

**DEMANDE D'ALLOCATION DE RECHERCHE DE L'ED SISEO**  
**Année universitaire 2017-2018**  
**SUJET DE THESE**

<p><b>1. LABORATOIRE</b></p> <p><i>Nom ou sigle : Laboratoire Chimie Moléculaire et Environnement</i> <i>Statut : EA</i></p>	<p><b>2. DIRECTION DE THÈSE</b></p> <p><i>Directeur de thèse (HDR) : NAFFRECHOUX E</i> <i>Codirecteur éventuel : GATEUILLE D</i></p>
<p><b>Laboratoire partenaire ou collaborations éventuels :</b></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 style="text-align: center;"><b>3. SUJET DE THÈSE</b></p> <p><b>Titre : Effet des changements globaux sur la dynamique des molécules xénobiotiques en moyenne montagne</b></p>	

#### 4. RESUME

(Français et Anglais)

##### Résumé :

Ce projet de recherche vise à caractériser les effets des changements globaux (climatiques, écologiques, anthropiques) sur la dynamique de polluants organiques dans les écosystèmes de moyenne montagne. Les xénobiotiques, émis par l'Homme en quantité croissante depuis le début de l'ère industrielle, impactent fortement l'environnement. En milieu montagneux particulièrement, les conditions météorologiques (basses températures, pluviométrie élevée, etc.) induisent des dépôts atmosphériques localement importants. Ces apports de polluants se font via des échanges complexes entre l'atmosphère, la végétation et les sols. Ces derniers jouent alors un rôle de réservoir en stockant les polluants pour des périodes variant de quelques jours à plusieurs centaines d'années. Les polluants peuvent y être dégradés ou réémis vers les eaux de surface et les eaux souterraines via l'érosion ou le lessivage. Cette dynamique complexe des polluants est fortement liée aux capacités de rétention des sols dont les propriétés sont vouées à varier avec les changements globaux actuels. Entre autre, l'évolution des couverts végétaux en moyenne montagne alpine, qu'elle soit due à l'élévation de la température, à l'apparition d'espèces invasives ou aux changements de pratiques anthropiques, génère une altération des sols et de leurs capacités de piégeage des polluants. Dans ce contexte, il apparaît nécessaire de comprendre l'impact des changements globaux sur la dynamique des xénobiotiques et de leur possible remise en circulation dans l'environnement. Pour cela, l'étude portera sur deux familles de composés (les hydrocarbures aromatiques polycycliques et les phtalates) couvrant une large gamme de propriétés physico-chimiques et ayant par conséquent des dynamiques environnementales différentes. Les flux et les stocks de polluants seront étudiés dans les différents compartiments de deux sites différant par leur couvert végétal. En combinant ces résultats à des scénarii d'évolution de la végétation alpine, l'étude permettra d'anticiper de potentiels changements du piégeage/relargage des polluants par les sols du massif alpin.

##### Abstract:

This PhD project aims at understanding the influence of global changes (climatic, ecologic, anthropic) on the environmental fate of pollutants within medium mountainous ecosystems. Increasing amounts of xenobiotic have been released by mankind into the environment since the beginning of the industrial era. Therefore, their impact to the environment has become a public concern. In mountainous ecosystems, weather conditions (low temperature, heavy rainfall, etc.) lead to locally significant atmospheric fallout. The supply of atmospheric pollutants to the vegetation and to the soils occurs through complex processes. Ultimately, contaminants end up in soils that act as buffer for periods ranging from a couple of days to hundreds of years. Once trapped in soils, pollutants can be degraded or transferred towards surface and underground waters through erosion and leaching. The relative significances of these processes are strongly related to the soil ability to trap organic compounds. This retention capacity is to vary with current global changes. Specifically, the evolution of the plant cover in medium mountain regions which may be due to the rise of the temperature, the occurrence of invasive species or the change in anthropic land uses, leads to soil degradation and to a decrease in their pollutant storage capacity. In this context, it is necessary to better understand the influence of global changes on the pollutant environmental fates and their potential remobilization. Accordingly, two groups of pollutants (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Phthalates) extending over a large range of physic-chemical properties have been selected to investigate contrasting environmental fates. Pollutant fluxes and stocks within and between all environmental compartments from two sampling sites varying by the plant covers will be quantified in order to fully constrain the dynamics of the two contaminant groups. Combining these results to the projected changes of alpine vegetation will allow to predict the potential changes in the trapping/remobilization of pollutants in soils.

