



Journée scientifique METIS

Jeudi 15 novembre 2018

Centre de conférences SU

Tour 44, 1^{er} étage



PROGRAMME

09:00 **Accueil des participants**

09:30 – 10:50 **Session 1**

Catherine A. Davy *et al.* : Caractérisation du transport de fluide au travers de matériaux à porosité multi-échelle – du kilomètre au nanomètre

Noëlie Molbert *et al.* : Interactions hôte-parasite (chevesne-acanthocéphale) en milieux pollués : une voie de décontamination de l'hôte ?

Thomas Verbeke *et al.* : Modélisation des interactions sol-nappe dans le modèle ORCHIDEE

Louis Rouyer *et al.* : Isolement de biomarqueurs lipidiques par chromatographie liquide semi-préparative. Vers un nouvel outil de paléoclimatologie isotopique pour les tourbières est-africaines ?

10:50 – 11:15 **Poster blitz**

11:15 – 12:00 **Conférence invitée : Claire Magand**, Agence française pour la biodiversité
Actions de recherche soutenues par l'AFB sur les milieux aquatiques

12:00 – 14:00 **Déjeuner-posters**

14:00 – 14:45 **Conférence invitée : Yves Lévi**, Université Paris Sud
Progrès, limites et perspectives en santé environnementale

14:45 – 15:25 **Session 2**

Thomas Thiebault : Devenir des produits pharmaceutiques (et drogues illicites) dans les environnements anthropisés : observation et rétro-observation

Josette Garnier *et al.* : Trajectoires à long terme des émissions de gaz à effet de serre de l'agriculture française

15:25 – 15:40 **Pause café**

15:40 – 17:20 **Session 3**

Frédéric Delarue : Les biochars, une matière organique "réactive" ?

Goulven G. Laruelle *et al.* : Dynamique du carbone le long du réseau de la Seine: une approche couplée de modélisation estuaire/fleuve

Alexandre Thiebault *et al.* : Origine et composition de la matière organique le long de l'estuaire de Seine : apport de la caractérisation globale et structurale

Mohamed Saadi *et al.* : Étude de la sensibilité des paramètres d'un modèle "rural" sur des bassins versants urbanisés

Alexis Mainault *et al.* : La Lune et le peuplier

17:20 **Clôture de la journée et remise des prix du meilleur poster**



Journée scientifique, 15 novembre 2018

CONFERENCES INVITEES

Actions de recherche soutenues par l'Agence française pour la biodiversité sur les milieux aquatiques

Claire Magand **5**

Progrès, limites et perspectives en santé environnementale

Yves Lévi **6**

ORAUX

Caractérisation du transport de fluide au travers de matériaux porosité multi-échelle – du kilomètre au nanomètre Catherine A. Davy <i>et al.</i>	7
Les biochars, une matière organique "réactive" ? Frédéric Delarue	8
Trajectoires à long terme des émissions de gaz à effet de serre de l'agriculture française Josette Garnier <i>et al.</i>	9
Dynamique du carbone le long du réseau de la Seine : une approche couplée de modélisation estuaire/fleuve Goulven G. Laruelle <i>et al.</i>	10
La Lune et le peuplier Alexis Maineult <i>et al.</i>	11
Interactions hôte-parasite (chevesne-acanthocéphale) en milieux pollués : une voie de décontamination de l'hôte ? Noëlie Molbert <i>et al.</i>	12
Isolement de biomarqueurs lipidiques par chromatographie liquide semi-préparative Vers un nouvel outil de paléoclimatologie isotopique pour les tourbières est-africaines ? Louis Rouyer <i>et al.</i>	13
Étude de la sensibilité des paramètres d'un modèle "rural" sur des bassins versants urbanisés Mohamed Saadi <i>et al.</i>	14
Origine et composition de la matière organique le long de l'estuaire de Seine : apport de la caractérisation globale et structurale Alexandre Thibault <i>et al.</i>	15
Devenir des produits pharmaceutiques (et drogues illicites) dans les environnements anthropisés : observation et rétro-observation Thomas Thiebault	16
Modélisation des interactions sol-nappe dans le modèle ORCHIDEE Thomas Verbeke <i>et al.</i>	17

POSTERS

Contrôle de la production de matière organique dissoute dans les sols de toundra arctique Yannick Agnan <i>et al.</i>	18
Application of a silicone rubber passive sampling technique for monitoring dissolved phase concentrations of Semi Volatile Organic Compounds in the water of the Marne River basin Fabrice Alliot <i>et al.</i>	19
La diversité microbienne et les intégrons: des proxies génétiques pour évaluer l'impact de la pression anthropique à différentes échelles spatio-temporelles Thierry Berthe	20
Equipe-projet inter-département <i>GEOPROCESS</i> : suivi GEOphysique des PROCESsus hydrogéologiques et bio-géochimiques dans les Sols pollués Karim Bezzaouya <i>et al.</i>	21
Monitoring hydrosystems with CRITEX seismic experiments Ludovic Bodet <i>et al.</i>	23
Simulation expérimentale de synthèse de molécules prébiotiques dans la nébuleuse protosolaire Sylvie Derenne <i>et al.</i>	24
Pôle de modélisation et méthodes numériques Agnès Ducharne <i>et al.</i>	25
Prospection électrostatique : mesure de la résistivité électrique par méthode capacitive Sébastien Flageul <i>et al.</i>	26
Caractérisation de l'exposition aux perturbateurs endocriniens adsorbés sur les particules atmosphériques de différentes tailles granulométriques : approches chimique et biologique <i>in vitro</i> Diane Le Bayon <i>et al.</i>	27
Influence of the residence time of street trees and their soils on trace element contamination in Paris (France) Katell Quénéa <i>et al.</i>	29

Isolement de bactéries Gram négatives dans la Zone Atelier Alpes : un outil pour évaluer les acides gras 3-hydroxylés comme nouveaux marqueurs d'environnement en milieu continental Marina Seder Colomina <i>et al.</i>	30
Séparation d'hydrogramme à partir de données de chimie haute résolution Jose Manuel Tunqui <i>et al.</i>	31
Les acides gras hydroxylés d'origine bactérienne : applicabilité comme marqueurs de température et de pH dans des sols des Alpes françaises Pierre Véquaud <i>et al.</i>	32

Actions de recherche soutenues par l'AFB sur les milieux aquatiques

Claire Magand

Agence française pour la biodiversité

L'Agence française pour la biodiversité (AFB) exerce des missions d'appui à la mise en œuvre des politiques publiques dans les domaines de la connaissance, la préservation, la gestion et la restauration de la biodiversité des milieux terrestres, aquatiques et marins. Elle vient, sous la tutelle du Ministère en charge de l'environnement en appui aux acteurs publics mais travaille également en partenariat étroit avec les acteurs socio-économiques. Elle a aussi vocation à aller à la rencontre du public et mobilise également les citoyens autour d'actions en faveur de la biodiversité.

Le département de la recherche et de l'innovation de l'AFB oriente les priorités de recherche, soutient des programmes d'études et organise des appels à projets innovants en développant différents partenariats avec, à la fois, des organismes publics de recherche - Irstea, BRGM, Ineris, Inra, Ifremer, MNHN, ... et aussi avec des universités, des associations professionnelles têtes de réseaux, et des organismes de formation. Par exemple l'appel à projets « Micropolluants dans les eaux urbaines, innovations et changements de pratiques. »

L'AFB peut également piloter des expertises collectives en collaboration avec des organismes de recherche sur une thématique ayant un enjeu sociétal fort. Par exemple, une expertise récente est celle sur « l'impact cumulé des retenues d'eau » menée avec Irstea.

Les différents projets de recherche et expertises portant sur les milieux aquatiques ainsi que les orientations pour les années à venir seront présentés lors de cette intervention.

