



**HAL**  
open science

## Erosion insulaire et mouvements de versants, risques induits et modes de prévention

David Lorion, Robert Unterner, Jean-Louis Nédellec

► **To cite this version:**

David Lorion, Robert Unterner, Jean-Louis Nédellec. Erosion insulaire et mouvements de versants, risques induits et modes de prévention. *Géosciences*, 2011, 14, pp.84-91. hal-00662329

**HAL Id: hal-00662329**

**<https://brgm.hal.science/hal-00662329>**

Submitted on 23 Jan 2012

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

La majorité des départements et territoires de l'outre-mer français est exposée à des risques géologiques gravitaires (glissements de terrains, chutes de blocs) pouvant affecter gravement les intérêts humains et naturels de ces régions très vulnérables. Les risques sont aggravés par l'existence de reliefs très escarpés, de terrains souvent altérés et par un climat chaud aux épisodes pluvieux très intenses. Face à un accroissement potentiel de la menace, la prévention de ces risques nécessite l'étude et une connaissance approfondie de ces phénomènes.

Île de la Réunion, la route du littoral et son dispositif de filets dynamiques protégeant 50 000 véhicules par jour.  
*Reunion Island, the coastal highway and its system of dynamic meshes which protect 50,000 vehicles a day.*

© BRGM – J.-L. Nédellec.

# Érosion insulaire et mouvements de versants, risques induits et modes de prévention



**David Lorion**

3<sup>e</sup> VICE-PRÉSIDENT DU CONSEIL RÉGIONAL DE LA RÉUNION  
 PROFESSEUR DE GÉOGRAPHIE À L'UNIVERSITÉ DE LA RÉUNION  
 david-joseph.lorion@wanadoo.fr

**Robert Unterner**

CHEF DU SERVICE PRÉVENTION DES RISQUES NATURELS ET ROUTIERS  
 DEAL LA RÉUNION  
 robert.unterner@developpement-durable.gouv.fr

**Jean-Louis Nédellec**

BRGM  
 DIRECTEUR DU GROUPEMENT GÉOLOGIQUE RÉGIONAL OCÉAN INDIEN  
 jl.nedellec@brgm.fr

**Un contexte favorable aux instabilités**

Formis la Nouvelle-Calédonie, Saint-Pierre-et-Miquelon et certaines îles des terres australes, les territoires insulaires de l'outre-mer français sont des ensembles volcaniques dont l'édification a été relativement rapide. À titre d'exemple, le plus haut volcan de ces territoires, le Piton des Neiges, situé sur l'île de la Réunion, a mis moins de 3 millions d'années pour édifier les 7 000 m qui séparent le plancher océanique de son sommet (encadré page 85). L'île de Tahiti s'est formée en un peu plus d'un million d'années. L'archipel de Mayotte est plus ancien, avec une première émergence du volcan il y a 7 à 8 millions d'années et un arrêt de l'activité magmatique il y a 500 000 ans. Les Antilles françaises présentent une histoire nettement plus longue. Elles ont émergé voici 100 millions d'années et leur activité volcanique est toujours d'actualité. Enfin, en Nouvelle-Calédonie, des roches sédimentaires et volcaniques sont datées à plus de 200 millions d'années.

“ L'île de la Réunion détient tous les records mondiaux de précipitations. ”

“ Les reliefs escarpés et les formations meubles altéritiques favorisent les instabilités de terrain. ”

Ces régions intertropicales sont soumises à un climat chaud et à des précipitations intenses depuis plusieurs millions d'années, même si la dernière période glaciaire se caractérise par un climat tempéré et par l'absence d'épisodes cycloniques. On remarque par exemple que l'île de la Réunion détient tous les records mondiaux de précipitations pour des périodes de pluies s'étalant de douze heures à quinze jours. Lors de la tempête Hyacinthe, en janvier 1980, il est tombé 1,17 m d'eau en douze heures à Grand Ilet et 6,08 m d'eau en quinze jours au Commerson. Ce climat chaud et très arrosé est en grande partie à l'origine des paysages accidentés qui caractérisent aujourd'hui les îles de l'outre-mer, comme les profonds canyons entaillant les planètes des édifices volcaniques. Toutefois, on ne peut ignorer les événements cataclysmiques d'effondrement de caldera ou de flanc de volcan qui sont à l'origine de vastes parois rocheuses et ont engendré des brèches meubles reprises ensuite par l'érosion. La plupart de ces îles étant relativement jeunes, l'érosion n'a pas encore gommé les gigantesques escarpements qui contribuent à l'attrait de ces territoires. Au-delà de leurs effets purement mécaniques et hydrodynamiques, les climats chauds et humides ont également pour spécificité de favoriser l'altération chimique des roches. Ils engendrent de puissantes carapaces d'altérites de couleur brune, ocre ou rouge, plutôt meubles et sensibles à l'érosion mécanique, à l'origine de ces paysages colorés et vallonnés.

