
Fractionnement isotopique du cuivre lors de l'évaporation de silicates riches en soufre.

Guillaume Florin^{*1,2}, Paul Pangritz, Christian J. Renggli³, Philipp Gleißner⁴, Jasper Berndt⁵, Arno Rohrbach⁵, Harry Becker⁴, and Stephan Klemme⁴

¹Freie Universität Berlin – Allemagne

²Laboratoire Magmas et Volcans, Université Clermont Auvergne – OPGC, Université Clermont Auvergne, CNRS, IRD – France

³Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung = Max Planck Institute for Solar System Research – Allemagne

⁴Freie Universität Berlin, Institut für Geologische Wissenschaften – Allemagne

⁵Universität Münster, Institut für Mineralogie – Allemagne

Résumé

Les processus d'évaporation jouent un rôle clé dans la formation et l'évolution des premiers solides du Système solaire(1), ainsi que des embryons planétaires(2). Ces phénomènes sont couramment associés à des fractionnements isotopiques dépendant de la masse, dont l'ampleur est contrôlée par de nombreux paramètres, tels que la composition du liquide silicaté, la pression, la température et l'état redox. L'effet spécifique de chacun de ces paramètres reste souvent mal contraint, limitant l'interprétation des données isotopiques. Par exemple, la signature isotopique du cuivre, plus lourde dans les basaltes lunaires que dans les basaltes terrestres ($\geq +0,5\text{‰}$; 3–4), pourrait résulter de l'évaporation induite par l'impact géant à l'origine de la Lune, de processus d'évolution magmatique et volcanique, ou encore être liée à l'évolution de l'océan magmatique lunaire(3, 4, 5). Il apparaît donc essentiel d'étudier la dépendance du fractionnement isotopique lors de l'évaporation aux différents paramètres physico-chimiques.

Nous avons étudié expérimentalement le comportement du cuivre lors de son évaporation à partir de silicates contenant du soufre. Cette étude a été menée dans un four vertical à atmosphère contrôlée, à des températures comprises entre 1200 et 1500°C, et sous des conditions oxydantes allant d'un ΔFMQ atmosphérique à $\Delta\text{FMQ}-6$.

Dans un environnement oxydant ($> \Delta\text{FMQ}-2$), nous observons une augmentation de δCu avec la température (1200–1500°C). En revanche, en conditions réductrices ($\leq \Delta\text{FMQ}-2$), l'amplitude du fractionnement isotopique diminue à mesure que la température augmente. Cette réduction de l'ampleur du fractionnement isotopique du cuivre en conditions réductrices peut être reliée à la volatilité plus élevée du soufre dissous sous forme de sulfate par rapport à celle du sulfure. Cette observation est en accord avec le fait que, dans un système oxydant contenant du soufre, l'espèce gazeuse dominante du cuivre est $\text{Cu}(\text{g})$ et non un composé cuivre-soufre. Ces résultats impliquent que la composition isotopique en cuivre d'un magma résiduel contenant du soufre devrait être plus lourde dans des environnements oxydants que dans des environnements réducteurs. (1) Wai & Wasson (1979). (2) Dauphas et al. (2022). (3) Florin et al. (2025). (4) Paquet et al. (2025). (5) Herzog et al. (2009).

*Intervenant

Mots-Clés: Expérience, dégazage, évaporation, isotopes du cuivre, isotopes non traditionnels, éléments traces modérément volatils