Progrès, limites et perspectives en santé environnementale

Yves Lévi

Université Paris Sud, Faculté de Pharmacie, Groupe Santé Publique – environnement, UMR « Écologie, systématique, évolution », CNRS, AgroParisTech, 92290 Chatenay-Malabry

La santé environnementale, qu'il importe de ne pas confondre avec la santé de l'environnement, s'est affirmée, depuis une quinzaine d'années, comme une préoccupation majeure par les plus grandes instances en charge de la santé humaine. L'affirmation du concept « One health », les développements autour du thème de « l'exposome », les développements de grandes études épidémiologiques montrent que la communauté scientifique et certains décideurs ont agi pour que s'améliore la connaissance sur les relations entre les dangers de l'environnement et les principales pathologies humaines. Les citoyens ont bien compris l'importance de cette problématique en prenant connaissance de nombreux épisodes sanitaires avérés. Par ailleurs, des pressions commerciales ou issues de lobbies cherchent à fausser la perception des citoyens dans leurs intérêts. Concevoir les problèmes ne suffit pas pour agir avec efficacité et c'est pourquoi l'expertise collective pour l'évaluation des risques est l'élément indispensable pour garantir l'objectivité et la neutralité des avis. Pour cela les experts doivent disposer des meilleures données en matière d'identification des dangers chimiques, biologiques et physiques (seuls et en combinaison), de la mesure des effets avec calcul de la relation dose-effets. Ces données doivent être complétées par la mesure des expositions pour pouvoir quantifier les risques et transmettre aux décideurs en charge de gérer l'acceptabilité et les mesures de gestion. La santé environnementale étant la résultante de très nombreux facteurs c'est une combinaison significative des efforts de recherche qui doit être promue associant chimie analytique, microbiologie, toxicologie, épidémiologie, sciences humaines sans que la pluridisciplinarité ne fasse peur. Les exemples des risques liés aux perturbateurs endocriniens ou aux résidus de médicaments dans l'environnement sont de très bons exemples en raison de la multiplicité des familles de dangers, de cibles, les faibles concentrations environnementales, les expositions chroniques et les impacts sanitaires à quantifier.

Caractérisation du transport de fluide au travers de matériaux à porosité multi-échelle - du kilomètre au nanomètre

Catherine A. Davy^{1,2}, Yang Song³, D. Troadec⁴, P. M. Adler²

¹ *Université de Lille, CNRS, ENSCL, Ecole Centrale de Lille, Université d'Artois, UMR UCCS, 59650 Villeneuve d'Ascq*

² *Sorbonne Université, CNRS, EPHE, UMR METIS, 75005 Paris*

³ *Changzhou Institute of Technology, Chang Zhou Gong Xue Yuan, Changzhou Shi 213000, Jiangsu Sheng, China*

⁴ *Institut d'Electronique, de Micro-Electronique et de Nanotechnologie (IEMN), UMR CNRS 8520, 59650 Villeneuve d'Ascq*

Cette contribution a pour objectif d'identifier et caractériser le réseau poreux multi-échelle de matériaux naturels ou anthropiques très finement poreux (argilite, béton), et de montrer comment leurs propriétés de transport de fluide (perméabilité) peut être prédite depuis la plus petite échelle de leur réseau poreux percolant (nanométrique ou à l'échelle de quelques dizaines de nm), jusqu'à l'échelle macroscopique (kilométrique). La collaboration entre P. M. Adler au METIS et C. A. Davy (UCCS UMR CNRS 8181, et Ecole Centrale de Lille) fait l'objet d'une délégation CNRS d'un an à mi-temps de C. A. Davy au METIS. Elle s'appuie sur les compétences en modélisation multi-échelle du transport de l'un et sur celles en caractérisation de la structure poreuse 3D multi-échelle de la seconde. En terme de caractérisation multi-échelle 3D de structures poreuses, des exemples seront donnés en micro-tomographie de rayons X, en FIB/MEB (Microscope Electronique à Balayage couplé à un faisceau d'ions focalisé), en TEM et STEM tomographique (Microscopie Electronique à Transmission à Balayage ou non).

Des extensions de cette collaboration à d'autres thématiques seront également évoquées (formulation de géopolymères notamment).

Les biochars, une matière organique "réactive" ?

Frédéric Delarue

Sorbonne Université, CNRS, EPHE, UMR METIS, 75005 Paris

Nouvel entrant au laboratoire METIS en tant que chargé de recherche CNRS, je vous exposerai mes différentes activités de recherche. La première partie de cet exposé consistera en une présentation (très) brève de mes activités passées et actuelles sur (i) l'impact d'un changement climatique simulé sur la dynamique de la matière organique de la tourbière du Forbonnet (Jura) et (ii) sur la vie primitive archéenne datée de 3,0 à 3,4 Ga dont les vestiges sont retrouvés sous forme de microfossiles carbonés. Dans un second temps, il sera question de mon projet de recherche en cours de développement au sein du laboratoire METIS. Ce projet vise à étudier la réactivité des biochars - produits de la pyrolyse de biomasses végétales utilisés pour amender les sols agricoles - dans un contexte de changement climatique. Ainsi, la seconde partie de cet exposé se focalisera sur la stabilité enzymatique des biochars et sur ses facteurs de contrôle (projet EC2CO : CHARBOZYM, soumis pour évaluation). Les objectifs de ce projet seront de :

- proposer un nouvel outil de détermination de la stabilité des biochars via des dégradations enzymatiques contrôlées en laboratoire ;
- de quantifier et qualifier la phase labile des biochars ;
- d'étudier les effets singuliers et interactifs de la température de pyrolyse et du précurseur organique sur la stabilité enzymatique.

Finalement, la dernière partie de cet exposé évoquera le projet ANR CHARWARMAS (soumis pour évaluation) dont l'objectif est d'étudier l'impact du changement climatique sur le cycle du C des sols amendés par les biochars. En effet, les bénéfices liés à l'amendement des sols par les biochars sont étroitement associés à une hausse des teneurs en eau des sols laquelle devrait être amoindrie en raison du changement climatique. Dans ce cadre, le projet CHARWARMAS propose de simuler une hausse moyenne des températures de l'air (expérimentation sur champs via l'utilisation d'open-top chambers, serre à toit ouvert) et la recrudescence des événements extrêmes chauds (cycles sécheresse-réhumectation) en chambre climatique sur des sols amendés. Si le suivi des émissions de CO₂ par les sols amendés constitue un élément clé de ce projet, l'essentiel des travaux proposés visera à caractériser les changements affectant la matière organique, les propriétés physico-chimiques des sols (teneurs en eau, pH et structure par exemple), la biodiversité, les biomasses végétales et la rhizosphère. A travers cette approche pluridisciplinaire, le projet CHARWARMAS questionnera également le rôle des biochars comme une solution viable pour permettre une gestion durable de la ressource "sols agricoles".

Trajectoires à long terme des émissions de gaz à effet de serre de l'agriculture française

Josette Garnier¹, Julia Le Noë¹, Audrey Marescaux¹, Alberto Sanz-Cobena², Luis Lassaletta², Marie Silvestre³, Vincent Thieu¹, Gilles Billen¹

¹ Sorbonne Université, CNRS, EPHE, UMR METIS, 75005 Paris

² Universidad Politécnica de Madrid, ETSI Agrónomos, 28040, Madrid, Espagne

³ Sorbonne Université, CNRS, FR3020 FIRE, 75005 Paris

La France est un pays traditionnellement agricole et aujourd'hui encore, c'est le premier producteur européen de céréales, les cultures représentant 40% de la surface agricole utile. C'est aussi un pays d'élevage avec 25% de la production européenne. L'agriculture du pays a profondément évolué après la seconde guerre mondiale, marquée par une transition socio-écologique majeure, avec une intensification rapide et une spécialisation dans un marché mondial ouvert, accompagnées de profonds changements environnementaux.

Afin d'analyser l'évolution des émissions des gaz à effet de serre (GES) agricoles sur le long terme (1852-2014), les facteurs d'émission de N₂O ont été déterminés sur la base d'une revue de la littérature et peuvent être exprimés en fonction de la fertilisation, de la température et de la pluviométrie. Les coefficients d'émission de CH₄ pour les principales catégories de bétail sont établis pour les émissions entériques et celles liées aux fumiers, en tenant compte des changements historiques des taux d'excrétion en fonction de l'évolution de la taille des animaux. Une estimation des émissions de CO₂ agricoles, rarement comptabilisées dans les émissions agricoles, a été effectuée en utilisant des coefficients issus de la littérature pour les principaux postes de consommation d'énergie (production d'engrais, travaux des champs, fabrication de machines et importation d'aliments pour animaux). Un facteur de mécanisation a été élaboré sur la base de la diminution du nombre des chevaux, de 1900 aux années 1980.

Alors que les émissions de gaz à effet de serre étaient d'environ 30 000 kt de CO₂éq. an⁻¹ en 1852, atteignant 52 000 kt CO₂éq. an⁻¹ en 1955, elles ont plus que doublé au cours des «Trente Glorieuses» (1950-1980) et ont atteint un pic d'environ 120 000 kt éq. CO₂. an⁻¹ au début des années 2000.

Pour la période 2010-2014, les émissions de gaz à effet de serre de l'agriculture française se sont stabilisées à environ 114 000 kt éq. CO₂. an⁻¹, réparties en 49% de méthane (CH₄), 22% en dioxyde de carbone CO₂ et en 28% d'oxyde nitreux (N₂O). Cette approche a été menée à une échelle régionale de 33 régions en France, caractérisées par une diversité d'agriculture en fonction des hydro-écorégions et des spécialisations agricoles des territoires.

