

A - Activité Volcanique de la Soufrière de Guadeloupe - 2014

Le complexe de la Grande Découverte – Soufrière est composé de 3 stratovolcans, Grande Découverte, Carmichaël et Soufrière, qui se sont construits durant les derniers 445000 ans. La Soufrière est l'édifice le plus récent et son histoire éruptive a débuté il y a environ 9150 ans. Il s'agit d'un volcan actif, de type explosif, ayant connu de nombreuses éruptions magmatiques et non-magmatiques, dites « phréatiques », par le passé.

La dernière éruption magmatique majeure date du XVII^e siècle (1530 ± 30 ans). Les reconstitutions et modélisations récentes montrent qu'elle a commencé par un effondrement partiel du flanc du volcan avec une avalanche de débris qui a atteint la mer au niveau de Basse-Terre. Il a été suivi d'une explosion plinienne modérée avec une colonne de gaz atteignant 10-12 km d'altitude, des retombées de ponces atteignant environ 6 cm d'épaisseur à Saint-Claude, et des coulées pyroclastiques dans les vallées radiales jusqu'à des distances de 5-6 km du dôme. L'éruption s'est terminée par la construction du dôme actuel de la Soufrière.

Depuis, les éruptions qui se sont produites ont été uniquement phréatiques, impliquant une décompression explosive du système hydrothermal et l'éjection de matériaux anciens du volcan sans apport de magma nouveau. Ces éruptions ont été majeures en 1797-98, 1836-37 et 1976-77 et mineures en 1690, 1809-1812 et 1956.

L'éruption phréatique de 1956 a duré dix jours, avec deux explosions en surface. Celle de 1976-77 a été particulièrement violente avec 26 explosions majeures entre juillet 1976 et mars 1977. Elle a produit des émanations de gaz acides, des projections de blocs et de cendres, des coulées de boue et environ 16 000 séismes dont plus d'une centaine ressentis.

Depuis 1992, son activité sismique, fumerolienne et thermale poursuit un régime fluctuant mais globalement en lente augmentation, qui se traduit par une forte activité du système hydrothermal. Si ces phénomènes incitent l'observatoire à la vigilance instrumentale, ils ne sont cependant pas associés à une anomalie des autres paramètres de surveillance liée à une éventuelle remontée de magma (séismes profonds, déformations à grande échelle, gaz soufrés à haute température).

Sismicité volcanique

L'activité sismique d'origine volcanique de 2014 est en augmentation notable en nombre d'événements par rapport à 2013 alors que l'énergie dissipée globale est moindre (Figure 1). Un total de **315 séismes** de type volcano-tectonique (VT) a été localisé sous le massif de la Soufrière (à comparer aux 67 VT en 2013). L'énergie totale dissipée de **9.6 MJ¹** est en diminution par rapport à 2013 (22.2 MJ). L'observatoire a également enregistré durant l'année 16 séismes de type longue-période (LP) et 121 séismes volcaniques emboîtés.

Les hypocentres sont regroupés dans les deux zones sismogènes qui caractérisent la sismicité de la Soufrière : la première zone très superficielle est localisée quelques centaines de mètres sous le dôme, tandis que la deuxième est située aux alentours de 1.5 – 2 km de profondeur. Le 21 janvier 2014, un séisme VT de magnitude 1.7, localisé sous le dôme à 2 km de profondeur, est susceptible d'avoir été faiblement ressenti (intensité II à Saint-Claude).

Au cours du mois d'octobre 2014, un essaim de micro-séismes a été enregistré par l'observatoire. Entre le 10 et le 15 octobre, un total de 157 séismes VT a été localisé, de magnitude maximale 0.7. L'énergie totale dissipée par cet essaim est très faible, de l'ordre de 0.35 MJ¹.

Les séismes VT correspondent à de petites ruptures sur des fractures du système volcanique. Les séismes LP sont associés à des phénomènes de résonance dans les fluides sous pression dans l'édifice. L'ensemble de ces séismes témoigne de la vivacité du système hydrothermal (interaction entre les gaz et l'eau dans les fractures superficielles).

