

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

<p>1. LABORATOIRE</p> <p><i>Nom ou sigle :</i> Laboratoire de Chimie Moléculaire et Environnement (LCME) <i>Statut :</i> EA 1651</p>	<p>2. DIRECTION DE THÈSE</p> <p><i>Directeur de thèse :</i> Gateuille David <i>Codirecteurs HDR :</i> David Bernard et Naffrechoux Emmanuel</p>
<p>Domaine de compétences de l'ED SISEO :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Environnement <input checked="" type="checkbox"/> - Organisations <input type="checkbox"/> - Systèmes <input type="checkbox"/> 	<p>Collaborations éventuelles :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Office National des Forêts - Parc Naturel Régional des Bauges - Station Alpine Joseph Fourier - Lycée Agricole du Bocage - Laboratoire EDYTEM
<p>3. SUJET DE THÈSE</p> <p>Titre : Piégeage de polluants par les végétaux : études expérimentales et modélisation</p>	
<p>4. RESUME (Français et Anglais)</p> <p>Résumé :</p> <p>Cette thèse vise à établir un modèle numérique des transferts de polluants au sein des végétaux, intégrant les échanges aux interfaces végétal-sol et végétal-atmosphère. Le modèle sera élaboré pour des systèmes à l'équilibre (arbre à croissance faible) et dynamique (végétaux à forte croissance) sur la base d'équations issues de la littérature. Les mécanismes pris en compte sont le transfert foliaire (des polluants gazeux et particulaires atmosphériques) et le transfert racinaire (des polluants dissous dans la solution de sol). Cette modélisation utilisera les résultats expérimentaux obtenus sur des cultures de végétaux-modèles exposés à des teneurs "environnementales" de polluants présents dans les compartiments air et sol, dans plusieurs placettes localisées en zones urbaines, agricoles rurales et montagneuses (jardins d'altitude). Les travaux de modélisation numérique et d'analyses des teneurs en contaminants seront effectués au Laboratoire de Chimie Moléculaire et Environnement (LCME) de l'université Savoie Mont-Blanc (campus de Savoie-Technolac). Plusieurs types de contaminants (polluants organiques persistants, pesticides et métaux) et plusieurs types de végétaux (arborés et herbacés) seront étudiés afin d'appréhender les différences dans les voies de transfert. Les perspectives d'utilisation de ce travail doctoral sont nombreuses. Il permettra par exemple de mieux estimer les potentialités des végétaux pour la décontamination de l'air ou des sols. Il permettra aussi de modéliser les effets sur le piégeage et la mobilité des polluants à l'interface atmosphère-sols de l'évolution des couverts végétaux, notion particulièrement importante dans un contexte de changement climatique. In fine, cette modélisation servira à déterminer les conditions favorables à l'accumulation de polluants dans les végétaux pour la phytoremédiation et de connaître celles limitant l'exposition humaine aux polluants via l'alimentation végétale. L'ensemble de ces travaux s'inscrira dans une démarche collaborative avec des acteurs locaux (ONF, Station Alpine Joseph Fourier, PNR des Bauges, lycées agricoles et associations de maraîchage) et fera l'objet d'informations scientifiques et d'interventions pédagogiques auprès de ces publics en vue d'expliquer le rôle des végétaux dans les transferts de pollution.</p>	

Abstract :

This PhD project aims at modeling pollutant transfers within several varieties of vegetables and including contaminant exchanges at the plant interfaces with the soil and the atmosphere. This model will be built from previously published works and adapted to balanced systems (developed trees) and to dynamic systems (in growth vegetables). Processes that are to be considered include foliar transfers (gaseous and particulate atmospheric pollutants) and root transfers (pollutants dissolved in the soil aqueous phase). This model will be configured using experimental results from cultivated vegetables exposed to environmental contaminations and grown in contrasting spots (urban, agricultural, mountainous areas). The modeling and analytical works will be done at the Laboratory of Molecular Chemistry and Environment (LCME) – University Savoie-Mont-Blanc. Various contaminants (Persistent Organic Pollutants, pesticides, and metals) and several varieties of vegetables (tree and grass) will be studied in order to investigate the differences in the contaminant pathways. Numerous benefits are expected from this work. The model will be used to quantify the abilities of vegetables to trap and reduce the atmospheric pollution. It will provide knowledge about the extent of the different transfer processes and the influence of vegetation cover changes on the atmosphere-soil exchanges. Moreover, the model will allow determining the appropriate conditions to enhance pollutants removal by vegetation in phytoremediation processes and assessing the pollutant intakes through vegetable consumption. This work will be carried out in collaboration with local actors (National Forest Office, Alpine station Joseph Fourier, Bauges Regional Natural Park, and agricultural high school) and it will include both scientific and general public communications to explain the role of vegetation in environmental pollutant fluxes.