L'exploration de scénarios contrastés à l'horizon 2040 suggère que seuls des changements profonds dans la structure du système agroalimentaire devraient permettre de réduire de moitié les émissions de GES du secteur agricole.

Dynamique du carbone le long du réseau de la Seine : une approche couplée de modélisation estuaire/fleuve

Goulven G. Laruelle, Audrey Marescaux, Vincent Thieu, Josette Garnier

Sorbonne Université, CNRS, EPHE, UMR METIS, 75005 Paris

Avec près de 800 GgC an⁻¹, la Seine est la rivière qui déverse le plus de carbone dans la Manche. Elle émet aussi plus de 500 Gg C par an dans l'atmosphère sous forme de CO₂ sur la totalité de son réseau hydrographique. Néanmoins, la contribution de l'estuaire dans ce dégazage de CO₂ est encore mal contrainte. Le couplage de deux modèles de transport réactif a donc été réalisé pour mieux comprendre la dynamique spatiale et temporelle du carbone, de l'oxygène et des nutriments tout le long de la Seine ainsi que pour quantifier le dégazage de CO₂ à l'interface air-eau. La partie estuarienne de la Seine est simulée par le modèle générique d'estuaire C-GEM (pour Carbon Generic Estuarine Model) alors que la partie fluviale, en amont de l'influence tidale (à Poses), est simulée par pyNuts-Riverstrahler. La comparaison de nos résultats à des observations pour l'année 2010 indique que les principales caractéristiques des cycles biogéochimiques du carbone, de l'azote, du phosphore, de la silice et de l'oxygène sont correctement reproduites par notre approche couplée. Nos simulations permettent alors de quantifier les contributions relatives des sections estuariennes et fluviales de la Seine au dégazage de CO₂ ainsi que d'identifier les processus contrôlant l'évolution du rapport entre le carbone organique et inorganique le long du réseau hydrographique.

La Lune et le peuplier

Alexis Maineult¹, Fernand Lopes², Dominique Gibert³,
Jean-Louis Le Mouél², Florence Nicollin³, Jean-Baptiste Boulé⁴

¹ Sorbonne Université, CNRS, EPHE, UMR METIS, 75005 Paris

² Institut de Physique du Globe de Paris, CNRS, Université Paris Diderot,
UMR IPGP, 75005 Paris

³ Université de Rennes 1, CNRS, UMR Géosciences Rennes, 35000 Rennes

⁴ Muséum national d'Histoire naturelle, CNRS, INSERM, UMR Structure et
Instabilité des Génomes, 75005 Paris

« I like to think that the moon is there even if I am not looking at it. » *Albert Einstein.*

Un peuplier (*populus nigra*), situé à Remungol (56500), a été instrumenté avec un dispositif de 24 électrodes en inox (6 cm de diamètre, insérées sur 5 mm dans l'aubier) durant plusieurs mois en 2003-2004. L'objectif était de suivre l'évolution du potentiel électrique mesuré entre chacune des électrodes et une électrode impolarisable de référence placée dans le sol, avec un pas d'échantillonnage de 1 point par minute. L'analyse des données a mis en évidence l'existence de variations journalières, qui ne sont d'ailleurs pas directement proportionnelles au flux de sève mesuré par ailleurs (Gibert *et al.*, Plant Science 171 : 572-584, 2006).

Nous avons ici réexaminé l'ensemble des données, pour rechercher d'éventuelles périodicités à plus long terme dans les signaux électriques. Pour cela, nous avons effectué une analyse SSA (« Singular Spectrum Analysis », e.g., Ghil *et al.*, Rev. Geophys. 40(1) : 1-41, 2002), méthode qui permet d'extraire de façon empirique des oscillations caractéristiques dans un signal temporel. Nous mettons ainsi en évidence, sur presque toutes les électrodes, l'existence d'une composante ayant une périodicité de $29,53 \pm 0.1$ jours. Nous arguons que cette période caractéristique doit correspondre à la période synodique de la Lune. Nous observons également une variation temporelle d'oscillations journalières et semi-journalières, avec une augmentation de leur enveloppe au printemps, ce qui semble en lien avec la montée de sève.

Interactions hôte-parasite (chevesne-acanthocéphale) en milieux pollués : une voie de décontamination de l'hôte ?

Noëlie Molbert¹, Fabrice Alliot¹, Vincent Médoc^{2,3}, Jean-Marie Mouchel¹, Aurélie Goutte¹

¹ Sorbonne Université, CNRS, EPHE, UMR METIS, 75005 Paris

² Sorbonne Université, CNRS, INRA, IRD... UMR IEEES, 75005 Paris

³ Université Jean Monnet, CNRS, UMR ENES, 42100 Saint-Etienne

En contexte naturel, les organismes aquatiques sont exposés à de multiples facteurs de stress, tels que la pollution et le parasitisme, pouvant agir indépendamment ou entrer en interactions et moduler la réponse des organismes exposés (synergisme, antagonisme). L'effet combiné du parasitisme et de la pollution suscite un intérêt croissant en écotoxicologie, étant donné l'omniprésence et l'importance des parasites dans les écosystèmes d'eau douce. Contrairement aux métaux lourds, peu d'études se sont intéressées à l'accumulation de polluants organiques dans les parasites malgré leur ubiquité, leur rejet chronique et la toxicité de leurs produits de dégradation. Les effets de la pollution organique et du parasitisme sur les organismes sauvages ont été examinés chez un poisson d'eau douce, le chevesne *Squalius cephalus*, naturellement infecté par un parasite intestinal *Pomphorhynchus laevis*. Des poissons parasités (N=74) et non parasités (N=55) ont été capturés *via* des opérations de pêches électriques réalisées dans la Marne et ses affluents en septembre 2016. Les niveaux de contamination de plusieurs familles de polluants persistants (polychlorobiphényles (PCBs), pesticides organochlorés (OCPs), polybromodiphényléthers (PBDEs)) et métabolisables (hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAPs), phtalates, pesticides pyréthrinoïdes) ainsi que leurs métabolites, ont été quantifiés dans les tissus des hôtes (muscle, foie et contenu stomacal) et des parasites. Sept biomarqueurs ont été utilisés afin d'évaluer l'état de santé des poissons. Aucune différence d'imprégnation en polluants organiques n'a été observée entre les chevesnes parasités et non parasités. Les plus fortes teneurs en HAPs et phtalates ont été mesurées dans les tissus des parasites ($[C_{[P.laevius]} / C_{[tissu\ chevesne]}] > 1$). Les niveaux d'imprégnation en HAPs les plus élevés ont été détectés, par ordre décroissant, dans les parasites (Médiane [Min ; Max], en $ng \cdot g^{-1}$ de poids sec (PS), 1922 [875.64 ; 9779.30]), suivis des contenus stomacaux (591.80 [321.28 ; 1714.17]), les foies et dans une moindre mesure, les muscles (6.74 [0.89 ; 147.76]) avec des teneurs jusqu'à 5000 fois plus élevées dans les parasites que dans les muscles des chevesnes. Une bioaccumulation plus importante de ces micropolluants ainsi que leur moindre métabolisation et excrétion dans les parasites pourraient expliquer ces résultats. Peu de biomarqueurs semblent être impactés par l'exposition aux contaminants et la présence de parasites. Étudiés séparément, les dommages oxydatifs et la capacité anti-oxydante n'étaient pas influencés par la présence de parasites. Cependant, leur ratio (= stress oxydant) était significativement plus bas chez les poissons parasités ($p < 0.05$). Nos résultats suggèrent un potentiel bénéfique pour les hôtes à être parasités en milieux pollués à travers (1) un transfert de micropolluants organiques de l'hôte vers les parasites et (2) une diminution du stress oxydant permettant aux chevesnes de maintenir leur intégrité physiologique. Toutefois, l'existence d'effets confondants ainsi que la variabilité associée aux études de terrain compliquent l'établissement d'un lien de causalité. Une approche expérimentale sera menée pour valider cette décontamination de l'hôte par les vers acanthocéphales et étudier les potentiels bénéfiques pour les chevesnes *via* l'utilisation de biomarqueurs appropriés renseignant sur l'état de santé des hôtes (stress oxydant, immunité, état corporel, microbiote intestinal).