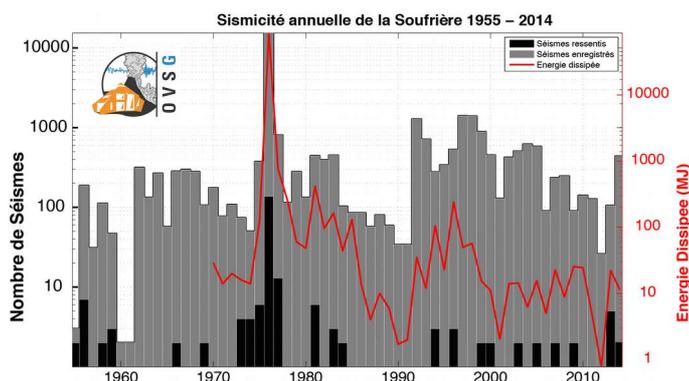


Figure 1. Sismicité volcanique annuelle de la Soufrière depuis 1955. Sont reportés le nombre de séismes détectés (barres grises), le nombre de séismes ressentis (barres noires), et l'évolution de l'énergie dissipée (ligne rouge). Sont représentés uniquement les séismes VT. A noter que l'échelle logarithmique des ordonnées a été modifiée pour afficher les valeurs nulles dans le nombre de séismes ressentis.

Activité fumerollienne

Depuis 1992 et la réactivation du Cratère Sud, l'activité fumerollienne n'a cessé d'augmenter lentement d'année en année, avec en particulier l'apparition d'HCl en 1998. Après la réactivation du gouffre Tarissan en 2000, du gouffre Napoléon en 2003, du gouffre 56 en 2007, de 2 fumerolles le long des fractures Lacroix en 2011, d'une zone du gouffre Breislack en 2013, l'année 2014 voit l'apparition d'une nouvelle zone fumerollienne dans la partie sommitale du dôme : la zone Napoléon Nord (entre le gouffre Napoléon et le gouffre Tarissan).

Les émanations gazeuses acides accompagnées d'un régime de vent soutenu a engendré le dépérissement progressif de la végétation sur les flancs sud-ouest et ouest de la Soufrière depuis 1998 (Figure 2). Cette acidité a contribué à quelques instabilités mineures des zones de dépérissement en 2014 (début de détérioration de la trace sommitale « cratère sud »).



Figure 2. Les principaux gouffres/fractures actifs au sommet de la Soufrière (OVSP-IPGP, mars 2012).

L'activité s'est maintenue au Cratère Sud avec de forts débits (sur les 3 bouches d'émission) et d'importants dépôts de soufre solide. La température au Cratère Sud Central est restée élevée et stable au cours de l'année, variant entre **108°C** en début d'année et **96°C** en fin d'année (comparable avec les années précédentes). L'acidité très forte du panache s'est maintenue en 2014 avec un pH moyen de **1.3** (pH minimum de **0.6**, le 13 mars 2014), en raison de la présence d'acide chlorhydrique (HCl) et d'acide sulfurique (H₂SO₄) depuis 1998.

L'activité s'est également maintenue au niveau du gouffre Tarissan avec un débit moyen du panache tout au long de l'année. Les sondages et prélèvements du lac acide situé au fond du gouffre (fluctuant entre 80 et 95 m de profondeur) ont été poursuivis. Le niveau du lac a varié d'environ 10 m en 2014 et semble lié aux apports en eau de pluie. L'acidité très forte s'est maintenue avec un **pH variant entre -0.5 et 0.2** (pH moyen de -0.2 en 2014, 0.1 en 2013). Des études approfondies de ces séries temporelles sont en cours.

