Observatoire Volcanologique et Sismologique de Guadeloupe

Les missions de l'Observatoire

L'OVSG compte une dizaine de scientifiques et techniciens qui assurent 7 jours sur 7 la surveillance du volcan la Soufrière et le suivi de la sismicité de l'arc des Petites Antilles autour de la Guadeloupe, en association avec des équipes de l'IPGP.

1. Surveillance de l'activité volcanique de la Soufrière

Dans le but de comprendre le fonctionnement du volcan, de détecter un changement de comportement, de l 'évaluer en terme de potentiel éruptif et enfin d'avertir les autorités responsables de la protection des personnes et des biens, l 'Observatoire enregistre de façon permanente des séries temporelles de données géophysiques et géochimiques, complétées par des observations visuelles de la phénoménologie. Cette surveillance demande donc des compétences techniques (conception, installation et maintenance des stations de mesures), et scientifiques (modélisation, interprétation des observations).

2. Suivi de l'activité sismique et tectonique des Petites Antilles

Afin d'étudier la sismicité régionale et les déformations des plaques lithosphériques dans l'arc, de contribuer à la zonation du risque sismique en Guadeloupe, et d'informer les autorités des caractéristiques d'un séisme ressenti, l'Observatoire enregistre en continu les mouvements du sol (rapides et lents), complétés par des études structurales à grande échelle.

3. Favoriser et participer aux travaux de recherche

Dans le cadre de coopérations régionales et internationales, l 'Observatoire a une mission de recherche en géophysique, géochimie et géologie concernant le volcanisme des Petites Antilles, la sismologie et la tectonique régionale, en lien avec les équipes scientifiques parisiennes..

4. Contribuer à l'information préventive en Guadeloupe

La prévention des risques sismiques et volcaniques passe par la divulgation des connaissances scientifiques et par la formation du public en matière de volcanologie, sismologie, géologie, géophysique et géochimie.

Depuis 1950...

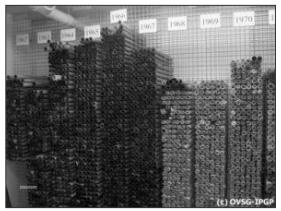
L'Institut de Physique du Globe de Paris a acquis en 1950 la propriété du Parnasse dans les hauts de St-Claude, au pied de la Soufrière, pour y créer le Laboratoire de Physique du Globe. L'année même deux sismographes Maïnka Som étaient installés. Une cave sismique creusée en 1952 était équipée de sismographes électromagnétiques en 1956. Cette année là avait lieu une éruption phréatique à la Soufrière. Avec la rénovation des bâtiments en 1964 on pouvait mettre en place un véritable réseau sismique. Les stations étaient alors reliées à l'observatoire par câbles. En 1975, certaines le furent par télétransmission. C'est grâce à ce réseau que put être détectée la crise sismique de la Soufrière et que fut envisagée dès mars 1976 l'éventualité de manifestations de surface.

Lorsque la région Saint-Claude / Basse-Terre fut évacuée en juillet-août 1976, l'observatoire était installé dans la Grande Poudrière du Fort St-Charles. Les réseaux de surveillance y resteront pendant 17 ans, pendant que le laboratoire de géochimie et l'administration étaient retournés au Parnasse. A partir de 1989 a alors commencé la construction d'un observatoire moderne sur le Houëlmont, situé à 9 km au sud-ouest de la Soufrière. Tout l'observatoire y est maintenant installé depuis 1993.

L'Observatoire est actuellement constitué d'une équipe permanente comprenant 2 chercheurs (géophysique et géochimie), 4 ingénieurs CNRS (électronique, instrumentation, informatique et géochimie), 2 techniciens, 1 adjoint technique et 1 secrétaire. S'ajoutent un consultant en matière d'information sur les risques (Michel FEUILLARD, retraité, directeur de l'observatoire de 1963 à 1997), et le soutien d'une vingtaine de chercheurs et ingénieurs de l'IPGP aux compétences plus élargies en géophysique, géochimie, et géologie appliquées au volcanisme.

