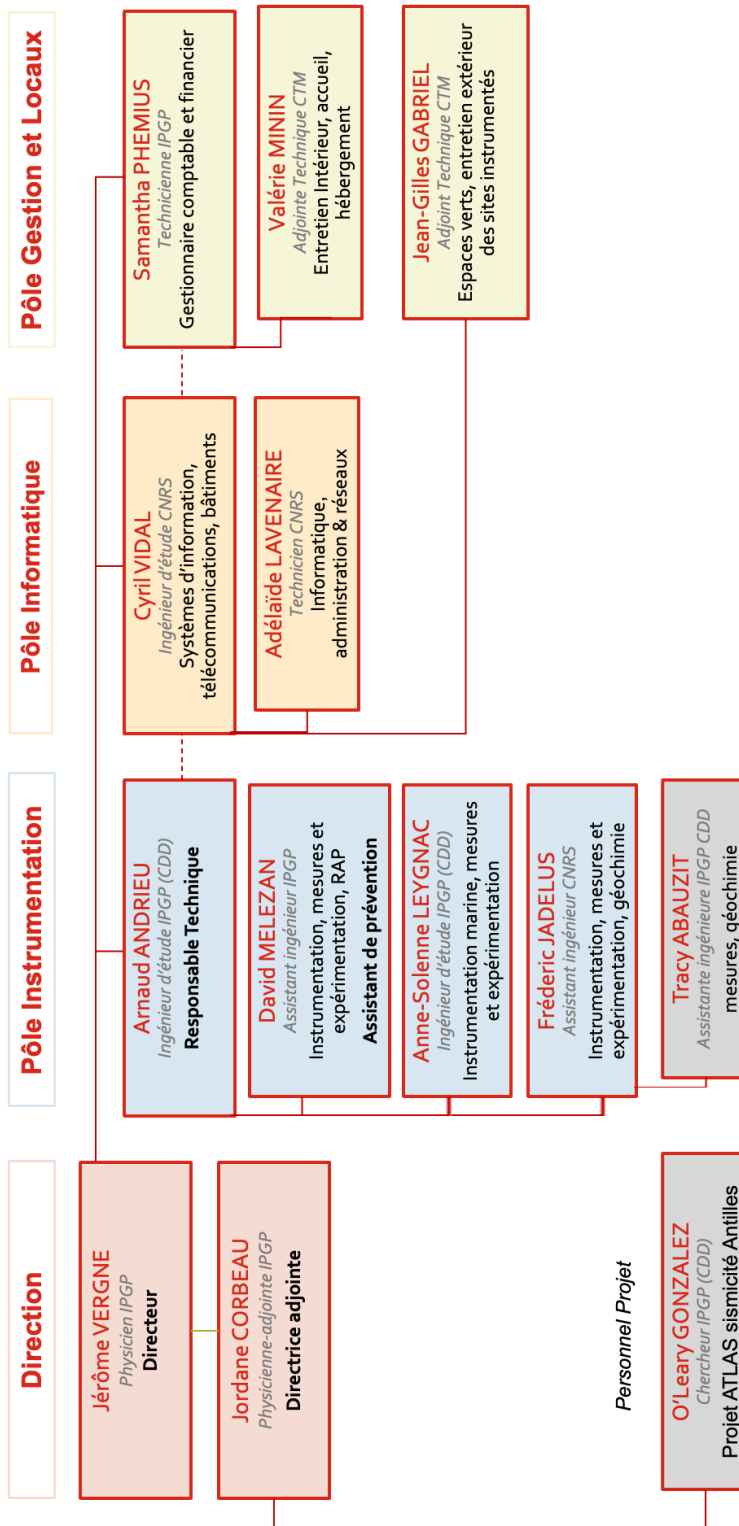


Annexes



Annexe A : Organigramme hiérarchique et fonctionnel de l'OVSM-IPGP 2025

Observatoire volcanologique et sismologique de Martinique Organigramme Hiérarchique & Fonctionnel 2025





Annexe B : Liste des interventions sur les sites en 2025

La majorité des sites instrumentés ont été visités en 2025. A chaque intervention, des opérations d'entretien sont réalisées afin d'assurer la pérennité du fonctionnement des instruments et de la transmission des données (nettoyage des panneaux solaires, débroussaillage, entretien des coffrets électroniques, réglage des antennes, etc.).