## 5. PROJET DE RECHERCHE DETAILLE

L'objectif de cette action de recherche est de caractériser les effets des changements globaux (climatiques, écologiques, anthropiques) sur la dynamique de molécules xénobiotiques dans les écosystèmes de moyenne montagne alpine en climat tempéré.

En effet, l'activité humaine impacte durablement notre planète depuis le début de l'Anthropocène<sup>1</sup>, et entraîne une contamination continue de notre environnement, de plus en plus marquée depuis le milieu du XX<sup>ème</sup> siècle. L'ensemble des êtres vivants est ainsi exposé à une grande variété de molécules xénobiotiques. Ces molécules sont notamment émises dans l'air par volatilisation directe lors de leur utilisation ou leur stockage, ou dans des fumées de combustion. Elles peuvent ainsi contaminer les milieux très éloignés des sources par circulation atmosphérique globale, suivie de leur dépôt sur les surfaces continentales ou océaniques. Les écosystèmes de moyenne montagne alpine sont particulièrement impactés puisque relativement proches de zones urbaines et industrielles. Les conditions météorologiques, températures basses et précipitations abondantes, y favorisent l'accumulation des dépôts de l'atmosphère. Ils constituent des écosystèmes d'intérêt pour l'étude des modifications de la dynamique des polluants car leur sensibilité aux variations globales de la planète est importante (élévation plus sensible de la température moyenne de la zone alpine, modification importante du type de précipitations météorologiques, colonisation intense par des espèces invasives). Enfin, la moyenne montagne alpine correspond à un territoire utilisé par l'Homme pour de nombreux usages (agriculture, tourisme, ressources en eau, etc.) et nécessite donc un surcroît de vigilance de la part du milieu scientifique. Dans ce contexte, il s'agira plus précisément d'évaluer les variations de concentrations, stocks et flux de différents micropolluants organiques, toxiques à faible dose pour l'Homme, sous l'influence de modification des températures, des précipitations et de la végétation (en lien avec le climat, les espèces invasives, l'activité humaine).

Parmi les nombreuses molécules xénobiotiques auxquelles l'Homme est exposé, deux familles présentent un intérêt tout particulier : les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et les phtalates (PAE). En effet, ces molécules possèdent toutes un caractère toxique pour l'Homme aux concentrations dites « environnementales » dans l'eau ou l'air. Les hydrocarbures aromatiques polycycliques sont presque tous reconnus cancérigènes par l'IAARC et les phtalates sont supposés exercer un effet de perturbation du système endocrinien et jouer un rôle possible dans le développement du cancer chez l'Homme. Ces deux familles de composés ont des sources et des périodes d'émission distinctes. Les phtalates sont utilisés comme plastifiants depuis les années 1950 et sont essentiellement émis dans l'air en milieu urbain par volatilisation depuis les matériaux plastiques. Les HAP sont d'origine pétrolière (huiles, carburants, asphalte, goudron, etc.) ou issus de la combustion incomplète de toute matière carbonée (biomasse, charbon, essence, fioul, etc.). Leurs sources actuelles sont à peu près distribuées à part égale entre le chauffage domestique, le trafic routier et l'activité industrielle. Toutefois, en milieu alpin, certaines activités humaines historiques, telles que le charbonnage ou les activités minières, ont généré des quantités importantes de HAP dans les Alpes françaises depuis les années 1800.

