

Offre de Stage IPSL 2020

(soutenu par le programme EUR IPSL-*Climate Graduate School*)

Titre du sujet de stage : Développement et application des anhydrosucres comme traceurs de combustion de la biomasse

Description du sujet (1 page maximum) : De nos jours, des efforts croissants sont réalisés pour trouver des sources d'énergie alternatives aux combustibles fossiles, comme c'est le cas de la combustion de la biomasse. Cette dernière correspond à de la matière organique d'origine biologique (bois, algues, déchets animaux etc.). La combustion de la biomasse représente une source de particules atmosphériques, qui peuvent d'une part causer des problèmes de santé (irritation des yeux, du nez et de la gorge, infections respiratoires) et ont d'autre part une influence majeure sur le climat global. La combustion de la biomasse s'est accrue au cours du siècle dernier en lien avec les activités humaines¹, mais des événements de ce type ont également été mis en évidence à l'échelle des temps géologiques².

La biomasse du bois est principalement constituée de cellulose, d'hémicellulose et de lignine. Sa composition exacte dépend de multiples paramètres environnementaux, du type de biomasse (bois dur, bois tendre, herbe) et de l'espèce source³. Lors de la combustion, chaque plante libère des constituants organiques dont la composition est unique et spécifique. La combustion du bois génère plusieurs anhydrosucres : le lévoglucosane (1,6-anhydro- β -D-glucopyranose), issu de la pyrolyse de la cellulose, et des isomères de ce dernier, comme le galactosane et la mannosane, provenant de l'hémicellulose. Le rapport de l'abondance du lévoglucosane et du mannosane/galactosane peut permettre d'identifier précisément le type de biomasse brûlé.

L'étude de la combustion de la biomasse en milieu environnemental implique de nombreux outils, comme l'examen microscopique des particules de suie ou de charbon ou l'analyse de composés spécifiques tels que les hydrocarbures aromatiques polycycliques. Le lévoglucosane et ses isomères constituent par ailleurs des traceurs de choix pour la combustion de la biomasse. Ces composés sont en effet spécifiques (contenus uniquement dans la biomasse (hémi)cellulosique), stables chimiquement et analysables facilement au laboratoire³, par chromatographie gazeuse (GC) ou liquide (HPLC) couplée à la spectrométrie de masse (MS).

L'objectif de ce stage sera (i) de développer la méthode d'identification et de quantification du lévoglucosane et de ses isomères par GC et HPLC/MS puis (ii) de démontrer sa validité en l'appliquant à des échantillons naturels contraints et bien contextualisés, afin de quantifier et reconstruire les événements de feux de biomasse au cours du temps. Cette méthodologie pourra par la suite être appliquée à des matrices (paléo)environnementales variées (aérosols atmosphériques, archives sédimentaires, carottes de glace...) auxquelles s'intéressent la communauté IPSL, élargissant ainsi le domaine d'utilisation de ce traceur de feu de biomasse (e.g. identification des combustibles, détermination de l'intensité des feux de forêt etc.).

Dans un premier temps, nous utiliserons différents standards d'anhydrosucres pour optimiser les conditions d'analyse de ces composés par GC- et HPLC/MS. Le lévoglucosane et les autres sucres sont classiquement analysés par GC/MS, ce qui requiert cependant un travail de préparation chronophage (fractionnement, dérivatisation). L'HPLC/MS a été proposé comme une méthode d'analyse de ces composés plus rapide que la GC/MS⁴. Nous comparerons la sensibilité et la répétabilité/reproductibilité de la GC/MS et de l'HPLC/MS pour l'identification et la quantification des anhydrosucres.

Dans un second temps, la méthodologie précédemment développée sera appliquée à des échantillons naturels modernes et anciens. L'utilisation des anhydrosucres comme marqueurs de combustion de biomasse sera validée via l'analyse de sols provenant de foyers de feu expérimentaux d'Alaska, des Pyrénées⁵ et/ou de Seine et Marne et basés sur différents types de combustibles (bois, os). Les anhydrosucres devraient servir à identifier le type de combustible utilisé pour les feux, en lien avec les activités humaines. Ces composés seront par ailleurs étudiés dans des sédiments de carottes lacustres amazoniennes correspondant à des périodes contrastées, i.e. sèches (présence de feux) ou humides (peu ou pas de feux). Les anhydrosucres serviront dans ce cas de marqueurs paléoenvironnementaux.

Références:

1. Simoneit, B.R.T., 2002. Biomass burning – a review of organic tracers for smoke from incomplete combustion. *Applied Geochemistry* 17, 129-1623.
2. Elias, V.O., Simoneit, B.R.T., Cordeiro, R.C., Turcq, B., 2001. Evaluating levoglucosan as an indicator of biomass burning in Carajás, Amazonia: a comparison to the charcoal record. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 65, 267-272.
3. Janoszka, K., Czaplicka, M., 2019. Methods for the determination of levoglucosan and other sugar anhydrides as biomass burning tracers in environmental samples – a review. *Journal of Separation Science* 42, 319-329.
4. Hopmans, E.C., Lopes dos Santos, R., Meets, A., Sinninghe Damsté, J.S., Schouten, S., 2013. A novel method for the rapid analysis of levoglucosan in soils and sediments. *Organic Geochemistry* 58, 86-88.
5. Lejay, Mathieu, Marie Alexis, Katell Quénéa, Farid Sellami, and François Bon. 2016. Organic Signatures of Fireplaces: Experimental References for Archaeological Interpretations. *Organic Geochemistry* 99:67–77.

Résumé en anglais (5 lignes) :

Biomass burning can have a significant impact on vegetation, land and global climate. Burning events are recorded in sedimentary records and can be traced using specific markers such as levoglucosan, mannosan and galactosan - sugar anhydrides produced during burning of wood biomass. During this internship, we will implement and compare the methods of identification and quantification of anhydrosugars, which will then be applied to (paleo)environmental reconstructions using well-constrained soils and sediments.

Responsable du stage (Nom/prénom/statut) :

- METIS : Huguet Arnaud, CR CNRS HDR (arnaud.huguet@upmc.fr) ; Harrault Loïc, postdoctorant
- LOCEAN : Bouloubassi Ioanna, CR CNRS

Laboratoires concernés : UMR 7619 METIS

Equipe de recherche concernée (si pertinent) : Géochimie organique et minérale de l'environnement (METIS) ; Cycles biogéochimiques marins : processus et perturbations (LOCEAN)

Niveau du stage (Licence, M1, M2, internship) : M2

Licence ou Master(s) où sera proposé le sujet : Master climat (UVSQ), master géosciences Sorbonne Université, master chimie analytique Sorbonne Université

Thème scientifique de l'IPSL concerné : "Biogéochimie terrestre, écosystèmes et agriculture"

Durée du stage : 5 mois

Période : Février-juillet 2020

Est-il prévu une thèse dans le prolongement du stage ?

Non (la méthodologie développée pourra être appliquée dans le cadre d'une thèse)

Etudiant(e) visé(e) : Recherche actuelle d'un étudiant

Type de financement souhaité :

- Gratification de stage : 3 600 euros