Sites	Type station	Nombre d'interventions techniques	Type d'intervention	Nombre de sorties géochimie	Type de prélèvements/mesures
AJB0	GNSS	10	Récupération des données Entretien de la station	1	Mesures gaz (Cloche)
CHN0	GNSS	1	Entretien de la station	1	Mesures gaz (Dräger)
FSDC	GNSS Relais communication	0		0	
MFO0	GNSS Relais communication	1	Maintenance curative	0	
IAJB0	Inclinomètre	0		0	
BIM	Accéléromètre GNSS Sismomètre Relais communication	1	Maintenance curative	0	
ILAM	Accéléromètre GNSS Sismomètre	2	Maintenance curative	0	
LAM	Sismomètre	2	Maintenance curative Entretien de la station	0	
LRIZ	GNSS Sismomètre	12	Installation transmission Récupération des données Entretien de la station Orientation sismomètre	2	Mesures gaz (Cloche)
MLM	GNSS Sismomètre	0		0	
MMA	GNSS Sismomètre	1	Contrôle station Manip GNSS répétition	0	
MPLM	GNSS Sismomètre	2	Maintenance curative	0	
DFDM	Sismomètre Accéléromètre	0		0	
HABO	GNSS	0		0	
SAM	Accéléromètre GNSS Sismomètre	8	Maintenance curative Maintenance préventive Entretien de la station Récupération des données	2	Mesures gaz (Cloche)
SCH2	GNSS Sismomètre	1	Maintenance préventive	0	