5. PROJET DE RECHERCHE DETAILLE

(2 pages environ)

Contexte :

La compréhension des processus de piégeage des polluants par les végétaux est un enjeu majeur de notre société. En effet, les végétaux constituent une ressource omniprésente de l'industrie agro-alimentaire, pharmaceutique et nutraceutique. L'accumulation des polluants en leur sein conditionne une part non négligeable de l'exposition de l'Homme aux contaminants. A l'échelle globale, la végétation est un élément essentiel de l'interface atmosphère - sol où elle joue un rôle primordial dans les transferts de contaminants d'un compartiment à l'autre (Horstmann et McLachlan, 1998 ; Terzaghi et al., 2013). Entre autre, la végétation modifie les valeurs de dépôts de polluants atmosphériques car elle présente une surface d'échange 6 à 14 fois supérieure à celle d'un sol nu. En enrichissant les sols en matière organique (Kalbitz, 2003), elle modifie aussi la capacité de stockage et de mobilisation de certains contaminants lors du lessivage des sols (Komprdová et al., 2016). La phytoremédiation, incluant les phénomènes de phytoextraction, phytodégradation et de phytovolatilisation, participe aussi au transfert et à la dissipation des polluants (Limmer et Burken, 2016). Néanmoins, les interactions entre contaminants et végétaux sont difficiles à appréhender dans leur ensemble car le nombre et la complexité des processus mis en jeu ne permettent pas une approche expérimentale simple. Aussi, l'approche numérique, visant à décomposer les échanges de polluants en quantifiant les processus un à un apparaît comme la plus pertinente. Plusieurs modèles d'accumulation de contaminants dans les végétaux destinés à la consommation ont été développés ces dernières années (Trapp, 2015). Ils sont particulièrement utiles pour quantifier les expositions humaines potentielles (Legind et Trapp, 2009) mais au vu des surfaces couvertes par ces végétaux, leur intérêt apparaît plus restreint lorsqu'on s'intéresse au rôle de la végétation dans les flux de polluants à une échelle plus globale. Dans ce contexte, il paraît nécessaire de développer des modèles numériques du même type pour des végétaux de type arboré (peuplier et épicéa) et herbacé (fabacées ou graminées).

Travaux attendus :

- Le doctorant développera des modèles numériques applicables aux essences arborées et herbacées. Une bibliographie exhaustive lui permettra de choisir parmi les travaux déjà effectués sur d'autres végétaux, les équations et paramètres les plus adaptés à ces essences. Une analyse de sensibilité des modèles sera effectuée afin de déterminer les paramètres ayant la plus grande influence.
- Ces modèles seront développés pour différents types de contaminants (hydrocarbures aromatiques polycycliques, phtalates, pesticides et métaux) présentant des solubilités et des volatilités différentes afin de comprendre l'influence des propriétés physico-chimiques des polluants sur les importances relatives de leurs voies d'entrées et de sorties des végétaux.
- Les modèles seront paramétrés et testés sur plusieurs végétaux mis en culture durant la thèse (en croissance rapide) ou déjà développés (en croissance lente). Le choix des sites de culture, détaillé ci-après, a été effectué en fonction des possibilités de partenariat avec des acteurs majeurs du maraîchage et de la foresterie et afin de représenter la variabilité régionale des teneurs environnementales en contaminants et des conditions climatiques.
- En plus de l'application du modèle, le doctorant sera responsable de la mesure des teneurs en polluants dans les différents compartiments environnementaux (atmosphère, sols, eau, végétaux). Les techniques de collectes des échantillons et de mesure des polluants (HPLC, GC-PDID et ICP-MS) ont déjà été développées au laboratoire.
- Après avoir validé les différentes étapes de la modélisation, le doctorant devra approfondir les implications environnementales de ses résultats en termes de transfert de polluants à l'interface atmosphère-sol en lien avec les perspectives décrites ci-après.
- Par ailleurs, ces travaux de thèse s'inscrivant dans de nombreuses collaborations avec des associations et des établissements d'enseignements locaux, il sera demandé au doctorant de participer à des événements locaux

de vulgarisation en plus d'une production scientifique internationale.

