

Sols volcaniques & Santé : Quels sont les risques ?

Lucie Sauzéat, IRD, UMR LMV / iGReD, Clermont-Ferrand

2 février 2022



Mise en contexte

Alors que plus de 800 millions de personnes vivent sur des terres volcaniques, la gestion du risque résultant d'une exposition prolongée aux particules volcaniques est un enjeu majeur de santé publique, primordial pour l'atteinte des Objectifs de Développement Durable. Si les approches holistiques se développent (notamment pour inclure les aspects socio-culturels), les enjeux sanitaires visant à quantifier les paramètres et les mécanismes de toxicité opérant à l'échelle de l'organisme demeurent quant à eux mal connus et ne permettent pas de développer des actions durables pour préserver la santé humaine en milieu volcanique.

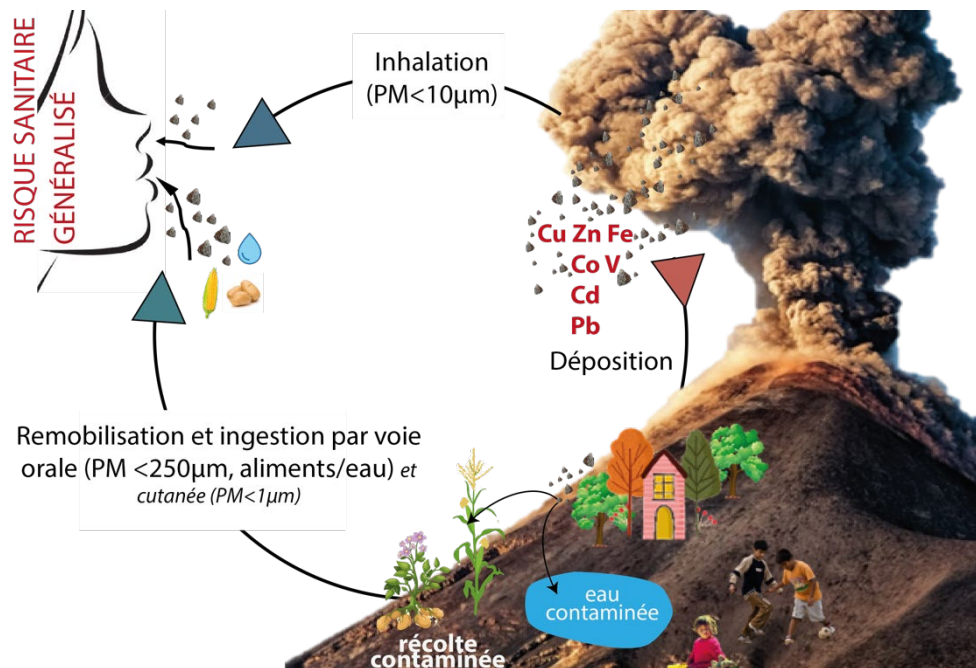
L'environnement volcanique : entre bénéfiques et dangers

Les sols, et de façon plus générale l'environnement volcanique, offrent un ensemble de vertus contribuant au bien-être socio-économique des populations locales. Les sols volcaniques sont par exemple des terres fertiles contribuant au maintien d'une agriculture prospère. Ils sont également source de nombreux gisements métallifères (ex : or) propices aux activités minières. Par leur activité géothermique, certains volcans offrent également des réserves d'énergie propre et durable (ex : électricité verte). Les terres volcaniques sont ainsi des environnements très attractifs concentrant à ce jour plus de 800 millions de personnes majoritairement localisées dans les pays en développement. Mais, en contrepartie de tous ces avantages, les sols volcaniques sont également enrichis en certains métaux lourds (ex : Cu, Zn, Fe, Cd, Mo) dont le contact permanent pourrait bien s'avérer nocifs pour l'organisme. Impliqués dans l'activité d'un grand nombre de protéines et d'enzymes, les métaux comme le cuivre (Cu) et le zinc (Zn) sont des cofacteurs catalytiques et structuraux communs à plusieurs voies métaboliques des organismes vivants. Les métaux sont donc vitaux, mais à condition que leur teneur soit régulée dans l'organisme. En contexte volcanique, par l'alimentation (eau et nutriments enrichis en métaux puisés dans les sols), mais également sous l'action d'autres voies d'absorption dont certaines restent encore mal connues (inhalation, ingestion orale et cutanée de particules volcaniques (PM), les métaux initialement présents dans les sols peuvent s'accumuler au sein de l'organisme et entraîner d'importants dérèglements homéostatiques des métaux ; un facteur de risque important pour la santé (cf. Figure). Cependant, **tous les sols volcaniques, au regard de leurs propriétés physico-chimiques distinctes et des pratiques socio-culturelles des populations, ne présentent pas le même degré de toxicité.**

