



## Production de nitrates lors d'éruptions volcaniques explosives et ses implications sur le développement de la vie sur Terre

Adresse courriel du contact scientifique : [erwan.martin@sorbonne-universite.fr](mailto:erwan.martin@sorbonne-universite.fr)

### Description du projet de thèse :

Les nitrates dans des dépôts volcaniques n'ont jamais été clairement identifiés et analysés, et n'ont par conséquent jamais suscité l'intérêt de la communauté scientifique. La découverte de très larges quantités de nitrates ( $\text{NO}_3$ ) dans des dépôts de retombées volcaniques et de coulées pyroclastiques dans des milieux arides par Aroskay (2020) est une première et ouvre un large champ d'investigation. En effet, la signature indépendante de la masse des isotopes de l'oxygène ( $\Delta^{17}\text{O}$ ) dans ces nitrates témoigne d'une origine atmosphérique et plus particulièrement d'une oxydation d'oxydes d'azote ( $\text{NO}_x$ ) par l'ozone. Aroskay (2020) a trouvé que la concentration de nitrates dans les multiples dépôts étudiés était très fortement corrélée avec celle des sulfates et du chlore, ce qui indique un lien direct avec l'éruption volcanique à l'origine du dépôt. De plus une corrélation positive entre le  $\Delta^{17}\text{O}$  des sulfates et le  $\Delta^{17}\text{O}$  des nitrates conforte l'hypothèse que ces nitrates se sont bien formés au moment de l'éruption au même titre que les sulfates (Aroskay, 2020). Les émissions volcaniques d'azote se font majoritairement sous forme de  $\text{N}_2$ , et sont très faibles (Oppenheimer, 2005). Cela implique que, bien que liée à l'éruption volcanique, la source d'azote réactif doit être atmosphérique. Finalement pour former des nitrates à partir du  $\text{N}_2$  atmosphérique il faut «fixer» l'azote, c'est à dire briser les molécules de  $\text{N}_2$  pour produire des  $\text{NO}_x$  qui sont finalement oxydés pour produire du  $\text{NO}_3$ . Nous proposons ainsi que les éclairs volcaniques qui sont fréquents dans les panaches volcaniques lors d'éruptions explosives (Mather and Harrison, 2006, Martin and Ilyinskaya, 2011) soient à l'origine des nitrates observés. Dans ce projet, nous proposons d'étudier de façon systématique des dépôts volcaniques provenant d'éruptions explosives (retombées de ponces/cendres, coulées pyroclastiques) de différentes ampleurs (VEI3 à VEI8), le but étant de confirmer la présence de nitrates dans ces dépôts ainsi que leur origine, très probablement liée aux éclairs volcaniques. Étant le résultat d'interactions entre particules au sein d'un panache de cendre et de gaz dans l'atmosphère, ces éclairs permettent de «fixer» l'azote atmosphérique en brisant les molécules de  $\text{N}_2$  pour former des  $\text{NO}_x$  (et finalement  $\text{NO}_3$ ). De manière générale, la fixation d'azote est absolument nécessaire à la vie car elle rend l'azote disponible et assimilable par les organismes vivants. Au début du développement de la vie des processus abiotiques de fixation d'azote ont nécessairement dû jouer un rôle important. Le but de cette thèse est alors d'explorer le rôle des éclairs volcaniques et donc des dynamismes éruptifs explosifs dans le développement de la vie sur Terre. **Via l'étude isotopiques de l'azote et multi-isotopique de l'oxygène des nitrates volcaniques, nous proposons de tracer et quantifier les processus à leur origine ainsi que le rôle des éruptions volcaniques explosives dans le développement de la vie sur Terre.**

**Echantillonnage :** a) dépôts anciens de super-éruptions: dépôts de cendre du Bishop Tuff, et de yellowstone dans le bassin de Tecopa (Martin and Bindeman 2009). b) Échantillons d'éruptions explosives plus modérées et plus récentes: collaborations avec la SmithsonianNMHN (USA), UNAM (Mexique) IGPEN (Equateur) entre autres.  
**Extraction et conditionnement des nitrates** se fera à l'ISTeP.

**Analyses isotopiques des nitrates** ( $\delta^{18}\text{O}$ ,  $\Delta^{17}\text{O}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$ ) se fera à l'IGE (Grenoble). Mesures de sulfates associés ( $\delta^{18}\text{O}$ ,  $\Delta^{17}\text{O}$ ,  $\Delta^{33}\text{S}$  et  $\Delta^{36}\text{S}$ ) à l'IPGP.

**Modélisation chimie-transport** se fera au LATMOS et au LSCE.

Bibliographie : Aroskay A. (2020) Thèse Doctorat, Sorbonne Université // Martin E., Bindeman I. (2009). EPSL // Martin, R. S. & Ilyinskaya, E. (2011). G3 // Mather, T. A. & Harrison, R. G. (2006). Survey in Geophysics // Oppenheimer, C., Kyle, P. R., Tsanev, V. I., McGonigle, A. J. S., Mather, T. A., & Sweeney, D. (2005). Antarctica. Atmos. Environ.

## ***Nitrates production during explosive volcanic eruptions and its implications on the development of life on Earth.***

The recent discovery of large amount of nitrates in volcanic deposits allow for the first time to sample and analyze the end-product of volcanic lightnings that occur during explosive eruptions. The multi-isotopic composition (O and N) of these nitrates should elucidate their origin as well as the dynamic/composition of volcanic plumes and their interactions with the atmosphere. Furthermore, a better understanding of the volcanic nitrates origin is an open window onto the role played by explosive eruptions into the abiotic atmospheric N<sub>2</sub> fixation, which was primordial to the life development on Earth.

### ***Compétences et connaissances requises / Prequisite skills and knowledge***

Le ou la candidat(e) attendu(e) pour ce sujet devra, de préférence, avoir une culture générale large en sciences de la Terre (volcanologie, chimie de l'atmosphère, géochimie isotopique, méthodes analytiques de géochimie) ainsi qu'une bonne aptitude à prendre le sujet en main avec un travail bibliographique conséquent et un développement thématique nouveau et prometteur.