Ces molécules xénobiotiques sont transférées par voie atmosphérique vers la végétation et les sols de montagne. Les dépôts sont dits humides lors du lessivage de l'air par les précipitations (pluie, neige), secs lors de la sédimentation des xénobiotiques adsorbés sur l'aérosol atmosphérique ou gazeux lors de l'adsorption des molécules sur les surfaces foliaires. Le climat (température, intensité et nature des précipitations) mais également la surface et le type de végétaux jouent donc un rôle prépondérant dans les flux transférés vers les sols. En particulier, les forêts jouent un « effet filtre » (Forest Filter Effect<sup>2</sup>) de l'atmosphère. Elles constituent des zones de moindre turbulence où les particules atmosphériques se déposent plus facilement. Leur feuillage représente aussi une surface d'échange gazeux 6 à 14 fois supérieure à celle d'un sol nu. La chute des feuilles, qu'elle soit liée au cycle naturel ou à la défoliation par des espèces invasives, induit le transfert des polluants vers les sols. La végétation conditionne aussi la capacité des sols à piéger les

<sup>1</sup> P.J. Crutzen, Geology of mankind, Nature, 415, p23, 2002

<sup>2</sup> E. Terzaghi et al, Forest Filter Effect: Role of leaves in capturing/releasing air particulate matter and its associated PAHs, Atmospheric Environment 74, 378–384, 2013  
Janvier 2018

xénobiotiques organiques les plus hydrophobes, qui présentent une forte affinité pour la matière organique. La présence du couvert arboré (et de son système racinaire) stabilise également les sols et limitent l'érosion des particules ayant adsorbé les contaminants<sup>3</sup>. Cette propension des sols à capter et stocker les polluants contribue à la préservation de la qualité des eaux de surface et des eaux souterraines.

Dans le contexte actuel de changements globaux, les flux de contaminants des sols vers les hydrosystèmes pourraient être fortement modifiés en moyenne montagne. D'un point de vue climatique, la hausse des températures, particulièrement marquée en milieu alpin, se traduit par une augmentation du nombre et de l'intensité des épisodes pluvieux au détriment des chutes de neiges. La diminution consécutive de l'épaisseur et de la persistance du manteau neigeux réduit les capacités de rétention de l'eau des sols et entraîne de plus longues périodes d'assèchement, avec des modifications possibles des espèces végétales. Les fluctuations de la température tendent aussi à changer les aires de répartitions des espèces végétales et animales, y-compris d'espèces invasives. Depuis quelques années se produisent des épisodes récurrents d'invasion de scolytes (parasites de l'épicéa) et de pyrales (parasites du buis) décimant directement (destruction des buxaias) ou indirectement (coupe sanitaire des pessières) les espèces arborées sur de grandes surfaces. Enfin, les changements d'usage des sols de moyenne montagne par l'homme constituent un troisième facteur de modification du couvert arboré. A l'échelle des bassins-versants, ces modifications des paysages se traduiront probablement par une modification des stocks de carbone<sup>4</sup> et donc de polluants organiques dans les sols et de leur dynamique dans les hydrosystèmes. L'effet filtre des forêts pourrait être diminué, l'augmentation des températures et la diminution de la teneur en eau des sols modifierait la volatilisation des stocks de xénobiotiques, l'érosion accrue des sols augmenterait les flux de particules contaminées vers les rivières, la diminution de la fraction organique du sol entraînerait une lixiviation accrue des polluants vers les eaux souterraines.

