



INSTITUT DE FRANCE
Académie des sciences

Séance solennelle de l'Académie des sciences / 16 juin 2009
Réception des nouveaux Membres sous la coupole de l'Institut de France

La mécanique des fluides géologiques
Claude Jaupart

Je voudrais retracer devant vous l'émergence d'une nouvelle discipline : la mécanique des fluides géologiques. Ce seul nom aurait paru paradoxal il y a quelques dizaines d'années parce que la géologie traite de roches. Celles-ci semblent bien rigides lorsqu'on les observe à travers les vitrines d'un musée et bien immobiles lorsqu'on se promène en montagne. Mais elles adoptent un comportement fluide sur des intervalles de temps de plusieurs millions d'années.

J'ai eu la chance de commencer mes recherches au moment où la Terre était enfin étudiée avec la perspective adéquate. Les Sciences de la Terre ont pris leur véritable essor bien après les Sciences mathématiques et physiques et, parmi toutes ses disciplines, la volcanologie est l'une des plus jeunes. En 1950, nous n'étions capables ni de dater les événements ni d'ausculter l'intérieur de la Terre. En 1980, nous étions devenus capables de voir la Terre bouger et de relier son activité volcanique aux mouvements profonds de son manteau. Nous avons à notre disposition une foule d'observations qui attendaient des explications et tout est allé très vite. Nous avons rapidement réalisé que les éruptions volcaniques, aussi complexes et changeantes qu'elles paraissent, peuvent être ramenées à quelques principes physiques élémentaires.

Je voudrais vous faire partager l'émerveillement que nous avons ressenti devant la grande régularité des phénomènes géologiques. Quel étonnement de voir l'énorme volcan Kilauea des îles Hawaï répéter 47 fois des fontaines de lave de plusieurs centaines de mètres de haut avec une périodicité quasi parfaite d'un mois ! Quelle joie aussi de reproduire en laboratoire le même phénomène ! Nous avons eu la chance d'assister aux changements intempestifs que connaissent certaines éruptions, lorsqu'elles passent par exemple d'un régime explosif à un épanchement de lave bien calme. Nous avons admiré les litages minéralogiques qui se développent avec une parfaite régularité sur des distances de plusieurs dizaines de kilomètres dans les énormes réservoirs magmatiques des volcans. Quelle surprise, enfin, de réaliser qu'aucune partie de notre planète n'est superflue ou passive, que les continents ne partent pas réellement à la dérive sous l'action de mouvements profonds et que ce sont eux qui déterminent en fait les caractéristiques de ces mouvements !

Les systèmes géologiques obéissent à des lois physiques qui leur sont propres parce qu'ils mettent en jeu des matériaux aux propriétés particulières soumis à des conditions tout aussi particulières. Ils sont hétérogènes et les énormes variations de pression et de température qui y règnent entraînent d'importantes variations de viscosité et de densité. C'est pourquoi il est inutile d'ouvrir un traité de mécanique des fluides datant d'avant l'année 1980, aussi complet soit-il, et espérer y trouver des explications sur la dérive des continents ou une éruption volcanique. Je tirerai une fois encore quelques exemples des volcans, qui font intervenir des mécanismes dont les multiples combinaisons sont responsables de phénomènes très différents. La leçon la plus claire est qu'aucun d'entre eux ne peut être séparé des autres. Le comportement d'une colonne éruptive se développant sur des dizaines

de kilomètres dans l'atmosphère dépend de la taille des tout petits fragments de magma qu'elle transporte. Mais la taille de ces fragments est elle-même le résultat de collisions dans la colonne et dépend donc du régime d'écoulement de celle-ci. C'est le débit de l'éruption qui détermine l'ampleur des pertes de gaz d'un magma qui monte vers la surface et c'est l'intensité du dégazage qui conditionne à son tour le débit. C'est enfin l'édifice volcanique lui-même qui, au fur et à mesure qu'il s'élève, modifie progressivement les conditions d'éruption. Et, bien entendu, ce sont les éruptions qui font grandir l'édifice.

Notre travail est loin d'être achevé. Parmi les questions qui nous agitent en ce moment, je me limiterai à en citer deux. Dans quelles conditions les premiers continents sont-ils apparus et se sont-ils stabilisés quelques centaines de millions d'années après la formation de notre planète ? En combien de temps se fabriquent le réservoir de magma d'un volcan et son réseau de plomberie souterrain ? Dans les deux cas, des évènements assez brefs se superposent et se répètent de nombreuses fois, et ce sont leurs effets cumulés que nous devons reconstituer sur de très longues périodes.

Je voudrais terminer avec un second paradoxe. Dans mon domaine, les progrès ne sont venus ni de lourds programmes gouvernementaux ni de réactions à une menace ou une catastrophe. C'est sous l'impulsion de trois Scientifiques exceptionnels, George Walker, Steve Sparks et Herbert Huppert, que la volcanologie moderne est née en Angleterre, c'est à dire dans un pays qui se distingue par l'absence de volcans actifs. C'est en quelque sorte leur continuateur que vous accueillez aujourd'hui.