

**DEMANDE D'ALLOCATION DE RECHERCHE DE L'ED SISEO**

**Année universitaire 2017-2018**

**SUJET DE THESE**

<p><b>1. LABORATOIRE</b></p> <p>Nom ou sigle : <i>EDYTEM</i> Statut : <i>UMR5204 USMB/CNRS</i></p>	<p><b>2. DIRECTION DE THÈSE</b></p> <p>Directeur de thèse (HDR) : <i>Fabien Arnaud</i> -Codirecteur éventuel : <i>Pierre Sabatier, Jérôme Gaillardet (Institut de Physique du Globe de Paris)</i></p>
<p><b>Domaine de compétences de l'ED SISEO :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Environnement <input checked="" type="checkbox"/></li> <li>- Organisations <input type="checkbox"/></li> <li>- Systèmes <input type="checkbox"/></li> </ul>	<p><b>Collaborations éventuelles :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-<i>Laboratoire de Géologie de Lyon</i></li> <li>-<i>Laboratoire des Sciences du Climat et de l'environnement</i></li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>3. SUJET DE THÈSE</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Titre : Les grands lacs périalpins: archives du fonctionnement de la zone critique</b></p>	
<p style="text-align: center;"><b>4. RESUME</b> (Français et Anglais)</p> <p>La Zone Critique désigne la mince pellicule superficielle de la Terre à l'interface lithosphère-atmosphère-hydrosphère-biosphère. Outre son rôle important pour les cycles de la matière et les processus biogéochimique, cette zone est critique car elle est caractérisée par la vie et concentre la plupart des activités humaines, s'ajoute l'anthroposphère. Ce projet de thèse consiste à étudier l'évolution de la zone critique au cours de l'Holocène à partir d'enregistrements lacustres prélevés dans 3 grands lacs périalpins. Pour cela nous souhaitons mettre en place une approche à la fois i) multi-traceurs basé sur la sédimentologie, la géochimie élémentaire et isotopique afin de reconstituer les impacts du climat, de l'homme et des paysages sur l'évolution de la zone critique et ii) spatiale en travaillant sur 3 grands bassins versants alpins, ceux des lacs du Bourget, d'Iseo et de Constance drainant 15% de la surface alpine et représentatifs des secteurs influencés par les différents processus climatiques ainsi que les différentes histoires humaines. L'objectif final de cette thèse est de pouvoir reconstituer à la fois la dynamique d'évolution de la zone critique sur le long terme mais aussi l'influence des différents les facteurs forçant dans ces trois grandes régions de montagne de l'arc alpin.</p> <p>The Earth's Critical Zone may be defined as the reactive skin of our planet at the interface of lithosphere-atmosphere-hydrosphere-biosphere. In addition to be a fundamental area where transfers of matter and most of chemical and biological processes occurred, it is the active substrate upon which humans are developing with the definition of the anthroposphere. This PhD project aim to study the Holocene evolution of the earth's critical zone from 3 prealpine lake sediment records. For this purpose we want to develop i) a multi-tracer approach based on sedimentology, major and trace geochemistry and isotopic geochemistry to reconstruct the impacts of climate, human and landscapes on the evolution of the earth's critical zone and ii) a spatial methodology with 3 major alpine catchments, lakes of Bourget, Iseo and Constance draining 15% of the alpine surface and typical of regions influenced by both different climatic processes and different human histories. The final aim of this PhD is to be able to reconstruct both the long-term evolution of the earth critical zone and the influence of the various forcing factors in these three major mountain regions of the Alps.</p>	

## 5. PROJET DE RECHERCHE DETAILLE

(2 pages environ)

