

Paris, 5 janvier 2014

Les conditions d'éruption d'un supervolcan recréées dans un laboratoire de rayons X

Des scientifiques ont reproduit les conditions de pression et de température régnant dans la chambre magmatique des supervolcans pour comprendre comment se déclenchent leurs explosions. Ces explosions, heureusement très rares, sont les catastrophes naturelles les plus dramatiques sur Terre, à l'exception des chutes de météorites géantes. Grâce aux rayons X du synchrotron européen (ESRF), les scientifiques ont établi que les éruptions des supervolcans peuvent se produire spontanément, par simple augmentation de la pression magmatique, sans besoin de cause externe. Ces travaux impliquent en France le Laboratoire de géologie de Lyon : Terre, planètes et environnement (CNRS / Université Lyon 1 / ENS Lyon) et l'ESRF (Synchrotron Européen) à Grenoble ainsi que l'université Polytechnique (ETH) de Zurich, l'Institut Paul Scherrer à Villingen (Suisse) et l'université Okayama (Japon). Ils sont publiés dans *Nature Geoscience* le 5 janvier 2014.

C'est une éruption de supervolcan, il y a 600 000 ans dans le Wyoming aux Etats-Unis, qui a créé le cratère gigantesque, appelé caldeira, au centre duquel se trouve aujourd'hui le Parc National de Yellowstone. Quand le volcan a explosé, il a éjecté plus de 1000 km³ de cendres et de lave dans l'atmosphère, 100 fois plus que l'éruption du Mt Pinatubo aux Philippines en 1992. Les grosses éruptions volcaniques ont un impact majeur sur le climat de la planète. L'éruption du Mt Pinatubo a fait décroître la température du globe de 0,4 degrés pendant plusieurs mois. Pour un supervolcan, la chute de température pourrait être de 10 degrés pendant 10 ans.

Selon un rapport de la Société géologique de Londres, en 2005, « *même la science-fiction ne peut imaginer un mécanisme crédible qui permettrait d'éviter l'éruption d'un supervolcan. Nous devons cependant essayer de comprendre les mécanismes impliqués dans les super-éruptions et prédire la catastrophe suffisamment à l'avance pour que la société en soit avertie. La préparation est le seul moyen de limiter les effets désastreux d'une super-éruption.* »

»

Les mécanismes qui provoquent les éruptions de supervolcans sont restés obscurs jusqu'à maintenant. Ils sont bien différents des phénomènes éruptifs observés dans les volcans conventionnels tels que le Mt Pinatubo. Un supervolcan possède une chambre magmatique beaucoup plus grande et il est toujours situé dans une zone où le flux thermique en provenance du centre de la Terre est très élevé. De ce fait, la chambre magmatique est beaucoup plus grande et chaude, mais aussi déformable : sa forme change en fonction de la pression au fur et à mesure qu'elle se remplit de magma chaud. Cette plasticité permet à la pression de se dissiper plus efficacement que dans un volcan normal, dont la chambre magmatique est plus rigide. C'est pour cette raison que les supervolcans n'explosent pas souvent.

D'où la question : qu'est-ce qui peut alors provoquer l'éruption d'un supervolcan ? Wim Malfait de l'ETH Zurich explique: « *L'élément déclenchant est une pression additionnelle causée par les différences de densité entre la roche solide et le magma liquide. On pourrait comparer cela à un ballon de foot rempli d'air que l'on plonge dans l'eau et qui remonte à la surface car l'eau est plus dense tout autour.* » Cette pression additionnelle est-elle suffisante pour causer des fissures de la croûte terrestre, suivie d'une éruption violente, ou faut-il une source d'énergie externe comme un tremblement de terre ? Tel était le sujet de cette recherche.

