

Un chimiste hors du commun, un géochimiste ordinaire

Aurélie Dureuil et Émérance Marcoux-Denis

« La recherche ? Je ne sais pas d'où ça me vient ! » Fabien Palhol est géochimiste au Centre de recherche pétrographique et géochimique (CRPG) de Nancy. Originaire de la côte d'Opale, l'idée lui vient pourtant de loin : « Dès le collège, je voulais faire de la recherche en géologie ou en chimie. Je savais juste que c'était le niveau d'étude le plus haut. » Aujourd'hui, il a 29 ans et ce choix paraît évident.

Ce jeune docteur, d'abord chimiste puis géochimiste, est loin de l'image d'Épinal du chercheur. Il laisse régulièrement sa blouse blanche au placard pour sillonner le monde et récupérer des échantillons sur le terrain. Le chimiste devient randonneur : « Un géologue bouge de toute façon ! A peine arrivé au laboratoire, je suis parti avec certains de mes nouveaux collègues sur site. Direction : la Tanzanie, l'Oldoinyo Lengai, le Kilimandjaro et le pays des Massais ! »

L'expédition, très physique, vise entre autres à récupérer des échantillons de gaz volcaniques sur l'Oldoinyo Lengai, le seul volcan crachant une lave (essentiellement de la natrocarbonatite*) et des gaz particulièrement riches en carbone.



Fabien Palhol, un géochimiste sur le terrain.

Glossaire

Les mots indexés dans le glossaire sont repérés par un * dans le texte.

Abondance isotopique : proportion relative de l'isotope lourd considéré ; c'est en quelque sorte une « fraction molaire isotopique ».

Analyse CPG-SMRI : séparation par chromatographie en phase gazeuse, suivie d'une détermination par spectrométrie de masse des rapports isotopiques.

Déviaton isotopique δ : grandeur relative issue des rapports isotopiques de l'échantillon et d'une référence. En utilisant des références internationales, on peut déterminer à partir de cette mesure de faibles différences de teneurs isotopiques.

Élément cosmogénique : élément créé par l'influence des rayons cosmiques sur les objets qui les contiennent.

Fractionnement isotopique : quand au cours du déroulement d'une réaction faisant intervenir un mélange d'isotopes d'un même élément, celle-ci se déroule préférentiellement avec un type d'isotope, il en résulte un fractionnement isotopique. A l'origine de ce phénomène, certaines propriétés thermodynamiques dépendant de l'isotope – par exemple du fait de leur différence de masse qui entraîne des différences de fréquences de vibrations.

Kilimandjaro : strato-volcan africain culminant à 5 895 m et vieux de 750 000 ans.

Natrocarbonatite : lave riche en carbonates de calcium et de sodium et fortement liquide qui ne contient presque pas de silice. Sa température est aussi beaucoup moins élevée que les autres types de lave : 510 °C par rapport aux 1 100 °C de la lave basaltique. A l'heure actuelle, seul l'Oldoinyo Lengai produit cette lave.

Rapport isotopique : concentrations relatives des divers isotopes.

« Je travaille sur les premières molécules carbonées apparues sur Terre. Peut-être sont-elles issues d'un volcan comme le Lengai ! Mon but est de déterminer l'existence ou non de molécules organiques créées par synthèse abiogénique. Cette suite de réactions se déroulerait lors des remontées de magma, sans présence de vivant aux environs. Comme pour les fumeurs noirs des grands fonds ! »

Prélever des échantillons près d'une rivière de lave

Ce sujet ne recouvre pas l'essentiel de ses recherches. « Pour le labo, ma présence en Tanzanie s'est justifiée par mes analyses du rapport D/H dans les biomarqueurs » (voir l'encadré sur les notions de géochimie page 12). Elles lui permettent de déterminer à un lieu et une période donnés les

Le CRPG accueille la récolte de Stardust

Dirigé par Bernard Marty, le Centre de recherches pétrographiques et géochimiques (CRPG) traite aussi de cosmochimie. Il étudie actuellement grâce à une sonde ionique les résultats de la récolte Stardust et Genesis, deux missions de la NASA visant à récolter des poussières interstellaires et des photos de comètes pour l'une et des vents interstellaires pour l'autre. Leur but est notamment de déterminer les origines de la vie sur Terre. Un spectromètre possédant un blanc d'azote quasi absolu, ne polluant donc pas l'azote interstellaire avec celui contenu dans l'atmosphère terrestre, permet cet exploit. La sonde ionique est un instrument d'analyse construit pour mesurer à l'échelle microscopique les concentrations et les compositions isotopiques de tous les éléments connus, même à des teneurs très faibles.



