

## DES LACS VOLCANIQUES SOUS ÉCOUTE POUR PRÉVOIR LES ÉRUPTIONS

*Publié le 12 août 2026*



par Laetitia Theunis

### **Série : Au cœur de la Terre (3/4)**

Anticiper les éruptions volcaniques pour donner aux populations le temps d'évacuer : tel est l'objectif qui guide les recherches de [Corentin Caudron](#), professeur de volcanologie au sein du [laboratoire G-Time de l'ULB](#). Avec son équipe, il explore une piste originale : détecter et mesurer en continu les bulles de CO<sub>2</sub> qui s'échappent des lacs volcaniques acides, car elles pourraient constituer un signal précurseur d'une reprise d'activité du volcan. Pour traquer ces indices, les chercheurs combinent des hydrophones immergés et de la fibre optique, une technologie capable de transformer des kilomètres de câble en un vaste réseau de capteurs.



Corentin Caudron sur un lac acide du volcan Kawah Ijen en Indonésie © R. De Plaen

## Décoder le paysage sonore

Les volcans émettent des gaz bien avant et pendant leurs éruptions, mais aussi en dehors de tout épisode éruptif, comme s'ils « respiraient » : de nombreux systèmes volcaniques dégagent en permanence des gaz en surface sans qu'aucune éruption ne soit en cours. Le magma est, en effet, riche en composés gazeux, principalement du dioxyde de soufre, mais aussi de la vapeur d'eau et du  $\text{CO}_2$ .

Identifier dans l'air la vapeur d'eau et le dioxyde de carbone d'origine volcanique est extrêmement difficile étant donné que ces deux gaz sont naturellement présents en abondance dans l'atmosphère.

L'idée développée par l'équipe du Professeur Caudron consiste à contourner cet obstacle en mesurant le  $\text{CO}_2$  non pas dans l'air, mais dans l'eau. Les bulles de gaz qui remontent à travers un lac volcanique offrent en effet un contraste de densité très marqué avec le milieu liquide environnant, ce qui les rend faciles à détecter. Les techniques acoustiques se révèlent particulièrement adaptées à cet usage.



Hydrophone (bouteille orange) que l'on s'apprête à plonger dans le lac Laache See du volcan éponyme, dans l'Eifel (Allemagne) © Corentin Caudron

« Le principe n'est pas entièrement nouveau : il s'inspire directement de technologies éprouvées dans d'autres domaines, comme le sonar utilisé pour détecter des sous-marins. Mais le sonar émet un signal et analyse son écho. Le résultat est une image instantanée, sans possibilité de surveillance

continue. En revanche, les hydrophones, des microphones immergés qui « écoutent » passivement le bruit produit par les bulles de gaz, ouvrent des perspectives prometteuses pour la surveillance volcanique en temps réel », explique Pr Corentin Caudron.

Pour valider son hypothèse, depuis 2020, il installe des hydrophones dans des lacs volcaniques acides à proximité des zones de dégazage. « Le son s'atténue fortement dans l'eau ; il est donc essentiel de placer l'hydrophone à moins de cinq mètres des bulles pour pouvoir les enregistrer correctement. Depuis un bateau, nous descendons l'instrument à l'aide de cordes. Ensuite, nous l'attachons à une bouée ou nous le positionnons le long des berges, dans une eau suffisamment claire pour pouvoir le retrouver et le récupérer facilement en plongée à la fin de la campagne de mesures. »

[Les premiers résultats sont positifs : les hydrophones détectent clairement le bruit produit par les bulles.](#) Cependant, un défi majeur demeure dans l'optique du développement d'une surveillance volcanique passive. En effet, à l'heure actuelle, il n'est pas encore possible de distinguer avec certitude les bulles de CO<sub>2</sub> d'origine volcanique de celles provenant d'autres sources, comme le dioxyde de carbone libéré lors de la décomposition de la matière organique.



Lac acide sur le volcan Askja (Islande) © Corentin Caudron

## Des fibres optiques en guise de sismomètres

En parallèle, une autre technique s'est imposée en sismologie. Avec l'essor d'Internet, les fibres optiques quadrillent désormais la planète, tapissent et traversent les océans. Il y a moins d'une dizaine d'années, des chercheurs ont découvert que ces câbles pouvaient également servir à détecter les ... tremblements de terre. Depuis, dans l'espoir de parvenir à comprendre et à surveiller les volcans, on y enterre, des kilomètres de fibre optique capable de résister à une température de 1000°C, à la manière d'une guirlande entourant un sapin de Noël.

Le principe repose sur des lasers hautement spécialisés (appelés interrogateurs), capables d'injecter des impulsions lumineuses dans la fibre. Lors d'un tremblement de terre, les ondes sismiques qui se propagent dans le sol déforment la fibre en l'étirant ou en la comprimant. « Cette déformation modifie le temps de parcours d'une partie de l'onde lumineuse à l'intérieur de la fibre : le décalage ainsi mesuré est directement proportionnel à la durée du séisme et renseigne sur son intensité. La méthode s'avère efficace pour la grande majorité des tremblements de terre, y compris ceux de très faible magnitude, de l'ordre de 1 sur l'échelle de Richter», précise Pr Corentin Caudron.