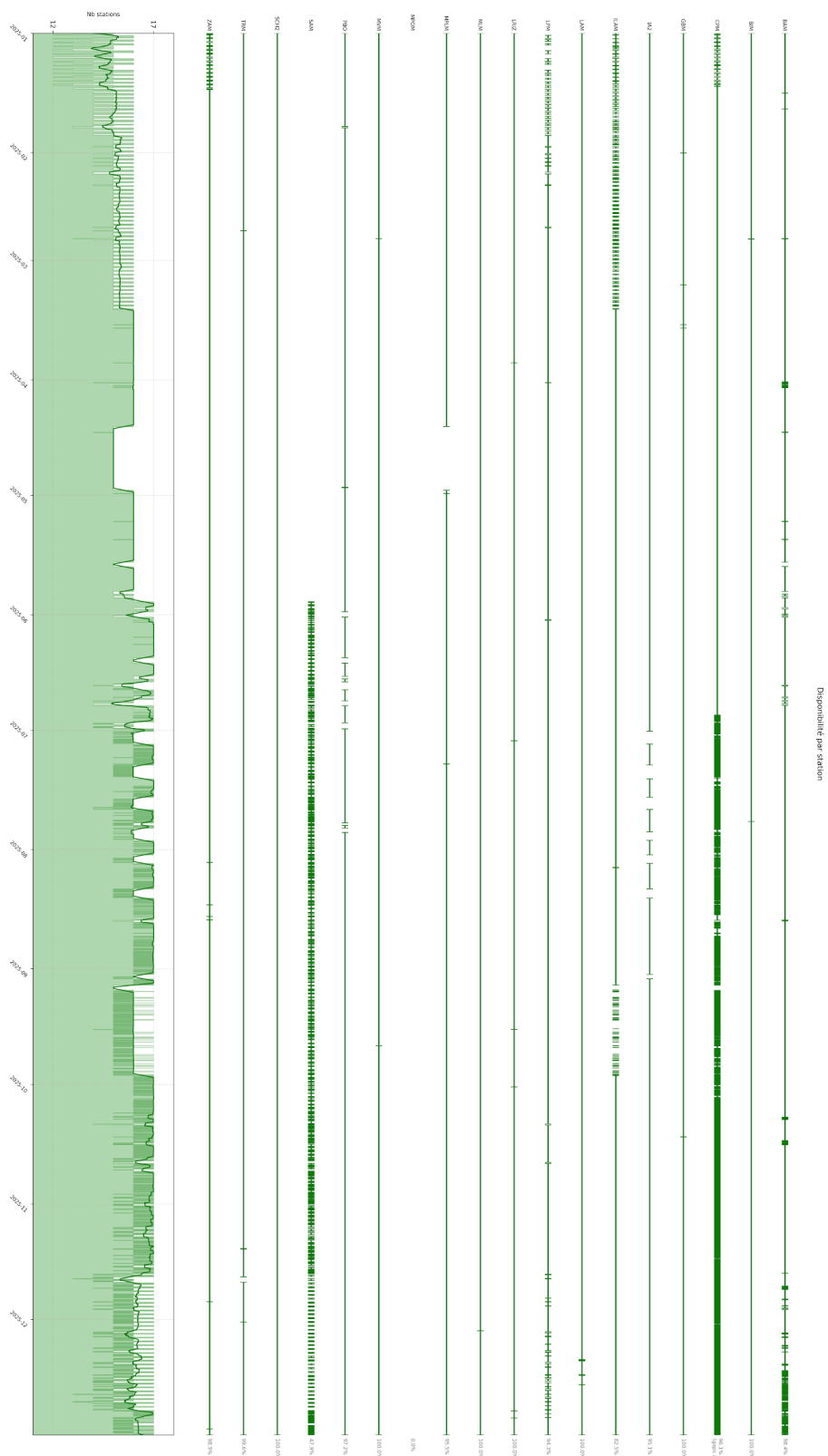
MAZM ZAM	Accéléromètre Sismomètre	1	Installation transmission Maintenance curative	0	
Bibliothèque Prêcheur	Alerte	0		0	
CCPA	AFM	0		0	
CPMA CPMZ	AFM Sismomètre	5	Maintenance curative Récupération des données	1	Mesures gaz (Cloche)
RPRE	AFM Système pendulaire	2	Maintenance curative Maintenance préventive Entretien de la station	0	
MADI	Accéléromètre	1	Installation transmission	0	
MALA	Accéléromètre	5	Maintenance curative	0	
MAMA	Accéléromètre	0		0	
MAME	Accéléromètre	3	Installation Maintenance curative	0	
MASM	Accéléromètre	1	Prospection	0	
MATR	Accéléromètre	2	Installation transmission	0	
MASP	Accéléromètre	1	Prospection	0	
CGBP	Accéléromètre	4	Maintenance curative	0	
CGMB CGMB	Accéléromètre	0		0	
MPOM	Accéléromètre GNSS Sismomètre	0		0	
GBM	Sismomètre	1	Maintenance curative Maintenance préventive Entretien de la station	0	
PBO	Sismomètre	0		0	
MVM	Sismomètre Relais communication	0		0	
MMA	GNSS Sismomètre	1	Contrôle station Manip GNSS répétition	0	
TRM	Sismomètre	4	Maintenance curative	0	
BAM	Sismomètre	1	Maintenance curative Maintenance préventive	0	
IA2	Sismomètre	1	Contrôle station	0	
MVPR	Caméra	0		0	
H05S1	Sismomètre	9	Maintenance préventive Maintenance curative	0	
FPC	Géochimie	1	Entretien de la station	14	Prélèvements eau Mesures gaz
FCR1	Géochimie	0		14	Prélèvements eau Mesures gaz



FCR2	Géochimie	0		14	Prélèvements eau Mesures gaz
Rivière Prêcheur	Géochimie	0		21	Prélèvements eau Mesures gaz
Source Mitan	Géochimie	0		0	
SCH	Géochimie	1	Remplacement sonde (t°)	3	Prélèvements eau Mesures gaz
Périnelle	Géochimie	0		3	Prélèvements gaz en mer
TOTAL DES INTERVENTIONS TECHNIQUES		84	TOTAL DES SORTIES GEOCHIMIE	75	