**Isolement de biomarqueurs lipidiques
par chromatographie liquide semi-préparative.
Vers un nouvel outil de paléoclimatologie isotopique
pour les tourbières est-africaines ?**

Louis Rouyer¹, Thanh Thuy Nguyen Tu¹, Christelle Anquetil¹,
Fabrice Alliot¹, Mercedes Mendez-Millan², Arnaud Huguet¹

¹ Sorbonne Université, CNRS, EPHE, UMR METIS, 75005 Paris

² Sorbonne Université, CNRS, IRD, MNHN, UMR LOCEAN, 93140 Bondy

Les teneurs en isotopes stables (D/H, ¹³C/¹²C, ...) de la matière organique (MO) naturellement présente dans les environnements actuels et passés peuvent aider à reconstituer ses processus de transformation, sa dynamique ou encore les variations environnementales passées. Par ailleurs, il est établi que la structure moléculaire de la MO joue un rôle fondamental sur ses transformations dans l'environnement. Ainsi, les sucres sont réputés plus facilement dégradables que les lipides qui présentent un potentiel de préservation relativement élevé. Toutefois, la dynamique des différentes familles moléculaires constituant la MO est encore mal connue, car l'analyse isotopique spécifique de nombreuses familles moléculaires demeure un défi analytique. En effet, de telles analyses requièrent de disposer de fractions purifiées ou de molécules isolées.

Ce projet a donc consisté à développer une nouvelle méthode d'isolement de lipides légèrement polaires par chromatographie liquide préparative (LC prep.) en vue de leur analyse isotopique spécifique. Cette nouvelle méthode a été appliquée à des 5-*n*-alkylrésorcinol, biomarqueurs de plantes aquatiques de la famille des Cypéacées dans les tourbières est-africaines. Cette séparation a permis de déterminer la teneur en ¹³C de ces composés spécifiques sur les 4 000 ans d'enregistrement de la tourbière de Kyambangunguru en Tanzanie. Ces mesures ont été réalisées par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse de rapports isotopiques (GC-C-IRMS). Elles ont montré que selon la longueur de leur chaîne alkyle, les 5-*n*-alkylrésorcinol étaient produits par des Cypéacées utilisant différentes voies photosynthétiques : en C₃ pour les chaînes à 27 atomes de carbone ou plus, tandis que les chaînes plus courtes pouvaient être également produites par les Cypéacées en C₄. De plus, la composition isotopique de ces 5-*n*-alkylrésorcinol spécifiques montre des variations en accord avec les variations paléoenvironnementales déjà documentées par d'autres méthodes (palynologie, sédimentologie, géochimie organique) sur les derniers 4 000 ans dans la région de Kyambangunguru : succession de phases lac (1800 ans), tourbière (1000 ans) puis alternances saisonnières lac-tourbière (derniers 1400 ans) ¹.

Cette nouvelle approche combinant isolement de biomarqueur par LC-prep. et leur analyse par GC-C-IRMS s'avère donc prometteuse pour aider à reconstituer les variations paléoclimatiques à partir d'analyses spécifiques de constituants de la matière organique.

1. Coffinet S., Huguet A., Bergonizini L., Pedentchouk N., Williamson D., Anquetil A., Galka M., Kolaczek P., Karpinska-Kolaczek P., Majule A., Laggoun-Défarge F., Wagner T., Derenne S., 2018. Impact of climate change on the ecology of the Kyambangunguru crater marsh in southwestern Tanzania during the Late Holocene. *Quaternary Science Reviews* 196, 100-117.

Étude de la sensibilité des paramètres d'un modèle "rural" sur des bassins versants urbanisés

Mohamed Saadi, Ludovic Oudin, Pierre Ribstein

Sorbonne Université, CNRS, EPHE, UMR METIS, 75005, Paris

En hydrologie urbaine, plusieurs modèles peuvent être utilisés pour représenter les processus hydrologiques en milieu urbain. Ces modèles sont développés suivant plusieurs approches en fonction de l'objectif de modélisation, de l'échelle spatio-temporelle et de la disponibilité des données hydroclimatiques et spatiales. Dans un objectif de quantification de l'impact de l'urbanisation à l'échelle du bassin versant, nous proposons de développer un outil parcimonieux et généralisable à partir d'une structure de modèle non-dédié au contexte urbanisé. Dans un premier temps, nous analysons la structure de départ et la sensibilité des paramètres qu'elle contient à la présence de surfaces urbaines dans le bassin versant. Pour ce faire, un échantillon de 365 bassins versants français et américains a été construit. Le modèle a été calé sur deux périodes pour chaque bassin versant, donnant 730 couples bassin-période pour lesquels la fraction du couvert urbain dans le bassin a été déterminée. L'analyse de la sensibilité des paramètres du modèle hydrologique par rapport à cette fraction ainsi que d'autres indicateurs hydrologiques a été effectuée et ce, pour une sélection de 416 couples bassin-période, homogènes en surface. Tout en considérant les limites de l'approche utilisée, les résultats ont montré que les paramètres et les indicateurs liés à la dynamique de la réponse du bassin versant étaient ceux pour lesquels on observe la plus grande différence entre un échantillon de bassins versants fortement urbanisés et un échantillon de bassins versants faiblement urbanisés.

Origine et composition de la matière organique le long de l'estuaire de Seine : apport de la caractérisation globale et structurale

Alexandre Thibault¹, Arnaud Huguet¹, Christelle Anquetil¹,
Mahaut Sourzac², Edith Parlanti², Sylvie Derenne¹

¹ Sorbonne Université, CNRS, EPHE, UMR METIS, 75005 Paris

² Université de Bordeaux, CNRS, EPHE, UMR EPOC, 33400, Talence

La matière organique (MO) dans les systèmes aquatiques joue un rôle important sur la qualité de l'eau et sur les différents processus biogéochimiques s'y déroulant. Il est donc essentiel de pouvoir caractériser cette MO, notamment dans les estuaires où elle subit de nombreuses transformations lors de son transport du continent vers l'océan. Toutefois, les estuaires sont des environnements où la caractérisation de la MO est complexe en raison de leurs spécificités (fortes variations de la salinité, de la turbidité etc...) mais également de la diversité de composition de la MO (i.e. un assemblage de milliers de molécules). En milieu aquatique, la MO peut être séparée en deux types ou compartiments par filtration : la MO dissoute (MOD) n'étant pas retenue par le filtre, alors que la MO particulaire (MOP) l'est. La MO sédimentaire représente un compartiment distinct des deux autres. A cause de sa complexité, la MO dans les estuaires n'a été que peu caractérisée au niveau moléculaire, et notamment la MOD, en raison de ses faibles concentrations dans les estuaires (quelques mg/L) associées à de fortes teneurs en sels (plusieurs g/L). Avant de caractériser la MOD, il est nécessaire de l'isoler, afin de pouvoir étudier sa composition avec les mêmes outils que la MOP et la MO sédimentaire.

L'objectif de cette étude est de caractériser la MO de l'estuaire de Seine dans l'ensemble de ses compartiments (MOD, MOP et MO sédimentaire) afin d'en déduire leurs sources, mais également leurs différences ainsi que la variabilité spatio-temporelle des propriétés de la MO. Pour cela, 5 campagnes de prélèvements ont été réalisées entre janvier 2015 et avril 2016 dans des conditions hydrologiques et climatiques contrastées et couvrant l'ensemble de l'estuaire. Des prélèvements d'eau (100L) ont été réalisés et filtrés pour obtenir la MOD et la MOP. De plus, des carottes de sédiments de 10 cm ont été prélevées le long de l'estuaire. Les trois compartiments de la MO ont été caractérisés au niveau global (rapport C/N et isotopie du carbone) et au niveau structural (résonance magnétique nucléaire du ¹³C).

La combinaison de ces caractérisations chimiques a démontré que la MO de l'estuaire de Seine est issue d'un mélange de MO terrigène (i.e. issue des sols ou des végétaux terrestres) et aquatique (i.e. produite au sein de la colonne d'eau). La MOD est enrichie en MO aquatique dégradée (riche en carbohydrates, protéines et avec un fort C/N) alors que la MOP et la MO sédimentaire sont enrichies en MO terrigène (riche en lignine et avec un C/N plus faible). Toutefois, en période estivale, la MOP semble plus dériver de sources aquatiques. Les propriétés de la MO sédimentaire sont affectées par les conditions hydrodynamiques du milieu : une MO sédimentaire plus récente et aquatique est déposée lors des faibles marées, alors que pendant les fortes marées, la MO sédimentaire est appauvrie en MO récente par érosion et remise en suspension. Enfin, le long de l'estuaire de Seine, l'ensemble des compartiments de la MO s'enrichit en MO aquatique marine. L'âge de la MOD diminue également vers l'aval, alors que l'âge de la MOP est récent tout le long de l'estuaire. Ceci pourrait être causé par un apport de MOD marine, enrichie en molécules réfractaires très âgées.