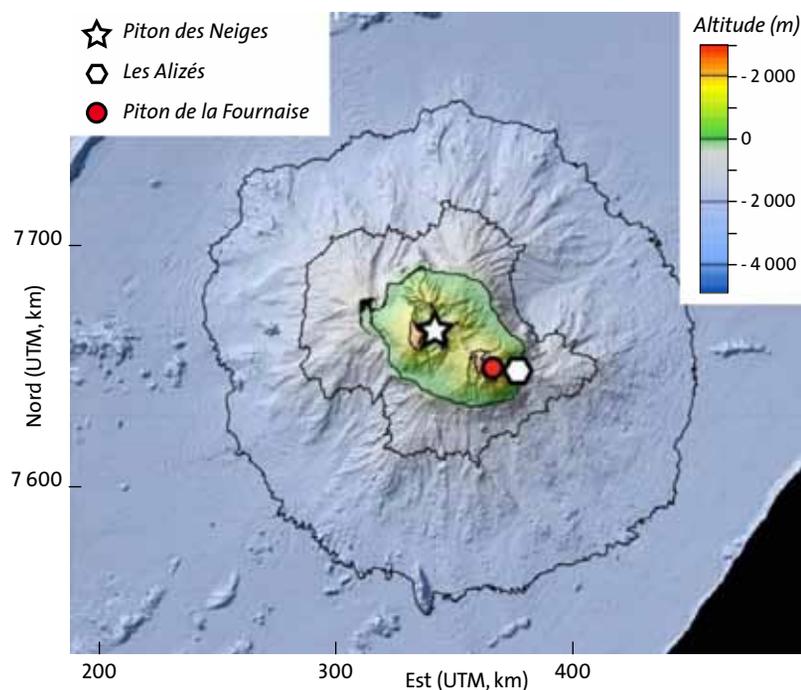
La présence de ces reliefs escarpés et de ces formations meubles altéritiques favorise cependant les instabilités de terrain : chutes de blocs, éboulements et écroulements en masse, coulées boueuses, glissements de terrains, d'autant plus que les pluies, principaux facteurs déclenchant de ces divers phénomènes, sont très abondantes (*photos 1 et 2*). Outre la fréquence de ces instabilités gravitaires, leur volume singularise les mouvements de terrain dans les régions d'outre-mer. À titre d'exemple, l'île de la Réunion est aujourd'hui

## ► LA RÉUNION, UNE ÎLE AU PASSÉ TUMULTUEUX

Laurent Michon – Laboratoire GéoSciences – Université de la Réunion, IPGP, UMR 7154, CNRS – laurent.michon@univ-reunion.fr

Située dans le quart sud-ouest de l'océan Indien, l'île de la Réunion constitue la partie immergée d'un ensemble volcanique de 7 km de haut et de 200-220 km de diamètre. Son évolution en fait un ensemble particulier à plusieurs égards. L'activité magmatique, débutée depuis 5-8 Ma, a conduit à l'édification d'un volcan principal (le Piton des Neiges) et de deux volcans satellites successifs (les Alizés et le Piton de la Fournaise, seul actif aujourd'hui). Durant cette période, la dynamique éruptive a été essentiellement effusive. Cependant, contrairement aux volcans boucliers classiques, le Piton des Neiges a produit en fin de vie des éruptions pliniennes siliceuses associées ou non à de grandes ignimbrites. Les affleurements au cœur du Piton des Neiges révèlent une déformation lente de grande ampleur ayant ponctuellement mené à de gigantesques glissements de flancs [Oehler *et al.* (2008) ; Famin et Michon (2010) ; Le Friant *et al.* (2011) ; *figure 4, article Guennoc/Nehlig, ce numéro*]. L'intense érosion combinée à une production magmatique continue a induit le développement de dépôts sédimentaires gigantesques, uniques dans ce contexte géodynamique [Saint-Ange *et al.* (2011)]. ■

**Bibliographie :** Famin V. & Michon L. (2010) – Volcano desabilization by magma injection in a detachment, *Geology*, 38, 219-222. Le Friant A., Lebat E. *et coll.* (2011) – A new model for the evolution of la Réunion volcanic complex from complete marine geophysical surveys, *Geophysical Research Letters*, 38, L09312; Oehler J.-F., Lénat J.-F. *et coll.* (2008) – Growth and collapse of the Reunion Island volcanoes, *Bulletin of Volcanology*, 70, 717-742. Saint-Ange F., Michon L. *et coll.* (2011) – A volcanoclastic deep-sea fan off la Réunion Island (Indian Ocean): Gradualism versus catastrophism, *Geology*, 39 (3), 271-274.



