Un voyage dans des nuages tourbillonnants de gaz et de particules

Tjarda J Roberts

▶ **To cite this version:**

Tjarda J Roberts. Un voyage dans des nuages tourbillonnants de gaz et de particules. Microscoop : Un regard sur les laboratoires en Centre Limousin Poitou-Charentes (CNRS), 2021, 83, pp.26-27. insu-03163830

HAL Id: insu-03163830
https://insu.hal.science/insu-03163830

Submitted on 9 Mar 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Distributed under a Creative Commons Attribution - NoDerivatives 4.0 International License

microscoop

Un regard sur les laboratoires en Centre Limousin Poitou-Charentes

n°83 - janvier 2021

Histoire

Le tour de chœur de Chartres : un lieu de sculpture

Physique

Vers une compréhension nouvelle des plasmas

La modélisation électromagnétique

Matériaux

Le plomb de Notre-Dame passe à l'analyse

Chimie

La transdisciplinarité au service de la conception d'implants innovants «éphémères»

cnrs

Un voyage dans des nuages tourbillonnants de gaz et de particules

La nocivité des panaches volcaniques est bien connue, tout comme l'impact climatique des émissions de soufre. Mais les volcans émettent également des halogènes dont les impacts atmosphériques sont en cours d'investigation grâce aux recherches inter-laboratoires.

Avril 2010, les cendres émises par le volcan islandais de Eyjafjallajökull provoquent le chaos des voyages aériens dans le monde. Automne 2014, l'éruption du Bardarbunga, aussi en Islande, libère plus de soufre que l'ensemble de l'industrie européenne, et son odeur est perçue jusqu'en Norvège. En 1783, lors de l'éruption de la fissure du Laki, une centaine de millions de tonnes de gaz toxiques se disperse dans l'hémisphère nord et cause des problèmes agricoles et une grave famine en Islande. Mais en quoi consistent réellement les émissions volcaniques ? Qu'arrive-t-il aux gaz et aux particules volcaniques lorsqu'ils passent d'un magma chaud à 1000 degrés Celsius à une atmosphère froide et riche en oxydants ? Quels sont les impacts des émissions volcaniques sur l'environnement et la santé ?

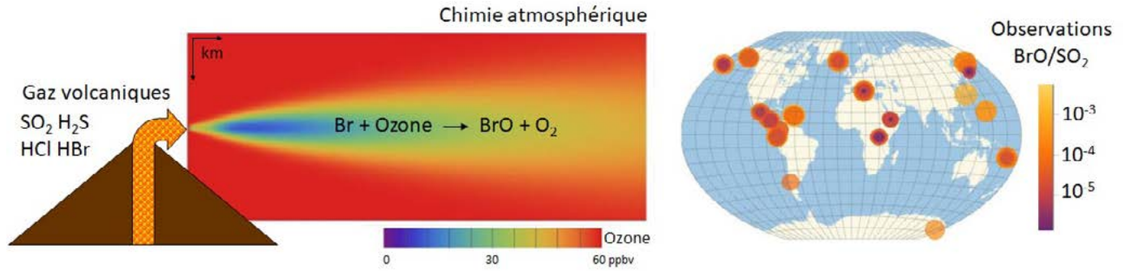
Pour approfondir ce sujet émergent, un travail à l'interface entre différentes disciplines et laboratoires est nécessaire. Des collaborations entre les laboratoires du LPC2E, ICARE, et l'ISTO dans le contexte du Labex Voltaire et d'un projet du consortium national financé par l'ANR se proposent de répondre à ces questions.

Le panache du mont Etna pendant une éruption.

UNE RÉACTIVITÉ CHIMIQUE FORTE ET SURPRENANTE

Outre les cendres, les volcans dégagent des gaz sulfureux, qui sentent l'allumette brûlée ou les œufs pourris, et des gaz halogènes, comme le chlorure et le bromure d'hydrogène, à l'odeur âcre et piquante. Une fois dans l'atmosphère, les gaz sulfureux volcaniques sont transformés en particules qui diffusent la lumière du soleil et peuvent avoir un impact sur le climat. Jusqu'à récemment, les scientifiques supposaient que les gaz halogènes émis par les volcans étaient simplement lessivés de l'atmosphère par la pluie. Cette hypothèse a été infirmée en 2003 avec la découverte d'halogènes oxydés dans les panaches volcaniques. Cela a montré que les panaches volcaniques sont des environnements très oxydants où les halogènes peuvent s'oxyder et avoir un impact sur l'atmosphère, d'une manière qui a été négligée jusque-là.

Les fumerolles du Vulcano. Déploiement sur le terrain d'instruments portables comprenant des capteurs miniatures.



Simulation numérique de la destruction de l'ozone troposphérique sous le vent d'un volcan qui émet des halogènes, et données rassemblées sur les rapports BrO/SO2 observés dans les panaches volcaniques du monde entier.