Choix des sites en lien avec les retombées attendues du projet:

De par le choix de sites d'études, les retombées des travaux de cette thèse seront multiples. La compréhension des processus de transferts de contaminants au sein des plantes et à l'interface atmosphère-sol ouvrent de nombreuses perspectives dans l'étude des flux de polluants et de leurs impacts dans l'environnement. Grâce à la comparaison des résultats obtenus sur les parcelles urbaines du lycée agricole de Chambéry et celles, plus rurales, situées dans le Parc Naturel Régional du massif des Bauges, ces travaux permettront de quantifier l'abatement de la pollution atmosphérique dû à la végétation. Cette problématique est majeure en région Auvergne-Rhône-Alpes touchée par des pics de pollution atmosphérique récurrents. Parallèlement, cette étude permettra de quantifier l'accumulation de polluants dans les végétaux, que ce soit des métaux dans une ancienne parcelle minière étudiée conjointement dans le cadre du projet EC2CO TRACES porté par EDYTEM, ou des pesticides dans une zone agricole en réhabilitation dans la peupleraie de Chautagne, en partenariat avec l'Office National des Forêts. Le lien entre ce travail doctoral et la santé est donc important puisqu'il amènera des informations utiles sur l'exposition humaine aux contaminants via l'alimentation.

Ces travaux permettront aussi de mieux comprendre le rôle de la végétation dans le transfert des polluants vers le sol. En particulier, les résultats obtenus à la station alpine Joseph Fourier et dans le Massif des Bauges sur plusieurs modèles végétaux permettront d'explorer l'influence du climat sur les transferts environnementaux de polluants. En effet, les conséquences du changement climatique sur la végétation peuvent prendre plusieurs formes comme la modification des pelouses alpines due à la dérive des températures (déjà étudiée sur ces sites), ou l'abattage de forêts suite à l'élargissement des aires de répartitions de certains parasites (scolyte de l'épicéa et pyrale du buis). La question du piégeage des polluants par les végétaux recoupe celle de la protection de la ressource en eau, puisque de nombreuses agglomérations (Grenoble, Chambéry, Vienne (AUT)) dépendent des ressources karstiques alpines pour leur alimentation en eau potable. Or, la végétation joue un rôle majeur dans la rétention des contaminants compte-tenu des faibles épaisseurs de sols traversés et de la forte perméabilité de ces aquifères (Perette et al., 2013).

Références :

- Horstmann, M., Mclachlan, M.S., 1998. Atmospheric deposition of semivolatile organic compounds to two forest canopies. *Atmospheric Environment* 32, 1799–1809.
- Kalbitz, K., 2003. Changes in properties of soil-derived dissolved organic matter induced by biodegradation. *Soil Biology and Biochemistry* 35, 1129–1142.
- Komprdová, K., Komprda, J., Menšík, L., Vaňková, L., Kulhavý, J., Nizzetto, L., 2016. The influence of tree species composition on the storage and mobility of semivolatile organic compounds in forest soils. *Science of The Total Environment* 553, 532–540.
- Legind, C.N., Trapp, S., 2009. Modeling the exposure of children and adults via diet to chemicals in the environment with crop-specific models. *Environmental Pollution* 157, 778–785.
- Limmer, M., Burken, J., 2016. Phytovolatilization of Organic Contaminants. *Environmental Science & Technology* 50, 6632–6643.
- Perrette, Y., Poulenard, J., Durand, A., Quiers, M., Malet, E., Fanget, B., Naffrechoux, E., 2013. Atmospheric sources and soil filtering of PAH content in karst seepage waters. *Organic Geochemistry* 65, 37–45.
- Terzaghi, E., Wild, E., Zacchello, G., Cerabolini, B.E.L., Jones, K.C., Di Guardo, A., 2013. Forest Filter Effect: Role of leaves in capturing/releasing air particulate matter and its associated PAHs. *Atmospheric Environment* 74, 378–384.
- Trapp, S., 2015. Calibration of a Plant Uptake Model with Plant- and Site-Specific Data for Uptake of Chlorinated Organic Compounds into Radish. *Environmental Science & Technology* 49, 395–402.

6. CANDIDAT RECHERCHE :

Cette thèse a un caractère résolument pluridisciplinaire et fait appel à de nombreux domaines scientifiques tels que la résolution numérique d'équations mathématiques, la science du sol, la biologie des végétaux vasculaires, les échanges de composés en zone racinaire, les transferts atmosphériques et la chimie des polluants. Une connaissance générale dans un nombre aussi grand que possible de ces domaines sera appréciée. Une expérience en programmation (notamment l'utilisation du logiciel R) est indispensable. Le candidat devra être capable de travailler en collaboration avec des chercheurs d'autres laboratoires de l'USMB (laboratoire EDYTEM notamment).

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 : Gateuille David

Tél : 04 79 75 88 39

Email : david.gateuille@univ-smb.fr