Depuis juillet 2014, une **nouvelle zone fumerollienne** est apparue dans la partie sommitale de la Soufrière, au nord du gouffre Napoléon (Figure 3). Cette activité se matérialise par de nombreuses petites zones de dégazage diffus acide qui provoquent le dépérissement de la végétation et la détérioration de la trace menant au Cratère Sud. Les températures mesurées au sol varient entre 70°C et 95°C. Depuis juillet 2014, l'observatoire a noté une extension de la zone et une augmentation des débits de dégazage. La fumerolle principale, nommée Cratère Napoléon Nord (CNN), fait l'objet d'une surveillance accrue. Son débit a considérablement augmenté depuis son apparition et des dépôts de soufre solide sont

visibles. Sa température reste stable, autour de **95°C**. Sa composition chimique est proche de celle du Cratère Sud (68 % de CO₂ et 26 % de H₂S, hors vapeur d'eau) et son pH est acide, autour de **3.5**.

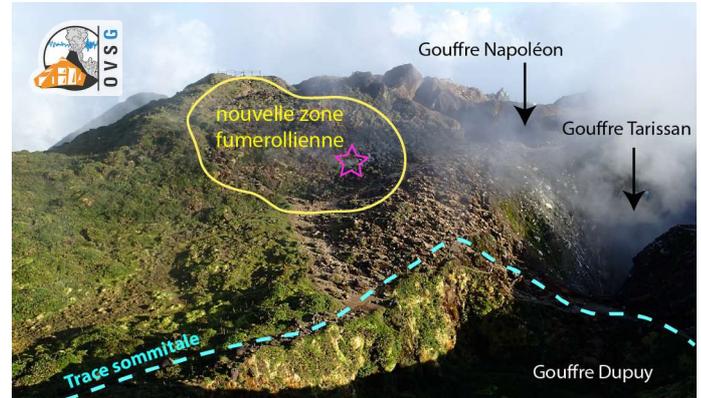


Figure 3. La nouvelle zone fumerollienne au nord du gouffre Napoléon vue du sommet de la Soufrière (OVSP-IPGP, 14-10-2014). Le dégazage est diffus dans toute la zone (ligne jaune) et la fumerolle principale (CNN) est matérialisée par l'étoile rose. Depuis la prise de cette photo, l'activité s'est accrue, provoquant le dépérissement de la végétation dans toute la zone et la détérioration partielle de la trace menant au Cratère Sud.

Nous avons observé un maintien de l'activité moyenne sur les autres zones actives : cratère Napoléon, gouffre 1956, fractures Lacroix, cratère Breislack, avec une tendance de plus en plus nette à l'augmentation des débits.

Sources thermales

Depuis quelques années, nous assistons à une progressive mais systématique augmentation de la température des sources thermales situées en altitude sur le flanc sud de la Soufrière. Depuis 1979, les Bains Jaunes (T moyenne de 29.2°C en 2014) ont augmenté d'environ 4°C, la source du Galion (T moyenne de 47.7°C en 2014) de 6°C. Depuis 1995, la source Pas du Roy (T moyenne de 34.2°C en 2014) a augmenté de 4°C et celle de Tarade (T moyenne de 42.5°C en 2014) de 8°C. D'autres sources montrent une température stable ou en légère baisse. C'est le cas de Bains Chauds de Matouba (T moyenne de 58.7°C en 2014), de 2eme chute du Carbet (T moyenne de 43.3°C en 2014) et d'Habitation Revel (T moyenne de 32.3°C en 2014).

Déformations

L'analyse des déformations ne se limite pas à l'année 2014 car ces déformations sont petites. Sur plusieurs années, les réseaux intégrés de mesure des déformations à l'échelle du massif ne montrent pas de signes particuliers (GPS continu).

En revanche, on note le maintien d'une tendance depuis de nombreuses années à l'ouverture de certaines fissures, de l'ordre de **+25 mm** en 10 ans pour les variations les plus importantes, notamment sur la faille du 30 Août, les fractures Lacroix et le gouffre Napoléon. Cette ouverture est associée à une fermeture progressive des fractures de la zone nord du dôme (Gouffre Dupuy et Fente du Nord) de l'ordre de **-5 mm** pour les variations les plus importantes.

Le champ de déformations observé sur la Soufrière traduit le fait qu'il n'y a aucune activité profonde importante telle qu'une surpression dans la chambre magmatique. En revanche, les petites déformations localisées sur le dôme suggèrent l'existence de phénomènes superficiels qui pourraient être des

suppressions de vapeur d'eau ou de petits mouvements gravitaires ou tectoniques.