▲ **Bathymétrie et topographie de l'ensemble volcanique de la Réunion composé du Piton des Neiges, du volcan des Alizés et du Piton de la Fournaise, seul édifice actif aujourd'hui.**

*Bathymetry and topography of the Reunion Island volcanic complex formed by the Piton des Neiges, the Alizés volcano and the Piton de la Fournaise, which is the only edifice currently in activity.*

Source : Data from the ERODER1 and FOREVER cruise campaigns.



**Photo 1 : Île de la Réunion, effondrement d'un bloc de 30 tonnes sur la RN 2 à Saint-Joseph en septembre 2010.**

*Photo 1: Rockfall on Reunion Island: a 30-ton block landed on the RN2 highway at Saint-Joseph in September 2010.*

© BRGM – J.-L. Nédellec.



**Photo 2 : Île de la Réunion, glissement de terrain coupant la route forestière du col de Bébour.**

*Photo 2: Reunion Island: a landslide blocking the forest road to the Bébour pass.*

© BRGM – M. Cruchet.

affectée par deux glissements de terrain de plus de 500 millions de mètres cubes chacun, dans le cirque de Salazie, avec des déplacements horizontaux de près de deux mètres par an (*encadré page 87*). Elle a également connu un effondrement de paroi rocheuse de près de 50 millions de mètres cubes en 1965 dans la rivière des Remparts.

### Un climat pouvant accentuer les phénomènes à risque

Les simulations des modèles climatiques prévoient une hausse des températures moyennes du globe qui varie, selon les scénarios considérés, de 1,8 à 4,0 °C en 2100. La répartition géographique de cette variation n'est pas homogène dans la mesure où les vastes étendues continentales et les hautes latitudes de l'hémisphère nord seraient les plus touchées. Ce qui tend à démontrer que, d'après les climatologues, les territoires insulaires situés en zone intertropicale devraient être moins affectés par le réchauffement climatique global. Cependant, l'incidence, même atténuée, est loin d'être neutre. Les experts de Météo-France ont prévu pour les Antilles comme pour la Réunion d'ici la fin du XXI<sup>e</sup> siècle une légère baisse des précipitations moyennes annuelles pour la côte sous le vent. À l'opposé, ils annoncent des épisodes pluvieux extrêmes plus nombreux et une activité cyclonique moins fréquente mais plus intense.

Cette accentuation des précipitations se traduira nécessairement par une intensification des phénomènes d'érosion superficielle et de coulées de boue, de glissements de terrain et de chutes de blocs.

### Des risques à fort impact sur les territoires d'outre-mer

Une des singularités de l'outre-mer français est d'être, à l'exception de la Guyane, composé de territoires insulaires parfois extrêmement exigus, comme certaines îles de Polynésie, ou d'espaces montagneux au relief très marqué, comme à la Réunion ou aux Antilles. Ceci se traduit naturellement par une installation des populations près des côtes ou en plaine. Cependant, depuis trente ans, le développement accéléré des zones urbaines et périurbaines a rapidement été confronté à l'exiguïté des espaces disponibles ainsi qu'au conflit d'usage des sols, en particulier avec les terres agricoles qui sont situées dans les mêmes secteurs que l'habitat. La principale conséquence de cette évolution est une inflation importante du prix du foncier dans les zones littorales et de plaines, accentuée par la pression démographique comme à Mayotte ou à la Réunion. Ainsi, de plus en plus de résidents de l'outre-mer sont contraints de s'installer sur les versants ou au fond de vallées plus ou moins encaissées, c'est-à-dire dans des zones plus exposées aux risques naturels.

## ► DYNAMIQUE DES GLISSEMENTS DE TERRAIN DE TRÈS GRANDE AMPLÉUR PAR SUIVI GPS ET MODÉLISATION DANS LE CIRQUE DE SALAZIE (LA RÉUNION)

Bertrand Aunay – BRGM – b.aunay@brgm.fr

Baptiste Barbier – BRGM – b.barbier@brgm.fr

Pierre Belle – BRGM – Laboratoire Géosciences Réunion – p.belle@brgm.fr

Xavier Robert – Réseau LÉL@ – intervenant pour le compte de Leica Geosystems – x.robert@precision-topo.com

L'analyse des glissements de terrain montre que l'eau joue un rôle de moteur dans les vitesses de déplacement. Afin de caractériser la dynamique des glissements de grande ampleur de Grand Ilet (pour mémoire, un millier de personnes habitent sur le secteur) et d'Hell-Bourg ( $\approx 500 \text{ Mm}^3$  chacun), un réseau permanent par méthode GPS/GNSS différentielle a été mis en place depuis 2004 sur deux sites, puis complété par huit nouveaux sites en 2010. La précision, de l'ordre de 4 à 5 cm en altimétrie et inférieure au centimètre en planimétrie, permet un suivi quotidien des déplacements et le calcul des accélérations.