Devenir des produits pharmaceutiques (et drogues illicites) dans les environnements anthropisés : observation et rétro-observation

Thomas Thiebault

Sorbonne Université, CNRS, EPHE, UMR METIS, 75005, Paris

Les produits pharmaceutiques et les drogues illicites sont considérés comme des contaminants émergents, entendu que leur devenir et leur toxicité potentielle sont mal connus. Ces contaminants sont majoritairement générés par la consommation/excrétion, et transférés par les eaux résiduaires urbaines. De nombreuses études ont montrées qu'il était possible d'évaluer les niveaux de consommation de ces produits sur la base de leurs concentrations dans les eaux usées. A l'inverse, peu d'études se sont intéressées à leur devenir dans les milieux naturels, et notamment à leur archivage dans les colonnes sédimentaires.

Or, si le suivi en temps réel permet d'évaluer le niveau de consommation en simultané, il est permis de croire que le suivi des teneurs dans les archives sédimentaires peut permettre de reconstituer l'évolution des consommations à l'échelle de plusieurs décennies, notamment depuis l'après-guerre (explosion du nombre de composés synthétiques utilisés en médecine par exemple). Pour comprendre de manière aussi précise que possible les évolutions temporelles des teneurs en contaminants, il est nécessaire d'évaluer les différents forçages qui s'appliquent sur l'archivage de ces composés. Parmi ceux-ci, on peut identifier tout d'abord le niveau de consommation sur le bassin-versant, tel qu'attesté par les données de vente en officine ou en milieu hospitalier. La connaissance de l'historique de la gestion des eaux résiduaires sur le bassin versant est également importante, attendu que la géographie des points de rejets peut affecter les teneurs observées au point de prélèvement. Enfin, la composition du sédiment est un paramètre rarement pris en compte dans la lecture des profils de teneurs, or, en fonction de la chimie du contaminant étudié, ce dernier peut présenter des affinités variables pour les surfaces minérales et organiques. Ainsi, la prise en compte des interactions organo-minérales dans l'archivage des composés apparaît comme un paramètre pertinent dans le but de déconvoluer l'évolution des teneurs brutes.

On se propose donc dans le cadre de ce séminaire de faire le point sur les connaissances actuelles sur l'archivage des contaminants organiques émergents dans les archives sédimentaires et de proposer quelques pistes de réflexion pour les projets futurs.

Modélisation des interactions sol-nappe dans le modèle ORCHIDEE

Thomas Verbeke¹, Agnès Ducharne¹, Ardalan Tootchifatidehi¹, Anne Jost¹, Josefine Ghattas²

¹ Sorbonne Université, CNRS, EPHE, UMR METIS, 75005 Paris

² CNRS, CEA, Université Versailles-Saint-Quentin, IPSL, UMR LSCE, 75005 Paris

La dynamique des nappes d'eaux souterraines est couplée avec les facteurs météorologiques à l'interface entre la surface continentale et l'atmosphère. Le climat, qui gouverne majoritairement l'évolution des nappes, peut être également influencé par ces dernières, selon les propriétés de l'interface sol-atmosphère. En effet, lorsque les nappes souterraines sont proches de la surface, les flux d'évapotranspiration sont substantiellement alimentés en eau, ce qui peut par exemple causer une humidité de l'air accrue, réduire la température de surface et modifier les précipitations. La représentation de ce couplage dynamique au sein d'un modèle de climat doit permettre d'en quantifier l'intensité et la variabilité dans le temps et l'espace, et de caractériser l'impact potentiel des eaux souterraines sur le climat.

La plate-forme climatique de l'IPSL comporte plusieurs composantes dont le modèle de surface continentale ORCHIDEE. Ce dernier a notamment pour objectif de représenter les processus écophysologiques et hydrologiques de manière semi-explicite. Dans le cadre du projet ANR IGEM (Impact of Groundwater in Earth system Models), nous proposons une nouvelle version du modèle ORCHIDEE visant à décrire le battement de la nappe dans les zones ripariennes où la nappe est peu profonde et donc susceptible d'influencer l'évapotranspiration. Il s'agit d'abord de séparer chaque maille du domaine continental en deux fractions aux caractéristiques hydrologiques distinctes : une fraction potentiellement humide correspondant aux fonds de vallées connectés à une rivière et une fraction qui représente la partie amont qui alimente la première via la convergence des eaux souterraines et superficielles. Le principal défi est ainsi d'intégrer les principaux mécanismes de la morphologie complexe d'un bassin versant au sein de mailles continentales où l'hydrologie est représentée à l'échelle 1D au sein d'une colonne de sol.

Nous décrivons la méthodologie et les formulations apportées dans les modules de routage et d'hydrologie existant dans ORCHIDEE, en insistant sur les difficultés rencontrées pour quantifier l'interaction nappe/rivière à travers le débit de base. Nous présenterons ensuite les premiers résultats de simulations obtenus avec cette nouvelle version ORCHIDEE-GW au sein du bassin de la Seine.

Contrôle de la production de matière organique dissoute dans les sols de toundra arctique

Yannick Agnan¹, Marie A. Alexis¹, Alice Kohli^{1,2}, Edith Parlanti³, Sylvie Derenne¹,
Christelle Anquetil¹, Daniel Obrist⁴, Maryse Castrec-Rouelle¹

¹ Sorbonne Université, CNRS, EPHE, UMR METIS, 75005 Paris

² AgroCampus Ouest, UP EPHor, 49000, Angers

³ Université de Bordeaux, CNRS, EPHE, UMR EPOC, 33400, Talence

⁴ Department of Environmental, Earth, and Atmospheric Sciences, University of Massachusetts, Lowell, MA 01854, USA

Le réchauffement en Arctique et le dégel progressif du pergélisol, favorisant un épaissement de la couche active, ont pour conséquence d'activer les cycles biogéochimiques et d'induire une remontée vers le Nord de la zone de transition toundra/taïga. Il en résulte une modification quantitative et qualitative de la matière organique qui était, jusque-là, largement protégée de la décomposition. Elle devient donc sensible à une dégradation, permettant sa mobilisation. La matière organique dissoute (MOD) des sols est une fraction particulièrement dynamique de la matière organique des sols (MOS), qui joue un rôle important dans les transferts de carbone, mais aussi comme vecteur d'autres éléments entre le sol et les réseaux hydrographiques. La nature moléculaire de cette MOD est centrale pour un grand nombre de processus biogéochimiques (décomposition, complexation, précipitation ou transfert en phase dissoute). L'objectif de ce travail est d'estimer quel peut être l'impact du changement climatique actuel en Arctique sur les quantités et les propriétés de la MOD produite.

Pour cela, nous avons comparé les sols collectés lors de deux précédents projets et issus de deux sites : la station scientifique d'Abisko (en Suède) et la station scientifique de Toolik (en Alaska, USA). Ces deux sites présentent plusieurs points communs (latitude et écosystème identiques), mais ont des températures moyennes annuelles différentes (respectivement $-0,8$ °C et $-8,0$ °C) et en conséquence, différents pergélisols (respectivement discontinu et continu). Pour chaque site, 7 échantillons d'horizons organiques de sols ont été caractérisés (C, N, ^{13}C RMN) et, dans le but de mimer la MOD, la fraction extractible (CaCl_2 0,25 mM) a été quantifiée (DOC, DN) et caractérisée (spectroscopie UV et fluorescence 3D).

Nos résultats ont montré que :

- Des différences de composition (C/N et ^{13}C RMN) ont pu être observées entre les MOS d'Abisko et Toolik, pouvant refléter : (1) différents degrés de décomposition ou (2) différentes qualités des MO végétales de chaque site (proportion de différentes espèces) à l'origine de cette MOS ;
- La composition de la MOD ne semble pas significativement différente entre les deux sites ;
- L'hétérogénéité intra-site est supérieure à l'hétérogénéité inter-site, ce qui pourrait refléter l'importance des conditions locales (espèces végétales dominantes) dans la composition de la MOD ;
- Les compositions chimiques de la MOS et de la MOD semblent liées par des relations différentes selon le site étudié, illustrant probablement différents processus biogéochimiques contrôlant la production de MOD.

**Application of a silicone rubber passive sampling technique
for monitoring dissolved phase concentrations of
Semi Volatile Organic Compounds in the water of the Marne River basin**

Fabrice Alliot, Marc Chevreuil, Aurélie Goutte

Sorbonne Université, CNRS, EPHE, UMR METIS, 75005 Paris

La surveillance des composés organiques semi-volatils (COSV) en phase dissoute est essentielle pour comprendre leur transport et leur devenir dans les milieux aquatiques, ainsi que l'exposition des organismes aquatiques. Cependant, la phase dissoute est difficile à mesurer avec les méthodes d'échantillonnage actif traditionnelles et ne représente que l'état chimique à un moment donné.