Synthèse de l'activité volcanique en 2014

Il faut retenir que si ces phénomènes témoignent de l'activité permanente de la Soufrière, caractéristique de celle d'un volcan avec un système hydrothermal important et très actif, celle-ci n'est pour l'instant pas associée :

- à une sismicité intense et profonde ;
- à des déformations à l'échelle du massif ;
- à l'apparition de fumerolles de haute température (> 150°C) ;
- à l'apparition de gaz d'origine magmatique (SO₂).

L'activité de la Soufrière enregistrée en 2014 semble donc globalement se situer dans la continuité des observations faites depuis 1992 qui traduisent une lente augmentation de l'activité du système hydrothermal, à savoir de la circulation et de l'interaction des gaz chauds et de la vapeur sous pression dans la roche poreuse et fracturée.

Le nouvel arrêté municipal N°DGS-15-01-27 (du 27 janvier 2015) de la ville de Saint-Claude élargit la zone d'interdiction d'accès du public à certaines zones du sommet de la Soufrière : tenant compte de l'extension de la nouvelle zone fumerollienne qui s'étend de part et d'autre de la trace dite « cratère sud »,

cette trace s'est fortement détériorée et son accès est maintenant strictement interdit. Ce nouvel arrêté municipal n'interdit pas l'accès du public au sommet de la Soufrière.

Sur la base des observations de l'OVSG-IPGP enregistrées au cours de l'année 2014 et résumées dans ce bulletin, aucune activité éruptive n'est à prévoir prochainement, mais le niveau actuel reste

VIGILANCE (= JAUNE)

(Voir tableau en annexe).

Cependant, les émanations gazeuses aux abords et sous le vent des fumerolles du Cratère Sud présentent, depuis 1998, des risques avérés d'irritation et de brûlures (yeux, peau, voies respiratoires). En raison de la présence de ces gaz toxiques, l'arrêté municipal N°01-296 (modifié le 27 janvier 2015) de la ville de Saint-Claude interdit l'accès du public à certaines zones du sommet.

B – Activité Sismique Régionale - 2014

L'arc insulaire des Petites Antilles résulte du plongement de la plaque Nord-Amérique sous la plaque Caraïbe. Cette subduction active a une vitesse de convergence de 2 cm/an. Elle provoque une déformation de la limite de ces plaques, faisant de notre archipel une région à forts aléas volcanique et sismique.

Certains séismes sont directement liés aux processus de glissement entre les deux plaques (Figure 4). D'autres, plus superficiels, résultent de la déformation de la plaque Caraïbe. D'autres encore résultent de la rupture de la plaque océanique plongeant sous la Caraïbe. Durant la période historique, plusieurs séismes ont causé des dégâts / victimes en Guadeloupe (intensités supérieures ou égales à VII) : 1735, 1810, 1843, 1851, 1897, 2004 et 2007.

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

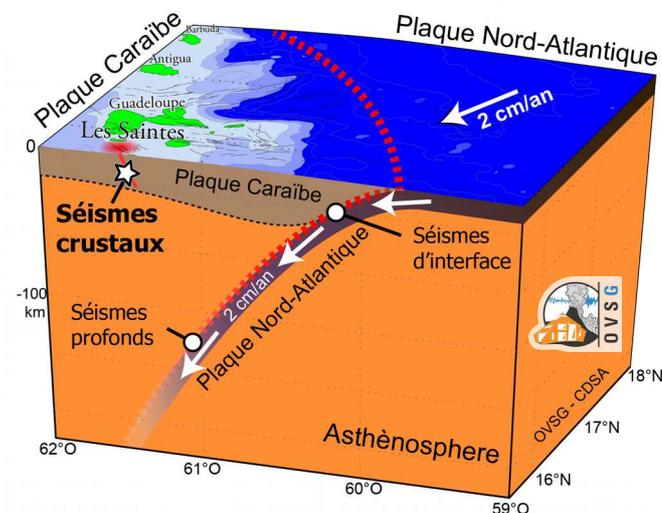


Figure 4. Schéma simplifié de la subduction active aux Antilles avec les différents types de séismes tectoniques possibles. Le séisme du 21 novembre 2004 ainsi que toutes ses répliques résultent de la déformation de la plaque Caraïbe (séismes crustaux).