Ce projet de thèse s'inscrit dans un projet de recherche qui est né au sein du groupe Archives du laboratoire Environnement DYNAMIQUE et TERRITOIRE de Montagne (EDYTEM) de l'Université Savoie Mont Blanc et qui consiste à étudier l'évolution à long terme de la zone critique, à partir d'archives sédimentaires lacustres prélevées dans de grands lacs périalpins. La Zone Critique désigne la mince pellicule superficielle de la Terre à l'interface lithosphère-atmosphère-hydrosphère-biosphère. Outre son rôle important pour les cycles de la matière, cette zone est critique car elle est à la fois le substrat de tout vie terrestre (biosphère), incluant les sociétés humaines (anthroposphère) et qu'en retour elle est affectée par cette dernière. Loin d'être isolés, tous les compartiments de la zone critique interagissent les uns avec les autres suivant des modalités encore largement inconnues et sur des échelles de temps qui peuvent être très variables. L'émergence des sociétés humaines en tant que facteur géologique a modifié ces équilibres subtils, aboutissant à une libération rapide et sans équivalent récent à l'échelle géologique, de carbone, de la lithosphère vers l'atmosphère (Crutzen, 2002), mais aussi des perturbations des cycles de nutriments (Steffen et al., 2015), des modifications du cycle d'érosion (Syvitski, 2005) et de l'altération des fonctions écologiques remplies par la biodiversité (Luck et al., 2009). Toutes ces perturbations représentent des menaces potentielles pour l'avenir de l'humanité (Steffen et al., 2015). À cet égard, la compréhension des moteurs de l'évolution de la zone critique est l'un des principaux défis pour les scientifiques et plus généralement pour l'humanité. Cela a eu pour résultat le développement récent d'expériences visant à surveiller la zone critique (Richter et Mobley, 2009). Cependant, étant donné qu'elle relie des processus à différentes échelles temporelles, son évolution doit également être documentée sur des périodes qui ne peuvent être évaluées par observation directe.

Les zones de montagne sont des régions possédant une très forte dynamique de la zone critique. Elles sont en particulier le principal lieu d'érosion des roches et des sols en raison de la présence de pentes raides, de quantités de précipitations élevées, d'alternances gel/dégel, ainsi que d'une géodynamique active. Parmi les zones de montagne, les Alpes européennes sont particulièrement intéressantes: i) elles sont affectées par divers régimes climatiques influencés par la présence ou non de masse glaciaire, par le gradient altitudinal de température et par les apports d'humidité provenant de l'Océan Atlantique ou de la région méditerranéenne induisant des systèmes précipitants fondamentalement différents (Wilhelm et al., 2012 ; Wirth et al., 2013) et ii) elles ont été exploitées et profondément transformées par les humains depuis des millénaires, principalement à travers l'agropastoralisme (Giguet-Covex et al., 2014 ; Bajard et al., 2016).

Dans un article de synthèse sollicité par la revue Quaternary Science Reviews, nous avons récemment formalisé le potentiel élevé des archives sédimentaires lacustres pour reconstituer l'histoire récente des processus d'érosion et d'altération en région de montagne (Arnaud et al., 2016). Nous avons notamment pointé que les grands lacs périalpins offrent la possibilité de reconstituer des signaux pertinents sur le plan régional, en offrant une représentativité élevée des processus à l'œuvre dans la zone critique. Cependant, la collecte des données à l'échelle de l'Holocène (11500 dernières années) dans les lacs profonds, drainant des zones de captage > 1000 km<sup>2</sup>, pose un défi technique important et n'a été réalisée que trois fois dans les Alpes européennes. Ce projet de thèse répondra à ce défi en utilisant des dispositifs de carottage nouvellement développés par EDYTEM, avec le Centre de Carottage et de Forage national (C2FN) au sein du projet Equipex CLIMCOR. Au-delà de l'acquisition de nouveaux échantillons à partir de couches sédimentaires plus profondes et plus anciennes, cette thèse permettra grâce à l'acquisition et l'installation de nouveaux instruments analytiques dans le cadre du projet CPER Montagne 4.0 et de la collaboration avec l'IPGP (J. Gaillardet) de reconstituer des dynamiques de plusieurs des compartiment essentiels de la zone critique avec notamment les flux érosifs (Arnaud et al., 2016), les modèles de création / destruction des sols (Arnaud et al., 2012 ; Bajard et al., 2016) et les schémas de précipitations (Debret et al., 2010 ; Jenny et al., 2014, Wilhelm et al., 2012). Mais également en collaboration avec le laboratoire de géologie de Lyon et le laboratoire de sciences du climat et de l'environnement le pH des sols (Sanchi et al., 2015) le cycle du carbone (Perga et al., 2016) et la température de l'atmosphère (Grafenstein et al., 1999 ; Davtian et al., 2016), ces derniers aspect ne seront pas réalisés par le doctorant.

