

**ETUDIER LE DEVENIR À LONG TERME DES MÉTAUX DANS LA ZONE CRITIQUE DE MONTAGNE À
L'AIDE D'ENREGISTREMENTS PARALLÈLES DE TOURBES ET DE LACS**

**INVESTIGATING LONG-TERM FATE OF TRACE METAL IN THE MOUNTAIN CRITICAL ZONE USING
PARALLEL LAKE AND PEAT RECORDS**

Établissement **INPT Institut National Polytechnique de Toulouse**

École doctorale **SDU2E - Sciences de l'Univers, de l'Environnement et de l'Espace**

Spécialité **Surfaces et interfaces continentales, Hydrologie**

Unité de recherche **ECOLAB - Laboratoire d'Ecologie Fonctionnelle**

Directeur de la thèse François DEVLEESCHOWER  (mailto:francois.devleeschouwer@ensat.fr)

Co-Encadrant Gaël LE ROUX  (mailto:gael.leroux@ensat.fr)

Financement

Concours pour un contrat doctoral

Début de la thèse le **1 octobre 2017**

Date limite de candidature **12 juin 2017**

Mots clés - Keywords

Ecosystèmes de montagne, héritage minier, métaux et métalloïdes, géochimie des traces et isotopique, archives environnementales, datations 210Pb et radiocarbone

Mountain ecosystems, mining legacy, metals and metalloids, trace element and isotopic geochemistry, environmental archives, 210Pb and 14C age dating

Profil et compétences recherchées - Profile and skills required

Etudiant(e) avec expérience en (géo)chimie environnementale avec un diplôme de master et/ou profil ingénieur
Une expérience sur les archives environnementales et/ou en géochimie isotopique serait un plus.

- permis souhaité depuis 2 ans

We are seeking a PhD candidate with experience and MSc in environmental (geo)chemistry.

A previous experience with isotopic tools or use of environmental archives will be a plus.

-driving license (>2y)

Description de la problématique de recherche Project description

Ce sujet de thèse se focalise sur 2 chaînes de montagne aux histoires minières contrastées: les Pyrénées, France et la Sierra Nevada Américaine. De nombreuses archives environnementales sont disponibles dans des zones protégées et non protégées permettant d'étudier sur le long terme le devenir des métaux dans la zone critique de montagne à l'échelle de plusieurs centaines et milliers d'années.

Les objectives de la thèse seront:

1/ de combiner les nouvelles données environnementales ainsi que celles disponibles sur les lacs et tourbières pour (re)construire les inventaires et transferts en métaux trace pour les 10000 dernières années. Un zoom sera effectué entre l'écart mesuré par les archives lacustres et tourbeuses grâce aux isotopes du plomb et essayer de déterminer la signification de cet écart en termes de fonctionnement du bassin versant,

2/ de focaliser sur la période de l'Anthropocène et d'autres périodes d'activités humaines intenses (période médiévale dans les Pyrénées, ruée vers l'or en Sierra Nevada américaine). La chronologie du comportement et transfert de métaux trace pourra également être évalués via d'autres archives environnementales (brins de sphaigne individuels et autres archives environnementales),

3. déterminer les principaux paramètres physico-chimiques qui peuvent influencer le 'risque en métaux' dans les milieux aquatiques de montagne.

This PhD focuses on two mountain ranges (Pyrenees, France, Sierra Nevada, USA) where wetlands are being investigated in mining and non-mining areas, in protected and non-protected national parks. The objectives of the PhD are to:

- Proposition <https://www.p3mountains.org/fr/les-archives/transposition-these-points-orientation>
1. combine available and new geochemical data on lake and peat cores to determine the lag between peat and lake records in the same watersheds using Pb isotopes signatures,
 2. focus on the Anthropocene and other periods of intense human activities (Medieval Period for Pyrenees, Gold Rush for Sierra Nevada) where human activities/short-term climate events intensified and where the chronology of PHTE can be assessed at higher resolution using single moss stems and other environmental archives,
 3. determine main physico-chemical parameters that can influence PHTE risk in mountain aqueous environments.

Thématiques /Domaine /Contexte

Le sujet de thèse s'inscrit dans les problématiques globales de géochimie environnementale appliquée à l'étude du devenir des contaminants inorganiques.