La sismicité régionale

Si on se limite à un rayon approximatif de 450 km autour de la Guadeloupe, un total de **1414 séismes** tectoniques a été enregistré pendant l'année 2014 (988 en 2013). De nombreux séismes de très faible magnitude, et, de ce fait, enregistrés par une ou deux stations seulement, ne sont pas localisables en routine (c'est le cas de beaucoup de micro-séismes des Saintes et du nord Dominique).

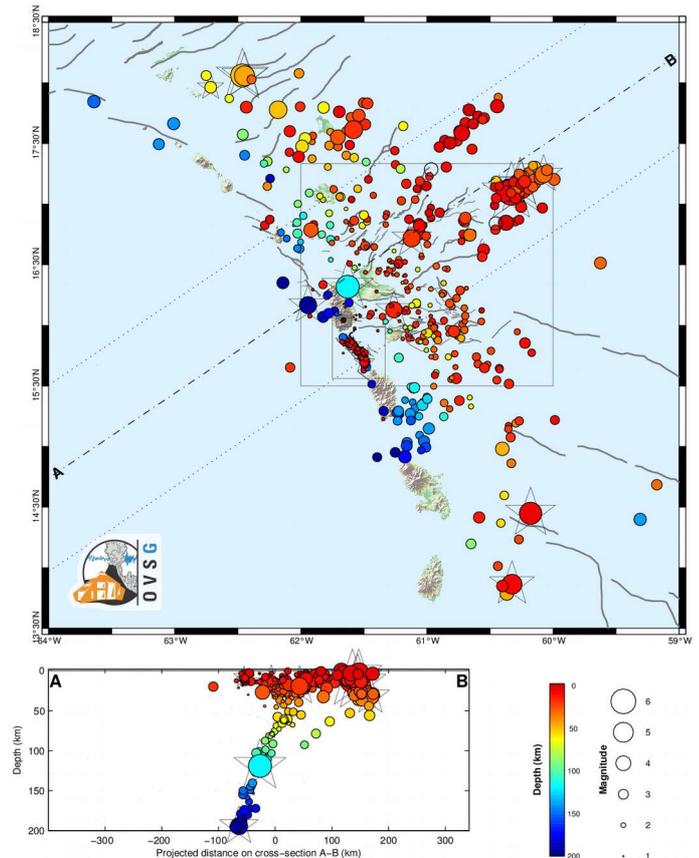


Figure 5. Hypocentres et magnitudes des séismes localisés durant l'année 2014 par l'OVSG-IPGP autour de la Guadeloupe. La vue verticale correspond à la projection des séismes à moins de 100 km de part et d'autre de l'axe A-B, perpendiculairement au plan de subduction. Les traits noirs représentent les failles principales connues. Les séismes potentiellement ressentis sont symbolisés par des étoiles.

La carte de la sismicité 2014 (Figure 5) montre une importante sismicité superficielle à l'est et au nord-est de la Guadeloupe, le long de grands systèmes de failles NW-SE, distribuées entre la Martinique et Barbuda. Cette sismicité est également liée à l'activité de l'interface de subduction (zone de contact entre les deux plaques). La répartition géographique de l'activité sismique est comparable à celle des années précédentes. 9 à 13 séismes ont été ressentis en 2014 en Guadeloupe (Figures 5 et 6, Tableau 1). En 2014, les essaims sismiques sont localisés principalement dans la zone de répliques des Saintes (suites des séismes de 2004 et 2005) mais également dans le nord-est de la Désirade.

