

Sujet de thèse de doctorat 2019-2022

Effet de la présence de bactéries sur les fractionnements isotopiques du calcium dans les sols

Ce sujet de thèse de doctorat propose, à l'aide d'une étude expérimentale et théorique de lever différents verrous :

- **Identifier les fractionnements isotopiques élémentaires du Ca en batch**, à l'interface eau-matrice-bactéries (intensité du fractionnement, influence du pH, de la concentration en Ca initiale, de la cinétique d'adsorption, du rapport matrice/solution)
- **Identifier les fractionnements isotopiques du Ca dans un mésocosme** (rôle des bactéries, des racines, de la nature du sol)
- **Caractériser les mécanismes de fractionnement sous-jacents** (Rayleigh/équilibre, échange/adsorption/désorption/complexation...)

Le projet permettra de tester le potentiel des isotopes stables du Ca, méthodologie actuellement maîtrisée par peu de laboratoires, pour préciser les mécanismes de stockage et de libération des nutriments dans les sols. Les retombées de l'étude relèveront à la fois de la recherche fondamentale et de la recherche appliquée, notamment en proposant un **nouvel indicateur de la biodisponibilité des nutriments dans les sols**.

Méthodologie

1. *Mise en place d'expérimentations en batch afin de tester le rôle des micro-organismes sur le fractionnement isotopique du Ca*

Dans un premier temps, il sera nécessaire de tester de potentiels effets d'adsorption du Ca sur les parois cellulaires des micro-organismes et leurs conséquences sur les fractionnements isotopiques du Ca, comme cela a été observé pour les isotopes du Cu et du Zn (Navarette et al., 2011 ; Kafantaris et Borrok, 2014). Nous réaliserons des expérimentations en batch en considérant des bactéries telluriques à Gram positif et négatif, mortes et vivantes avec de fortes et de faibles concentrations en Ca, en fonction du pH. De la même façon, nous testerons les fractionnements isotopiques en Ca induits par l'adsorption du Ca sur des sidérophores, métabolites bactériens produits par les micro-organismes en réponse à une carence en fer et capable de complexer de nombreux métaux. Ces molécules sont connues pour être présentes en concentration importante dans les sols compte tenu de la faible biodisponibilité du fer, élément indispensable à la croissance de la plupart des micro-organismes.

Dans un second temps, nous testerons l'effet de la présence de bactéries (mortes ou vivantes, à Gram positif ou négatif) ou de métabolites bactériens (sidérophores) sur les fractionnements isotopiques du Ca lors de l'adsorption du Ca sur des minéraux argileux, des oxydes de manganèse, et lors de l'adsorption/complexation sur des composés humiques.

L'ensemble des échantillons sera analysé élémentairement (concentrations des éléments majeurs et traces) et isotopiquement ($\delta^{44/40}\text{Ca}$). Afin de préciser l'environnement chimique des atomes de Ca, des analyses EXAFS seront également menées (Jalilehvand et al., 2001). Celles-ci pourront être confortées par des études de modélisation moléculaire en solution.

2. *Mise en place d'expérimentations en mésocosmes afin d'identifier le rôle respectif des bactéries, des racines, des minéraux/composés humiques sur les fractionnements isotopiques*

Pour atteindre ces objectifs, nous considérerons des sols naturels et stériles de différentes natures (organique, sableux, argileux, ...) plantés ou non, sous différents régimes hydriques. Ceci permettra de tester l'effet d'une remise en eau après une période de sécheresse sur les conditions du milieu (oxique/anoxique), le développement des souches bactériennes et les fractionnements isotopiques associés. Les expérimentations seront menées dans une chambre climatique acquise grâce à un financement IDEX attractivité. Les différents réservoirs de sol seront étudiés (sol, fraction échangeable, solution de sol, rhizosphère, racines, organes aériens). Différentes analyses seront également menées afin d'avoir accès au traçage de source et des mécanismes afin de déconvoluer les effets biotiques et abiotiques (concentrations en éléments majeurs et traces, dont les terres rares, COD, $\delta^{44/40}\text{Ca}$, $\delta^{88}\text{Sr}$, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$, caractérisation microbienne (type de bactéries, densité), DRX, MEB, EXAFS...).

Cette approche multi-disciplinaire (géosciences, microbiologie, chimie) intégrant l'analyse conjointe de plusieurs systèmes isotopiques permettra de caractériser les réservoirs de nutriments et leurs interactions dans la zone critique. **N'appliquer qu'un seul système isotopique à la compréhension des mécanismes naturels n'apporte bien souvent que des informations sur les processus et/ou les sources qui l'affectent. L'objectif est ainsi de combiner les isotopes stables « non traditionnels » du Ca, et du Sr, avec deux isotopes « stables classiques » tels que le C et l'N et un isotope radiogénique, le Sr.** En effet Ca, et Sr sont des compétiteurs naturels pour les sites d'adsorption des particules organo-minérales, l'azote permet de renseigner sur l'état de nitrification bactérienne (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^-), alors que le C est un traceur classiquement utilisé pour tracer les processus organiques dans les sols.

Directrice de thèse

A.-D. Schmitt, MC HDR 2014

Encadrement

A.-D. Schmitt MC HDR, S. Gangloff IR, G. Imfeld CR HDR (LHyGeS, Strasbourg)

V. Geoffroy MC HDR (BSC, Strasbourg)

R. Schurhammer MC HDR (Chimie de la matière complexe, Strasbourg)

Laboratoire d'accueil

Le travail expérimental ainsi que les mesures élémentaires et isotopiques seront menées au sein du Laboratoire d'HYdrologie et de GEochimie de Strasbourg (<https://www.lhyges.unistra.fr>), et plus particulièrement au sein de l'équipe Biogéochimie isotopique et expérimentale (BISE ; <https://www.lhyges.unistra.fr/description-de-l-equipe-BISE>).

Merci de bien vouloir m'envoyer vos CV, lettre de motivation, copies des relevés de notes de licence, master 1 et premier semestre de master 2 ainsi que le nom et les coordonnées de deux référents pour le **vendredi 26 avril**. Une première sélection sera opérée et un(e) candidat(e) sera proposé pour candidater auprès de l'école doctorale.

N'hésitez pas à me contacter (adschmitt@unistra.fr) si vous souhaitez davantage d'informations sur le sujet ou sur les modalités du concours.

Bibliographie

Jalilvand et al. (2001) *J. Am. Chem. Soc.* 123, 431-441; Kafantaris F.C. & Borrok D.M. (2014) *Chem. Geol.* 346, 42-51; Navarette et al. (2011) *GCA* 75, 784-799