Les vitesses de déplacement enregistrées sur le glissement d'Hell-Bourg sont de l'ordre de 1 à 2 m/an tandis que celles du glissement de Grand Ilet peuvent atteindre 0,55 m/an. Des accélérations pluridécimétriques ont été observées lors des récents événements cycloniques tels que Diwa en 2006 et Gamède en 2007.

Le modèle global Tempo, développé par le BRGM, est utilisé afin de quantifier la dynamique du déplacement en fonction des précipitations. Une fonction de transfert pluie/déplacement est établie par simulation numérique sur l'intégralité des chroniques disponibles. Le résultat des simulations est satisfaisant au regard des enregistrements GPS/GNSS. Le déplacement se décompose en une double réponse : la réponse lente est quasiment constante tout au long de l'année ( $\approx 1 \text{ cm/an}$ ) et pourrait être expliquée

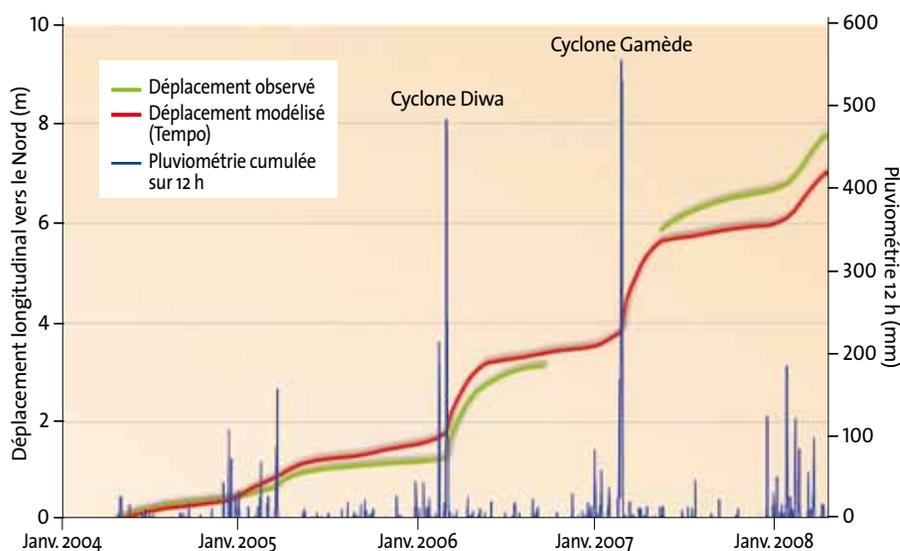
par l'inertie de la masse des matériaux en mouvement ; la réponse rapide intervient à la suite de précipitations intenses et correspond à des déplacements de l'ordre du demi-mètre par mois. Son influence perdure pendant 50 jours. La majorité des déplacements paraît ainsi tributaire des précipitations intenses. Par ailleurs, les simulations indiquent que les déplacements sont directement proportionnels à la quantité d'eau tombée au cours de la saison humide, et cela à partir d'un seuil de précipitations de 2 400 mm.

Sur les données disponibles, l'occurrence d'événements cycloniques très arrosés ne génère pas « d'emballlement » du glissement, ce qui laisse supposer que les matériaux conservent une certaine résistance au cisaillement. ■

### Déplacements observés et simulés en fonction de la pluviométrie sur le glissement de terrain d'Hell-Bourg.

Observed and simulated displacements versus rainfall on the Hell-Bourg landslide (Viraye area).

▼ © BRGM.



Malheureusement, cette urbanisation est trop souvent assez mal maîtrisée, comme en témoigne le taux de constructions individuelles sans permis de construire qui peut dépasser 50 % sur certains territoires. À cette difficulté s'ajoute une qualité des constructions individuelles trop souvent médiocre, donc vulnérables vis-à-vis des différents mouvements de terrains.

En matière d'expositions aux risques géologiques gravitaires des réseaux routiers et des réseaux de transports de fluides ou d'énergie, la situation est également préoccupante. Plus d'un millier de kilomètres de routes de montagne sillonnent l'outre-mer français. Les collectivités en charge de la gestion de ces réseaux sont contraintes de doubler les budgets d'investissement sur ces tronçons par rapport à des routes de plaine. Les réseaux routiers de montagne, très exposés aux glissements de terrains,

aux chutes de blocs et aux coulées boueuses, sont assez fréquemment affectés, voire neutralisés, principalement en saison cyclonique, ce qui peut provoquer des situations d'enclavement de populations.

