

Nouveau regard sur les écoulements pyroclastiques lors des super-éruptions volcaniques

Communiqué de presse | 7 mars 2016

Une étude internationale, conduite par des chercheurs de l'IRD (Laboratoire magmas et volcans IRD/CNRS/Université Blaise Pascal), de l'Université de Buffalo et de l'Institut d'études géologiques des Etats-Unis, apporte un nouvel éclairage sur la compréhension des mécanismes physiques responsables des écoulements pyroclastiques générés lors des super-éruptions volcaniques. Jusqu'à présent, seul le modèle de mélange dilué turbulent permettait d'expliquer les distances de parcours considérables de ces écoulements. Les chercheurs révèlent pour la première fois l'existence d'écoulements denses, engendrés par un très fort débit éruptif et une pression de gaz interstitielle soutenue. Ces résultats, qui permettent de mieux évaluer les aléas volcaniques, sont publiés le 7 mars 2016 dans la revue *Nature Communications*.

Les super-éruptions volcaniques explosives, dont le volume dépasse 500 km³ de magma, constituent des phénomènes cataclysmiques rares mais extrêmement dévastateurs.

Ils génèrent des **écoulements pyroclastiques**, mélanges de gaz et de fragments de roches à haute température, plus denses que l'atmosphère, qui dévalent les flancs des volcans, détruisant tout sur leur passage.

Les dépôts issus de ces écoulements, appelés **ignimbrites**, peuvent s'étendre sur des distances de plus de 100 km depuis le centre éruptif¹.

Deux mécanismes physiques distincts à l'origine des écoulements pyroclastiques

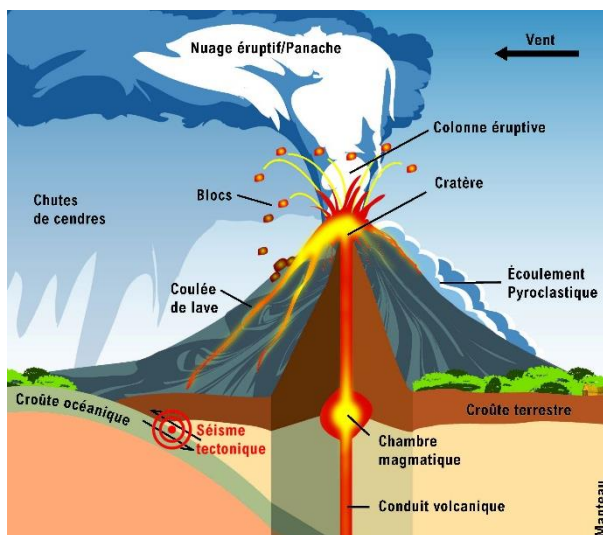
La compréhension des processus à l'œuvre lors du transport et du dépôt des écoulements pyroclastiques, essentielle pour estimer les aléas naturels liés à ces phénomènes, intéresse les volcanologues depuis de nombreuses années.

Deux mécanismes physiques fondamentalement différents sont susceptibles d'opérer : **un écoulement rapide et dilué** (contenant moins de 1 % de particules, en volume), dont la turbulence maintient les particules en suspension, ou bien **un mélange avec une concentration quasi-maximale en particules**, au sein duquel la pression de gaz interstitiel réduit la friction interne. Jusqu'à présent, seul le modèle d'écoulement dilué avait pu être démontré quantitativement, requérant des vitesses de propagation supérieures à 200 m/s.

L'objectif de ces recherches est de comprendre le comportement des écoulements pyroclastiques à partir d'un exemple bien caractérisé, afin de définir un modèle applicable à l'ensemble des super-éruptions se produisant sur Terre.

L'ignimbrite de Peach Spring révèle ses secrets

Dans cette étude, les chercheurs ont étudié l'ignimbrite de Peach Spring (en Arizona, aux Etats-Unis), formée par des écoulements de plus de 170 km lors d'une éruption survenue il y a 18,8 millions d'années, émettrice de plus de 1300 km³ de magma et ayant conduit à la formation d'un cratère volcanique géant (ou caldera).



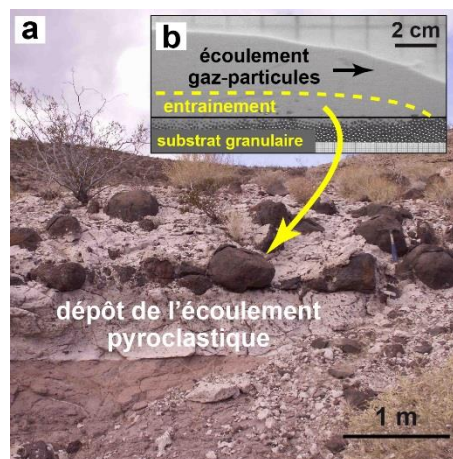
© IRD / Laurent Corsini

¹ Des exemples marquants sont les ignimbrites andines de Cerro Galan (Argentine) et de Pudahuel (Chili), formées par des écoulements qui ont parcouru respectivement plus de 80 et 120 km depuis leur centre éruptif, et dont l'épaisseur atteint localement plusieurs dizaines de mètres.

Ils se sont intéressés à la présence, dans l'ignimbrite étudiée, de gros blocs de roches (> 0,5-1 m) présents initialement sur le substrat et entraînés par les écoulements pyroclastiques. Une première analyse leur a permis de démontrer que de tels blocs n'avaient pas pu être mis en mouvement par des écoulements dilués à des vitesses réalistes.

