

veau sur le mécanisme de formation du magma. Durant des décennies, les géologues ont supposé que la chambre magmatique se comporte pendant des millions d'années comme un réservoir de roche liquéfiée, et qu'à chaque fois qu'une fraction de magma s'en échappe vers la surface, du fluide neuf remonte immédiatement d'en dessous pour remplir la chambre. Si cette vision était correcte, on devrait observer un nombre bien plus élevé d'éruptions catastrophiques, car il est mécaniquement et thermiquement impossible que des corps magmatiques monstrueux se maintiennent dans la croûte sans se vider fréquemment.

Cette idée reposait sur une technique dite « d'analyse globale des roches », qui permet d'obtenir un ensemble de mesures chimiques associé aux cendres collectées. Ces données révélaient les grandes lignes de l'évolution du magma, mais ne permettaient pas de déterminer l'âge du magma éjecté et la profondeur à laquelle il s'était formé.

Chaque fragment de roche est constitué de milliers de minuscules cristaux, chacun ayant une composition et une histoire propres. Aussi, lorsque des progrès techniques ont permis, à la fin des années 1980, d'analyser avec précision des cristaux individuels, ce fut comme si l'on pouvait lire les chapitres d'un livre plutôt que de se fier à la seule quatrième de couverture. Les chercheurs découvrirent par exemple que certains cristaux – et donc les magmas dans lesquels ils se sont initialement formés – apparaissent plus tôt que d'autres et que certains se for-

ment à de grandes profondeurs, tandis que d'autres se forment près de la surface.

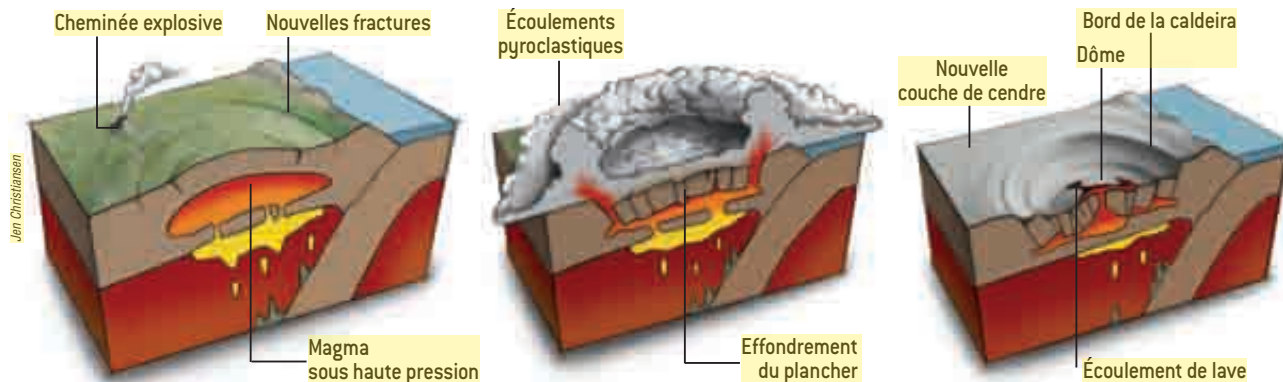
Au cours de ces dix dernières années, les géochimistes ont accordé une attention particulière à un cristal volcanique nommé zircon. Comme les zircons résistent à d'importantes variations de température et de pression sans que leur composition originelle soit affectée, plusieurs chercheurs, dont John Valley, de l'Université de Wisconsin-Madison, les ont utilisés pour étudier l'évolution initiale de la croûte terrestre. Quand j'ai intégré l'équipe de J. Valley, en 1998, nous avons reconstitué l'histoire du magma d'origine de Yellowstone par le biais des zircons, histoire qui a livré à son tour nombre d'indices sur le comportement à venir du volcan.

La première étape fut de mesurer les rapports des divers isotopes de l'oxygène dans les zircons issus de la dernière superéruption survenue à Yellowstone – il y a 640 000 ans, elle donna naissance au tuf de Lava Creek, un dépôt de cendres fossilisées atteignant par endroits 400 mètres d'épaisseur – et de dépôts plus récents formés lors d'éruptions ultérieures moins violentes. Les premières analyses achevées, nous avons eu la surprise de constater que la composition en oxygène de ces zircons ne concordait pas avec celle du manteau profond et brûlant, comme cela aurait été le cas si les chambres magmatiques se remplissaient toujours par le bas tandis qu'elles se vidaient. Les zircons nés dans le manteau auraient dû avoir une signature distinctive : lorsque les éléments dissous dans les magmas s'assemblent

Supercycles

de la Terre), et au-dessus de zones de subduction (régions où une plaque tectonique glisse sous une autre). Dans les deux cas, les supervolcans évoluent selon un cycle éruptif qui est peut-être plus pré-

visible qu'on ne le pensait autrefois. Voici les quatre grandes étapes de ce cycle qui commence par la formation de la chambre magmatique, représenté ici dans le cas d'une zone de subduction.