Vers une approche interdisciplinaire

La compréhension du risque résultant d'une exposition prolongée aux métaux dérivés des sols volcaniques repose sur une connaissance scientifique intégrée des mécanismes d'actions et des effets biologiques induits à l'échelle de tout l'organisme. A ce jour, compte tenu de la complexité des processus biologiques et des voies métaboliques régulés par les métaux, **notre compréhension de la pollution métallique résultant d'une exposition aux particules volcaniques et de son impact sur la santé est encore incomplète.** Par ailleurs, les seules études ayant reporté un lien de causalité avéré entre la santé et l'exposition directe à des particules volcaniques (PM) se sont focalisées sur l'impact d'une exposition par inhalation ou par injection intratrachéale de particules fines (PM < 10µm). Bien que des effets néfastes sur les voies respiratoires et pulmonaires aient été mis en évidence, les conditions d'exposition tout comme les fonctions biologiques étudiées dans ces études sont restreintes, limitant notre compréhension globale du risque volcanique à l'échelle de l'organisme. **Pour évaluer les dangers de l'exposition chronique d'une population aux particules d'origine volcanique et identifier les fonctions vitales les plus sujettes à cette toxicité à l'échelle de tout l'organisme, il s'avère à ce jour primordial d'adopter une approche systémique fondée sur une recherche interdisciplinaire** à l'interface entre (i) les sciences sociales pour la prise en compte du facteur socio-économique dans la vulnérabilité sanitaire, (ii) la géochimie isotopique pour quantifier le potentiel toxique des sols volcaniques et les dérèglements métallomiques

induits à l'échelle de l'organisme et (iii) la santé pour identifier les dysfonctionnements physiologiques associés et, par la suite, entrevoir des solutions adaptées visant à promouvoir la santé des populations les plus vulnérables.



L'environnement volcanique : un système complexe source de contamination métallique par voies multiples

Et si les isotopes pouvaient nous permettre d'aller plus loin ?

Jusqu'à présent exclusivement réservée aux sciences de la Terre pour quantifier des processus géologiques majeurs, la mesure des isotopes stables tels du cuivre (Cu), du fer (Fe) et du zinc (Zn) s'est vue élargie au domaine médical. Cette approche novatrice à l'interface entre la géologie et la santé a ainsi permis de mieux percevoir la complexité de certains processus biologiques comme le vieillissement de l'organisme, les cancers, les maladies neurodégénératives et s'est également révélée prometteuse pour le diagnostic, le pronostic et le suivi d'un ensemble de maladies hépatiques. Récemment, la mesure des rapports isotopiques en cuivre et en zinc à des fins médicales en contexte volcanique a également mis en évidence **l'intérêt potentiel de tels biomarqueurs comme nouveaux outils de diagnostic spécifiques de dérèglements pathophysiologiques se développant en contexte volcanique**. Bien qu'à ce jour les facteurs régissant ces fractionnements isotopiques nécessitent d'être éclaircis, de tels résultats montrent une fois de plus l'intérêt grandissant que représentent les mesures isotopiques au regard de la médecine et laissent entrevoir, au-delà du diagnostic, de nouvelles pistes thérapeutiques visant à promouvoir la santé des populations les plus exposées à ce risque volcanique.

À retenir

Enrichis en certains métaux, l'exposition permanente aux sols, et plus généralement aux particules volcaniques, représente un réel danger pour la santé humaine et animale. Les volcans ne peuvent pas être déplacés ni les 800 millions de personnes vivant sur ces terres volcaniques délocalisées, cependant des solutions alternatives et durables sont possibles pour promouvoir la santé de ces populations. Cela repose sur le développement d'une recherche interdisciplinaire visant, d'une part, à (i) quantifier le potentiel toxique des sols volcaniques et, d'autre part, à (ii) identifier les mécanismes et les fonctions biologiques préférentiellement affectées par l'exposition chronique aux métaux d'origine volcanique. Prendre en compte ces enjeux sanitaires s'avère à ce jour essentiel pour renforcer une approche holistique de la gestion des risques en contexte volcanique.