



Panorama de la ville de Goma et du Nyiragongo ©Photo F.Kervyn

GORISK

Surveiller les **volcans** des **Virunga** depuis l'espace ...

Benoît Smets, François Kervyn, Nicolas d'Oreye et Anne-Catherine van Overbeke

Un projet belgo-luxembourgeois a permis d'améliorer la connaissance et la surveillance des volcans actifs dans les Virunga, en République Démocratique du Congo. Coup d'œil sur cette aventure scientifique autour des deux volcans les plus actifs d'Afrique.



Vue nocturne du lac de lave en fusion du Nyiragongo. Son diamètre est d'environ 200 mètres.

Photo © B. Smets

Le projet

Dans l'Est de la République Démocratique du Congo, Goma, la capitale du Nord Kivu et ville frontalière avec le Rwanda, est nichée à 1500 m d'altitude, entre la rive Nord du lac Kivu et le volcan Nyiragongo. Sa population a doublé en moins de 5 ans pour atteindre aujourd'hui près d'un million d'ha-

bitants. Le Nyiragongo qui domine la ville et qui est connu notamment pour son lac de lave permanent, présente une activité importante et continue depuis sa dernière éruption le 17 janvier 2002, au cours de laquelle des coulées de lave ont recouvert 10 % de la ville en l'espace de quelques heures seulement. Connu comme le plus gros producteur de dioxyde de soufre au monde, son

panache de gaz qui s'échappe en continu du cratère principal dégage jusqu'à 50 000 tonnes de SO_2 par jour, ce qui engendre des problèmes de santé et de pollution dans la région. Situé à 15 km au nord-ouest du Nyiragongo, le Nyamulagira entre quant à lui en éruption tous les 2 à 4 ans et, à chaque événement, est responsable de la destruction de centaines d'hectares de forêt dans le



Photo de groupe d'une partie de l'équipe GORISK devant l'Observatoire Volcanologique de Goma, lors de l'éruption du Nyamulagira en janvier 2010. De gauche à droite : François Lukaya (OVG), Benoît Smets (MRAC), Christelle Wauthier (MRAC / ULg), Dario Tedesco (Université de Naples 2 / UNOPS), Etoy Osodundu (OVG), Deogratias Kavotha (Directeur Scientifique de l'OVG), François Kervyn (MRAC), Montfort Bagalwa (OVG) et Nicolas d'Oreye (MNHN).

Photo © N. d'Oreye

Parc National des Virunga, de cultures, et parfois de villages entiers.

Cette menace s'ajoute à la grande instabilité politique et aux nombreuses crises humanitaires que connaît l'Est de la R.D.C. depuis des décennies. La présence importante des humanitaires n'est sans doute pas étrangère à l'important écho qui fut donné à l'éruption de 2002 et à la prise en compte du risque volcanique. Les coulées de laves détruisirent la majeure partie du centre-ville, tuèrent entre 50 et 150 personnes, et paralysèrent à court terme très largement l'économie régionale qui reste encore aujourd'hui très

fortement affectée. Une mobilisation internationale s'est rapidement mise en place après l'événement; celle-ci a notamment permis à l'Observatoire Volcanologique de Goma (OVG) de déployer un réseau de sismomètres. Mais avec le temps et l'instabilité constante dans la région, ces aides se sont progressivement réduites, laissant un des volcans parmi les plus dangereux au monde dépourvu de moyens de surveillance suffisants et menaçant une population à la vulnérabilité accrue.