Les milieux de montagne sont des zones 'fragiles' sensibles aux changements globaux vu de l'extérieur comme des zones relativement protégées mais qui ont en fait une histoire humaine longue et intense. C'est le cas pour les activités minières qui ont eu et ont toujours un impact environnemental non négligeable.

géochimie environnementale, études des paléo-environnements

Since the beginning of agriculture and animal husbandry in the late Neolithic, humans have considerably modified their surrounding environment. Following the offset of the industrial revolution and the use of fossil energy humans can now indisputably be seen as major geological agents (Galuszka et al., 2014; Hooke and Martín-Duque, 2012). At present, anthropogenic fluxes of up to 62 chemical elements surpass their corresponding natural fluxes (Sen and Peucker-Ehrenbrink, 2012). Among those elements, many of them are potentially harmful trace elements (PHTE) with limited or no biological function such as lead (Pb), arsenic (As), antimony (Sb) or mercury (Hg). Due to their geological features, mountain environments have been exploited since the beginning of metallurgy and the Pyrenees are no exception as many mining sites in the region have been dated back to the Bronze Age (De Vleeschouwer et al., 2010; Monna et al., 2004) with potential human impact on the environment on millennial scales. On the contrary, the Sierra Nevada Mountains (USA) have a relative young but intense mining history being since the 18th century.

High-elevation ecosystems are highly sensitive to human impact because environmental conditions are extreme and growing seasons are short. For example, high-altitude soils are often shallow and thus sensitive to erosional processes with major implication from the vegetation cover and feedbacks on the dispersion of material in mountain watersheds. The Mountain Critical Zone (MCZ) is therefore sensitive to environmental changes (Whitehead et al., 2009) induced by human activities (e.g. agriculture, mining, clear cutting) as well as to impact of long-term climate change and rapid environmental changes. For example, flooding can remobilize trace metals stored in soils and mining heaps (Brunel et al., 2003). This is especially the case where abandoned mines were exploited until the early-mid 20th century (Brunel et al., 2003; Byrne et al., 2010). Peatlands and lakes, a reoccurring feature in mountainous environments, acts as reservoirs of organic matter. Due to ability of organic sediments to retain trace metals and radionuclides these natural environments can be considered as pollutant sinks which have accumulated contaminants since the onset of mining activities (Allan et al., 2013; Le Roux et al., 2004), and have acted as natural filters for toxic elements (e.g. As, Hg, Pb) since the last deglaciation (González et al., 2006). The MCZ buffers potential harmful trace elements (PHTE), which fate is poorly known in relation to climatic/land cover changes. If released, PHTE enrich the watershed in bioavailable fractions and may exceed recommended values.

Objectifs

L'objectif de la thèse est de mieux comprendre le devenir à long terme des micropolluants inorganiques dans les bassins versants de montagne.

Méthode

Le projet s'appuiera sur de nombreuses archives environnementales existantes ou ciblées (lacs-tourbes) de 6 transects altitudinaux (3 dans les Pyrénées, 3 en Sierra Nevada). Les données existantes sur ces zones géographiques plus de nouvelles données acquises permettront de mieux comprendre le transfert des métaux.

Les méthodes utilisées seront:

- terrain,
- récolte de données existantes,
- analyses et interprétation des mesures en métaux trace et isotopes du plomb dans les archives environnementales,
- reconstruction paléoenvironnementale.

Résultat attendu

Mieux comprendre le transfert des micro-polluants inorganiques à l'échelle de la centaine et du millier d'années.

Précision sur l'encadrement

Le doctorant bénéficiera également d'un soutien scientifique et technique au sein d'EcoLab, de l'OMP et des collaborations internationales développées par F. De Vleeschouwer et G. Le Roux sur la thématique des paléopollutions métalliques. Son travail sera pleinement intégré aux travaux collectifs de 2 projets internationaux TRAM (<https://sites.google.com/site/tracemetallegacy/>): L'héritage métallique sur le fonctionnement biogéochimique et écologique des écosystèmes aquatiques de montagne & P3 (<https://www.p3mountains.org/>)

- travail de terrain nécessaire (bonne condition physique) - permis depuis plus de 2 ans,
- le salaire du doctorant est acquis grâce à un contrat doctoral de l'école doctorale SDU2E (concours SDU2E à partir du 16 juin)
- la recherche menée dans le cadre de ce sujet de thèse est soutenue par l'ANR JCJC TRAM: Trace metals legacy in mountain environments ainsi que le projet Belmont Forum-ANR P3:people,pollution and pathogens.. Il s'inscrit également dans le cadre du Labex DRIIHM-OHM Pyrénées.

