



Avis de Soutenance

Monsieur Samuel MERTZ

Sciences de l'Univers

Soutiendra publiquement ses travaux de thèse intitulés

Devenir de contaminants métalliques (Pb, Zn) depuis un dépôt minier ancien : développement d'un modèle de transport réactif

dirigés par Madame LYDIE LE FORESTIER

Ecole doctorale : Energie, Matériaux, Sciences de la Terre et de l'Univers - EMSTU

Unité de recherche : ISTO - Institut des Sciences de la Terre d'Orléans

Soutenance prévue le **jeudi 02 décembre 2021** à 14h00

Lieu : Campus Géosciences, 1A rue de la Férollerie, 45071 Orléans

Salle : Amphi OSUC

Composition du jury proposé

Mme LYDIE LE FORESTIER	Université d'Orléans	Directrice de thèse
M. Emmanuel TERTRE	Université de Poitiers	Rapporteur
Mme Alexandra COURTIN-NOMADE	Université Paris-Saclay	Examinatrice
M. Christophe TOURNASSAT	Université d'Orléans	Examineur
M. Nicolas DEVAU	BRGM Orléans	Co-encadrant de thèse
Mme Sophie GUILLON	MINES ParisTech	Rapporteure

Mots-clés : Résidus miniers, Modèle de transport réactif, Contaminants métalliques, Lixiviation,

Résumé :

Cette thèse s'inscrit dans la thématique de la gestion des anciens sites miniers et dans une démarche d'anticipation de possibles effets néfastes sur l'environnement de ce système parfois contaminé en métaux. Pour sécuriser ces sites, il est particulièrement important de comprendre et d'évaluer les flux de ces contaminants métalliques. Ceci nécessite de prendre en compte l'intégralité des processus qui les contrôlent et d'évaluer leur évolution temporelle, ces connaissances étant essentielles pour optimiser les choix de gestion des sites. L'objectif de cette thèse réside ainsi dans la détermination, la hiérarchisation et la quantification des processus régulant le transfert et la réactivité des contaminants métalliques au sein de résidus miniers anciens et dans le continuum zone non saturée-zone saturée, via le développement d'un modèle de transport réactif. Le premier volet de cette thèse a consisté en la construction d'un modèle biogéochimique avec l'outil numérique PHREEQC pour définir les processus contrôlant la mobilité de Pb et Zn issus de résidus miniers anciens, amendés ou non. Ce modèle a été développé puis validé grâce aux données expérimentales de lixiviation en microcosmes (colonnes de 10 cm de résidus) acquises d'une précédente étude. Ces expérimentations impliquaient plusieurs traitements : un sur résidu minier seul, un avec ajout de boue minière composée d'oxydes de Fe et de carbonates, et trois autres avec ajout de boue minière et de fumier en proportion variable. L'interprétation des simulations a permis d'identifier que les processus de dissolution des phases porteuses présentes dans le résidu (anglésite et plumbojarosite) contrôlaient la libération de Pb et de Zn. La présence de boue minière favorise l'immobilisation de ces contaminants à travers l'apport d'oxydes de fer sur lesquels le Pb et le Zn s'adsorbent via des réactions de complexation de surface. L'ajout de fumier, en amplifiant la respiration microbienne et la production de CO₂ associée, favorise la baisse du pH de la solution poreuse, et in fine la désorption de ces contaminants. Le second volet de la thèse a consisté à développer un modèle de transport réactif afin de simuler le flux et le transport des métaux à plus grande échelle. Ce modèle utilisant le logiciel Hydrus-PHREEQC s'est construit à partir des données acquises lors d'une expérimentation de lixiviation réalisée sur une colonne instrumentée métrique, permettant d'évaluer le flux d'eau et le bilan massique des solutés à une échelle spatiale et temporelle plus proche des conditions de terrain. La moitié supérieure de cette colonne était en conditions non saturées tandis que la moitié

inférieure était maintenue saturée. Cette expérience de lixiviation a été divisée en 2 périodes : une première période de 6 mois sur résidus seuls et une deuxième de 11 mois après ajout d'amendements organiques (fumier, biochar) et inorganiques (boue d'oxydes de fer), et de plantes (*Agrostis capillaris*) pour simuler la phytostabilisation. Le modèle de transport réactif comprend : (1) une description mécanistique des différents processus biogéochimiques contrôlant la réactivité du système et (2) l'écoulement et le transport des solutés dans un milieu unidimensionnel à saturation variable. Les résultats ont mis en évidence une certaine similarité des processus impliqués dans le contrôle de la mobilité du Pb et du Zn entre les microcosmes et le mésocosme. De plus la description rigoureuse du transfert des contaminants permet d'évaluer le devenir à long-terme des résidus miniers seuls ou amendés. L'étude montre que la libération de Pb et de Zn à partir des résidus miniers seuls ne s'achèvera pas avant 100 ans. L'apport d'amendements présente néanmoins une piste pertinente pour la remédiation de ces résidus. Les modèles de transport réactif représentent ainsi des outils précieux d'aide à la décision afin de fournir un plan de gestion optimal pour ces sites miniers anciens.