UNE CHAÎNE DE MODÈLES MULTI-ÉCHELLES POUR QUANTIFIER LES IMPACTS DES ÉMISSIONS VOLCANIQUES

Afin de mieux comprendre comment les halogènes volcaniques s'oxydent, le LPC2E et l'institut ICARE ont élaboré des modèles numériques pour simuler les réactions de chimie atmosphérique qui se produisent dans un panache volcanique. Leurs recherches montrent que les réactions chimiques à la surface des particules catalysent l'oxydation des halogènes volcaniques dans le panache. Et lorsque la lumière du soleil est présente, le modèle prédit une chaîne très rapide de réactions halogènes, qui conduit à la destruction de l'ozone atmosphérique. Ceci est important car l'ozone est un gaz clé, connu pour son rôle dans la protection contre les rayons ultraviolets nocifs mais aussi comme le précurseur du radical hydroxyle qui agit comme nettoyeur de l'atmosphère terrestre en éliminant les polluants.

"...cartographier spatialement les gaz et les particules à l'horizontale ... et à la verticale"

UN NEZ ÉLECTRONIQUE POUR QUANTIFIER LES ÉMISSIONS VOLCANIQUES

Pour évaluer les prévisions du modèle, les chimistes doivent donc effectuer des mesures sur le terrain de gaz et de particules. Le sommet du volcan est généralement atteint après une longue et périlleuse ascension. À l'arrivée, pas d'électricité (ni de café réconfortant !). L'approche est donc facilitée avec le transport des instruments de mesures et d'analyses portatifs. Il s'agit notamment d'instruments contenant des capteurs électrochimiques miniaturisés, des sortes de nez électroniques pour sentir les gaz volcaniques, comme le dioxyde de soufre, le sulfure d'hydrogène, le monoxyde de carbone et le chlorure d'hydrogène. Grâce à ces nez électroniques et à d'autres instruments portables, l'impact prévu des panaches volcaniques sur l'ozone peut être confirmé.

DU MANTEAU TERRESTRE À LA STRATOSPHÈRE

Ces recherches ont motivé la construction d'une chaîne de modèles multi-échelles, allant du cratère chaud au panache, à l'échelle régionale puis à l'échelle mondiale, pour quantifier les impacts des halogènes et du soufre sur la composition de l'atmosphère et le climat. Ces recherches sont poursuivies dans le cadre d'une collaboration entre quatre laboratoires : le LPC2E, ICARE, le CNRM/Météo-France et le LATMOS. Leurs premiers résultats montrent d'une part que le mélange des gaz volcaniques et des gaz atmosphériques est déjà très réactif à l'intérieur du cratère volcanique chaud ; d'autre part, ces travaux ont aussi dévoilé qu'il est possible que les halogènes volcaniques aient un impact, outre sur l'ozone, sur les cycles de l'azote et du mercure, et puissent modifier l'effet climatique déjà connu du soufre volcanique. Cette activité « atmosphérique » est couplée à un second objectif « terre » mené par l'ISTO et l'IMPMC sur le comportement des halogènes dans le magma et leur dégazage du manteau profond jusqu'à l'émission. L'ensemble constitue un projet de consortium VOLC-HAL-CLIM en cours, financé par l'ANR, le Labex Voltaire et la Commission européenne, qui vise à tracer « les halogènes volcaniques : des profondeurs de la Terre aux impacts atmosphériques ».

DE LA LAVE BRÛLANTE À L'ARCTIQUE GLACIAL

En décembre 2019, une activité de recherche collaborative entre le LPC2E, le LATMOS, le LA, et l'Université d'Alaska Fairbanks a franchi une nouvelle frontière par l'utilisation des capteurs « nez électronique » pour mesurer la pollution de l'air à Fairbanks, en Alaska. Durant le froid hivernal de l'Arctique, les températures peuvent descendre jusqu'à -40 degrés Celsius, et les niveaux de pollution à Fairbanks dépassent souvent les normes de qualité de l'air. À l'aide de petits capteurs, il est possible de cartographier spatialement les gaz et les particules à l'horizontale (porté à pied, pour des mesures d'exposition individuelle) et à la verticale (sur un treuil vertical installé le long d'un bâtiment). Cela permet de montrer comment les inversions de température, qui limitent la dispersion verticale, combinées aux émissions locales, sont à l'origine de graves épisodes de pollution. Mais il reste des questions en suspens sur la façon dont les gaz s'oxydent pour former des particules dans les conditions froides et peu ensoleillées de l'hiver arctique.

En janvier-février 2022, il est prévu qu'une mission retourne à Fairbanks pour déployer de petits capteurs sous des ballons afin de mieux caractériser l'interaction entre des différentes couches atmosphériques, les émissions, et la chimie atmosphérique qui conduit à la formation de particules. En passant de l'environnement extrême des volcans à celui, extrême lui aussi, de l'Arctique, cette activité permet également de mieux comprendre les performances des petits capteurs en eux-mêmes..

Tjarda ROBERTS < LPC2E
Tjarda.roberts@cnrs-orleans.fr
https://www.lpc2e.cnrs.fr