



Observer l'intérieur des volcans grâce à la télédétection

Les éruptions volcaniques représentent une menace pour les populations vivant à proximité des volcans actifs. Les recherches sur les processus volcaniques qui précèdent les éruptions sont donc cruciales. Elles recourent à des approches interdisciplinaires reposant sur l'exploitation synergique de données d'observation provenant d'instruments terrestres et de capteurs satellitaires. Le projet VERSUS, financé par le programme STEREO, a permis de développer de nouveaux outils de télédétection pour étudier et surveiller les volcans actifs et les lacs de lave. Ces techniques ont été appliquées lors de l'éruption du Nyiragongo de 2021.

Du sol à l'orbite

L'observation par satellites est devenue une technique essentielle pour étudier et suivre les volcans. Cette approche est en effet très complémentaire des techniques traditionnelles de suivi opérées depuis le sol ; elle est même primordiale dans les cas de volcans difficilement accessibles ou peu surveillés. Les processus volcaniques, à savoir les émissions de gaz, de cendres et de lave, les rayonnements thermiques, les changements topographiques ou les déformations du sol, peuvent même être mesurés avec une grande précision grâce aux données satellitaires. Malgré cela, il n'existe actuellement aucune mission satellitaire consacrée exclusivement à la surveillance de l'activité volcanique. Cependant, les initiatives comme le programme Copernicus de l'Union européenne ou la constellation de Cubesats de Planet Labs, dont les capteurs sont dotés de résolutions spatiales et temporelles améliorées, offrent de nouvelles opportunités d'amélioration du suivi des volcans par télédétection.

Près de 20 ans de recherche

Depuis 2006, la Politique scientifique fédérale (Belspo) a financé, via son programme de recherche en observation de la Terre STEREO, de nombreux projets de recherche dans le but d'étudier, à l'aide d'images satellites, des volcans actifs et les risques qui y sont associés. Le projet VERSUS (Open-Vent Volcano Remote

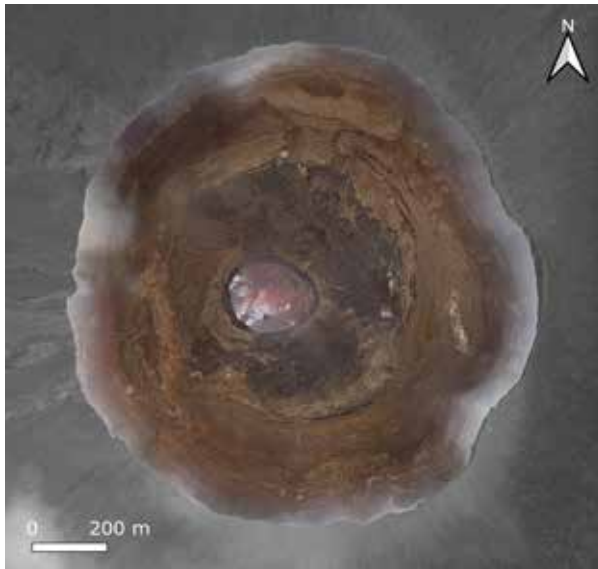
Sensing Monitoring Using Spaceborne Imagery), de type 'Spin-off' et financé entre 2019-2022, était piloté par le Musée royal de l'Afrique centrale (MRAC), en collaboration avec l'Institut royal d'Aéronomie spatiale de Belgique (IASB), le Centre européen de géodynamique et de séismologie (ECGS, Luxembourg) et l'U.S. Geological Survey (USGS, États-Unis). Les partenaires du projet VERSUS ont capitalisé sur cet héritage et sur les opportunités offertes par les nouvelles générations de satellites et de capteurs afin de développer des techniques de pointe pour l'étude des volcans actifs et plus particulièrement leur caractéristique la plus fascinante : les lacs de lave.

La dynamique des lacs de lave

Un lac de lave est un bassin de lave qui, via un conduit ouvert, est connecté à un réservoir magmatique situé dans la croûte terrestre. La lave reste en fusion par sa température élevée et le brassage provoqué par la remontée continue de gaz volcaniques. Quand les lacs de lave se maintiennent pendant des années, voire des décennies, leur dynamique peut être un indicateur du changement de pression dans le système de conduits volcaniques. Cela nous permet d'obtenir des informations précieuses sur les processus magmatiques et volcaniques qui contrôlent l'activité éruptive. C'est le cas des volcans Nyiragongo (à l'Est de la République démocratique du Congo) et Kīlauea (à Hawaii, États-Unis), qui ont été étudiés par le projet VERSUS.



Le lac de lave du Nyiragongo (photo © B. Smets)



Cratère du Nyiragongo

Les chercheurs avaient pour objectifs, grâce aux données satellitaires et à des mesures effectuées au sol, de mieux appréhender les variations de niveaux des lacs de lave et de lier celles-ci aux risques d'éruptions dangereuses en provenance des flancs des volcans.