Fabien et Raphaël effectuent des prélèvements sur les flancs de l'Oldoinyo Lengai avant de rentrer les analyser au laboratoire de Nancy.

conditions de paléoprécipitations et de paléohumidité. Le rapport des isotopes de l'hydrogène varie selon l'aridité du sol, et le type et la quantité de précipitation.

Pour obtenir ces échantillons, le voyage n'est pas de tout repos. Et effectuer des prélèvements sur un volcan crachant une lave à 500 °C plus fluide que de l'eau s'avère périlleux ! Fabien et ses collègues peuvent en témoigner. Parmi eux, Raphaël Pik. Ce scientifique travaille notamment sur les temps d'exposition des roches aux rayonnements

cosmiques à la surface de la Terre. Avec Fabien, ils n'oublient pas leur rôle auprès de la communauté internationale et participent comme de nombreux géologues au projet européen CRONUS-EU (voir encadré). C'est pourquoi ils prélèvent des roches à différentes altitudes et latitudes, notamment sur un autre monument de Tanzanie : le Kilimandjaro*. Fabien nous rappelle que ce dernier voit son glacier fondre à vue d'œil. « *Dans vingt ans, il n'existera plus. C'est pourquoi il est important d'en conserver des échantillons.* »

Quelques notions de géochimie...

Il existe un rapport d'abondance naturelle (abondance isotopique*) pour tous les éléments. L'établissement d'un tel rapport conduit à déterminer sa variation, ou déviation isotopique δ^* , exprimée en ‰. Cette valeur est liée à toute une série de processus physico-chimiques, comme le fractionnement isotopique* qui enrichit ou appauvrit un composé en un de ses isotopes.

Parmi les utilisations de ces valeurs, on trouve la datation géochimique et l'étude de la paléoclimatologie. C'est ce que fait Fabien, en étudiant le rapport isotopique D/H. L'eau de pluie montre une variation importante et reproductible de la teneur en ^2H en fonction de paramètres géographiques comme la latitude, l'altitude, ou encore la distance aux océans sur les continents. Le cycle de l'eau, et donc l'aridité et les fréquences de précipitations, permettent d'expliquer la grande disparité des rapports isotopiques en deutérium de l'eau. Étudiés dans les plantes, ils permettent de remonter aux valeurs de rapports isotopiques des précipitations quand celles-ci ne sont pas accessibles. Par extension, l'analyse de la matière organique fossile issue des plantes et préservée dans les sédiments permet de remonter aux paléoprécipitations.

Autre renseignement utile en géochimie : le taux de production. La datation géochimique utilise la production par les rayons cosmiques d'isotopes rares du béryllium (^{10}Be), de l'aluminium (^{26}Al), du chlore (^{36}Cl), du carbone (^{14}C) et du néon (^{21}Ne) pour déterminer un âge d'exposition. Leur production décroît avec la profondeur, et leur taux dépend notamment de l'altitude et de la latitude du lieu de prélèvement. La mesure de la quantité d'éléments cosmogéniques* permet, en connaissant le taux de production, de déterminer l'âge du début de l'exposition. On peut alors explorer des roches sur des périodes allant de mille ans à un million d'années environ.

Source : Wikipédia.