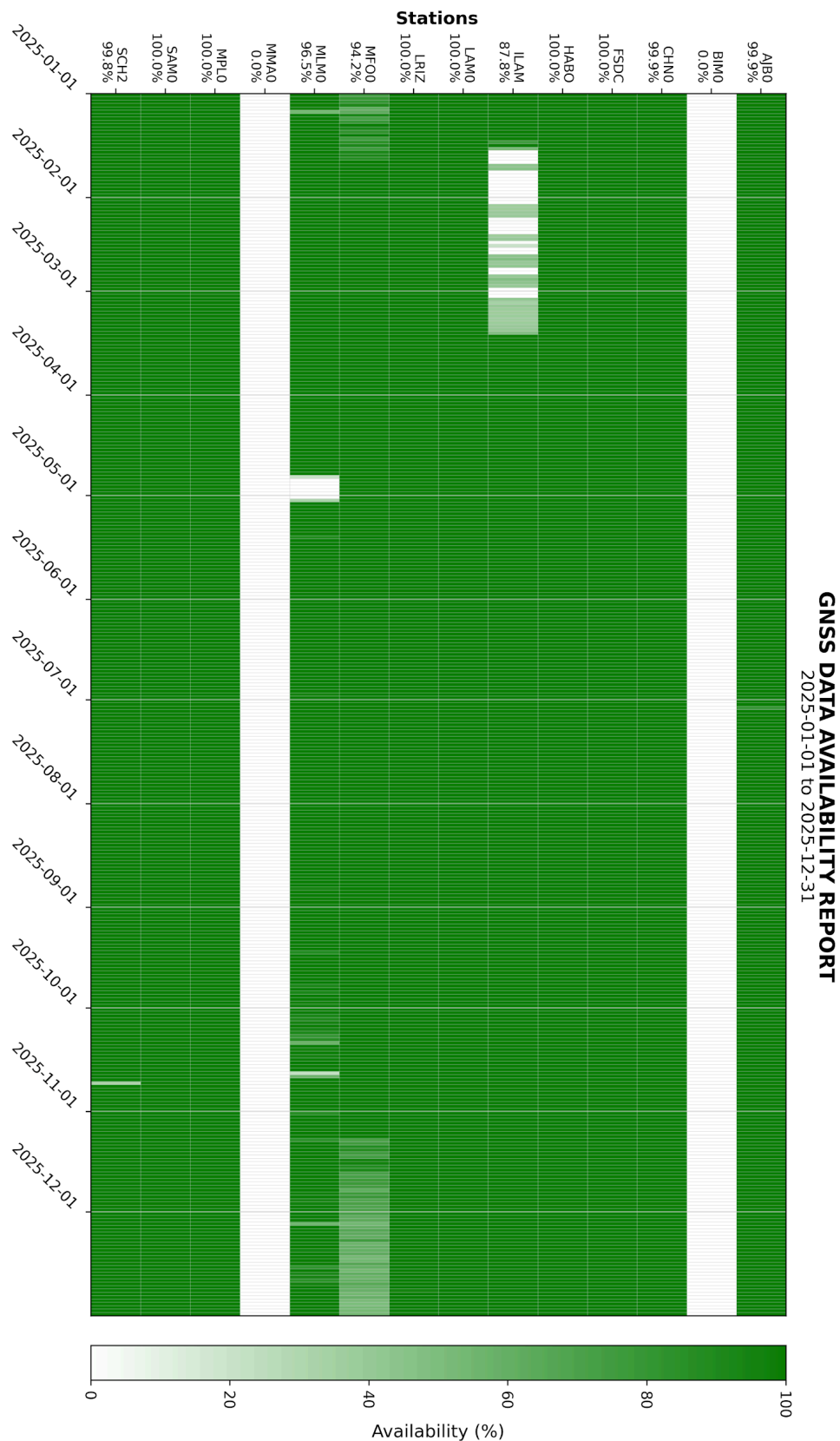


Annexe C : Disponibilité des données pour les stations vélocimétriques pour l'année 2025