L'essaim du nord-est de la Désirade

Le 16 mai 2014 à 07h01 (heure locale) un séisme de magnitude **6.1** s'est produit à **125 km** au nord-est de **La Désirade** à 16 km de profondeur (Figure 5 et Tableau 1). Il est lié aux processus de déformations associés à la subduction de la plaque Amérique sous la plaque Caraïbe. Ce séisme a été largement ressenti par les populations des îles de l'arc Antillais (intensité maximale **V** en Guadeloupe et **III** en Martinique). De nombreuses répliques ont été enregistrées immédiatement après le séisme principal et 4 de ces répliques ont pu être ressenties en Guadeloupe (magnitudes comprises entre 5.2 et

5.4). Un total de **100** répliques a été enregistré, dont 45 répliques le 16 mai et 25 répliques le 17 mai.

La zone de répliques des séismes des Saintes

Les séismes des Saintes du 21 novembre 2004 de magnitude 6.3 et du 14 février 2005 de magnitude 5.7 ont été suivi de plus de 35 000 séismes identifiés comme répliques (voir bulletin OVSG de novembre 2014).

Au cours de l'année 2014, les réseaux de l'observatoire ont enregistré **598** séismes entre les Saintes et la Dominique, entre 2 et 15 km de profondeur (Figure 6). Cette sismicité s'organise en trois essaims, 1) un essaim sous l'archipel des Saintes, à la terminaison nord de la faille du Roseau qui a rompu le 21 novembre 2004, 2) un autre au milieu du canal de la Dominique, à la terminaison sud de la rupture du 21 novembre 2004, et 3) un essaim au nord de la Dominique. En se basant sur quelques témoignages et les modélisations du mouvement du sol, nous pouvons estimer que deux séismes ont été ressentis en 2014 (Figure 6 et Tableau 1).

Tableau 1. Caractéristiques des séismes régionaux ressentis en Guadeloupe en 2014 (représentés par des étoiles sur les cartes épicentrales des Figures 5 et 6). Vous pouvez retrouver l'ensemble des communiqués sur la page de l'OVSG : www.ipgp.fr/ovsg à la rubrique actualité.

Date	M	Prof (km)	Zone épicentrale	Intensité max
09/01/14	4.5	194	19 km à l'ouest-sud-ouest de Pointe Noire	II - III
25/02/14	4.3	16	14 km au sud de Saint-François	III - IV
19/04/14	5.7	53	45 km à l'est-sud-est de Saint-Barthélémy	IV - V
16/05/14	6.1	16	125 km au nord-est de La Désirade (4 répliques de magnitude supérieure à 5 ont pu être ressenties)	IV - V
09/08/14	2.9	8	21 km au sud-sud-est de Terre de Haut	I - II
21/09/14	2.4	11	3 km au sud de Terre de Haut	I - II
22/10/14	3.4	61	16 km à l'est-nord-est de Saint-Barthélémy	I - II
25/11/14	4.5	19	46 km au nord de la Désirade	II - III
19/12/14	5.7	119	5 km au nord-nord-est du Lamentin	III - IV