Objectifs :

- Utiliser du silicone comme échantillonneur passif pour quantifier les traces de COSV (avec un log Kow compris entre 3 et 8) en phase dissoute.
- Développer et valider une méthode multi-résidus pour analyser différentes familles de COSV.
- Présenter la différence de contamination dans la Marne entre deux sites contrastés.

La diversité microbienne et les intégrons : des proxys génétiques pour évaluer l'impact de la pression anthropique à différentes échelles spatio-temporelles

Thierry Berthe ^{1,2}

¹ Université de Rouen, CNRS, UMR M2C, 76130 Mont-Saint-Aignan

² Sorbonne Université, CNRS, EPHE, UMR METIS, 75005 Paris

Ces recherches concernent la relation entre d'une part la contamination d'un milieu, et d'autre part la diversité microbienne et les supports génétiques de résistance à ces contaminants (résistome). L'objectif est de proposer, parmi ces deux paramètres (diversité spécifique ou résistome), un proxy pour estimer l'effet de la contamination d'un milieu sur le biota, et ceci à différentes échelles de temps et/ou d'espace.

Dans cette démarche, la diversité spécifique des communautés microbiennes a été étudiée après séquençage de l'ADNr 16S, ou des ADNc obtenus à partir de l'ARNr 16S pour les communautés métaboliquement actives. Les supports génétiques ciblés au sein du (méta)génomme des communautés microbiennes sont ceux associés à la résistance bactérienne (résistome): i) les intégrons cliniques, vecteurs majeurs dans l'acquisition de la multi-résistance aux antibiotiques, b) les intégrons environnementaux impliqués dans l'adaptation des communautés microbiennes aux contaminants chimiques, et c) des gènes spécifiques conférant une résistance à un contaminant donné (résistance à des métaux traces par exemple). D'un point de vue méthodologique, les approches d'écologie moléculaire développées ont permis d'étudier la diversité des gènes d'intérêt par séquençage haut débit (metabarcoding) et/ou d'évaluer leur abondance par qPCR.

Cette démarche a été développée dans des archives sédimentaires et les sédiments de surface, ou des biofilms aquatiques, car ce sont des environnements où les contaminants organiques et métalliques peuvent s'accumuler (et donc exercer une pression de sélection sur les communautés microbiennes), mais également des matrices où des densités bactériennes élevées observées sont potentiellement favorables aux transferts de gènes entre différentes espèces (transferts horizontaux). Les résultats présentés illustreront l'application de cette démarche à différentes échelles de temps (archive sédimentaire en estuaire de Seine) ou d'espace (continuum présentant un gradient d'anthropisation, le bassin versant de l'Orge).

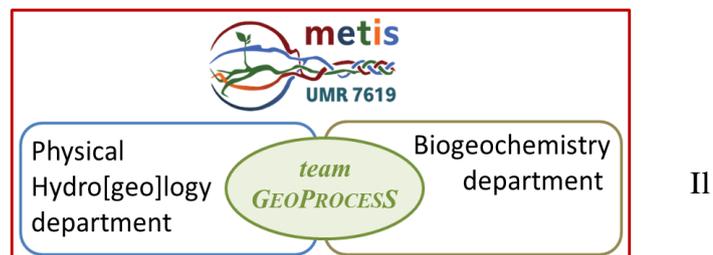
Equipe-projet inter-département **GEOPROCESS**: suivi GÉOphysique des PROCESSus hydrogéologiques et bio-géochimiques dans les Sols pollués

Karim Bezzaouya, Ludovic Bodet, Sylvie Collin, Elodie Guigon,
Damien Jougnot, Katell Quenea, Julien Thiesson

Sorbonne Université, CNRS, EPHE, UMR METIS, 75005 Paris

Après des décennies d'industrialisation durant lesquelles les questions environnementales étaient sous-estimées, la France, comme désormais la plupart des pays, doit faire face à des pollutions importantes de ses sols et sous-sols (industries chimiques et pétrochimiques, anciennes et actuelles zones de stockage, incidents/accidents industriels). Cette pollution doit être détectée, quantifiée, puis son évolution et sa remédiation doivent être surveillées. Ces suivis sur site sont classiquement faits à travers un ensemble de mesures qui nécessitent de prélever des échantillons ou de creuser des puits de surveillance. L'hydrogéophysique et la biogéophysique sont des disciplines récentes qui regroupent un ensemble de techniques non-intrusives de caractérisation de la proche surface. L'intérêt majeur de ces deux nouvelles approches réside dans la sensibilité des signaux physiques mesurés aux propriétés du milieu naturel (structures et matériaux géologiques), à ses caractéristiques hydrogéologiques statiques et dynamiques (porosité, saturation en eau, flux hydrique) et à la présence de contaminants potentiels (solutés, organiques).

Le projet **GEOPROCESS** est financé par le programme Emergence(s) de la ville de Paris visant à la création d'une nouvelle équipe-projet au sein de la Ville de Paris et a été initié en 2018 pour 4 ans. s'agit d'un projet transdisciplinaire par nature qui s'articule autour d'une équipe de 6 chercheurs permanents dont les spécialités se complètent (3 géophysiciens, 2 géochimistes et 1 microbiologiste) ainsi qu'un doctorant qui a commencé en octobre 2018.



Position de l'équipe transdisciplinaire **GEOPROCESS** au sein de l'UMR 7619 METIS.

L'équipe-projet **GEOPROCESS** vise le développement d'une approche novatrice pour diagnostiquer et suivre les processus de dégradation de polluants de type hydrocarbures. L'originalité du projet repose sur le suivi d'un forçage biogéochimique (i.e., la dégradation de polluants) par des méthodes géophysiques afin d'interpréter quantitativement les variations de propriétés physiques des sols durant la dépollution.

Afin de mieux comprendre les liens entre ces paramètres physiques et chimiques ou biologiques, l'approche proposée par la nouvelle équipe-projet **GEOPROCESS** est basée, dans un premier temps, sur l'expérimentation en laboratoire, là où les processus biogéochimiques peuvent être suivis et contrôlés et mis en lien avec les signaux mesurés par des techniques géophysiques. La multiplicité des facteurs générant les signaux mesurés par la géophysique est à la fois un atout et une limite à l'utilisation de ces méthodes. Pour pallier ce problème, nous utiliserons conjointement différentes mesures complémentaires (électriques, électro-magnétiques, mécaniques) grâce au savoir-faire multi-méthodes existant au sein de l'UMR METIS.



Journée scientifique, 15 novembre 2018

Cette communication a pour but de présenter à la fois, l'équipe, le projet et son avancement. Le projet encore jeune est en plein développement au sein de l'UMR METIS. La première tâche de l'équipe-projet a été l'acquisition de vocabulaire commun aux différentes disciplines, puis le dimensionnement d'expériences prenant en compte les protocoles et les conditions de mesures nécessaires à l'ensemble des méthodes qui seront utilisées. En parallèle, un premier stage de master 2 réalisé au printemps 2018 a permis de grandes avancées sur le développement d'un prototype de susceptibilité magnétique adapté aux mésocosmes.

Monitoring hydrosystems with CRITEX seismic experiments

Ludovic Bodet¹, Sylvain Pasquet², Marine Dangeard¹

¹ *Sorbonne Université, CNRS, EPHE, UMR METIS, 75005 Paris*

² *Institut de Physique du Globe de Paris, CNRS, Université Paris Diderot, UMR IPGP, 75005 Paris*

Active seismic methods are commonly used to characterize the near-surface structure of the Critical Zone (CZ). Through the joint estimation of pressure (P) and shear (S) wave velocities, mechanical properties provide means of tracking down CZ water content along the continuum between the saturated and unsaturated zones. More particularly, one of the main interests of seismic methods is the ability to capture lateral variations of water storage with a single acquisition, thus providing spatial constraints to point continuous observations. We developed time-lapse applications of this approach on hydrosystems of distinct hydrogeological characteristics. Seismic signals were recorded at different spatial resolutions (using 20 to 500 m long profiles) and at different time scales (with hourly to yearly acquisition frequencies). At each site, both spatial and temporal variations observed in P- and surface-wave data indicated marked changes of the mechanical properties in the CZ. These experiments proved the ability of our approach to monitor the short-term to seasonal dynamics of water in the CZ, both in fractured and sedimentary hydrosystems.