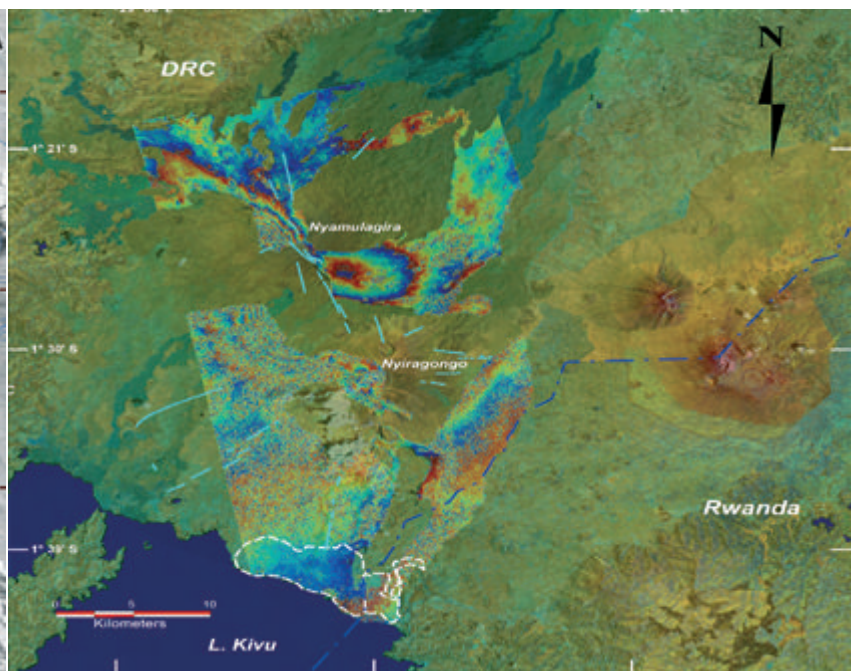
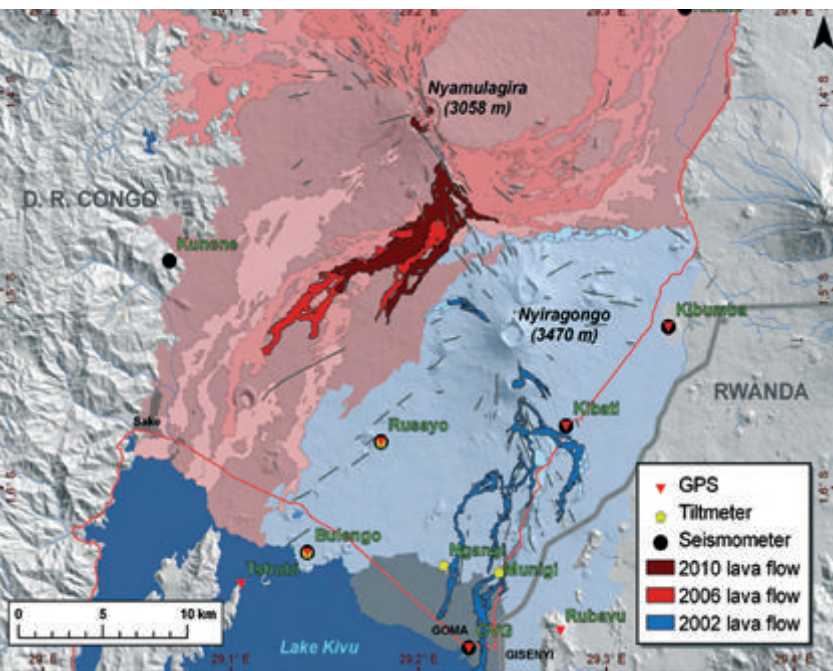
C'est en 2007 que le Musée Royal de l'Afrique Centrale (MRAC) et le Musée d'Histoire Naturelle de Luxembourg

(MNHN), appuyés par la Politique scientifique fédérale belge et le Fond National de la Recherche luxembourgeoise, ont initié le projet GORISK. Lancé dans le cadre du programme STEREO II, le projet se destine au développement de nouveaux outils et de services spécifiques à l'étude et la surveillance des volcans Nyiragongo et Nyamulagira. Ceux-ci doivent permettre à 3 utilisateurs locaux d'améliorer la surveillance des volcans, d'en gérer le risque dans la région de Goma, et dans une certaine mesure d'évaluer l'impact de l'activité volcanique sur la santé des populations. Par souci de complémentarité aux systèmes de surveillance existants, GORISK s'est concentré sur l'apport de techniques terrestres et spatiales pour la détection des déformations du sol, l'étude du dégazage volcanique, et sur la production de cartes utiles pour la gestion des risques. Les autres partenaires du projet sont l'Université du Luxembourg et l'Université de Naples II, tandis que les utilisateurs finaux sont l'Observatoire Volcanologique de Goma, l'UNOPS (agence des Nations Unies pour les opérations), et le CEMUBAC, une ONG de l'ULB spécialisé dans les soins de santé en R.D.C.