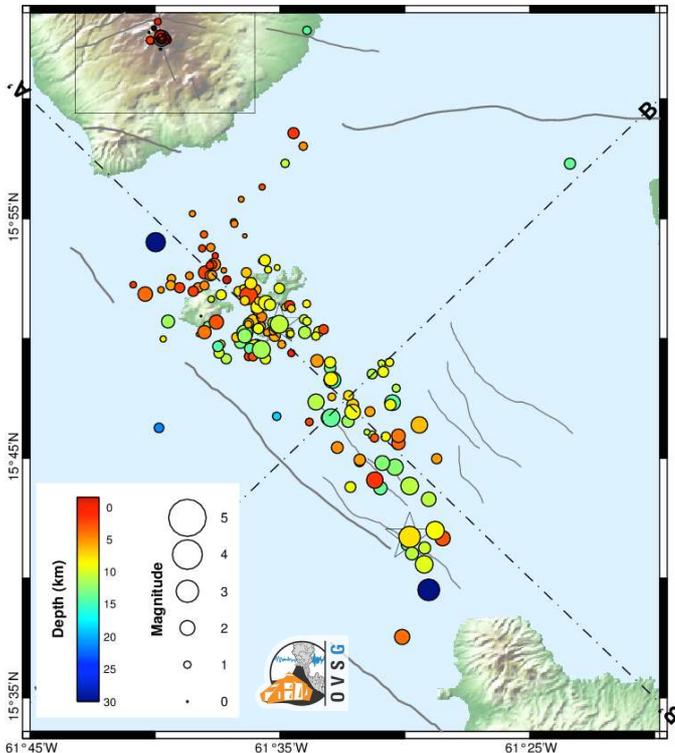


Figure 6. Carte des épicentres et des magnitudes de l'année 2014 dans la zone des Saintes, correspondant aux plus forts séismes enregistrés et localisés par l'OVSG-IPGP.

La Direction de l'OVSG-IPGP le 22 avril 2015

C – Annexes

Définition des niveaux d'activité volcanique pour la Soufrière de Guadeloupe

Activité globale observée	Minimale niveau de base	En augmentation variations de quelques paramètres	Fortement augmentée variations de nombreux paramètres, sismicité fréquemment ressentie	Maximale sismicité volcanique intense, déformations majeures, explosions
Délais possibles	Siècle(s) / Années	Année(s) / Mois	Mois / Semaines	Imminente / En cours
Décision	← OVSG-IPGP →		← Préfecture →	
Niveaux d'alerte	VERT = Pas d'alerte	JAUNE = Vigilance	ORANGE = Pré alerte	ROUGE = Alerte

Définition simplifiée de l'échelle des intensités macrosismiques

Intensités	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X+
Perception Humaine	Non ressenti	Très faible	Faible	Légère	Modérée	Forte	Très forte	Sévère	Violente	Extrême
Dégâts probables	aucun				Très légers	Légers	Modérés	Moyens	Importants	Généralisés

Appel à témoignages sur les séismes ressentis

Les intensités réelles (effets d'un séisme en un lieu donné) ne peuvent être correctement déterminées que par recueil de témoignages. Si vous avez ressenti un séisme, même faiblement, vous êtes invité à le signaler à l'observatoire et à prendre quelques minutes pour remplir le formulaire d'enquête macrosismique du BCSF sur le site <http://www.franceseisme.fr/>.

Nouveau site web

Le nouveau site web de l'Institut de Physique du Globe de Paris est en ligne à l'adresse www.ipgp.fr. Vous trouverez de nouvelles rubriques et un lien direct vers la page de l'OVSG : www.ipgp.fr/ovsg.

Centre de Données Sismologiques des Antilles (CDSA)

Le CDSA a pour mission le traitement et la mise à disposition au public d'informations techniques et scientifiques concernant l'activité sismique dans l'archipel des Petites Antilles (www.seismes-antilles.fr). C'est une collaboration entre l'Institut de Physique du Globe de Paris (IPGP), le BRGM et l'Université des Antilles et de la Guyane. Le CDSA s'est mis en place progressivement entre 2002 et 2007 dans le cadre d'un projet CPER-DOCUP "KASIS" et financé par le FEDER, le Ministère de l'Environnement, la Région Guadeloupe, l'IPGP et le BRGM. La seconde phase du projet a débuté en octobre 2013 (dans le cadre du CPER-PO 2007-2013). Localisé au Houëlmont, dans les locaux de l'Observatoire Volcanologique et Sismologique de Guadeloupe (OVSG-IPGP), le CDSA bénéficie de la fiabilité des infrastructures et du fonctionnement continu des équipements de l'IPGP destinés à la surveillance.

¹ : 1 mégajoule = 1 MJ = 10⁶ Joules ; 1 térajoule = 1 TJ = 10¹² Joules ; A titre d'exemple, l'énergie dégagée par le bombardement d'Hiroshima était de 63 TJ.

Merci aux organismes, collectivités et associations d'afficher publiquement ce bilan pour une diffusion la plus large possible. Pour le recevoir par e-mail, faites simplement la demande à <infos@ovsg.univ-ag.fr>. Les précédents bulletins et communiqués (depuis 1999) sont en ligne sur le site www.ipgp.fr/fr/ovsg/actualites-ovsg.

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