Sujet de stage de Master 2 : étude de la réactivité de résidus de traitement de mines d'uranium afin de mieux comprendre la mobilité des radionucléides dans l'environnement

Contexte et positionnement de l'étude :

Des études scientifiques se doivent d'être menées pour mieux connaitre et maitriser l'empreinte environnementale des sites miniers pour l'extraction de différents métaux dont l'uranium, exploités ou aujourd'hui réaménagés. Il s'agit notamment de confirmer la pérennité des stockages des 100 Mt de résidus d'uranium gérés par ORANO et répartis dans différents stockages localisés à proximité des gisements.

L'extraction de l'uranium est généralement obtenue par attaque acide du minerai, générant des résidus de traitement caractérisés par la présence des descendants radioactifs de l'uranium, dont les teneurs élémentaires sont de l'ordre du ppt au ppq, et donc difficilement observables. Ces résidus sont le plus souvent stockés en surface sous couverture solide ou sous colonne d'eau servant ainsi de barrière chimique et radiologique.

Dans ce cadre, et dans le but de prédire la mobilité de l'uranium résiduel et de ses descendants radioactifs dans l'environnement, l'IC2MP et ORANO ont développé des outils innovants de caractérisation pour spatialiser finement la radioactivité dans ces géomatériaux à l'échelle du micron (du minerai jusqu'au résidu de traitement). Parallèlement, le CEA a développé des outils géochimiques capable de mesurer de très faibles activités des radionucléides issus de la décroissance de l'uranium (^{210}Pb, ^{210}Po, ^{226}Ra…). Le sujet de stage aura pour objectif d'utiliser ces différents outils de caractérisation du solide et des eaux pour mieux comprendre le piégeage du ^{226}Ra et d'autres radionucléides (^{210}Pb, ^{210}Po). Deux types de résidus de traitement d'intérêt pour ORANO seront étudiés : (i) des résidus stockés en surface et pour lesquels un marquage en acide et en sulfates est toujours mesuré avec des eaux d'exhaure qui se doivent d'être encore traitées avant rejet dans le bassin versant associé et (ii) des résidus stockés sous une importante épaisseur de colonne d'eau.

Etude menée par la/le stagiaire :

Le travail consistera en (i) la mise en place d'un dispositif expérimental permettant de mesurer la réactivité de ces deux types de résidus de traitement, notamment en simulant un lessivage par de l'eau de pluie, en conditions dynamiques, (ii) de caractériser cette réactivité en utilisant les outils de géochimie pour suivre l'évolution des compositions en éléments majeurs, mais aussi les radionucléides dans les eaux de lessivage (chromatographie ionique et absorption atomique à l'IC2MP, méthodes isotopiques pour les radionucléides au CEA) tout en caractérisant la fraction solide avant et après expérience (minéralogie quantitative, pétrographie et spatialisation de la radioactivité à l'IC2MP) et *in fine* (iii) proposer un modèle conceptuel (voir numérique avec un code de calcul hydrogéochimique) d'altération permettant d'interpréter l'ensemble des mesurables obtenus sur les eaux et le solide (majeurs et ultra-traces radioactives). Une continuité de ces travaux *via* une thèse est envisagée.

Durée du stage : 5 ou 6 mois en fonction du candidat retenu (idéalement entre le 1 février et le 30 juillet 2025 ; flexibilité possible).

Gratification : ≈ 630 € net/mois.

Profil et compétences du candidat : Le/la candidat(e) devra avoir un niveau suffisant de connaissances en géosciences, hydrogéochimie et/ou minéralogie-pétrographie et/ou matériaux ; elle/il devra avoir un réel intérêt à mener un travail expérimental et de caractérisation (eau et solide), pour mieux comprendre la réactivité d'échantillons naturels complexes anthropisés. Le/la candidat(e) devra travailler en équipe et sera amené(e) à discuter de publications scientifiques en anglais. Le lieu du stage se déroulera essentiellement à l'IC2MP de Poitiers, et plusieurs missions au CEA (Saclay) devront être réalisées. Une mission sur terrain au niveau des stockages des résidus est également envisagée.

Contacts pour informations et dépôt de candidature : envoyer un CV et une lettre de motivation à Emmanuel Tertre (emmanuel.tertre@univ-poitiers.fr; IC2MP, Poitiers), Sébastien Savoye (sebastien.savoye@cea.fr; CEA, Saclay) et Michael Descostes (michael.descostes@orano.group; Orano Mining, Service Recherche et Développement Environnement).

Quelques références des proposants en rapport avec le sujet :

[1] Besançon, C., Chautard, C., Beaucaire, C., **Savoye, S.**, Sardini, P., Gérard, M., **Descostes, M.** (2020). The role of Barite in the post-mining stabilization of Radium-226: a modelling contribution for Sequential Extractions. Minerals 10, 497-518.

[2] Billon, S., **Savoye, S.**, Sardini, P., Gérard, M., Beaucaire, C., Coreau, N., **Descostes, M.** (2023). Sequential extractions versus alpha autoradiography: Mutually complementary for the identification of U- and Ra-bearing minerals in mine tailings. Journal of Geochemical Exploration, p. 107368.

[3] Robin, V., **Tertre, E.**, Beaucaire, C., Regnault, **Descostes, M.** (2017). Experimental data and assessment of predictive modeling for radium ion-exchange on beidellite, a swelling clay mineral with a tetrahedral charge. Applied Geochemistry, 85, 1-9.