2. Le volume de la chambre magmatique supérieure augmentant, le sol qui la surplombe gonfle et se fissure. Le magma, plus riche en silice et moins chaud que celui du manteau, est très résistant à l'écoulement, si bien que l'eau et les gaz peinent à s'échapper. Ainsi, lorsqu'un bouchon de ce magma visqueux atteint la surface par une faille verticale, le matériau sous pression explose violemment plutôt que de s'écouler lentement.

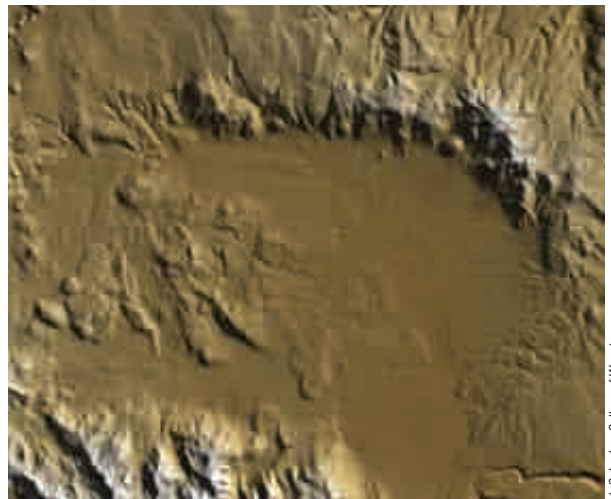
3. De nouvelles cheminées explosives apparaissent et se rejoignent le long d'un anneau aussi large que la chambre magmatique. La surface terrestre, contrainte et privée de soutien, finit par se fragmenter et plonger dans la chambre. Une masse énorme de magma est alors brutalement éjectée par le bord de l'anneau. La libération soudaine de ce magma provoque la création d'immenses nuages de cendres, de gaz et de roches brûlants, les écoulements pyroclastiques, qui dévastent la région environnante.

4. Après l'éruption, une dépression en forme de cratère, la caldeira, se forme au-dessus de la chambre magmatique partiellement vidée. Avec le temps, le sol effondré dans la chambre fond par-dessous, créant une masse de magma plus modeste qui, associée à d'autres forces, fait s'élever un dôme au centre de la caldeira. Avant que cette masse n'enfle suffisamment pour alimenter une nouvelle superéruption, de la lave peut s'écouler calmement et par intermittence de cette région.



U.S. Department of Energy

2. Des dépôts volcaniques massifs affleurent sur les versants escarpés du site de Yucca Mountain, dans le Nevada. Les deux strates sont les vestiges des pluies de cendres brûlantes accompagnant deux superéruptions survenues il y a 12,8 et 12,7 millions d'années.



J. S. Lackey College of Wooster

3. Les supervolcans endormis, tel celui de Long Valley, en Californie, ne se présentent pas sous forme de cheminées coniques, mais se signalent par d'énormes caldeiras, des dépressions formées par l'effondrement du sol dans la chambre magmatique sous-jacente.

pour former un zircon, ce cristal intègre une proportion élevée d'oxygène 18, un isotope lourd de l'oxygène. Or, comparés à ceux du manteau, les zircons que nous avons étudiés étaient pauvres en oxygène 18.

Nous avons alors compris que le magma devait en fait provenir de roches autrefois situées près de la surface. La déficience en oxygène 18 apparaît uniquement lorsque les roches abritant les cristaux ont été en contact avec la pluie ou l'eau de mer. Cela suggère que le toit de roches qui s'est effondré lors de l'une des deux plus anciennes superéruptions de Yellowstone a fondu pour former la majeure partie du magma rejeté lors de la catastrophe plus récente de Lava Creek et d'éruptions survenues depuis. Cette hypothèse s'est trouvée confortée lorsque nous nous sommes aperçus que l'âge des zircons provenant d'éruptions pos-

térieures à Lava Creek s'étendait sur l'ensemble des deux millions d'années qu'a duré le volcanisme à Yellowstone. Des zircons aussi âgés ne peuvent exister dans les cendres les plus récentes que s'ils étaient présents dans le matériel éjecté lors des anciennes éruptions, matériel qui a été réenglouti ensuite dans la chambre magmatique et qui a contribué à alimenter les éruptions les plus récentes.

Cette découverte apporte des indications sur le comportement futur du supervolcan de Yellowstone et d'autres. Si une série de petites éruptions commençait à Yellowstone – signe précurseur d'une explosion catastrophique quelques semaines à quelques centaines d'années plus tard, l'analyse de l'oxygène contenu dans ces laves et la datation de leurs zircons révéleraient le type de magma dont est remplie la chambre en dessous. Des laves pauvres en oxy-

Les plus grands des volcans