Les moyens scientifiques

La pièce maîtresse du projet : l'interférométrie radar par satellite (ou "InSAR"). Cette technique moderne de

Gauche: Carte de localisation des instruments des différents réseaux de surveillance des deux volcans. Les coulées des éruptions du Nyiragongo (2002) et du Nyamulagira (2006 et 2010) sont également représentées. Droite: Carte des déformations associées à l'éruption du Nyamulagira en novembre 2006



téledétection permet d'observer sur des images de 100 km de côté et avec une résolution sub-centimétrique les déformations du sol liées par exemple à l'activité volcanique. Couplée à un réseau local permanent de 7 stations GPS et 4 inclinomètres, l'InSAR ouvre donc la porte vers l'étude des processus géodynamiques qui gouvernent les mécanismes éruptifs des volcans. Mieux comprendre leur fonctionnement permet en effet d'améliorer l'évaluation et la gestion des risques qui y sont associés. Grâce à GORISK et à un appui de l'Agence Spatiale Européenne, l'acquisition systématique de 6 nouvelles images ENVISAT-ASAR est programmée chaque mois au-dessus des Virunga depuis 2005. Ceci a permis au MNHN et au MRAC de produire plus de 3000 interférogrammes distincts et ainsi d'étudier les différentes déformations du sol associées à l'activité volcanique, de 2002 à nos jours.

Le MRAC, l'Université du Luxembourg et l'Université de Naples II étudient également le dégazage passif des deux volcans. Ils s'intéressent plus spécifiquement aux *mazuku*, des dépressions dans lesquelles du dioxyde de carbone d'origine magmatique s'accumule pour atteindre des concentrations mortelles pour l'homme et les animaux. Les analyses isotopiques indiquent que ces émanations qui tuent plusieurs personnes chaque année proviennent du manteau supérieur. Ces équipes s'intéressent également au radon, un gaz



Fontaines de lave jaillissant de la fissure éruptive sur le flanc sud-est du Nyamulagira, lors de l'éruption de janvier 2010. L'hélicoptère présent sur la photo est celui mis à disposition des Nations Unies pour la surveillance quotidienne de l'éruption par l'équipe GORISK.
Photo © UNOPS

produit à faible profondeur et véhiculé par le CO_2 vers la surface au travers des fractures. Ces analyses géochimiques permettent une meilleure compréhension de l'activité respective des deux volcans, tandis que l'analyse du flux des gaz et du lien possible entre ses variations et l'activité volcanique va dans le sens du développement de systèmes d'alerte.

Les quantités énormes de SO_2 qui se dégagent continuellement du cratère depuis 2002 forment un vaste panache qui s'étire presque exclusivement vers le Sud-Ouest et couvre une même région. Ce panache est suivi depuis l'espace par le capteur hyperspectral Aura-OMI, et au sol par un réseau d'instruments DOAS avec les projets

partenaires VISOR (USA) et NOVAC (Suède). L'intérêt de GORISK pour le panache réside dans l'étude d'impact sur la santé des populations, des retombées sous forme de particules ou de pluies acides fortement chargées en chlore et en fluor notamment. Cette étude est menée par le CEMUBAC.

Outre les études scientifiques et la surveillance des volcans, GORISK s'est également concentré sur la mise à jour d'une carte de la ville de Goma. Réalisée à l'aide de l'imagerie spatiale IKONOS à très haute résolution (1 m) et de mesures sur le terrain au GPS différentiel, cette carte est indispensable pour la réalisation de plans de contingence et d'évacuation. L'interprétation de l'image complétée par les observations de



Vue panoramique à l'intérieur du cratère du Nyiragongo. Le lac de lave actif dans le fond du cratère fait environ 200 mètres de diamètre, tandis que le cratère fait environ 1300 mètres de diamètre pour 450 mètres de profondeur. Le niveau du lac augmente de quelques 50 à 80 mètres par an.
Photo © B. Smets

terrain a également permis de catégoriser le réseau de rues et de routes en fonction du type de revêtement et de leur état.