Objectifs de valorisation des travaux de recherche du doctorant : diffusion, publication et confidentialité, droit à la propriété intellectuelle,...

- participation à des workshops et conférences scientifiques (min: 2/ans)
- publications des résultats à travers des publications scientifiques
- partage des données acquises avec la communauté scientifique ainsi que les gestionnaires et preneurs de décision

Collaborations envisagées

- cf. ci-dessus
- plus de nombreuses interactions avec les autres laboratoires et plateformes de l'OMP et de l'Université de Toulouse

Ouverture Internationale

- Le (la) jeune chercheur(se) bénéficiera de nombreux échanges avec les partenaires internationaux (Université de San Francisco, Université de Nankin, UFZ Leipzig, CSIC espagnol)

Références bibliographiques

- Allan, M., Le Roux, G., De Vleeschouwer, F., Bindler, R., Blaauw, M., Piotrowska, N., Sikorski, J., Fagel, N., 2013. High-resolution reconstruction of atmospheric deposition of trace metals and metalloids since AD 1400 recorded by ombrotrophic peat cores in Hautes-Fagnes, Belgium. *Environ. Pollut.* 178, 381–394. doi:10.1016/j.envpol.2013.03.018
- Brunel, C., Munoz, M., Probst, A., 2003. Remobilisation of Zn and Pb in a mountain stream contaminated by mining wastes during a moderate flood event (Ariège, France). *J. Phys. IV Proc.* 107, 233–236. doi:10.1051/jp4:20030285
- Byrne, P., Reid, I., Wood, P.J., 2010. Sediment geochemistry of streams draining abandoned lead/zinc mines in central Wales: the Afon Twymyn. *J. Soils Sediments* 10, 683–697. doi:10.1007/s11368-009-0183-9
- De Vleeschouwer, F., Hughes, P., Nichols, J., Chambers, F.M., 2010. A review of protocols in peat palaeoenvironmental studies. *Mires Peat* 7, 00–1.
- Galuszka, A., Migaszewski, Z.M., Zalasiewicz, J., 2014. Assessing the Anthropocene with geochemical methods. *Geol. Soc. Lond. Spec. Publ.* 395, 221–238. doi:10.1144/SP395.5
- González, Z.I., Krachler, M., Cheburkin, A.K., Shotyk, W., 2006. Spatial distribution of natural enrichments of arsenic, selenium, and uranium in a minerotrophic peatland, Gola di Lago, Canton Ticino, Switzerland. *Environ. Sci. Technol.* 40, 6568–6574.
- Hooke, R.L., Martín-Duque, J.F., 2012. Land transformation by humans: A review. *GSA Today* 12, 4–10. doi:10.1130/GSAT151A.1
- Le Roux, G., Weiss, D., Grattan, J., Givélet, N., Krachler, M., Cheburkin, A., Rausch, N., Kober, B., Shotyk, W., 2004. Identifying the sources and timing of ancient and medieval atmospheric lead pollution in England using a peat profile from Lindow bog, Manchester. *J. Environ. Monit.* JEM 6, 502–510. doi:10.1039/b401500b
- Le Roux G., Hansson S., Claustres A., Inorganic Chemistry in the Mountain Critical Zone, DOI: 10.1016/B978-0-444-63787-1.00003-2 In book: Mountain Ice and Water - Investigations of the Hydrologic Cycle in Alpine Environments, pp.131-154
- Monna, F., Galop, D., Carozza, L., Tual, M., Beyrie, A., Marembert, F., Chateau, C., Dominik, J., Grousset, F.E., 2004. Environmental impact of early Basque mining and smelting recorded in a high ash minerogenic peat deposit. *Sci. Total Environ.* 327, 197–214. doi:10.1016/j.scitotenv.2004.01.010
- Sen, I.S., Peucker-Ehrenbrink, B., 2012. Anthropogenic Disturbance of Element Cycles at the Earth's Surface. *Environ. Sci. Technol.* 46, 8601–8609. doi:10.1021/es301261x
- Whitehead, P.G., Wilby, R.L., Battarbee, R.W., Kernan, M., Wade, A.J., 2009. A review of the potential impacts of climate change on surface water quality. *Hydrol. Sci. J.* 54, 101–123. doi:10.1623/hysj.54.1.101

Complément sur le sujet

<https://www.p3mountains.org/> (<https://www.p3mountains.org/>)