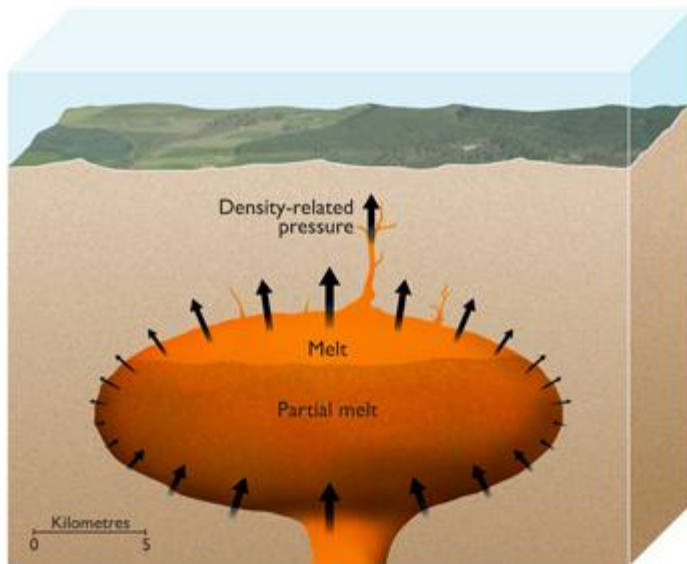
Comme il est impossible de percer un trou dans la chambre magmatique d'un supervolcan pour l'étudier directement, les scientifiques ont reproduit en laboratoire les conditions extrêmes de pression et de température au niveau du magma. « *Les rayons X de l'ESRF peuvent être ensuite utilisés pour connaître l'état (liquide ou solide) de la matière et les changements de densité lorsque le magma cristallise sous forme de roche* », dit Mohamed Mezouar, chercheur à l'ESRF et membre de l'équipe. Jean-Philippe Perrillat, chercheur au Laboratoire de géologie de Lyon : Terre, planètes et environnement (CNRS / Université Lyon 1 / ENS Lyon), ajoute : « *Des températures de plus de 1700 degrés et des pressions jusqu'à 36 000 atmosphères peuvent être atteintes à l'intérieur d'une presse appelée Paris-Edimbourg, où de minuscules échantillons de roche sont placés entre les deux pointes d'une enclume en carbure de tungstène puis chauffés avec un four résistif. Cet appareillage a été utilisé pour déterminer très exactement la densité du magma liquide sur une large gamme de pressions et de températures.* » Le magma contient souvent de l'eau qui, sous forme de vapeur, ajoute de la pression. Les scientifiques ont également établi les densités de magma en fonction du contenu en eau.

Les résultats de ces expériences ont montré que la pression résultant des différences de densité entre la roche solide et le magma liquide est suffisante pour fissurer la croûte terrestre sur une distance de 10 km de la chambre magmatique. Carmen Sanchez-Valle de l'ETH Zurich conclut : « *Notre recherche a montré que la pression est suffisante pour que la croûte terrestre se fissure et le magma pénètre dans la croûte, même en l'absence d'eau ou de bulles de dioxyde de carbone. En montant vers la surface, une expansion violente du magma connue pour être à l'origine des explosions volcaniques, peut se mettre en place.*»



© ESRF/Blascha Faust

Cette photo montre l'appareillage utilisé sur une ligne de lumière de l'ESRF. Sur la gauche, se trouve la presse appelée Paris-Edimbourg ; les échantillons de roche sont placés au centre de la presse à des pressions allant jusqu'à 36 000 atmosphères puis chauffés avec un four résistif à des températures de plus de 1700 degrés.



© ESRF/Nigel Hawtin

Cette impression d'artiste décrit la chambre magmatique d'un supervolcan. La pression résultant des différences de densité entre la roche solide et le magma liquide est suffisante pour fissurer la croûte terrestre dans laquelle pénètre le magma.



© ESRF/Blascha Faust

Cette photo montre Jean-Philippe Perrillat, un des chercheurs, préparant l'échantillon.

Références :

Melt buoyancy in large silicic magma chambers as viable trigger of supervolcano eruptions. Malfait WJ, Seifert R, Petitgirard S, Perrillat JP, Mezouar M, Ota T, Nakamura E, Lerch P, Sanchez-Valle C. *Nature Geoscience*. 5 janvier 2014.

Contacts :

Chercheurs | Jean-Philippe Perrillat | T +33 4 72 44 62 41 | jean-philippe.perrillat@univ-lyon1.fr

Mohamed Mezouar | T +33 4 76 88 25 15 | mezouar@esrf.fr

Presse CNRS | Priscilla Dacher | T +33 1 44 96 46 06 | priscilla.dacher@cnrs-dir.fr
ESRF | Claus Habfast | T +33 6 66 66 23 84 | claus.habfast@esrf.fr