La validation du projet

Alors que le projet touchait à sa fin, le Nyamulagira est entré en éruption le 2 janvier 2010. Cette crise volcanique fut l'occasion de tester et valider les outils mis en place dans le cadre de GORISK et d'organiser une mission de terrain pour les équipes belges et luxembourgeoises.

L'éruption débuta dans une zone qui, du fait de l'instabilité politique, n'est accessible que par hélicoptère, grâce au soutien de la MONUC (Mission des Nations Unies au Congo). Les mauvaises conditions météorologiques n'ont cependant pas permis le survol de la zone dans les premiers jours et ce sont les images radar acquises par GORISK qui ont fourni les premiers renseignements précis quant à la localisation des centres éruptifs et des premières coulées de lave. De plus, les premiers interférogrammes ont permis d'affirmer que la déformation liée à l'éruption n'affectait que l'édifice principal du Nyamulagira, démentant ainsi les rumeurs persistantes d'une éruption imminente du volcan voisin, le Nyiragongo. Les systèmes de surveillance mis en place dans le cadre du projet, les mesures et observations journalières par hélicoptère, ainsi que la base de données SIG ont donc permis à l'équipe scientifique de l'OVG et aux partenaires GORISK de fournir des réponses rapides et précises aux autorités locales et à l'importante commu-

nauté humanitaire présente sur place. Cette éruption, qui s'est terminée le 27 janvier, est la première éruption dans les Virunga ayant bénéficié d'observations par autant de techniques différentes. Toutes les données recueillies font actuellement l'objet d'études approfondies.

Travailler en zone instable

Situés dans une zone politiquement instable, où conflits armés et crises humanitaires se succèdent sans cesse, le Nyiragongo et le Nyamulagira s'inscrivent parmi les volcans les plus difficiles à étudier et à surveiller. La complexité provient essentiellement du contexte géopolitique; pendant toute la durée du projet l'équipe a dû faire face à des problèmes de sécurité, de fonctionnement des partenaires locaux, de pillages répétés, d'accès au terrain, etc. Ces difficultés ne sont certes pas l'apanage de GORISK et affectent tous les secteurs d'intervention. On pourrait être tenté de considérer inopportun la réalisation de ce genre de travaux scientifiques dans un contexte dominé par l'urgence humanitaire. Cependant, ce défi prend tout son sens lorsque l'on considère les résultats qui suggèrent que des scénarios comme celui de l'éruption de 2002 pourraient n'être que minimalistes.

Le réseau GORISK

Le projet GORISK, maintenant arrivé à son terme, a donné naissance à un réseau persistant de collaborations scientifiques. Ce réseau GORISK vise à pérenniser les acquis du projet original, à en capitaliser l'expérience,

et à explorer de nouvelles voies en poursuivant le double objectif d'une meilleure compréhension des processus éruptifs et d'une meilleure gestion des risques. La mission de production et de service a été accomplie, mais d'importants besoins en moyens et en formation continue notamment subsistent localement pour permettre une surveillance locale autonome de ces volcans.

L'analyse des données scientifiques relatives aux événements historiques récents, dont les éruptions de janvier 2010, de novembre 2006 et de janvier 2002, se poursuivent. Prochainement, une plate-forme web sera développée afin de rendre disponible un maximum d'informations concernant l'activité des volcans des Virunga, la surveillance volcanologique et les recherches scientifiques menées dans la région par le réseau. □

Les auteurs

Benoît Smets, François Kervyn et Anne-Catherine van Overbeke sont chercheurs au Département de Géologie du Musée Royal d'Afrique Centrale. Nicolas d'Oreye est chercheur au Département de Géophysique/Astrophysique du Musée National d'Histoire Naturelle du Luxembourg à Walferdange.

Plus

www.ecgs.lu/gorisk

<http://eo.belspo.be/Directory/ProjectDetail.aspx?projID=831>

Contacts Belspo: Martine Stélandre – Jean-Christophe Schyns