Pour cela nous souhaitons mettre en place une approche à la fois multi-traceurs, afin de reconstituer les impacts du climat (température, hydrologie) de l'homme (agropastoralisme) et des paysages (végétation, sols) sur l'évolution de la zone critique et spatiale, en travaillant sur 3 grands bassins versants alpins, ceux des lacs du Bourget (France), d'Iseo (Italie) et de Constance (Allemagne/Suisse/Autriche). Ils ont été choisis pour être représentatifs des secteurs influencés par les différents processus climatiques ainsi que les différentes histoires humaines, c'est-à-dire les Alpes occidentales, septentrionales et méridionales, respectivement. Au total, ils drainent 17 000 km<sup>2</sup>, soit 15% de la surface alpine. Chaque site comprend le lac et son bassin versant et sera étudié avec la même méthodologie. Des échantillons seront prélevés sur

le bassin versant, choisis pour être représentatifs à la fois des sources de sédiments (lithologie) et des typologies de sources (type de végétation et état du sol) afin de caractériser les sources potentielles de sédiments. Les carottes de sédiments seront collectées sur des sites choisis pour maximiser la focalisation des produits d'érosion. Ils devront être assez longs (20 à 40m) pour couvrir tout l'Holocène, ce qui sera possible grâce à l'équipement de carottage C2FN nouvellement acquis. Les mêmes mesures seront appliquées à la fois aux échantillons du bassin versant et de sédiments lacustres. Pour chaque traceur, la même résolution temporelle sera appliquée à chaque site.

Le travail du doctorant sera de comprendre le remplissage lacustre à l'aide d'analyses sédimentologique, géochimique (éléments majeurs et traces) et géochronologique (radioéléments de courtes périodes et radiocarbone). La paléohydrologie, les flux d'érosion à long terme et les modèles d'altération seront contraints par la géochimie isotopique permettant de suivre à la fois les processus de provenance à l'aide des isotopes du Sr et du Nd (Arnaud et al., 2012) et les processus d'altération avec les isotopes du Li (Dellinger et al., 2014). Ces analyses seront également réalisées sur les échantillons du bassin versant afin de mettre en œuvre une approche sources/puits (Sabatier et al., 2010 ; Arnaud et al., 2012).

Ce travail de doctorat sera complété, en étroite collaboration et dans le cadre d'un projet plus large i) par des analyses de biomarqueurs organiques permettant de reconstituer la température de l'air et du pH du sol (GDGT), le changement de la végétation, la variabilité des précipitations (biomarqueurs spécifiques, cire végétale  $\delta^{13}C$  et  $\delta^2H$ ) et utilisation anthropique des terres (Eglinton, et Eglinton, 2008), ii) par l'étude du cycle du carbone en étudiant la fraction organique du sédiment et des traceurs plus spécifique telles que le  $\delta^{13}C$  de fossiles chitineux spécifiques (Perga et al., 2015) ; et enfin iii) par l'ADN des sédiments nous permettra de reconstituer à la fois les changements écologiques et les activités humaines (Giguet-Covex et al., 2014). Toutes ces analyses organiques précédemment citées ne seront pas réalisées par le doctorant mais il/elle sera à la base de la définition du plan d'échantillonnage et fonction des connaissances acquises sur la dynamique du remplissage lacustre ce qui lui assurera un excellent réseau de collaboration et une association aux nombreuses publications scientifiques qui en découleront.