La thèse proposée vise donc à quantifier les phénomènes mis en jeu dans la dynamique des polluants organiques en milieu montagneux, afin d'anticiper l'évolution attendue dans un futur proche. Le choix des polluants s'est porté sur deux familles de xénobiotiques (HAP et PAE) dont la dangerosité pour l'homme est avérée. Ces deux groupes sont ubiquistes dans l'environnement et couvrent une large gamme de propriétés physico-chimiques (notamment en termes de solubilité dans l'eau et d'affinité pour la matière organique) qui conditionnent les processus mis en jeu dans leurs cycles biogéochimiques. De plus, ces deux familles présentent des dynamiques temporelles différentes puisque les PAE, contrairement aux HAP, sont des polluants relativement récents. L'étude portera sur deux sites : le bassin versant de la source de la Roche Saint-Alban et celui de la source de Saint-Saturnin. Ces sources sont actuellement exploitées par Grand Chambéry pour l'approvisionnement en eau potable, elles constituent des sites privilégiés pour l'étude de la remobilisation de polluants. Les deux bassins-versants sont situés à des distances similaires des sources de xénobiotiques (principalement l'agglomération chambérienne) mais diffèrent par leur occupation des sols. Ainsi le bassin de la Roche St-Alban présente un large couvert forestier tandis que celui de St-Saturnin est essentiellement prairial. Pour l'étude des flux et des stocks de polluants, une approche suivant des échelles emboîtées sera mise en place. Les flux seront suivis sur une parcelle représentative du bassin à un pas de temps fin pendant 2 ans (novembre 2018 à octobre 2020). En complément, une étude de la variabilité spatiale à l'échelle de l'ensemble du bassin sera effectuée à un pas de temps plus large. Les flux suivis comprendront les retombées atmosphériques, les apports par la végétation, l'érosion et les lixiviats de sols ainsi que les flux en sortie des réseaux karstiques. Les sols seront caractérisés selon plusieurs paramètres (teneurs et type de matière organique, quantité d'argile, etc.) afin de les relier aux stocks de polluants piégés. Au-delà d'un simple état des lieux de la contamination, la comparaison des deux sites permettra de mieux appréhender le rôle de la végétation dans la rétention des polluants à l'échelle du bassin. En combinant ces résultats à des scénarios d'évolution de la végétation alpine, l'étude permettra d'anticiper de potentiels changements dans le piégeage et la remobilisation des polluants.

<sup>3</sup> Nearing, M.A. et al., Modeling response of soil erosion and runoff to changes in precipitation and cover. CATENA 61, 131–154, 2005

<sup>4</sup>Schimel D. et al., Climatic, edaphic, and biotic controls over storage and turnover of carbon in soils, Global Biogeochemical Cycles 8, 279–293, 2012  
Janvier 2018

#### 6. CANDIDAT RECHERCHE :

Le candidat est titulaire d'un master en sciences de l'environnement et classé dans le premier quart de sa promotion de master 2. Il possède de solides connaissances en chimie de l'environnement et en analyse de traces de micropolluants. Il a déjà réalisé au moins un stage dans une structure publique ou privée de recherche en sciences de l'environnement. Il a un goût prononcé pour l'expérimentation scientifique en laboratoire et en terrain extérieur, maîtrise les outils statistiques pour l'exploitation des données d'analyses multiples et présente des bonnes capacités rédactionnelles.

**7. FINANCEMENT DE LA THESE :** *Le contrat doctoral fixe une rémunération principale, 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. Des heures d'enseignements peuvent être effectuées dans la limite de 64 heures équivalent TD par année universitaire **après autorisation du président de l'université** et rémunérées au taux fixé pour les travaux dirigés en vigueur. D'autres activités complémentaires au contrat doctoral sont prévues par l'article 5 du décret n° 2009-464 du 23 avril 2009 modifié. La durée totale des activités complémentaires aux activités de recherche confiées au doctorant dans le cadre du contrat doctoral ne peut excéder un sixième du temps de travail annuel.*

#### 8. CONTACT :

Nom prénom : GATEUILLE David / NAFFRECHOUX Emmanuel

Tél : +33 (4) 79 75 88 39 / +33 (4) 79 75 88 30

Email : [david.gateuille@univ-smb.fr](mailto:david.gateuille@univ-smb.fr) / [emmanuel.naffrechoux@univ-smb.fr](mailto:emmanuel.naffrechoux@univ-smb.fr)