Annexe D : Disponibilité des données pour les stations GNSS pour l'année 2025





Annexe E : Activité volcanique de l'arc des petites antilles

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 :

<https://www.ipgp.fr/communiqués-et-bulletins-de-l'observatoire>

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 effusive avec formation d'un dôme de lave s'est produite du 29 décembre 2020 au 9 avril 2021. Une activité explosive commence le 9 avril. Aucune explosion n'est observée depuis 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 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>

Annexe F : Mesures géochimiques en 2025

Date prélèvements En 2025	22/01	18/02	25/03	16/04	07/05	25/06	17/07	05/08	11/09	18/09	28/09	29/09	30/09	04/10	09/10	11/10	23/10	02/11	18/11	16/12
Site	Puits Chaud																			
T°C	30.6	30.6	30.9	31.2	31.3	31.2	31.3	31.1	31.4	N.R	N.R	N.R	31.5	N.R	N.R	N.R	31.1	N.R	31.0	30.6
Conductivité µS/cm	1240	1264	1313	1358	1356	1244	1191	1232	1248	N.R	N.R	N.R	1267	N.R	N.R	N.R	1220	N.R	1204	1221
pH	6.76	6.76	6.62	6.66	6.49	6.53	6.59	6.60	6.76	N.R	N.R	N.R	6.57	N.R	N.R	N.R	6.67	N.R	6.53	6.47
HCO3- mg/L	396.65	399.68	399.44	398.24	395.48	393.07	397.29	399.89	399.62	N.R	N.R	N.R	N.R	N.R	N.R	N.R	397.16	N.R	396.98	394.91
Site	Rivière du Prêcheur																			
T°C	25.2	22.7	26.2	27.2	26.8	27.6	26.9	28.5	31.8	28.7	33.6	30.1	32.1	29.0	30.1	32.3	28.7	28.3	25.5	24.0
Conductivité µS/cm	136.9	81.2	158.1	155.4	160.6	156.4	148.9	159.5	128	N.R	N.R	N.R	144.6	N.R	N.R	N.R	154.6	N.R	134.1	154.4
pH	8.24	7.68	8.57	8.57	8.52	8.34	8.21	8.56	8.01	N.R	N.R	N.R	8.09	N.R	N.R	N.R	8.43	N.R	8.10	8.13
HCO3- mg/L	60.01	32.84	72.66	70.47	74.56	70.37	68.00	72.88	61.90	N.R	N.R	N.R	N.R	N.R	N.R	N.R	70.32	N.R	61.18	69.71
Site	FCR1																			
T°C	27.5	27.5	27.6	27.4	27.5	27.6	27.7	27.6	27.8	N.R	N.R	N.R	N.R	N.R	N.R	N.R	27.6	N.R	27.6	27.5
Conductivité µS/cm	274	281	346	280	271	305	274	287	274	N.R	N.R	N.R	N.R	N.R	N.R	N.R	272	N.R	273	299
pH	6.83	6.81	6.86	6.85	6.82	6.90	6.77	6.80	6.77	N.R	N.R	N.R	N.R	N.R	N.R	N.R	6.90	N.R	6.85	6.69
HCO3- mg/L	105.27	105.33	105.90	105.36	109.23	107.20	108.07	108.48	108.67	N.R	N.R	N.R	N.R	N.R	N.R	N.R	108.92	N.R	111.62	114.67
Site	FCR2																			
T°C	26.8	N.R	26.9	27.2	27.2	N.R	27.3	27.2	27.5	N.R	N.R	N.R	N.R	N.R	N.R	N.R	27.2	N.R	26.8	26.9
Conductivité µS/cm	381	N.R	405	403	405	N.R	394	398	401	N.R	N.R	N.R	N.R	N.R	N.R	N.R	410	N.R	388	385
pH	6.93	N.R	6.87	6.89	6.84	N.R	6.86	6.73	6.76	N.R	N.R	N.R	N.R	N.R	N.R	N.R	6.88	N.R	6.83	6.80
HCO3- mg/L	122.94	N.R	129.32	132.52	129.78	N.R	129.72	130.37	135.26	N.R	N.R	N.R	N.R	N.R	N.R	N.R	131.53	N.R	123.46	129.11

Tableau F1 : Mesures physico-chimiques réalisées sur les sites Puits Chaud, rivière du Prêcheur, FCR1 et FCR2 en 2025. *N.R (Non réalisé).