Afin de comprendre ce phénomène d'entraînement, les chercheurs ont ensuite simulé, en laboratoire, la propagation d'un écoulement pyroclastique sur un substrat de particules. La procédure, mise au point avec les partenaires de l'Université de Chili, consiste à générer, à petite échelle, un écoulement gravitaire constitué d'un mélange dense de particules solides et d'air. Grâce à ces expériences, les chercheurs ont montré, pour la première fois, qu'un **gradient de pression généré à la base de l'écoulement permet de soulever les particules du substrat, qui sont alors incorporées dans l'écoulement et entraînées vers l'aval.**

En appliquant la loi expérimentale qui relie la taille des particules du substrat entraînées à la vitesse de l'écoulement, les auteurs ont pu **calculer la vitesse des écoulements pyroclastiques** qui ont formé l'ignimbrite Peach Spring : entre 5 et 20 m/s. Cette vitesse, sur une distance de parcours minimale de 170 km, a ensuite permis de déterminer la **durée de l'éruption** (entre 2,5 et 10 heures²), et son débit (10^7 - 10^8 m³/s), supérieur à ceux connus jusque-là.



© IRD / Olivier Roche :
La photo (a) montre le dépôt de l'écoulement pyroclastique qui contient de gros blocs de roches entraînés à Peach Spring.
La photo (b) explique le mécanisme qui opère lors d'une expérience de laboratoire qui simule un écoulement pyroclastique.

Vers une meilleure évaluation des aléas volcaniques dans les pays du Sud

Grâce à cette combinaison d'expériences en laboratoire et de données de terrain, les chercheurs concluent que lors d'une super-éruption, un **fort débit éruptif pendant plusieurs heures et une pression de gaz interstitielle soutenue dans les écoulements pyroclastiques peuvent être plus efficaces qu'une suspension diluée** extrêmement rapide pour causer de très grandes distances de parcours.

Ce nouveau regard sur les mécanismes de propagation des écoulements pyroclastiques invite à reconsidérer les interprétations de nombreuses ignimbrites générées par des super-éruptions au cours de l'histoire de la Terre. Il ouvre de nouvelles perspectives pour **mieux évaluer les aléas volcaniques, notamment le long de la Cordillère des Andes**, qui regroupe certains des volcans les plus actifs du monde : Chimborazo, Cotopaxi, Tungurahua (Equateur), Ubinas, Misti (Pérou), Lascar, Villarrica, Calbuco (Chili)...

² Une propagation des écoulements pendant plusieurs heures peut être expliquée par une décroissance très lente de la pression interstitielle de gaz, favorisée par la quantité importante de cendres fines qui confèrent une faible perméabilité au mélange granulaire.

Gestion des aléas et risques volcaniques : une coopération scientifique Nord-Sud

Priorité scientifique de l'IRD, la gestion des aléas et risques volcaniques fait l'objet d'une coopération scientifique de longue date avec les partenaires des pays du Sud, dans les Andes (Chili, Equateur, Pérou) et dans les océans Indien et Pacifique (Indonésie, Vanuatu).

Depuis 2015, un consortium a vu le jour en Amérique latine, et constitue un outil de **coopération régionale** : le **projet VIMESEA**. Coordonné par l'IRD et la Commission nationale de recherche scientifique et technologique du Chili (CONICYT) et financé par la Commission européenne, ce projet vise à améliorer les connaissances sur les mécanismes des éruptions volcaniques dans les Andes et leurs impacts sur l'environnement et les sociétés. Il implique plusieurs instituts de recherche européens (Laboratoire magmas et volcans du CNRS, de l'Université Blaise Pascal et de l'IRD, Université de Bristol, Université de Munich, Institut de volcanologie de Pise) et sud-américains (Université du Chili, Institut géologique, minier et métallurgique du Pérou, Institut géophysique d'Equateur).

Des recherches sont également conduites en Equateur et au Pérou :

- **Laboratoire mixte international « Séismes et volcans dans les Andes du Nord »** (LMI [SVAN](#)). Ce laboratoire étudie et surveille les volcans actifs de l'arc équatorien, tels que le Guagua Pichincha (1999-2001), le Tungurahua (1999-jusqu'à aujourd'hui) et le Reventador (2002 jusqu'à aujourd'hui).
- **Equipe de volcanologie de l'INGEMMET Pérou** (jeune équipe associée à l'IRD [VIP](#)). Grâce à des modèles numériques capables de simuler les écoulements volcaniques et aux informations de terrain, elle produit des cartes d'aléas potentiels pour des volcans, tels que l'Ubinas (actif en 2006-2009 et 2014-2015) et le Sabancaya (actif depuis 2013).



De gauche à droite : © IRD / Pablo Samaniego, Benjamin Bernard, Pablo Samaniego : Emission de gaz du volcan Ubinas (Pérou) en avril 2014 ; Eruption du Tungurahua (Equateur) en mai 2010 ; Volcan Calbuco (Chili) avec une faible activité fumarolienne (2015).

Pour aller plus loin

- **Référence** : Roche O., D.C. Buesch et G.A. Valentine. Slow-moving and far-travelled dense pyroclastic flows during the Peach Spring super-eruption. *Nature Communications*, 2016. DOI :10.1038/ncomms10890.
- [Suivi de l'éruption du volcan Calbuco au Chili](#) (avril 2015).
- [Le Tungurahua sous surveillance rapprochée](#) (2012).
- [Le Mérapi : une éruption attendue, inhabituelle et à fort impact](#) (2010).
- [Laboratoire magmas et volcans](#) (IRD / CNRS / Université Blaise Pascal Clermont Ferrand), basé à Clermont-Ferrand.
- Dossier Sciences au Sud « [Comprendre les messages des volcans pour anticiper les menaces](#) ».

Contact presse

→ **IRD Siège** : Cristelle Duos | presse@ird.fr | T : 04 91 99 94 87