De même, les réseaux de collecte et d'adduction d'eau potable ou d'irrigation sont souvent exposés à des instabilités de terrain se traduisant épisodiquement par une baisse de la qualité des eaux (liée à la turbidité), voire à une interruption de sa distribution. Ainsi, en mai 2009, en Martinique, la rupture d'une conduite d'eau principale, suite à un glissement de terrain, a privé d'eau environ 30 000 personnes (encadré page 91). Au moins une vingtaine de coupures sur le réseau d'alimentation en eau potable a été comptabilisée, entraînant de sérieuses perturbations dans la distribution durant deux semaines.

Cette forte exposition aux risques naturels géologiques gravitaires est d'autant plus préoccupante que le changement climatique devrait accentuer le problème. La politique de prévention de ces risques est devenue une priorité dans l'outre-mer français. Ainsi, l'article 44 de la loi Grenelle I du 3 août 2009 pose le principe d'un renforcement de la politique de prévention des risques naturels en outre-mer d'ici 2015.

### Une politique de prévention des risques et d'adaptation aux changements climatiques

Traditionnellement, la première mesure à engager pour lutter contre un fléau ou prévenir ses conséquences est de mieux le comprendre. Depuis les années 1990, à la

suite de la politique initiée en métropole, les autorités locales d'outre-mer accompagnées par l'État français ont mené une série d'actions scientifiques allant du recueil de données historiques jusqu'aux investigations de terrain, suivies de modélisations dans le but de mieux comprendre les instabilités gravitaires affectant parfois très durement leur territoire. Parmi les exemples les plus remarquables, on pourra citer l'étude de grands glissements en Martinique (La Médaille, Bellefontaine, Fonds-Saint-Denis, Morne Macroix...), le programme de recherche sur les mouvements de terrains de la Réunion (programme MVTERRE-2), les investigations par géophysique aéroportée à Mayotte (programme GéoMayotte), le programme global d'étude et de prévention des risques naturels ARAÏ en Polynésie (*encadré ci-dessous*), et l'installation de l'Observatoire

#### ► OFAI, EXPÉRIENCE DE LÂCHERS DE BLOCS EN CONTEXTE VOLCANIQUE TROPICAL

Aude Nachbaur – BRGM Services Risques naturels – a.nachbaur@brgm.fr  
 Christian Mathon – BRGM Services Risques naturels – c.mathon@brgm.fr  
 Olivier Sedan – BRGM Services Risques naturels – o.sedan@brgm.fr  
 Emilie Nowak – Service de l'Urbanisme, Polynésie française – emilie.nowak@urbanisme.gouv.pf

Les îles hautes de Polynésie française sont régulièrement exposées à des chutes de blocs à l'origine de dégâts matériels et de pertes humaines. Afin de localiser les zones à risques et dimensionner les protections à mettre en œuvre, on utilise des modèles reconstituant la trajectoire la plus probable d'un bloc dans un contexte géologique et topographique connu.

En Polynésie, peu de cas sont suffisamment décrits pour permettre l'appréciation des paramètres régissant la propagation d'un bloc sur une pente. Jusqu'à présent, les modèles intégraient, par exemple, des valeurs standard des paramètres de rebond, modulés par une appréciation qualitative de l'expert à partir d'une expérience essentiellement européenne. Or la Polynésie a souhaité disposer des moyens d'affiner la cartographie de l'aléa associé aux chutes de blocs rocheux en confiant la réalisation de l'expérience OFAI<sup>(1)</sup> au BRGM dans le cadre du programme ARAÏ 2. Le site expérimental, situé dans la vallée de la Papenoo, au cœur de l'île de Tahiti, est un versant d'une centaine de mètres de longueur, armé de coulées basaltiques et partiellement recouvert de colluvions. Les lâchers de blocs – 85 au total – se sont déroulés en septembre 2009. Les principaux intervenants aux côtés du BRGM étaient le Service de l'urbanisme de la Polynésie française et l'équipe « forêt de protection » du Cemagref. Les blocs

de basalte utilisés (entre 50 kg et 5 tonnes) sont caractéristiques du contexte volcanique local. Leurs lâchers ont été filmés et, en vue de leur exploitation numérique, des levés topographique, photogrammétrique hélicoptère, ainsi qu'une orthophotographie de la pente ont été réalisés. Les trajectoires des blocs ont ensuite été reconstituées en 2D, en 3D pour certains, par photostéréographie.

Une des principales valorisations de l'expérience est la détermination des paramètres cinématiques régissant la propagation des blocs dans un contexte volcanique tropical, notamment les paramètres relatifs à l'impact (coefficients de restitution en particulier). Le logiciel de trajectographie bidimensionnel du BRGM a été adapté afin d'exploiter les trajectoires 3D disponibles. Il constitue désormais un outil performant pour le zonage de l'aléa « chutes de blocs », prenant en compte la morphologie 3D des versants à l'aval de la zone de production de blocs et évitant le biais des trajectoires imposées par l'opérateur dans les modèles 2D. La base de données capitalisées lors de cette expérience est mise à disposition de la communauté scientifique locale et nationale pour d'autres exploitations. ■



◀ **Lancement imminent d'un des blocs en tête de pente dans la vallée de la Papenoo, île de Tahiti.**

*The imminent launch of one of the blocks from atop a slope in the Papenoo Valley, Tahiti.*

© BRGM – A. Nachbaur.