Date prélèvements	Avril 2025	Juillet 2025	Octobre 2025
SC4			
T°C	33.0	NR	34.5
Conductivité µS/cm	1264	NR	1385
pH	6.07	NR	6.20
HCO3- mg/L	787.41	NR	860.43
Rivière Chaude			
T°C	25.4	25.7	26.0
Conductivité µS/cm	930	947	970
pH	7.48	7.25	7.18
HCO3- mg/L	552.06	565.03	579.49

Tableau F2 : Mesures physico-chimiques réalisées aux Sources Chaudes (SC4) et dans la rivière Chaude en 2025.



Date	12/08/ 2021	02/09/ 2021	15/09/ 2021	28/10/ 2021	15/12/ 2021	12/07/ 2022	13/09/ 2022	21/11/ 2022	02/03/ 2023	25/05/ 2023	17/01/ 2024	28/03/ 2024	21/11/ 2024	26/05/ 2025	15/07/ 2025	17/12/ 2025
T °C IN	30,9	30,5	30,8	31	29,1	30,0	30,5	29,5	27,5	28,6	28,0	28,9	30,8	29,9	29,7	29,5
T °C OUT	28,9	29,1	29,6	29	28,9	29,0	29,5	28,5	26,4	28,4	27,9	28,6	29,7	28,4	29,2	29,0
Ecart °C	2,0	1,4	1,2	2,0	0,2	1,0	1,0	1,0	1,1	0,2	0,1	0,3	1,1	1,5	0,5	0,5
pH IN	6,25	6,07	5,50	7,6*	5,52	7,79	6,18	6,64	7,70	7,60	7,53	7,45	6,62	7,03	6,43	5,68
pH OUT	8,12	8,16	8,30	9,15*	8,20	7,97	8,18	8,05	8,19	8,10	-	8,15	8,07	7,96	8,04	8,07
Ecart pH	1,87	2,09	2,80	1,55*	2,68	0,18	2,00	1,41	0,49	0,50	-	0,70	1,45	0,93	1,61	2,39

Tableau F3 : Mesures de températures et de pH dans la zone d'émission de gaz en mer PEBL, au niveau d'une sortie de gaz ("in") et à l'extérieur de cette zone ("out") de août 2021 à décembre 2025. * Valeurs du 28/10/2021 considérées non-fiables étant donné la valeur du pH témoin.

Site	Jan	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
Puits Chaud	N.R	N.R	N.R	N.R	22.1	30.6	30.6	46.8	119.3	132.7	133.4	N.R
FCR1	N.R	N.R	N.R	N.R	43.8	35.1	32.4	30.8	22.1	17.3	27.5	N.R
FCR2 carrière	N.R	N.R	N.R	N.R	114.9	67.5	13.9	72.0	81.3	110.6	69.9	N.R
FCR2 forage carrière	N.R	N.R	N.R	N.R	48.1	21.8	17.5	36.7	34.4	43.6	47.1	52.5
Forage rivière du Prêcheur	38.0	N.R	22.6	N.R	122.3	86.0	103.6	106.6	488.9	221.8	44.3	115.7
			15.6									
			163.1									
			213.8									
			186.3									
184.8												

Tableau F4 : Données du flux diffus de CO₂ (g/m²/jour) au sol mesuré en 2025 sur les sites suivis régulièrement par l'OVSM-IPGP pour les paramètres physico-chimiques (N.R : Non réalisé).

