

## Ecole Doctorale des Sciences Fondamentales

### SUJET DE THESE

**Titre de la thèse : Place du dégazage de CO<sub>2</sub> dans la qualification de l'aléa volcanique : contraintes apportées par la modélisation numérique**

Directeur de thèse : Andrew Harris  
Unité de rattachement : Laboratoire Magmas et Volcans  
Equipe : Volcanologie  
Etablissement de rattachement : Université Clermont Auvergne  
Courriel et téléphone : [andrew.harris@uca.fr](mailto:andrew.harris@uca.fr)  
Co-encadrant éventuel : Guillaume Boudoire  
Unité de rattachement : Laboratoire Magmas et Volcans  
Etablissement de rattachement : Université Clermont Auvergne  
Courriel : [guillaume.boudoire@uca.fr](mailto:guillaume.boudoire@uca.fr)

**Résumé :** Parmi les espèces volatiles émises naturellement, le CO<sub>2</sub> représente un centre d'intérêt majeur pour la communauté scientifique internationale. Cet intérêt est dû principalement à la contribution majeure des émissions volcanique de CO<sub>2</sub> au budget carbone terrestre et son rôle sur les dynamiques climatiques. Les émissions volcaniques de CO<sub>2</sub> représentent également un risque important pour les populations locales comme en témoigne l'éruption limnique du lac Nyos (Cameroun) en 1986 (Baxter & Kapila, 1989). Paradoxalement, les variations spatiales des flux de CO<sub>2</sub> à travers les sols volcaniques permettent souvent l'identification de structures volcano-tectoniques « cachées » favorisant l'ascension des magmas ou générant la déstabilisation des édifices volcaniques. En ce sens, les émissions de CO<sub>2</sub> peuvent s'avérer cruciaux dans l'identification des zones soumis aux aléas volcaniques (Boudoire et al., 2017). Les variations temporelles des flux de CO<sub>2</sub> sont également de précieux indices traçant à plus ou moins long terme les transferts magmatiques et la réactivation des systèmes magmatiques, parfois même sans autres précurseurs géophysiques (Boudoire et al., 2018).

Les émissions volcaniques de CO<sub>2</sub> occupent donc une place importante en volcanologie, étant à la fois une source d'aléas mais également une aide à la détection des aléas volcaniques. Cependant, ce rôle ambigu reste peu contraint. Par exemple, les méthodes visant à identifier les zones de dégazage de CO<sub>2</sub> sont à présent bien connues mais les études qui en résultent s'arrêtent souvent à la seule identification des structures volcano-tectoniques associées. Peut-on envisager d'aller plus loin dans la caractérisation de ces structures ? Peut-on développer des scénarii de dispersion locale de CO<sub>2</sub> dans la basse atmosphère ? Quels sont les principaux paramètres intrinsèques et externes jouant sur ces scénarii ? Peut-on élaborer des scénarii de propagation des coulées de laves dans l'hypothèse d'éruptions potentielles le long de ces structures ? Comment intégrer ces scénarii dans les stratégies locales et globales de gestion des risques naturels ?

## Ecole Doctorale des Sciences Fondamentales

Ce projet ambitionne d'étudier le rôle des émissions volcaniques de CO<sub>2</sub> dans ce paradoxe entre source d'aléas et soutien aux activités de surveillance. Du travail de terrain préliminaire sera dédié à identifier et caractériser les zones de dégazage de CO<sub>2</sub> à travers le sol sur un (ou des) édifice(s) volcanique(s) cible(s) en couplant les techniques de mesure de CO<sub>2</sub> avec la température du sol, le pH, la couverture végétale à partir de données satellitaires. Sur la base de cette cartographie, des modèles numériques seront développés afin de simuler la dispersion du CO<sub>2</sub> dans la basse atmosphère (DISGAS, TWODEE ; Folch et al., 2009 ; Granieri et al., 2014) et la propagation des coulées de lave potentiellement émises le long de ces structures (DOWNFLOW ; Favalli et al., 2005 ; Harris et al., 2019). Une attention particulière sera portée sur l'influence des variables internes (flux de CO<sub>2</sub>, nombre minimum de nœuds, taux d'émission des laves, proxy ...) et externes (vent, pression atmosphérique ...) dans les simulations afin de (i) créer des cartes d'aléas réalistes et (ii) contribuer au développement des stratégies de gestion des risques. Idéalement, les zones périphériques de Goma (République Démocratique du Congo : RDC) seront ciblées. La ville (près de 2 millions d'habitants) est en perpétuelle expansion sur les flancs du volcan Nyiragongo caractérisés par des émissions conséquentes de CO<sub>2</sub> à travers le sol. En 2002, une éruption latérale le long de structures volcano-tectoniques a eu lieu, générant un bilan catastrophique de 170 morts, 120 000 sans-abris et la destruction de 80% des infrastructures économiques locales, aux conséquences socio-économiques majeures. Selon les avancées du projet et l'évolution géopolitique dans l'Est de la RDC, d'autres édifices volcaniques pourraient être ciblés (e.g. Vulcano (Italie), Masaya (Nicaragua) ...).

Le projet sera mené au Laboratoire Magmas et Volcans (LMV) sous la supervision d'A. Harris (modélisation des coulées de lave) et de G. Boudoire (dégazage à travers le sol) et en collaboration avec des partenaires locaux (Laboratoire de Météorologie Physique: LAMP) et internationaux (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia: INGV). Des compétences et un intérêt pour la programmation (Python, C++, Fortran ...) sont fondamentaux. Les candidats familiers à la modélisation atmosphériques WRF et/ou l'usage de logiciels SIG sont les bienvenus. Ce sujet de thèse est d'ores et déjà financé par le Challenge 4 « Risques naturels catastrophiques et vulnérabilité socio-économique » de l'ISite CAP 20-25.

### References

Baxter, P. J., & Kapila, M. (1989). Acute health impact of the gas release at Lake Nyo, Cameroon, 1986. *Journal of volcanology and geothermal research*, 39(2-3), 265-275.

Boudoire, G., Liuzzo, M., Di Muro, A., Ferrazzini, V., Michon, L., Grassa, F., ... & Giudice, G. (2017). Investigating the deepest part of a volcano plumbing system: evidence for an active magma path below the western flank of Piton de la Fournaise (La Réunion Island). *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 341, 193-207.

Boudoire, G., Finizola, A., Di Muro, A., Peltier, A., Liuzzo, M., Grassa, F., ... & Ferrazzini, V. (2018). Small-scale spatial variability of soil CO<sub>2</sub> flux: Implication for monitoring strategy. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 366, 13-26.

## Ecole Doctorale des Sciences Fondamentales

*Favalli, M., Pareschi, M. T., Neri, A., & Isola, I. (2005). Forecasting lava flow paths by a stochastic approach. Geophysical Research Letters, 32(3).*

*Folch, A., Costa, A., & Hankin, R. K. (2009). TWODEE-2: a shallow layer model for dense gas dispersion on complex topography. Computers & Geosciences, 35(3), 667-674.*

*Granieri, D., Carapezza, M. L., Barberi, F., Ranaldi, M., Ricci, T., & Tarchini, L. (2014). Atmospheric dispersion of natural carbon dioxide emissions on Vulcano Island, Italy. Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 119(7), 5398-5413.*

*Harris, A. J., Chevrel, M. O., Coppola, D., Ramsey, M., Hrysiewicz, A., Thivet, S., ... & Di Muro, A. (2019). Validation of an integrated satellite-data-driven response to an effusive crisis: the April–May 2018 eruption of Piton de la Fournaise.*