



# ÉCOLE DOCTORALE SCIENCES DE LA TERRE



## PROPOSITION DE THÈSE – ANNÉE UNIVERSITAIRE 2013-2014

<b>Laboratoire d'accueil (A, acquis, P, prévu):</b> Equipe Géochimie des eaux- IPGP-Univ. Paris Diderot Sorbonne Paris Cité UMR 7154 (A)		
<b>Nom du directeur de thèse (contacté / prévu):</b> Marc Benedetti (C)/ E Viollier/ P Louvat/ J Gaillardet		
Nom : COURBET	Prénom : Christelle	Pôle : PRP-DGE
Service : SRTG	Unité d'accueil : LETIS	Site : FAR
.....		
<b>Titre de la thèse :</b>		
<b>Devenir du radium et du Thallium aux interfaces en contexte minier : Implications sur les conséquences à long terme des rejets diffus.</b>		

Le **radium (Ra)** et ses descendants sont des contaminants potentiels des écosystèmes aquatiques dans l'environnement proche des sites d'extraction d'uranium. Bien que la concentration du Ra dissous puisse s'élever jusqu'à quelques  $10^{-13}$ M sur les sites miniers ( $10^{-13}$ M est équivalent à 0,8 Bq/L de  $^{226}\text{Ra}$ ), la surveillance de l'environnement des sites d'extraction en activité ou à l'arrêt, nécessite de pouvoir aussi mesurer les faibles activités de Ra du fond géochimique (de l'ordre de  $10^{-15}$ M). Actuellement, la fréquence et le nombre d'échantillons sont limités par les volumes nécessaires (souvent plusieurs litres pour les eaux continentales), le temps passé par un opérateur de terrain à pré-concentrer le Ra sur des fibres de  $\text{MnO}_2(\text{s})$  ou la durée d'acquisition des signaux de désintégration sur les compteurs  $\alpha$  ou  $\gamma$ . L'acquisition en routine de données avec une maille spatiale resserrée (ou une résolution verticale améliorée dans la zone hyporhéique d'une rivière) et une fréquence adaptée sont pourtant nécessaires à la calibration/validation des outils de simulation d'impact environnemental. Par ailleurs, la spéciation du Ra (dans la phase dissoute et la phase solide) et sa mobilité posent encore de nombreuses questions. En particulier, sa réactivité dans les zones de transition redox, son transfert à l'interface nappe-rivière et son interaction avec les macromolécules organiques naturelles doivent être mieux caractérisés.

Quant au **thallium (Tl)**, contaminant également des écosystèmes aquatiques, plus toxique que le mercure, des enrichissements sont enregistrés fréquemment dans les eaux d'exhaures minières (jusqu'à 1000 fois le fond géochimique qui est de l'ordre de  $10^{-11}$ M). Présent en solution sous la forme de  $\text{Tl}^+$  principalement, cet élément est relativement mobile et échappe généralement aux traitements classiques appliqués, et en particulier à ceux induisant la co-précipitation du Ra. Le Tl est considéré dans cette étude comme un traceur potentiel de la contribution des eaux d'exhaure minières à l'hydrologie locale, dont les concentrations peuvent être **déterminées simultanément** à celle du Ra par ICP-MS.

Ce sujet de thèse vise donc à quantifier les transferts de radium et du Thallium (Ra, Tl) aux interfaces de sites miniers avec pour objectif d'estimer les conséquences à long terme des processus contrôlant la mobilité de ces radionucléides (RN). Les sites d'étude retenus correspondent aux interfaces en champ proche de stockages de résidus de traitement de minerai d'uranium (sites des Bois Noirs et de Gueugnon) et celles présentes en champ lointain d'un site minier de charbon en Pologne (interface nappe/rivière ou zones humides) correspondant au site observatoire de l'alliance européenne en radioécologie (STAR). Ces travaux de recherche vont consister à (1) quantifier les flux d'eau aux travers de ces interfaces, (2) quantifier les RN dissous dans les eaux interstitielles et (3) identifier les phases porteuses majeures de ces RN sur les phases solides. De ce fait, ils vont nécessiter le développement (i) de techniques de mesures du Ra dans les eaux porales, afin de pouvoir analyser ce RN dans de faibles volumes d'eau (quelques ml seulement), et (ii) d'une



# ÉCOLE DOCTORALE SCIENCES DE LA TERRE



méthodologie de caractérisation des phases porteuses solides où ces RN pourraient être piégés. Il est notamment envisagé de coupler des méthodes de caractérisation au MEB (Microscope Electronique à Balayage), MET (Microscope Electronique à Transmission) et SIMS (Secondary Ion Mass Spectrometer), en visant certaines phases d'intérêt préalablement ciblées sur la base de résultats d'extractions séquentielles permettant d'identifier les porteurs solides majeurs. Par ailleurs, le déploiement de gels de type DGT (Diffusive Gradient in Thin Films) permettra la quantification de ces RN dans les eaux porales au travers de ces interfaces. La caractérisation des équilibres eau/solide en conditions naturelles permettront de mettre en œuvre des modèles de spéciation et de transport réactif (ex. code HYTEC ou autre). Par ailleurs, la quantification des flux d'eau aux interfaces étudiées permettra de remonter aux flux de Ra et U qui y transitent ou y sont piégés. L'extrapolation de ces estimations, moyennant des hypothèses sur l'évolution de la disponibilité des sites de sorption et l'épuisement des sources, devrait permettre d'entrevoir les conséquences à long terme du devenir des rejets aqueux diffus de Ra et d'U provenant des sites miniers.

## **Profil du candidat** (formation, compétences, restrictions) :

- Formation universitaire/écoles d'ingénieur en Géosciences, Géochimie, Environnement.
- Connaissances en géosciences, transport en milieu saturé/insaturé, utilisation de logiciels de modélisation, solides connaissances en minéralogie ou géochimie souhaitées.
- le candidat devra être autonome et rigoureux.
- Très bonne connaissance de l'anglais parlé, lu et écrit est indispensable

**Transmission des candidatures (responsable, n° tél, adresse) :** benedetti@ipgp.fr