Aujourd'hui maître de conférences, il travaille sur le système Gange-Bhramapoutre

Paradoxalement, ce n'est pas son côté aventurier qui l'a amené à la géochimie mais ses compétences en analyses, notamment sur CPG-SMRI*, un spectromètre de masse de rapport isotopique* [1]. Il a découvert les plus intimes rouages de cette technique lors de sa thèse aux laboratoires des douanes [1]. « *Je n'ai pas suivi une formation en chimie analytique, mais le professeur Couturier, lors de mon DEA*

Un projet à l'échelle européenne : CRONUS-EU (Cosmic-Ray prOduced NUclide Systematics)

Quand les géochimistes comme Raphaël Pik partent pour une de leurs expéditions, ils n'oublient pas la communauté scientifique européenne et internationale en participant au projet CRONUS-EU. Ce projet, qui a son pendant américain, vise à mieux comprendre « *le processus de modification du paysage terrestre* », comme l'explique Raphaël Pik. Pour cela, les neuf équipes de chercheurs européennes prélèvent des échantillons de roches sur des sites à différents endroits. L'étude des cosmonucléides, présents sur les roches, permet ensuite de déterminer leur taux de production. Ce dernier diffère en fonction de « *l'intensité du champ magnétique terrestre, la qualité de l'atmosphère traversée et l'altitude des roches. Ils ne sont pas les mêmes partout, et ne respectent pas des règles simples comme on le croyait encore il y a dix ans.* » Lors de leur dernier voyage en Tanzanie, Fabien et Raphaël sont donc allés sur le Kilimandjaro et ne pouvaient pas revenir sans un prélèvement de roches de ce volcan dont la particularité réside dans sa basse latitude et sa grande altitude.

« Chimie organique et macromoléculaire » à Lille, souhaitait que ses étudiants sachent se servir et comprennent les appareils qu'ils utilisent. »

Dans le même temps, une bourse de post-doctorat s'est débloquée suite à une volonté du CRPG de développer des

Quelques experts parlent de géochimie

Rapport isotopique, taux de production, isotope cosmogénique... Tous ces termes font partie du travail des géochimistes. Pourtant, ils ne les utilisent plus quand il s'agit de décrire leur spécialité. Pour Fabien, « la géochimie, ce sont toutes les techniques d'analyses classiques propres à la chimie analytique appliquées aux roches, aux sédiments, à l'étude de la planète. » Valier Galy, étudiant en 3^e année de thèse, le confirme et ajoute que « l'évolution des techniques d'analyse a permis d'aller au-delà de l'aspect naturaliste d'observation des roches pour aller vers les éléments constitutifs des roches. » Les applications sont diverses : elles vont de l'étude des paléoclimats à celle des roches magmatiques, de l'étude de la formation du système solaire à celle des astres, la cosmochimie. « C'est de la géochimie extraterrestre, l'étude de la création de l'univers », explique Marc Chaussidon, directeur de recherche du CNRS.

techniques isotopiques. Les compétences de Fabien lui permettent de remporter la place et plus tard, un poste de maître de conférences.

A l'heure actuelle, il refait ses bagages. « En tant qu'enseignant, je travaille sur le système Gange-Bhramapoutre. Je repars justement vingt-huit jours sur l'océan indien avec plusieurs équipes de chercheurs venues de toutes les spécialités (climatologues, paléontologues, paléoclimatologues...) et de tous les continents. » Un chimiste hors du commun, un géologue ordinaire.

[1] Palhol F., Contribution des analyses isotopiques à la lutte contre les trafics de drogue, *L'Act. Chim.*, août-sept. 2003, 267, p. 27.



A. Dureuil

Aurélie Dureuil et Émérance Marcoux-Denis sont journalistes scientifiques. Aurélie Dureuil travaille pour *Info Chimie Magazine*.



E. Marcoux-Denis

Courriels : aurelie.dureuil@gmail.com ; marcoux.e@gmail.com



Depuis 1988

Les Editions D'Ile de France

Expérience,
la différence

102, avenue Georges Clemenceau
94700 Maisons-Alfort
Tél. : 01 43 53 64 00 • Fax : 01 43 53 48 00
e-mail : edition@edif.fr

Votre contact : André BERDAH

Régisseur exclusif
de la revue *Actualité Chimique*

Web : www.edif.fr