L'Observatoire est impliqué dans plusieurs projets de recherche avec des chercheurs provenant de laboratoires guadeloupéens (Université des Antilles et de la Guyane), nationaux (universités de Paris, Rennes, Grenoble, Chambéry) et internationaux (Montserrat, Trinidad, Italie, GB, Espagne et Portugal). Plusieurs missions sont organisées chaque année au cours desquelles des études de fond sont menées sur les phénomènes volcaniques et sismiques, et de nouvelles méthodes de surveillance sont expérimentées, en complément du réseau de surveillance permanent.

L'Observatoire participe aux actions d'information et de prévention des risques sismiques et volcaniques par l'intermédiaire d'interventions fréquentes dans les médias, de conférences invitées dans les communes (généralement en collaboration avec le SDIS et le SIDPC), de la Fête de la Science, et de l'accueil hebdomadaire de groupes pour une visite commentée de nos installations (plus de 1000 visiteurs par an, en grande partie des écoliers et étudiants).

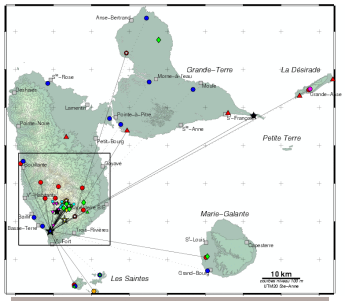


Réseaux de surveillance

L'Observatoire installe, maintient, enregistre, archive et interprète les données sur plus de 200 sites de mesures diverses sur le volcan, dont 60 capteurs télémétrés par radio, 20 capteurs enregistrés sur site et 130 sites mesurés ou échantillonnés manuellement de façon périodique. Pour la Soufrière, ces paramètres servent à établir une « ligne de base » pendant les périodes de repos du volcan, permettant ainsi de détecter immédiatement un changement de comportement précédant la crise, bien avant que les premières manifestations de surface surviennent. Pour la sismicité régionale, ils servent à étudier les phénomènes liés à la tectonique (subduction et failles).

Les réseaux de surveillance font appel à une vingtaine de techniques différentes provenant de 6 grandes disciplines scientifiques : la sismologie (courte-période, large-bande, accélérométrie), l'étude des déformations (GPS différentiel, inclinométrie, distancemétrie laser, extensométrie), la géochimie des fluides (échantillonnage et analyse des gaz et des sources thermales), la géophysique (magnéto-tellurisme, prospection électrique, forages, gravimétrie), la géologie (reconstruction de l'histoire éruptive, phénoménologie) et la météorologie.

Cette masse considérable de données est stockée, archivée et pré-analysée par des traitements automatiques autour d'un système informatique puissant, mis en place en 2001, permettant l'accès instantané aux graphes et données numériques par l'intermédiaire d'un site Web en accès restreint. Les collaborateurs scientifiques, notamment en Martinique et métropole, ont ainsi un accès distant à toutes les données de l'observatoire en temps réel, ce qui sert de base à une réflexion approfondie et objective des phénomènes au sein de notre communauté scientifique.

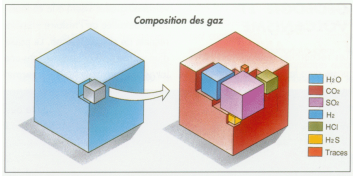


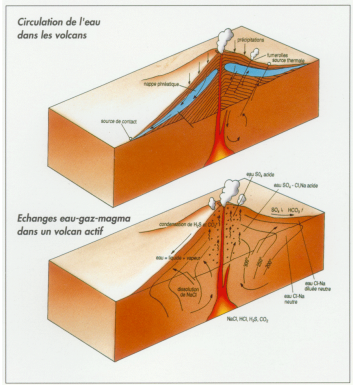
Carte des réseaux de l'OVSG sur la Guadeloupe: chaque symbole représente un site de mesure, les lignes indiquent des liaisons radio.

Le travail de l'observatoire est très varié: des mesures de terrain nécéssitant marche et portage de matériel, à la maintenance et la réparation de stations sur site, en passant par les développements informatiques pour l'analyse des données, et quelques fois l'utilisation d'hélicoptère pour les missions les plus lourdes (Sécurité Civile).

Géochimie des fluides et volcanisme

Sur un volcan actif, l'interaction entre les gaz magmatiques du réservoir profond, les nappes phréatiques, et les roches encaissantes conduit à la formation d'un système hydrothermal qui se manifeste en surface par des sources chaudes, des fumerolles, des anomalies thermiques, des zones de dégazage diffus dans le sous-sol, et des circulations complexes de fluides à l'intérieur du volcan. La surveillance géochimique intégrée se fait par le biais de mesures et de prélèvements de gaz, eaux, et solides (roches altérées, minéraux fumerolliens) suivis de différentes analyses en laboratoire permettant le dosage des différentes espèces chimiques.