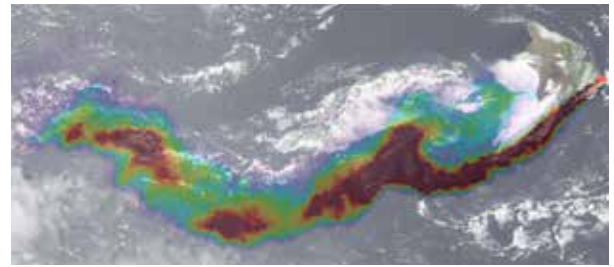
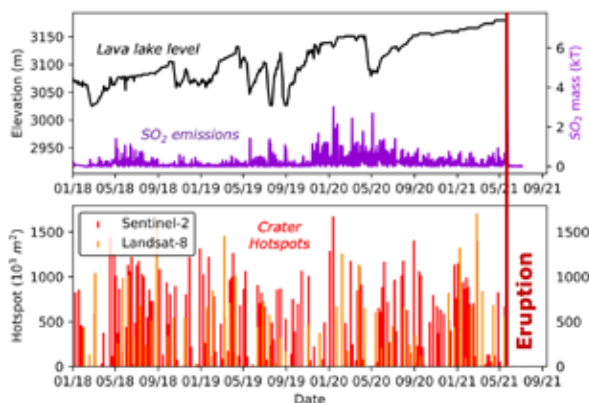
Des résultats testés en direct

Les résultats du projet ont montré que des chutes substantielles du niveau des lacs de lave (de parfois plusieurs dizaines de mètres) peuvent être liées à des mouvements de magma souterrains. Cela nous apprend que, même si les lacs de lave peuvent contribuer à réduire la pression dans un volcan en permettant au gaz de s'échapper du système, des intrusions peuvent quand même se produire dans la croûte.

Le 22 mai 2021, le Nyiragongo est soudainement entré en éruption sans aucun signe avant-coureur, entraînant des coulées de lave mortelles et causant des destructions considérables dans la ville de Goma (qui compte environ 1 million d'habitants). Cette éruption par un flanc du volcan a été suivie d'une crise sismique provoquée par des mouvements de magma à très faible profondeur (< 500 m) sous la ville de Goma et sous le lac Kivu.

Les chercheurs du projet VERSUS ont pu analyser cette éruption en détail et les résultats ont été publiés dans la revue Nature (Smittarello et al., 2022⁽¹⁾). L'étude a démontré que la combinaison d'une réserve de magma proche de la surface et d'une activité continue du lac de lave constitue un réel défi pour le suivi d'un

Séries temporelles du niveau du lac de lave, des émissions de SO₂ et de la détection de points chauds au niveau du volcan Nyiragongo, produites grâce à des données de télédétection. Les tracés montrent l'impact de l'éruption de 2021.



Panache de SO₂ émis par le volcan Kilauea pendant l'éruption par les flancs de mai-août 2018 (dérivé d'une image Sentinel-5P TROPOMI du 4 juin 2018).

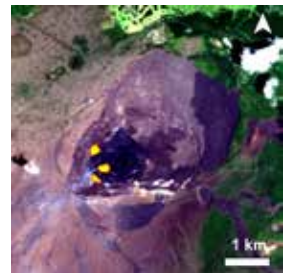
volcan. En effet, les éruptions via les flancs de l'édifice peuvent se produire quelques minutes seulement après l'apparition de signes avant-coureurs.

L'intrusion magmatique de faible profondeur qui a suivi l'éruption du Nyiragongo de 2021 a aussi révélé le risque d'occurrence de scénarios encore bien plus dangereux, tels que des coulées de lave dans des zones densément peuplées ou des interactions explosives avec le lac Kivu, très riche en gaz (ce qui est communément appelé éruption phréatomagmatique ou limnique).

Une **éruption phréatomagmatique** désigne une éruption qui survient lors de la rencontre entre le magma ascendant et de l'eau superficielle (nappe phréatique, cours d'eau, lac).

Une **éruption limnique** survient lors du dégazage brutal d'un lac méromictique qui relargue les gaz volcaniques émis en continu par un volcan et accumulés durant des années dans les couches profondes du lac.

Détection de l'activité du lac de lave du Kilauea par points chauds le 4 septembre 2022. Il s'agit d'une composition colorée en vraies couleurs d'une image satellite Sentinel-2 MSI sur laquelle sont superposés les points chauds.



En résumé, le projet VERSUS a mis en évidence la nécessité d'étudier de manière plus approfondie les lacs de lave car ceux-ci fournissent une information cruciale sur les processus magmatiques et volcaniques nous permettant de mieux surveiller et comprendre les volcans actifs et dangereux.

Plus

Le programme belge de recherche en observation de la Terre STEREO : <https://eo.belspo.be/fr>

Le Projet STEREO VERSUS (Open-Vent Volcano Remote Sensing Monitoring Using Spaceborne Imagery) : <https://eo.belspo.be/versus>

Note

(1) www.nature.com/articles/s41586-022-05047-8



L'auteur

Cet article a été écrit avec l'aide de Benoît Smets, chercheur au Département Sciences de la Terre du Musée royal de l'Afrique centrale.