

Ecole Doctorale
Energie Matériaux Sciences de la Terre et de l'Univers

Contrat doctoral institutionnel 2023-2026

Action de l'activité microbienne sur l'altération des minéraux : effet sur la mobilité des éléments traces métalliques et métalloïdes de sédiments contaminés (rivière, lac, canaux) lors d'événements de remise en suspension.

3. Résumé

Les sédiments de milieux aquatiques sont formés de phases minérales plus ou moins bien cristallisées, silicatées, carbonatées, oxyhydroxydes de Fe, de Mn ou d'Al, sulfures et de matière organique particulaire, d'origine détritique et/ou authigène. Toutes ces phases peuvent être porteuses d'éléments traces métalliques et métalloïdes (ETM). Les sédiments sont aussi le siège d'une activité microbienne intense. En conditions hydrauliques calmes, les échanges eau-sédiments via la diffusion des eaux interstitielles vers la colonne d'eau sont faibles mais existent (Gallon et al., 2004 ; Chappaz et al., 2008 ; Couture et al., 2010). Ils participent aux concentrations mesurées habituellement dans les eaux. Durant les événements hydrauliques dynamiques (crues, opérations de maintenance pour les lacs de barrage), la remise en suspension des sédiments et l'arrivée d'eaux de composition différente modifient les conditions réactionnelles (redox, surface d'échange, advection, apports de matière), les équilibres de dissolution/précipitation des phases minérales et les conditions de dégradation de la matière organique. Elle peut permettre l'arrivée de nouvelles phases (minérales et organiques) et de nouvelles molécules au sein du sédiment pouvant jouer le rôle de donneurs et surtout d'accepteurs d'électrons (oxygène, nitrate, oxydes de fer ou de manganèse) pour des réactions biogéochimiques.

Au cours de la dégradation de la matière organique, les bactéries libèrent des protons et des composés organiques de nature différente en fonction des conditions réactionnelles et donc du métabolisme mis en jeu. La variété de bactéries en présence augmente la variété des composés libérés. Ces nouvelles conditions peuvent accélérer la dissolution des phases minérales et augmenter la solubilité des ETM. Les travaux entrepris sur ces questions portent généralement sur un nombre restreint de minéraux et/ou un nombre restreint de bactéries (Wu et al., 2007 ; Balland et al., 2010 ; Wang et al., 2018) ce qui ne permet pas d'appliquer les résultats aux systèmes réels. Le sujet proposé porte sur la caractérisation de l'*influence des communautés microbiennes complètes sur la dissolution des phases porteuses des ETM dans des matrices complexes* en couplant des approches de minéralogie, de géochimie, de microbiologie et de biologie moléculaire.

Un premier travail a été réalisé au GéHCO sur des sédiments riches en ETM d'un lac (Shumskikh, 2019) et d'une rivière (Grosbois et al., 2021). Des expériences réalisées en conditions aérobies et en conditions anaérobies ont montré que la libération des ETM en solution dépend de leur phase porteuse mais aussi de la composition globale des sédiments en phases minérales (les carbonates qui limitent la baisse du pH, les sulfures dont l'oxydation fait chuter le pH), en matière organique et la présence de nutriments (nitrate et orthophosphates).

Dans ce nouveau travail, des expériences seront réalisées d'abord sur des matrices simplifiées puis sur des matrices complètes de compositions contrastées (présence/absence de carbonates, de sulfures, richesse en matière organique). Elles seront réalisées à température et lumière contrôllées afin de mimer

les conditions naturelles. Les interactions entre microorganismes (bactéries / archées / champignons) et entre bactéries et phases minérales (phases porteuses d'ETM et autres phases en présence) et notamment celles utiles à leur métabolisme comme les nutriments (C, N, P) et des phases plus spécifiques (e.g. MnO₂, FeOOH) seront considérées. Les résultats permettront de définir les conditions de relargage des ETM stockés dans les sédiments. La composition des sédiments dépendant des apports détritiques et de l'activité biologique du milieu aquatique, les résultats permettront aussi d'estimer l'influence du niveau trophique d'un lac (Zwirgmaier et al., 2015) ou d'une rivière et de son histoire sur la capacité à stoker durablement les ETM dans leurs sédiments (Martin et Pederson, 2004).