Un magma est un bain de silicates fondus qui contient des gaz dissous et, éventuellement, des minéraux provenant d'une cristallisation plus ou moins avancée. Dans la chambre magmatique, ces constituants sont proches de l'équilibre thermodynamique à haute température et moyenne pression. La remontée du magma et l'ouverture des fissures entraînent la dépressurisation de la partie supérieure de la chambre. La solubilité des gaz dans les silicates fondus étant une fonction croissante de la pression, cette chute de pression entraîne un dégazage du magma avec la naissance de micro-bulles. La formation (nucléation) et la vitesse de croissance de ces micro-bulles dépendent de nombreux paramètres. Ces paramètres peuvent être : le taux de dépressurisation, la vitesse de remontée, la viscosité du magma, la vitesse de diffusion des constituants à l'intérieur du magma.

Les solubilités des différents gaz n'étant pas toutes les mêmes, la dépressurisation entraîne un dégazage différentiel donc, lors des phases éruptives, une variation de la composition chimique. L'analyse de la composition chimique des fumerolles renseigne alors sur l'évolution du processus éruptif.

Par ailleurs, ces massifs volcaniques constituent des reliefs donnant naissance à des précipitations abondantes particulièrement dans les régions tropicales. Les eaux météoriques s'infiltrent facilement dans les roches volcaniques et alimentent les nappes phréatiques qui jouent le rôle d'intégrateur dans les processus de transfert d'éléments résultant de l'activité des volcans. L'hydrogéochimie s'appuie sur ce phénomène pour la surveillance volcanique.

La proximité d'une intrusion magmatique crée une anomalie thermique qui, outre un rapport de calories, induit une mobilisation des composés chimiques en contact avec les eaux d'infiltration. L'ascension du magma s'accompagne de l'émission d'un ensemble de produits volatils (CO_2, SO_2, H_2S, HCl, halogénures alcalins...) qui migrent le long des failles. Ces éléments traversent la nappe phréatique, véritable couvercle de l'édifice, et passent en partie en solution. Les modifications de la composition chimique et de la température des sources issues de ces nappes phréatiques constituent des indicateurs dont l'étude permet de suivre l'évolution de l'activité du volcan. La surveillance géochimique des sources thermales repose sur les mesures de paramètres physiques, température, débit et conductivité, ainsi que sur les analyses chimiques d'un échantillonnage régulier de sources sélectionnées.

Échantillonnage de gaz au sommet de la Soufrière: pompage manuel, condensation de la vapeur et prélèvement par ampoule à dessèchant [photo IPGP].

Prélèvements à la source du Carbet [photo IPGP].

Travail du chimiste au laboratoire: dosage des bicarbonates et injection de gaz dans le chromatographe [photos Pierre d'Avilana].

Réseaux de surveillance géochimique

L'Observatoire procède à deux types de surveillance à un rythme mensuel : (1) analyses chimiques d'eau de sources thermales ou non thermales ; (2) analyses chimiques des gaz fumerolliens.

Chimie des eaux

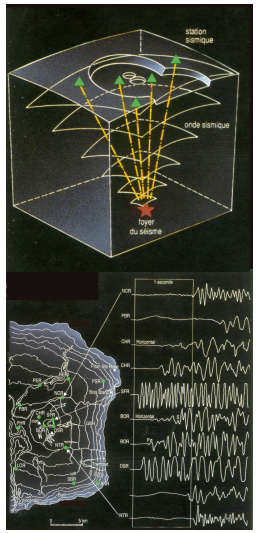
Il s'agit ici de suivre, par des méthodes d'analyse relativement simples et efficaces, le plus grand nombre possible de paramètres spécifiques de l'activité volcanique. Les mesures régulières, débutées en 1979, se limitèrent tout d'abord au pH, à la concentration en chlorures et à la température. Au cours des années, les anions et cations majeurs furent ajoutés et sont maintenant déterminés par électrochimie et chromatographie ionique. Ces mesures sont appliquées à 8 sources : Chutes du Carbet, Carbet-Échelle, Galion, Bains Jaunes, Matouba (Bains Chauds ou clinique), Habitation Revel, Piton Tarade et Pas du Roy.