(1) *Ofa'i* signifie pierre en polynésien.

Mieux comprendre  
et maîtriser les risques  
par la mise en place  
de dispositifs de surveillance  
et d'alerte, et préparer  
la population à la crise.

régional des risques naturels de la Réunion qui devrait voir le jour prochainement. De même, des inventaires historiques de mouvements de terrain ont également été commandés par le ministère de l'Écologie dans chacun des départements d'outre-mer.

Le deuxième axe de prévention développé depuis la fin des années 1990 dans l'outre-mer français est la maîtrise des risques par une politique raisonnée de l'aménagement du territoire. Les premières cartes et atlas des risques de mouvement de terrain, d'abord établis aux Antilles et à la Réunion, ont progressivement conduit à réglementer ou à interdire la construction en zone à risque [via les PPR (plans de prévention des risques), outil réglementaire élaboré par les services de l'État]. Les premières tentatives de réglementation de l'urbanisme en zone à risque ne se sont pas faites sans heurt avec les collectivités ; certaines ayant pu se retrouver avec plus de 50 % de leur territoire en zone inconstructible. Aussi, la tendance actuelle est-elle de renforcer la concertation entre collectivités et services de l'État afin d'améliorer l'appropriation de ces outils et éviter les erreurs des premières années. À ce titre, le programme ARAÏ engagé en Polynésie entre le gouvernement local, l'État français et le BRGM est à tous points de vue exemplaire.

Le troisième axe de prévention est constitué par les dispositifs d'instrumentation, de surveillance et d'alerte associés à la préparation de la population à la crise. En effet, lorsque les phénomènes en cause sont de grande ampleur du fait du volume de matériaux instables concernés, écartant toute solution de parade de type génie civil, la surveillance reste le remède le mieux adapté. Il est possible de suivre les paramètres déclenchant, comme la pluie par exemple, ou les paramètres induits, tels que les mouvements du sol. Selon les mesures obtenues, une phase de vigilance ou d'alerte pourra être déclenchée. La gestion des 10 km de la route du littoral, entre Saint-Denis et La Possession à la Réunion, exposée à des phénomènes de chutes de blocs est à ce titre exemplaire. Un seuil de 30 mm de pluie mesuré en 24 heures sur un des trois pluviomètres répartis le long de la route déclenche un basculement du trafic de 50 000 véhicules par jour sur les trois voies



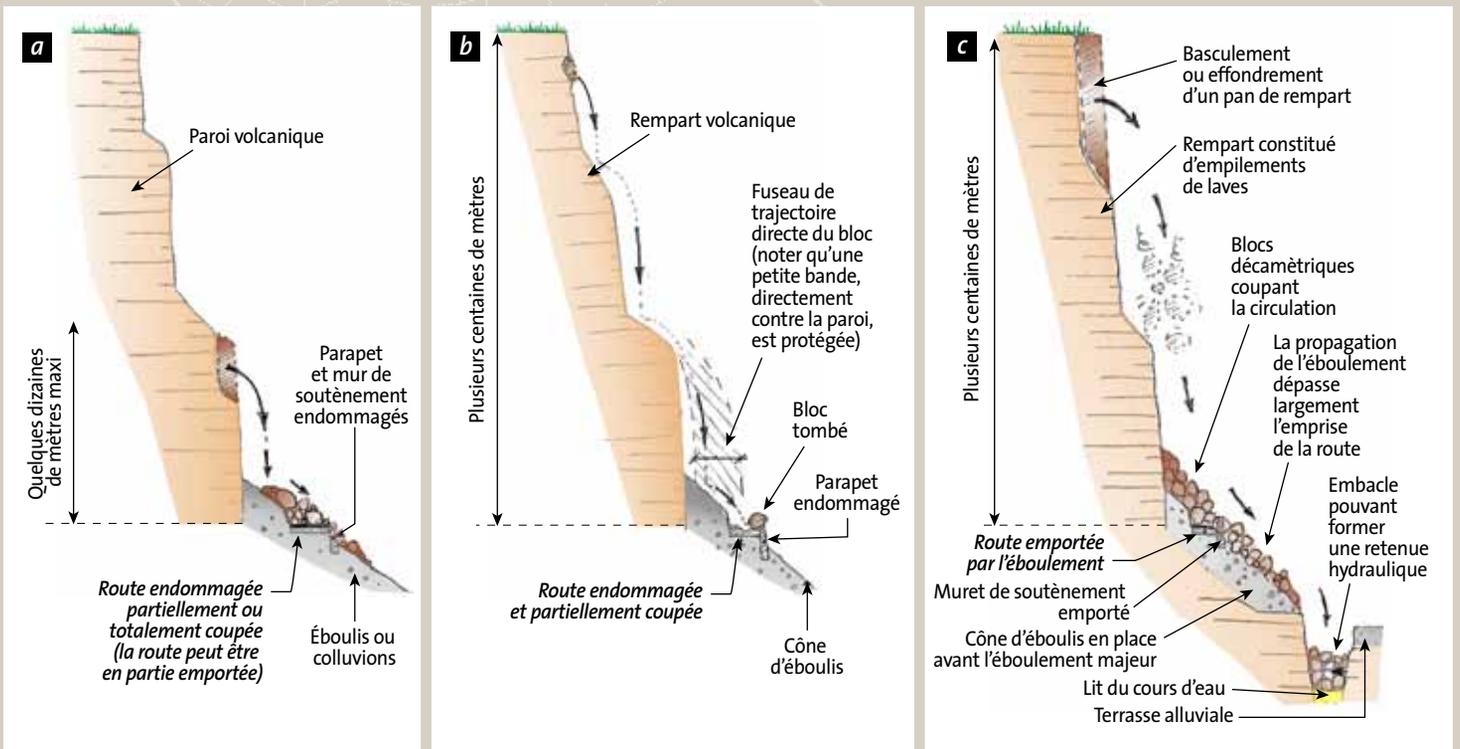
côté mer. La pose de filets de protection en falaise a permis de limiter le risque de chutes de pierres et ainsi d'optimiser l'exploitation de cet axe stratégique, essentiel à l'économie de l'île (photo 3). Aucun accident grave lié à des chutes de blocs n'a été à déplorer depuis 2008.