Le travail du doctorant consistera à réaliser les travaux expérimentaux (réflexion et mise en place des différentes expériences au cours de l'avancement du travail) et à les analyser pour la partie géochimie (suivi de la qualité des solutions de lessivages, spéciation, apparition de phases secondaires, bilan d'altération/libération) et la partie microbiologique (identification optique et métagénomique des souches microbiennes actives, identification/établissement des réactions mises en jeu, influence des conditions réactionnelles sur leur succession). Les résultats participeront au travail plus vaste réalisé dans le cadre du projet BioAlter et notamment à implémenter un code de calcul thermodynamique qui permettra de modéliser le comportement de métaux prioritaires (Co, Cu, Ni, Pb, Zn) développé par EDF (Philippe Ciffroy, EDF-Chatou).

Compétences requises

l'étudiant(e) devra avoir des bases solides de (géo)chimie des eaux et des connaissances sur le fonctionnement des écosystèmes aquatiques. L'étudiant(e) devra réaliser des analyses de potentiométrie, chromatographie ionique, spectrométrie UV-Visible et infra-rouge. L'étudiant(e) devra être autonome, rigoureux, curieux et adaptable. Ce type d'expériences nécessitent des actions reproductibles et donc une importante rigueur dans leur réalisation. La suite Office devra être maîtrisée. Potentiellement, d'autres logiciels seront à mettre en œuvre lors de l'interprétation puis la restitution du travail, notamment des codes thermodynamiques permettant la modélisation des résultats. En complément de ces compétences techniques, le/la candidat(e) devra avoir une bonne aisance rédactionnelle et un niveau d'anglais scientifique lui permettant la rédaction d'articles. Une aisance à l'oral est aussi demandée en vue de la valorisation du travail sous forme de séminaire et de congrès.

Contacts

Directrices de thèse : Dr Nathalie Gassama, HDR et Pr Cécile Grosbois

Unité : EA 6293, Laboratoire GéoHydrosystèmes Continentaux, Université de Tours.

www.geosciences.univ-tours.fr

Envoyer un CV détaillé et une lettre de motivation avant le 9 juillet 2023

nathalie.gassama@univ-tours.fr, cecile.grosbois@univ-tours.fr

Un entretien individuel par Teams est prévu pour toutes les candidatures. Puis l'audition de candidats sélectionnés après entretien se déroulera à l'école doctorale EMSTU de l'Université de Tours, en présentiel, au mois de juillet.

In aquatic systems, trace metals and metalloids (TMM) are mainly associated with the particulate fraction leading to their burial and accumulation in sediments. Sediment composition depends on terrestrial input and in-reservoir processes (water movement, thermal stratification and trophic levels) and includes detrital and authigenic particles, more or less crystallized minerals and particulate organic matter (POM). Without water movement, slight TMM release occurs through diffusion from porewaters towards the water column due to a concentration gradient and depending on redox conditions prevailing at the sediment-water interface. During resuspension events (floods, dam operations and sediment reworking) sediment storage conditions change rapidly. This is an environmental issue for surface water quality and a risk for aquatic biota. This thesis subject will focus on the study of the active microbial mechanisms that influence the mobility of metals and metalloids in relation to redox conditions and to temperature. The reactions leading to the solubilization of TMM will be studied through batch experiments, under oxic or anoxic conditions, biotic or in inhibitory conditions for the microflora, on systems of increasing complexity in terms of mineralogical composition and quality of the organic matter. Along with the analysis of the geochemistry of the water in the systems studied, the microbial groups, and the evolution of their level of activity, will be quantified by various complementary approaches of microbiology and molecular biology. These data will help determine the apparent dissolution rates of minerals and thus determine the overall impact of microbial activity on their stability.

Several series of leaching experiments under oxic and anoxic conditions will be conducted on different sediment (simplified matrix and complete ones) contaminated with TMM. Leachate composition will be monitored regularly with time to identify reactions leading to TMM release. Nutrients (dissolved organic carbon, dissolved organic nitrogen, nitrate and orthophosphate), major cations, sulphate and TMM composition of leaching solutions will be used to differentiate microbial pathways of organic matter degradation and mineral alteration conditions.

This thesis subject will focus on the study of the active microbial mechanisms that influence the mobility of metals and metalloids in relation to several sediment conditions. The reactions leading to the solubilization of pollutants will be studied through batch experiments, under oxic or anoxic conditions, biotic or in inhibitory conditions for the microflora, on systems of increasing complexity in terms of mineralogical composition and quality of the organic matter. Along with the analysis of the geochemistry of the water in the systems studied, the microbial groups, and the evolution of their level of activity, will be quantified by various complementary approaches of microbiology and molecular biology. These data will help determine the apparent dissolution rates of minerals and thus determine the overall impact of microbial activity on their stability.