Chimie des gaz

La Soufrière est caractérisée par la permanence de dégagements fumerolliens. La composition chimique de ces gaz a été suivie à un rythme hebdomadaire depuis l'activité éruptive de 1976-77. Les composants majeurs sont déterminés sur gaz secs (ampoules à P_2O_5) par chromatographie en phase gazeuse. Dans la période de 1977 à 1982, les prélèvements étaient effectués à la fumerolle Lacroix (flanc ESE du dôme) réactivée en 1976 et tarie en 1982. Les mesures se sont alors prolongées aux fumerolles de la Ty (route de la Citerne). Depuis 1991, le débit au cratère du Sud ayant significativement augmenté, cette fumerolle est également analysée.

Sismologie volcanique

Les ondes engendrées par les séismes dus à la montée du magma n'arrivent pas simultanément à la surface aux stations d'enregistrement. Les temps de parcours dépendent de la distance entre le foyer et les stations, et de la vitesse dans les roches traversées. Ils permettent de situer avec précision les foyers et d 'avoir ainsi une idée de la localisation, voire de la forme de la chambre magmatique. Le nombre de séisme, leur localisation et leur amplitude sont interprétés en terme d'activité du système magmatique. La sismologie est la première méthode de surveillance sur les volcans. Une douzaine de stations, réparties sur tout le massif de la Soufrière, enregistre ainsi en continu toutes les secousses et vibrations du volcan.



Les frontières entre plaques sont le siège d'une forte sismicité due aux contraintes tectoniques. Plus localement, les instabilités dans la chambre magmatique d'un volcan font varier les contraintes dans l'édifice et engendrent des secousses sismiques.

La plus grande majorité des éruptions est précédée et accompagnée de séismes. Ainsi, l'activité de la Soufrière de Guadeloupe en 1976 a été associée à une importante crise sismique... Ce type d'observations permet d'utiliser la sismologie comme une méthode de prévision des éruptions volcaniques. C'est l'augmentation de la sismicité qui a permis de donner l'alerte puis de prévoir l'imminence des éruptions et leur localisation au cours de ces dernières années au Piton de la Fournaise par exemple.

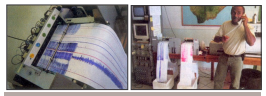
Les stations sismologiques installées sur les volcans des Antilles et de la Réunion se composent d'un sismomètre qui mesure le déplacement du sol produit par les ondes sismiques. Celui-ci est assorti d'une alimentation électrique autonome (panneaux solaires, éolienne) et d'un émetteur muni d'une antenne radio qui transmet en permanence les mesures à l'observatoire. On peut ainsi suivre la variation de l'activité sismique en fonction du temps. Ces stations, sensibles, permettent de détecter les tous petits séismes qui précèdent ou accompagnent l'activité volcanique, petits séismes jamais ressentis par l'homme.

En disposant plusieurs stations sur le massif volcanique, on peut localiser les épicentres et suivre le déplacement des foyers sismiques successifs. Si un séisme, ou un essaim de séismes plus intenses que la normale sont enregistrés, l'alerte est déclenchée. En cas d'augmentation du nombre de séismes et de leur amplitude, une crise volcanique est possible. On accroît alors la surveillance sur tous les réseaux.

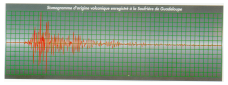
Réseau de surveillance sismologique

La surveillance sismologique de la Soufrière est faite à partir d'un réseau permanent de douze sismomètres dont trois ont 3 composantes. Certains des signaux sont numérisés sur site par des stations grande dynamique Lennartz. Les autres signaux sismiques sont transmis à l'Observatoire par modulation de fréquence (voie hertzienne). À l'Observatoire, les signaux sont démodulés et dix d'entre eux sont tracés sur enregistreur papier, afin de faciliter la visualisation d 'événements. En parallèle, tous les signaux sont enregistrés numériquement en continu, stockés sur disque dur puis gravés sur CD-ROM une fois par jour.