#### Références citées :

- Arnaud, F. *et al.* Lake Bourget regional erosion patterns reconstruction reveals Holocene NW European Alps soil evolution and paleohydrology. *Quat. Sci. Rev.* 51, 81–92 (2012).
- Arnaud, F. *et al.* Erosion under climate and human pressures: An alpine lake sediment perspective. *Quat. Sci. Rev.* 152, 1–18 (2016).
- Bajard, M. *et al.* Erosion record in Lake La Thuile sediments (Prealps, France): Evidence of montane landscape dynamics throughout the Holocene. *The Holocene* 26, 350–364 (2016).
- Crutzen, P. J. Geology of mankind. *Nature* 415, 23–23 (2002).
- Davtian, N., Ménot, G., Bard, E., Poulénard, J. & Podwojewski, P. Consideration of soil types for the calibration of molecular proxies for soil pH and temperature using global soil datasets and Vietnamese soil profiles. *Org. Geochem.* 101, 140–153 (2016).
- Debret, M. *et al.* North western Alps Holocene paleohydrology recorded by flooding activity in Lake Le Bourget, France. *Quat. Sci. Rev.* 29, 2185–2200 (2010).
- Dellinger M. *et al.*, Lithium isotopes in large rivers reveals the cannibalistic nature of modern continental weathering and erosion, *Earth Planet. Sci. Lett.* 401 : 359-372, (2014).
- Eglinton, T. I. et Eglinton, G. Molecular proxies for paleoclimatology. *Earth Planet. Sci. Lett.* 275, 1–16 (2008).
- Giguet-Covex, C. *et al.* Long livestock farming history and human landscape shaping revealed by lake sediment DNA. *Nat. Commun.* 5, (2014).
- Grafenstein, U. A Mid-European Decadal Isotope-Climate Record from 15,500 to 5000 Years B.P. *Science* 284, 1654–1657 (1999).
- Jenny, J.P., *et al.*, A 4D sedimentological approach to reconstructing the flood frequency and intensity of the Rhône River (Lake Bourget, NW European Alps). *J. of Paleolimnology*, 51, 469–483, (2014).
- Luck, G. W. *et al.* Quantifying the Contribution of Organisms to the Provision of Ecosystem Services. *BioSc.* 59, 223–235 (2009).
- Perga, M.-E. *et al.* A century of human-driven changes in the carbon dioxide concentration of lakes: 150 years of human impacts on lake CO<sub>2</sub>. *Glob. Biogeochem. Cycles* 30, 93–104 (2016).
- Richter, D. deB. et Mobley, M. L. Monitoring Earth's Critical Zone. *Science* 326, 1067–1068 (2009).
- Sabatier P *et al.*, Clay minerals and geochemistry record from Northwestern Mediterranean coastal lagoon sequence: implications for paleostorm reconstruction. *Sed Geol* 228:205–217, (2010).
- Sanchi, L. *et al.*, Environmental controls on paleo-pH at mid-latitudes: A case study from Central and Eastern Europe. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 417, 458–466 (2015).
- Steffen, W. *et al.* Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science* 347, 1259855–1259855 (2015).
- Syvitski, J. P. M. Impact of Humans on the Flux of Terrestrial Sediment to the Global Coastal Ocean. *Science* 308, 376–380 (2005).
- Wilhelm, B., *et al.*, 1.4 kyrs of flash flood events in the Southern European Alps : implications for extreme precipitation patterns and forcing over the north western Mediterranean area. *Quat. Res.*, 78, 1-12, (2012).
- Wirth S. B *et al.*, Holocene flood frequency across the Central Alps – solar forcing and evidence for variations in North Atlantic atmospheric circulation, *Quat. Sci. Rev.*, 80, 112–128, (2013).

**6. CANDIDAT RECHERCHE** : *Détailler en quelques lignes vos besoins et les qualités du candidat recherché...*

*Le, la candidat(e) recherché(e) devra avoir une licence et un master en géologie avec de bonnes connaissances en sédimentologie et géochimie. Il/elle devra présenter d'excellents résultats universitaires et une grande curiosité scientifique. Une expérience en géochimie isotopique sera grandement appréciée ainsi que des stages de recherche en sédimentologie lacustre. Une bonne maîtrise de l'anglais est également fortement souhaitée ainsi qu'une mobilité importante pour réaliser une partie des mesures isotopiques sur Paris dans le cadre du co-encadrement de la thèse.*

**7. FINANCEMENT DE LA THESE** : *Le contrat doctoral fixe une rémunération minimale, indexée sur l'évolution des rémunérations de la fonction publique : depuis le 1er février 2017, elle s'élève à **1768,55 euros** bruts mensuels pour une activité de recherche seule. Un avenant attributif d'une mission complémentaire d'enseignement est possible pour une durée de 2 ans. Sous réserve de la publication de l'arrêté fixant le taux de rémunération des heures complémentaires, la rémunération mensuelle sera de 220,80 euros bruts pour 64 heures ETD par année universitaire.*

**8. CONTACT :**

Nom prénom : Sabatier Pierre

Tél : 33 (0)4 79 75 88 67

Email : pierre.sabatier@univ-savoie.fr