Simulation expérimentale de synthèse de molécules prébiotiques dans la nébuleuse protosolaire

Sylvie Derenne¹, David Beckaert², Christelle Anquetil¹, Bernard Marty²

¹ Sorbonne Université, CNRS, EPHE, UMR METIS, 75005 Paris

² Université de Lorraine, CNRS, UMR CRPG, 54500 Nancy

Une grande diversité de molécules est observée dans les objets extraterrestres parmi lesquelles des molécules prébiotiques. En dépit de l'importance potentielle de ces molécules pour l'apparition de la vie sur Terre, leur origine et mécanisme de formation sont loin d'être élucidés. Des synthèses réalisées en laboratoire dans des conditions simulant les environnements protosolaires, c'est-à-dire un plasma riche en radicaux formé à partir d'un gaz ionisé ont permis de reproduire certaines caractéristiques de la matière organique macromoléculaire des météorites comme la structure moléculaire du squelette hydrocarboné (Biron et al, 2015), la composition élémentaire et isotopique des gaz rares (Kuga et al., 2015) et les anomalies isotopiques du deutérium (Robert et al., 2017). Cependant, ces travaux ne rendaient pas compte de la diversité de la composition moléculaire des matériaux extraterrestres.

Dans cette nouvelle expérience, un mélange de gaz CO-N₂-H₂ est soumis à une décharge micro-onde sous pression réduite permettant l'activation d'un plasma. Après 16h d'irradiation, le solide récupéré sur les parois du réacteur est extrait aux solvants organiques. La fraction soluble (20%) est analysée par CG-SM et la fraction insoluble (80 %) par pyrolyse couplée à la CG-SM.

La fraction soluble comprend de nombreuses molécules d'intérêt biologique qui ont été détectées dans les extraits de météorites carbonées (hydroxyacides et acides carboxyliques, urée, hydantoïne, uracile, glycérol, et dérivés de la glycine. Le pyrolysate de la fraction insoluble révèle des similitudes de structures avec la fraction soluble. De plus, il contient plusieurs autres molécules d'intérêt biologique comme des amides, des composés azotés hétérocycliques et l'aminoacétonitrile, qui est une molécule centrale dans la synthèse de Strecker de la glycine.

Ces travaux montrent que la synthèse d'une large diversité de molécules d'intérêt biologique est possible dans les conditions de la nébuleuse protosolaire. Ceci peut expliquer la grande diversité de structures observée dans les extraits de matière organique des météorites.

Pôle de modélisation et méthodes numériques

Agnès Ducharne¹, Vincent Thieu¹, Cyril Schamper¹, Christophe Bonnet¹, Marie Silvestre²

¹ Sorbonne Université, CNRS, EPHE, UMR METIS, 75005 Paris

² Sorbonne Université, CNRS, FR3020 FIRE, 75005 Paris

La modélisation est une activité structurante et transversale de notre UMR, et le but de ce poster est de recenser les ressources et besoins associés:

1. Moyens de calcul (à METIS, à l'IPSL, à SU, au delà)
2. Modèles et algorithmes
3. Qui fait ou veut se lancer dans la modélisation au labo ?

Vous serez invités à compléter le poster pour mieux cerner les types d'actions à privilégier (organisation de séminaires ou formations techniques, informations et contacts pour projets, acquisition de matériels ou logiciels, autres) pour améliorer l'existant ou développer de nouvelles méthodes (e.g. big data).

Prospection électrostatique : mesure de la résistivité électrique par méthode capacitive

Sébastien Flageul, Cyril Schamper, Alain Tabbagh

Sorbonne Université, CNRS, EPHE, UMR METIS, 75005 Paris

Alors que la prospection électrique traditionnelle utilise des contacts galvaniques par des électrodes plantées dans le sol, la méthode électrostatique (Capacitively Coupled Resistivity) utilise pour l'injection comme pour la mesure des différences de potentiels résultant de cette injection, des condensateurs ouverts. Ceci permet de réaliser des mesures sur tout type de surface, ce qui est particulièrement bien adapté aux conditions rencontrées en milieu urbain.

Le dispositif électronique en cours de développement et de tests pour le milieu urbain permet l'injection d'une tension d'injection (sinusoïdale) réglable de 16 à 200 V à une fréquence définie entre 1,8 mHz et 31 kHz (Les mesures étant le plus souvent effectuées à la fréquence de 15,625 kHz. Il comprend trois voies de mesures correspondant à des profondeurs d'investigation croissante entre 1 et 2 m approximativement.

Le nouveau dispositif 'mural' adapté à des profondeurs d'investigation de 10 et 15 cm va permettre des mesures sur une plus grande gamme de résistivité et de permittivité que la version précédente déjà largement utilisée sur les pierres calcaires de monuments parisiens.

Caractérisation de l'exposition aux perturbateurs endocriniens adsorbés sur les particules atmosphériques de différentes tailles granulométriques : approches chimique et biologique *in vitro*

Diane Le Bayon¹, Elodie Guigon¹, Lucie Oziol², Sylvie Derenne¹

¹ Sorbonne Université, CNRS, EPHE, UMR METIS, 75005 Paris

² Université Paris Sud, CNRS, AgroParisTech, UMR ESE, 91400 Orsay

L'émission dans l'air, sous forme gazeuse ou particulaire, de molécules d'origine naturelle mais aussi, et de plus en plus, d'origine anthropique modifie la qualité de l'atmosphère et l'environnement de manière générale. Depuis le développement industriel, ces émissions se sont diversifiées et intensifiées, entraînant une pollution croissante de l'air à laquelle l'Homme est exposé de façon passive et chronique. Sur la base de nombreuses études épidémiologiques, cliniques et animales, le lien entre exposition à des polluants de l'air et diverses pathologies (bronchite, asthme, cancer du poumon, athérosclérose) est maintenant avéré. Ces pathologies résulteraient principalement d'une exposition pulmonaire de l'Homme aux particules atmosphériques. Ces particules, appelées PM (Particulate Matter), sont classées selon leur taille granulométrique, laquelle conditionne leur devenir au niveau du système respiratoire, et donc leurs effets sanitaires. Actuellement, des normes de qualité de l'air (objectifs de qualité, seuils d'alerte et valeurs limites) sont établies en France pour deux classes de PM : PM₁₀ et PM_{2,5}. Ainsi, les PM₁₀ correspondent à la fraction grossière des particules, dont le diamètre est inférieur à 10µm, elles sont capables d'atteindre la partie supérieure des voies aériennes, jusqu'aux bronches. Les PM_{2,5} correspondent aux particules ayant un diamètre inférieur à 2,5µm, ce sont des particules fines qui peuvent parvenir jusqu'aux alvéoles pulmonaires, et ainsi atteindre la circulation sanguine. Cependant, les effets sanitaires des particules de l'air sont non seulement liés à leur taille, mais aussi à leur composition. En effet, selon leur taille ou leur origine, les particules de l'air sont constituées en proportions variables d'une fraction minérale (métaux, sels) et d'une fraction organique (carbone élémentaire et organique), pouvant adsorber du matériel d'origine biologique (endotoxines, pollen) ou non. La fraction organique peut ainsi adsorber une large gamme de composés organiques semi-volatils. Parmi les composés organiques semi-volatils quantifiés dans les phases gazeuse et particulaire de l'air ambiant, nombreux appartiennent à des familles de composés à effet perturbateur endocrinien suspecté ou avéré. La multi-contamination de l'air ambiant par des perturbateurs endocriniens serait à l'origine de perturbations hormonales observées chez l'Homme ou l'animal. Les composés perturbateurs endocriniens adsorbés en proportions variables peuvent, individuellement ou en mélange, contribuer au potentiel perturbateur endocrinien intrinsèque de l'air. Dans ce contexte général, il importe d'appréhender les risques sanitaires liés à une exposition aux particules de l'air urbain en fonction de leur qualité en taille et composition en perturbateurs endocriniens. Ainsi cette thèse s'attachera à caractériser l'exposition pulmonaire à la multi-contamination en perturbateurs endocriniens des principales classes granulométriques de particules par une double approche chimie-biologie. Pour répondre à cet objectif, les particules (PM₁₀, PM_{2,5} et PM_{totales}) seront prélevées sur 3 sites urbains en région parisienne au cours de 2 saisons thermiquement contrastées. L'exposition à la contamination organique de ces particules sera appréhendée (i) par l'analyse chimique de sa teneur en une large gamme de perturbateurs endocriniens (59 molécules), (ii) par l'analyse biologique de sa dangerosité potentielle par divers bio-essais *in vitro* (potentiel perturbateur œstrogénique et androgénique, génotoxique, dioxin-like) et (iii) par l'analyse chimico-



Journée scientifique, 15 novembre 2018

biologique de la biodisponibilité cellulaire de ses contaminants perturbateurs endocriniens (essais sur cellules nasales, bronchiques et alvéolaires).