Un autre exemple est la mise en place par le BRGM de dix GPS permanents sur les deux grands glissements de terrain du cirque de Salazie à la Réunion qui permettra dès 2014 d'évacuer, si besoin, plusieurs centaines de familles menacées. Aux Antilles, la rivière du Prêcheur au nord de la Martinique, siège de vastes coulées de boues torrentielles consécutives à des éboulements majeurs et menaçant le bourg situé à l'embouchure, est également dotée d'un dispositif de surveillance et d'alerte. En Guadeloupe, la route dite des Mamelles, seul axe routier traversant la zone montagneuse d'est en ouest et particulièrement sensible aux instabilités, fait l'objet d'un programme de surveillance instrumentale en vue de définir des seuils critiques devant conduire à un arrêt préventif de la circulation.

▲  
**Photo 3 : Pose de grillages de protection après purges préventives sur la paroi dominant la RN2 dans les rampes du Tremblet, à la Réunion.**

*Photo 3: Réunion Island: installation of protective wire meshing following preventive purging along the overhanging side above the RN2 highway in the Tremblet ramps.*

© BRGM – J.-L. Nédellec.



**▲ Fig. 1 : Schémas illustrant l'exposition de routes longeant les grandes parois rocheuses présentes dans les îles volcaniques :**  
**a : Effondrement d'un panneau de décompression en partie basse de la paroi.**  
**b : Chute d'un bloc isolé situé en tête de paroi.**  
**c : Écroulement d'un pan de rempart en tête de paroi.**

*Fig. 1: Diagrams illustrating the exposure of roads along the massive rocky sides found in volcanic islands:*  
*a: Collapse of a pressure-relief panel near the base of the wall.*  
*b: Fall of an isolated block located near the top of the wall.*  
*c: Collapse of a segment of the rampart at the top of the wall.*  
 © BRGM – J.-L. Nédellec.

Le quatrième axe de prévention repose sur des ouvrages de défense (figure 1). Contre les mouvements de terrain, ces équipements restent classiques (soutènement, drainage, grillages, filets, etc.), la plupart des routes de montagne en étant pourvues. Néanmoins, l'amplitude des instabilités de terrain dans les territoires d'outre-mer peut conduire à mettre en place des dispositifs très importants comme les filets métalliques recouvrant la falaise de la route du littoral à la Réunion, dont la hauteur totale atteint 200 m. Il convient de souligner que, conformément à une politique plus respectueuse de l'environnement, les méthodes dites « douces » sont de plus en plus employées, dans le même esprit que ce qui est pratiqué pour la protection des littoraux contre l'action de la mer. À titre d'exemple, on citera la végétalisation des talus, l'incitation de pratiques agricoles permettant de lutter contre les coulées boueuses, ainsi que la reforestation des versants diminuant les risques de chutes de blocs.