L'analyse consiste en une recherche des temps d'arrivée des ondes P et S, un calcul d'hypocentre, un tracé de ceux-ci sur carte, un calcul de magnitude et l'édition du bulletin sismique. Ce système est complété par la technique RSAM, méthode de calcul permettant d'obtenir les variations temporelles de l'amplitude moyenne des signaux sismiques. Le RSAM est réglé pour envoyer par téléphone une alarme automatique en cas de crise sismique.

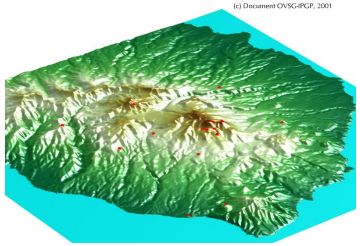


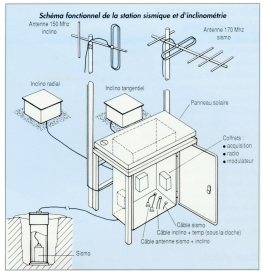
Enregistrement papier des signaux sismiques. Ces sismogrammes sont analysés en parallèle des enregistrements numériques [photos © Pierre d 'Avillana].



Stations du Réseau Sismique Volcanique de la Soufrière

(c) Document OVSG-IPGP, 2001





Géologie et phénoménologie

L'étude des formations géologiques produites lors des éruptions passées nous renseigne sur les processus dynamiques caractéristiques de ces éruptions, donc sur le comportement du volcan et les aléas qu'il présente dans le futur (scénarios éruptifs). Elles sont la base de la mise en place du réseau intégré de surveillance du volcan.

Les recherches géologiques entreprises dans le cadre des observatoires volcanologiques visent à la connaissance détaillée de l'histoire éruptive récente de chaque volcan. Le passé d'un volcan actif détermine dans une large mesure son futur et permet d'imaginer les scénarios possibles. Les méthodes utilisées sont multiples :

- levé de terrain, répartition des produits, éruption par éruption, coupes de séquences éruptives...
- échantillonnage représentatif et complet des différentes éruptions pour les études de laboratoire ;
- étude pétrographique détaillée, microscopie, analyses par microsonde électronique pour la détermination de la nature des produits éruptifs ;
- étude géochimique, composition chimique en éléments majeurs et traces, rapports isotopiques... renseignant sur l'évolution des magmas ;
- datation des formations éruptives, méthode du ^{14}C sur les bois fossiles, déséquilibre radioactif dans les minéraux...

Ces méthodes permettent également l'établissement de cartes géologiques détaillées des volcans où leur histoire magmatique et éruptive est représentée.

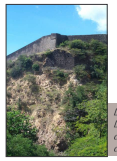
Sur un volcan actif il est fondamental de pouvoir intégrer au dispositif de surveillance géophysique et géochimique, la description et le suivi détaillé des manifestations de surface de l'activité plus profonde du volcan. Souvent, ces observations phénoménologiques sont les premières à indiquer qu'un changement de comportement du volcan est en cours. Elles orientent souvent le choix de nouveaux sites de mesures ou de prélèvement. Plusieurs catégories d'observations sont possibles et peuvent impliquer des observations à l'œil nu, des photographies ponctuelles (terrestre, aérienne, voire satellitaire), des séquences vidéos ponctuelles ou continues.

La surveillance de la phénoménologie sur le terrain concerne essentiellement l 'observation de la végétation, des dégazages diffus, de l'activité fumerollienne, de l'activité phréatique et des sublimés.

Eruption de 1956 [photo Macal].

Eruption de 1837 [gravure anonyme].

La série hyaloclastites de Rivière-Sens, liée à l'activité hydro-magmatique des Monts-Caraïbes il y a environ 500 000 ans [photo IPGP].



Les avalanches de débris de Basse-Terre (Fort Delgrès), résultat de la succession d'au moins 8 déstabilisations de la Soufrière au cours des derniers 8000 ans [photo IPGP].

Autres méthodes de surveillance

Si la sismologie, les déformations et la géochimie constituent les méthodes principales de surveillance de l'activité volcanique, de nombreuses autres sciences, certaines expérimentales, sont utilisées pour détecter et comprendre le comportement des volcans.