« Cette technique est particulièrement performante pour détecter les séismes, car elle revient à disposer d'un sismomètre tous les mètres le long de la fibre, ce qui représente un changement d'échelle considérable en sismologie. »

Ainsi, en Islande, grâce à 70 km de fibre optique enterrée sur le système volcanique de Sundhnúkagígar, les sismologues parviennent à détecter un signal de déformation de la croûte terrestre 10 heures avant une éruption, ce qui permet d'évacuer les populations autour de Blue Lagoon. L'Etna, et sa chute progressive dans la mer Méditerranée, est également surveillé par un

système similaire, mais aussi via les « dark fibers », ces fibres optiques dans le fond des océans détenues par les géants Google ou encore Amazon.



Fibre optique (en jaune) dans un sillon sur les flancs du volcan Gunnuhver (Islande) © Corentin



Caudron

## Le pouvoir des bulles

« Lorsque j'ai rejoint l'ULB après un passage à Grenoble, nous nous sommes demandés : si cette technologie par fibre optique fonctionne pour détecter les tremblements de terre, pourquoi ne fonctionnerait-elle pas aussi avec les bulles ? Peut-être que leur passage est lui aussi capable de déformer une fibre optique. Ce qui permettrait d'avoir l'équivalent de 1000 hydrophones par kilomètre de fibre... », explique Pr Corentin Caudron.

« Nous avons d'abord [démontré que la fibre optique était capable de détecter les bulles](#). Ensuite, le FNRS a financé mon projet, ce qui a permis d'acquérir un interrogateur, c'est-à-dire le laser particulièrement coûteux indispensable aux mesures. Mais aussi de recruter un postdoctorant spécialisé dans les bulles et la séquestration du carbone. De quoi faire progresser considérablement nos recherches. »

Les résultats récents sont particulièrement prometteurs. Grâce à des algorithmes d'intelligence artificielle appliqués aux données de la fibre optique, Corentin Caudron et son équipe ont détecté et mesuré près d'un million de bulles en seulement 48 heures dans le lac volcanique de Laacher See, en Allemagne. « Nous avons installé des hydrophones à proximité immédiate de la fibre optique afin de vérifier que les signaux enregistrés correspondaient bien à des bulles et non à un phénomène produisant une signature similaire. Aujourd'hui, cette validation est acquise et les résultats sont en cours de publication. »



Bulles de CO<sub>2</sub> qui dégazent dans la mer Tyrrhénienne au pied du volcan Panarea (Italie) © Eolsub Panarea

## Un volcan endormi sous surveillance

Le lac Laacher See est lové dans la caldeira d'un imposant volcan situé dans le massif de l'Eifel, en Allemagne. Il y a environ 13 000 ans, il a produit une éruption de type plinien d'une puissance exceptionnelle. Ce volcan fait aujourd'hui l'objet d'une forte surveillance.

Les données accumulées depuis une vingtaine d'années montrent que le volcan se déforme. « Des mouvements vraisemblablement liés à une activité magmatique en profondeur soulèvent progressivement le sol, un phénomène clairement mis en évidence par les mesures GPS et les données radar. Par ailleurs, des séismes se produisent régulièrement à grande profondeur — aux alentours de 30 kilomètres sous la surface —, ce qui témoigne d'une mobilité du magma. Ces signaux sont comparables à ceux récemment détectés au lac Pavin, dans la Chaîne des Puys en



Auvergne. »

En surface, cette activité se manifeste par des dégagements de  $\text{CO}_2$  qui remontent et bullent dans les eaux du Laacher See. Ce contexte en fait un terrain d'expérimentation privilégié pour l'équipe de Corentin Caudron. « Nous venons de réaliser près d'un an de mesures continues grâce à 500 mètres de fibre optique immergés dans ce lac », explique-t-il. « À chaque campagne de récupération, nous remplissons un disque dur avec 28 téraoctets de données ! »

Les bulles produisent des sons dans le domaine du kilohertz – à titre de comparaison, un tremblement de terre génère généralement des fréquences dépassant rarement 20 hertz -. Pour capter les signaux des bulles, les chercheurs doivent donc échantillonner le son à très haute fréquence, ce qui se traduit par des volumes de données considérables. Leur analyse est en cours, secondée par l'intelligence artificielle.



Câbles de fibre optique pour étudier les bulles du lac Laache See du

volcan éponyme, dans l'Eifel (Allemagne) © Corentin Caudron

Ces dernières années, les volcanologues allemands ont considérablement densifié leur instrumentation. Grâce à un réseau de plus de 400 sismomètres couplé à la fibre optique, ils ont détecté un réservoir secondaire de magma (partiellement liquide) peu profond, vers 3 kilomètres sous la surface. « Ce volcan sera potentiellement actif un jour. Nul ne sait quand, ce qui justifie précisément l'intensification de la surveillance. Nos voisins sont d'ailleurs très contents que l'on effectue nos expériences dans le Laacher See. Toutefois, il ne faut pas s'inquiéter. Si une nouvelle éruption plinienne devait se préparer, les signaux précurseurs seraient très probablement détectés bien en amont », conclut le Pr Corentin Caudron.

Ses travaux de recherche sont financés, entre autres, par un [mandat d'impulsion scientifique du FNRS](#), un WelT du [Well Research Institute](#) – qui a permis d'acheter des lasers interrogateurs – , ainsi qu'un [ARC](#), un financement de l'ULB.



Volcan Strokkur © Corentin Caudron