

## Proposition d'un sujet de thèse (2019-2022)

Modélisation du cycle biogéochimique du Silicium : impact sur les flux d'altération et le cycle du carbone actuels et futurs

**Etablissement /Université /Ecole/ Organisme:** Université de Strasbourg

**Ecole doctorale:** Sciences de la Terre et Environnement (ED n° 413)

### Présentation de l'équipe d'accueil

**Unité de recherche :** Laboratoire d'Hydrologie et de Géochimie de Strasbourg UMR (7517)

**Discipline(s) :** Sciences de la Terre et Environnement

**Directeur :** Philippe Ackerer

**Adresse :** 1 rue Blessig, 67000 Strasbourg

**Nom du directeur de la thèse:** Sophie Rihs (Equipe : Biogéochimie Isotopique et Expérimentale)

**Courriel:** [rihs@unistra.fr](mailto:rihs@unistra.fr)

**Téléphone:** 03 68 85 03 72

**Co-directeur :** Emilie Beaulieu (Equipe : Transferts dans les Hydrosystèmes Continentaux)

**Courriel :** [emilie.beaulieu@engees.unistra.fr](mailto:emilie.beaulieu@engees.unistra.fr)

**Téléphone:** 03 68 85 03 99

Un projet EC2CO INSU sera déposé en septembre 2019 afin de financer les analyses et une participation à une conférence internationale pour cette thèse.

### Sujet de thèse

L'objectif général de cette thèse est d'inclure le cycle de la silice biogène dans un couplage de modèles biogéochimique (B-WITCH) afin de reproduire la dynamique des systèmes naturels et de prédire leur évolution dans le futur face aux forçages anthropiques. L'altération des surfaces continentales, en particulier les roches silicatées, jouant un rôle important dans le cycle du carbone<sup>1</sup> et montrant une forte réactivité vis-à-vis des forçages anthropiques<sup>2,3</sup>, la compréhension et la modélisation du cycle du silicium représente un enjeu scientifique actuel majeur. Néanmoins, le cycle biogéochimique du silicium est encore mal connu en milieu terrestre. Plusieurs études<sup>4,5,6</sup> ont montré que les plantes terrestres sont capables d'accumuler et de libérer une proportion significative de silice dissoute issue de l'altération des silicates à travers la dissolution des phytolithes lors de la dégradation de la litière. Ainsi, depuis quelques années, des données expérimentales (cinétiques et thermodynamiques) permettant de caractériser les deux pools de production de silice biogène (phytolithes et litière) ont été obtenues pour différentes essences végétales<sup>6,7,8</sup>. En parallèle, des traceurs géochimiques tels que les rapport Ge/Si ou le fractionnement des isotopes du Si ont été développés afin de quantifier et identifier les sources et les mécanismes contrôlant le cycle du silicium au sein des écosystèmes naturels<sup>9,10</sup>.

Récemment, des modèles numériques d'altération continentale (SAFE, WITCH<sup>11</sup>) ont été couplés à des modèles biosphériques (ASPECTS, LPJ<sup>12</sup>) afin de prendre en compte le rôle de la végétation sur la composition chimique des eaux de surface. Cependant, les flux d'éléments pris et libérés par la végétation ne concernent que des cations majeurs, et aucun modèle biogéochimique à l'heure actuelle n'intègre le

cycle de la silice biogène. Cette thèse s'appuiera sur deux modèles disponibles au sein de l'équipe : un modèle biosphérique (LPJ), capable de reproduire la dynamique du couvert végétal et d'estimer les flux de productivité, d'évapotranspiration et d'écoulement vertical, et un modèle géochimique (WITCH) permettant d'estimer les flux d'altération à l'échelle d'un profil de sol et du bassin versant ainsi que les flux de consommation en carbone associés.

Les objectifs spécifiques de cette thèse seront les suivants :

- Estimer la contribution des différentes sources de silice dans les différents réservoirs (litière, solutions de sol, pluviolessivats) sur deux profils de sol et à l'exutoire du bassin versant du Strengbach (Vosges, France), suivi et instrumenté depuis 1986. L'utilisation du rapport Ge/Si (permettant de tracer l'origine des flux grâce au prélèvement préférentiel du Si par rapport au Ge par les plantes) sera dans un premier temps utilisé et sera, si nécessaire complété par la mesure des fractionnements isotopique du Si. Cette étape permettra de mieux appréhender le cycle du silicium sous couvert forestier (épicéa et hêtre).
- Développer un module de silice biogène dans le modèle B-WITCH permettant de prendre en compte la production de silice par la dissolution des phytolithes et la dégradation de la litière. Des données expérimentales thermodynamiques et cinétiques de dissolution des phytolithes provenant des deux parcelles du bassin versant du Strengbach alimenteront ce module. Elles ont été obtenues dans le cadre du projet de recherche EC2CO INSU, 2016-2018. Toutes les données disponibles depuis 1986 sur le bassin ainsi que l'établissement des différentes sources de Si permettront la calibration du modèle sur les deux profils de sol ainsi que l'estimation de l'impact du cycle de la silice biogène sur les flux d'altération et de consommation en carbone associés à l'échelle du bassin versant.
- Utiliser ce développement numérique sur un site suivi depuis 2017 par le département de Géographie Physique de l'Université de Göttingen (Ebergötzen, Allemagne) afin de tester les capacités du modèle à reproduire le cycle du silicium. Plusieurs profils de sol sont instrumentés sur les versants Nord et Sud de ce site. Des données climatiques et géochimiques sont disponibles.
- Utiliser ce développement numérique sur des profils de sol situés sous des couverts végétaux différents (mélèze, prêle, fougère, bambou, graminée), sur différentes lithologies (granite, basalte, sable) et sous différents climats (tropical, boréal, tempéré) afin de comparer l'impact du cycle biogéochimique du silicium sur les flux d'altération de ces profils. Cette partie s'appuiera sur des données expérimentales existantes (phytolithes), sur la bibliographie et sur les bases de données mondiales sur les sols (ISRIC-WISE, HWSD, ...).
- Quantifier l'impact du réchauffement climatique sur les flux d'altération et de consommation en carbone de ces profils de sol à travers la réponse de la végétation en utilisant des sorties climatiques de modèles de circulation générale (ARPEGE, FOAM, ...) jusqu'en 2100.

<sup>1</sup>Gaillardet et al., 2009. Chem. Geol. 159, 3-30. <sup>2</sup>Raymond et al., 2008. Nature, 451, 449-452. <sup>3</sup>Gislason et al., 2009. Earth Planet. Sci. Lett., 277, 213-222. <sup>4</sup>Bartoli, 1983. Ecol. Bull. No 35, 469-476. <sup>5</sup>Meunier et al., 2001. Bull. Soc. Géol. Fr., 172, 533-538. <sup>6</sup>Frayse et al., 2010. Gechim. Cosmochim. Acta 74,70-84. <sup>7</sup>Frayse et al., 2006. Gechim. Cosmochim. Acta 70, 1939-1951. <sup>8</sup>Frayse et al., 2009. Chem. Geol.258, 197-206. <sup>9</sup>Steinhofel et al., 2017. Chem. Geol. 466, 389-402. <sup>10</sup>Riotte et al., 2018. Gechim. Cosmochim. Acta 228, 301-319. <sup>11</sup>Godderis et al., 2006. Gechim. Cosmochim. Acta. 70, 1128-1147. <sup>12</sup>Sitch et al., 2003. Global Change Biol., 9, 161-185.