Réseau de magnéto-tellurisme

Le plus souvent, les édifices volcaniques sont situés dans des régions de structures géologiques complexes comportant des failles, des nappes aquifères, des zones altérées... Ces structures modifient notablement les variations temporelles du champ magnétique terrestre à la surface d'un massif. La répartition spatiale de ces variations et leurs amplitudes peuvent être très hétérogènes. Il faut donc reconnaître la signature magnétique sur le massif volcanique, en l'absence d'activité. Pour éliminer les variations homogènes, on calcule les différences entre les mesures faites au même instant sur toutes les stations magnétiques et une station choisie comme station de référence. Le suivi de l'évolution temporelle et spatiale de ces différences renseignent sur l'activité volcanique.

Lorsqu'un volcan entre en activité, les variations volcanomagnétiques qui sont induites se superposent à celles qui seraient observées en période d'inactivité. L'étude temporelle des mesures différentielles et leur évolution spatiale à l'aide d'un réseau de plusieurs stations magnétiques télémétrées permettent d'appréhender les processus physiques qui peuvent être à l'origine des variations volcanomagnétiques. Parmi ces processus on peut citer :

- les déplacements de matière aimantée (coulée ou projections) ;
- les effets thermomagnétiques liés à la perte ou à l'acquisition d'une aimantation par réchauffement ou refroidissement des roches volcaniques dans le champ magnétique terrestre ;
- les variations de contraintes dans un massif qui peuvent donner lieu à trois effets : le piézomagnétisme, l'électrocinétisme et la résistivité électrique des roches. Dans le premier cas, les aimantations des roches se modifient en relation avec les contraintes exercées sur elles et produisent un champ "piézomagnétique".

Dans le deuxième cas, la circulation de fluides porteurs d'ions le long de failles et de fissures crée un champ magnétique induit. Et dans le troisième, la résistivité évolue en fonction des contraintes appliquées, ce qui donne naissance à un autre champ magnétique induit..

Réseau de gravimétrie

La mesure de la pesanteur terrestre, lorsqu'elle est effectuée avec beaucoup de précision, permet de cartographier les structures internes ou de détecter les mouvements de magma dans le volcan. La gravimétrie est une technique de géophysique permettant de quantifier ces phénomènes de transport de masse, de variation de densité dans la chambre ou le conduit magmatique. On utilise pour cela un gravimètre, instrument de haute précision qui mesure des variations jusqu'à un milliardième de *g*. Les mesures sont effectuées de deux façons :

- par la répétition d'un réseau d 'une trentaine de repères (généralement identiques à ceux utilisés par le GPS), tous les ans, de façon à détecter les variations de pesanteur dues aux mouvements de magma ;
- par des mesures moins précises mais sur une couverture plus large du massif, afin de déterminer la carte d'anomalie de Bouguer, donnant des informations sur la densité du sous-sol et donc la nature des roches.

Réseau de météorologie

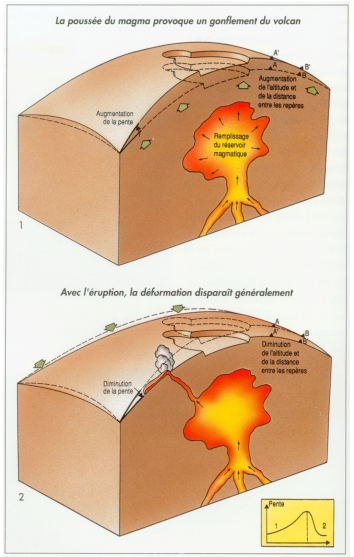
Afin de dresser un bilan des apports en eaux météoriques dans le massif ou plus simplement rechercher des corrélations avec les autres paramètres de surveillance, l'Observatoire a deux stations météorologiques complètes au sommet de la Soufrière et au Houëlmont. Les données des pluviomètres Météo France installés sur le massif sont aussi utilisées. Les mesures de pression, température et humidité de l'air servent quant à elles à calculer les perturbations atmosphériques pour les mesures par visée laser (distancemètre).

Réseau de mesures en forage

L'Observatoire dispose de deux forages : l'un au Col de l 'échelle (76 m de profondeur), l'autre à la Savane à Mulets (96 m). Il y enregistre les variations de température, liées au réchauffement de la nappe phréatique en contact avec les gaz magmatiques. Au fond du forage, il est aussi possible d 'installer des sismomètres, des niveaux d'eau, etc...