## Perspectives

Face aux changements climatiques, la nécessité d'intensifier la lutte contre les risques géologiques gravitaires dans les départements et territoires de l'outre-mer français s'impose. Ceci est d'autant plus vrai que les enjeux anthropiques et naturels ne cessent de

se développer sans pour autant que leur vulnérabilité ne soit systématiquement atténuée. La lutte contre ces phénomènes à risque passe avant tout par une meilleure connaissance des paramètres qui les régissent et de leurs conséquences. Les actions d'observation, de recherche et de gestion de ces risques menées conjointement entre l'État, les collectivités territoriales et les établissements de recherche ne peuvent que se développer à l'avenir afin de mieux maîtriser ces risques et favoriser le développement de ces territoires. C'est pourquoi la collecte et l'exploitation de nouvelles données sur le sol, le sous-sol, le climat et les enjeux, ainsi que le développement de nouvelles approches de surveillance, de prévision et de cartographie des aléas, permettront d'accompagner la politique de prévention des risques naturels. ■



## ► LES MOUVEMENTS DE TERRAIN RYTHMENT LA VIE DE LA MARTINIQUE

Jean-Christophe Audru – Directeur BRGM Martinique – jc.audru@brgm.fr  
Anne-Valérie Barras – Directrice BRGM Alsace – av.barras@brgm.fr

Le sous-sol volcanique de la Martinique est né il y a vingt millions d'années et est toujours en activité au début du XX<sup>e</sup> siècle, comme en témoignent les éruptions de 1902 et 1929. Ce jeune territoire est exposé à la forte érosion des pluies tropicales, parfois torrentielles ou cycloniques, qui modèlent ses reliefs (« mornes ») à fortes pentes et instables.

Ces vingt dernières années, la Martinique a dû faire face à de très nombreux événements. Certains ont provoqué des victimes (montagne du Vauclin), d'autres ont eu des conséquences matérielles graves en détruisant des habitations (Morne Macroix à Sainte-Marie, Soleil Levant au François, Morne Calebasse à Fort-de-France), en interrompant le réseau routier (Morne Figue à Trinité, les falaises à Bellefontaine, la Médaille à Fort-de-France), en détruisant totalement ou partiellement des ouvrages d'art (Porte d'Enfer à Fonds-Saint-Denis, Piton Marcel au Prêcheur) ou des lignes de vie (rupture de la canalisation principale d'eau potable en 2009 privant d'eau environ 30 000 personnes).

La protection des personnes, de leurs biens et des réseaux vis-à-vis des mouvements de terrain, est donc un chantier majeur pour les acteurs de la protection et de la prévention des risques en Martinique. Ces phénomènes fréquents et potentiellement dangereux ont incité les services de l'État, la Région, le Département et des communes de Martinique à engager une réflexion forte sur les mouvements de terrain : leurs mécanismes géologiques et physiques, l'instrumentation de surveillance et de prévention, les moyens compensatoires et les parades, l'information de la population...

Il s'agit aussi de connaître la vulnérabilité des infrastructures existantes (lignes de vie, réseaux routiers, etc.) afin de planifier d'éventuels travaux de protection ou de confortement. *In fine*, ces études d'évaluation du risque contribuent à l'établissement ou à l'adaptation de plans de gestion de crise, auxquels toute région outre-mer doit un jour se préparer. ■



▲ **La partie sud du glissement de Morne Calebasse à Fort-de-France (deux glissements successifs en mai puis août 2011) : en tout, le glissement de colline a entraîné l'évacuation d'une soixantaine de maisons, dont une vingtaine détruites ou à jamais inhabitables.**

*The southern portion of the Morne Calebasse landslide in Fort-de-France (two successive slides in May, then August, 2011): the hill slide resulted in the evacuation of some 60 houses in all, about twenty of which were destroyed or rendered permanently uninhabitable. © BRGM.*



### **Insular erosion and slope displacements: Related risks and means of prevention**

*Because of their rugged relief and warm and very rainy climates, a majority of French overseas territories are subject to frequent mass wasting of terrain that may occur on a very large scale. Predicted climate changes will quite probably amplify these dangerous phenomena. Besides natural hazards, these islands undergo ever-mounting population pressures. In particular, groups that find no room to settle near the shore or on level ground are forced to move into steeper terrain, hence into areas at greater risk from landslide phenomena. To contend with this growing danger, a policy of prevention and of combating natural mass-wasting risks has been implemented for over fifteen years by the government and by communities. This mainly takes the form of responsible development of land areas through monitoring and warning efforts as well as the installation of protective structures or "less aggressive" mitigating means. But in order to pursue this risk prevention and reduction policy, an understanding of these phenomena and the parameters governing them is essential. Thus, scientific research efforts are increasingly being undertaken in this domain so as to meet the needs of the various decision-makers.*