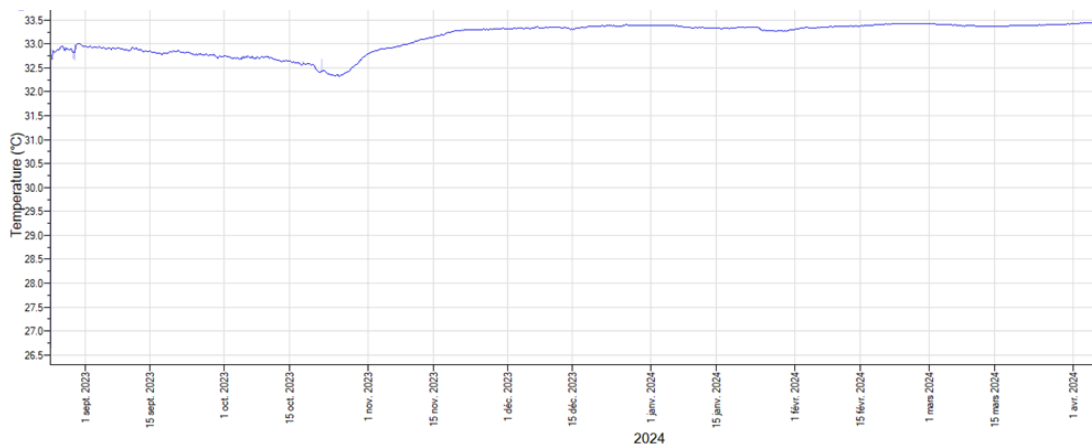


Figure F1 : Mesures de la sonde TinyTag des Sources Chaudes (SC4) entre le 24 août 2023 et le 7 avril 2024 suite à la récupération de la sonde en avril 2025.

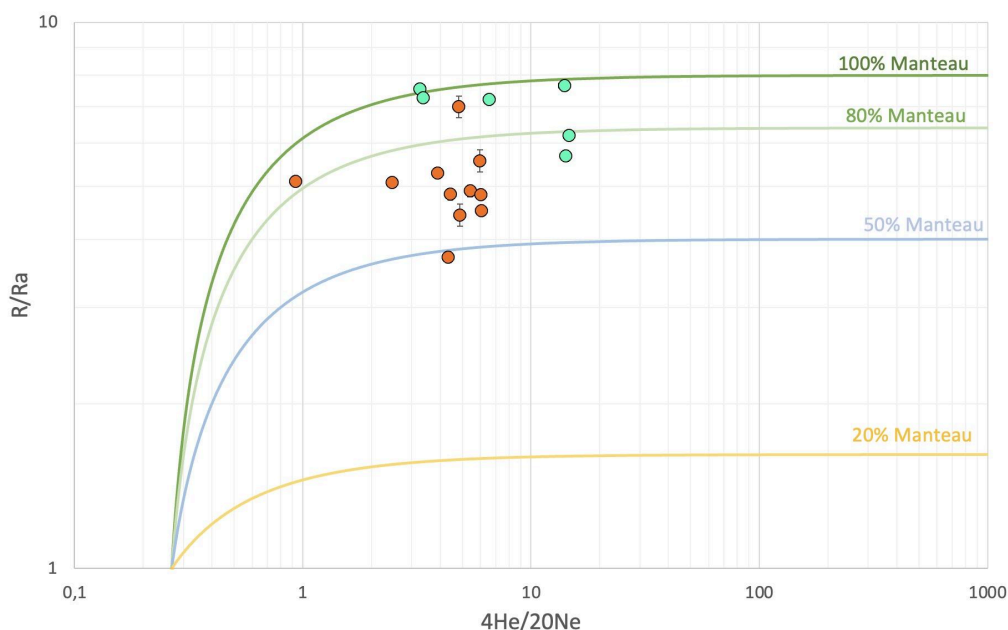


Figure F2 : Représentation du rapport isotopique $^3\text{He}/^4\text{He}$ (R), relatif au rapport isotopique de l'atmosphère ($R_a = 1.384e-6$), en fonction du rapport isotopique $^4\text{He}/^{20}\text{Ne}$ pour les gaz dissous des Sources Chaudes (points bleus) et du gaz des émissions sous-marines de Périnelle (points oranges) prélevés en 2024 et 2025 par l'OVSM-IPGP et analysés par PH Blard, B. Tibari et L. Zimmermann (CRPG Nancy).