Déformations du sol

Pour se frayer un passage, ouvrir les fissures, éjecter les bouchons de laves solidifiées des éruptions antérieures, la lave doit être soumise à de fortes pressions. Celles-ci sont principalement créées par l'injection de magma d'origine profonde dans les chambres et réservoirs magmatiques. Ces pressions déforment l'édifice, le "gonflent", le fissurent et en modifient la géométrie, avant et pendant l'éruption. La surveillance des déformations conduit donc à l'étude des variations de la géométrie du volcan.



Une étude globale de la déformation de l'édifice sous l'effet de la variation de pression à l'intérieur de la chambre magmatique utilise essentiellement des méthodes topographiques et géophysiques :

- des mesures clinométriques permanentes télétransmises à l'observatoire décrivent les changements d'inclinaison du sol ;
- le nivellement par cheminement rend compte de la variation d'altitude des points réitérés, avec une précision qui, selon la méthode employée, va du millimètre au centimètre par kilomètre ;
- la réitération de stations d'inclinaison ou croix de nivellement donne la variation angulaire de la surface topographique d'une série de mesures à l'autre, avec une instrumentation analogue ;
- les mesures électro-optiques de distance donnent la variation de la distance entre des points situés sur le volcan et d'autres points supposés fixes à l'extérieur de l'édifice, avec une précision du millionième ;
- la photogrammétrie permet de connaître la variation des coordonnées d'un grand nombre de points repérés avec une précision centimétrique, par des méthodes issues de la cartographie et s'appuyant sur un réseau géodésique ;
- enfin, le système de positionnement par satellite GPS, utilisé en mode différentiel, permet de suivre la position dans l'espace de repère au sol, soit de façon continue grâce à des stations automatiques, soit périodiquement par des campagnes de mesure « manuelle ».

La surveillance du jeu des failles, celle de l'ouverture des fissures qui peuvent survenir à la suite de l'évolution tectonique générale de la région ou à la suite de l'intrusion de magma, relèvent d'études locales. Cette surveillance fait appel à des méthodes de métrologie dérivées de celles utilisées pour la surveillance des grands ouvrages (barrages, tunnels, etc...) et à des méthodes de la géophysique. Les premières permettent à un observateur utilisant un comparateur de connaître avec une précision du centième de millimètre les changements de position relatifs de deux points situés de part et d'autre d'une fissure. Les secondes permettent de télétransmettre et d'enregistrer ces mouvements.

Station inclinométriques Blum: instruments installés sur la roche, capteur en silice , boîtier d'enregistrement [photos IPGP].

Station GPS continu au Houëlmont [photo IPGP].

Mesure d 'extensométrie Convex [photo IPGP].

Distancemètre laser motorisé : EDM + théodolite [photo IPGP].

Réseaux de surveillance des déformations

Inclinométrie

Des pendules horizontaux en silice de type Zollner (fabriqués par P.A. Blum) permettent la mesure continue des inclinaisons du sol, avec une précision de quelques microradians (1 microradian équivaut à une élévation de 1 mm à 1 kilomètre de distance). Quatre stations enregistrent en continu (1 mesure par 10 minutes) dans deux directions perpendiculaires (radiale et tangentielle au volcan).

Global Positionning System (GPS différentiel)

Les déplacements du sol sont mesurés avec une précision de quelques millimètres, dans les 3 directions, soit par des stations continues (2 stations, 1 résultat toutes les 8 heures), soit manuellement sur environ 35 repères répartis sur tout le massif, mesurés simultanément pendant environ 4 heures (périodicité annuelle).

Distancemètre

Grâce à un rayon laser *Rangemaster III*, une dizaine de miroirs sont visés depuis l'Observatoire et on mesure ainsi les variations de distance avec une précision de 1 à 2 cm (périodicité hebdomadaire).

Extensométrie

Environ 15 fractures ont été équipées de crochets et de fissuromètres 3D. Leur écartement est mesuré manuellement au moyen d'un extensomètre Convex et de palmers, avec une précision de quelques dixièmes à quelques centièmes de mm (périodicité mensuelle).

© F. Beauducel / OVSG-IPGP, novembre 2005

Observatoire Volcanologique et Sismologique de Guadeloupe - Le Houëlmont - 97113 Gourbeyre - Tél: 05 90 99 11 33 - Fax: 05 90 99 11 34 - Email: info@ovsg.univ-ag.fr
Institut de Physique du Globe de Paris - 4 place Jussieu - 75252 Paris Cedex 05 - Web: http://www.ipgp.jussieu.fr