Influence of the residence time of street trees and their soils on trace element contamination in Paris (France)

Katell Quénéa¹, Iry Andrianjara², Aleksandar Rankovic³, Erika Gan², Emmanuel Aubry¹,
Jean-Christophe Lata⁴, Sébastien Barot⁴, Maryse Rouelle¹

¹ Sorbonne Université, CNRS, EPHE, UMR METIS, 75005 Paris

² Direction des Espaces Verts et de l'Environnement, Ville de Paris

³ Institut du Développement Durable et des Relations Internationales, 75006 Paris

⁴ Sorbonne Université, CNRS, INRA, IRD... UMR IEES, 75005 Paris

Compte tenu de l'intérêt croissant que suscitent actuellement les sols urbains, l'évaluation de la contamination des sols par des éléments traces et la dynamique de cette contamination apparaissent indispensables pour préserver les végétaux et, de là, la santé humaine. Les arbres de rue et le sol associé placés dans des fosses situées à proximité des routes pourraient constituer des indicateurs pratiques de l'influence du trafic urbain et des véhicules sur les sols et les plantes. Cependant, les données sur ces sols restent rares, de nombreuses études se sont penchées sur les sols de parcs plutôt que sur les sols d'arbres de rue. De plus, les éléments trace pourraient être l'un des principaux facteurs responsables du dépérissement observé des arbres en milieu urbain. Les praticiens s'interrogent de plus en plus sur la possibilité de réutiliser ces sols après la mort des arbres, ainsi que sur les déchets végétaux ramassés dans les rues. Nous avons évalué la contamination en éléments traces anthropiques (TE), à savoir Zn, Pb et Cd, d'arbres de rue (*Tilia tomentosa*) et de leurs sols répartis dans tout Paris (France). Les sols des arbres de rue sont importés des zones rurales au moment de la plantation de chaque nouvel arbre, de sorte que l'âge de l'arbre corresponde au temps de résidence du sol dans un environnement urbain, ce qui permet d'évaluer les évolutions temporelles de la concentration de TE dans les sols et les arbres.

Les mesures de la concentration en TE ont révélé une pollution importante des sols, en particulier pour les sols les plus âgés (âge moyen de 80 ans). La prise en compte du temps de résidence des arbres et des sols en milieu urbain a mis en évidence une accumulation de Zn et de Pb (environ $4,5 \text{ mg kg}^{-1} \text{ an}^{-1}$ et $4 \text{ mg kg}^{-1} \text{ an}^{-1}$ pour le Zn et le Pb, respectivement). Cependant, les concentrations dans les feuilles dans l'ET étaient faibles et indiquent que le transfert sol-racine n'était pas significatif comparé à la contamination par les dépôts atmosphériques. Ces résultats soulignent la nécessité d'approfondir l'évaluation du recyclage des sols urbains ou des plantes soumises à la contamination urbaine.

Isolement de bactéries Gram négatives dans la Zone Atelier Alpes : un outil pour évaluer les acides gras 3-hydroxylés comme nouveaux marqueurs d'environnement en milieu continental

Marina Seder Colomina¹, Laurence Millot-Cornette¹, Pierre Véquaud¹, Adrienne Kish²,
Jérôme Poulenc³, Pierre Sabatier³, Arnaud Huguet¹, Sylvie Collin¹

¹ Sorbonne Université, CNRS, EPHE, UMR METIS, 75005 Paris

² Muséum national d'Histoire naturelle, CNRS, UMR MCAM, 75005 Paris

³ Université Savoie-Mont-Blanc, CNRS, UMR EDYTEM, 73370 Le Bourget-du-Lac

L'étude des variations climatiques passées est une étape indispensable à la compréhension de l'évolution du climat et à l'anticipation de changements à venir. Les marqueurs développés en paléoclimatologie l'ont principalement été en milieu océanique. L'application des marqueurs basés sur les abondances relatives des tétraéthers de glycérol au milieu continental a donné lieu au fil des études à de nombreuses variantes, adaptées aux environnements à partir desquels ils ont été construits. A l'heure actuelle, les tétraéthers de glycérol ramifiés, synthétisés par des bactéries encore mal identifiées, sont les seules molécules microbiennes dont la structure a été démontrée comme variant essentiellement avec la température et le pH. Il est nécessaire aujourd'hui de pouvoir disposer d'autres marqueurs microbiens indépendants, quantitatifs, des mêmes variations environnementales en milieu terrestre. Les acides gras 3-hydroxylés (AG3-OH) ont été proposés comme des candidats possibles en 2016 (Wang et al, 2016), et le projet SHAPE développé au laboratoire (A Huguet) a pour objectif d'évaluer la pertinence d'utiliser les AG3-OH pour réaliser des reconstructions climatiques en milieu terrestre.

Le poster présente une des approches utilisées dans cette étude : elle vise à isoler des bactéries sources de ces AG3-OH et à étudier in vitro comment varient les teneurs relatives en acides gras en fonction de variations imposées de température et/ou de pH. L'objectif est de pouvoir ensuite comparer ces données à celles obtenues sur les sols source de ces bactéries, analysés de manière globale sur leur teneur en AG3-OH ainsi qu'au niveau de la diversité microbienne associée et de l'abondance des différents genres. Les sols choisis font déjà l'objet d'études dans le cadre de la Zone Atelier Alpes. Les AG3-OH étant impliqués dans la liaison du lipide A à la membrane externe essentiellement chez les bactéries Gram négatives, notre approche s'est focalisée sur l'isolement de ce type de souches. Les sols choisis pour cet isolement sont au nombre de 4, répartis entre 200 et 2700m d'altitude. Un total de 320 cultures pures a été obtenu, correspondant à 4 conditions de culture différentes (pH 5 ou 7, température de croissance 25°C ou 5°C) sur milieu solide. Une première analyse de la diversité par séquençage partiel du gène codant les ARN ribosomiques 16S a identifié 19 genres bactériens différents, incluant des bactéries fixatrices d'azote, des bactéries phytopathogènes ou fungivores. De manière additionnelle, 13 souches n'ont pas pu être identifiées et feront l'objet d'études supplémentaires de manière à savoir si nous avons isolé des espèces bactériennes encore inconnues. Une première série d'études in vitro de l'adaptation des profils en AG3-OH à la température (5-40°C) et au pH (3.5-8.5) sera initiée d'ici peu sur *Pseudomonas caspiana*, une bactérie phytopathogène identifiée en 2017 (Busquets et al 2017) et dont l'identification dans nos conditions est robuste.

Wang et al (2016) Org. Geochem. 94 : 21-31

Busquets et al (2017) Syst. Appl. Microbiol. 40 : 266-273

Séparation d'hydrogramme à partir de données de chimie haute résolution

Jose Manuel Tunqui^{1,2}, Gaelle Tallec², Vazken Andreassian², Jean-Marie Mouchel¹

¹ Sorbonne Université, CNRS, EPHE, UMR METIS, 75005 Paris

² IRSTEA, UR HYCAR, 92160 Antony

Ce travail explore une méthodologie pour la séparation des hydrogrammes à partir d'une combinaison de données haute fréquence de débit et de qualité de l'eau (Observatoire CRITEX - ORACLE). L'hypothèse qui sous-tend les méthodes de séparation d'hydrogramme est qu'il existe deux sources qui génèrent le débit de base et un débit dit de ruissellement de dynamique plus rapide. Un temps de récession caractéristique permet d'ajuster le modèle. Cette hypothèse est étendue à la qualité de l'eau en faisant l'hypothèse que, au moins à courte échelle de temps, les concentrations des deux sources peuvent être considérées comme constantes. Alors une régression linéaire entre concentrations et fractionnement des débits doit pouvoir être mise en évidence. Nous montrons que cette hypothèse donne des résultats cohérents et que l'utilisation des données de chimie permet de valider la décomposition d'hydrogramme et d'estimer un temps de récession caractéristique optimal.

Les acides gras hydroxylés d'origine bactérienne : applicabilité comme marqueurs de température et de pH dans des sols des Alpes françaises

Pierre Véquaud¹, Sylvie Collin¹, Christelle Anquetil¹, Marina Seder Colomina¹,
Jérôme Poulenard², Pierre Sabatier², Sylvie Derenne¹, Arnaud Huguet¹

¹ Sorbonne Université, CNRS, EPHE, UMR METIS, 75005 Paris

³ Université Savoie Mont-Blanc, CNRS, UMR EDYTEM, 73370 Le Bourget-du-Lac

Jusqu'à présent, les reconstitutions paléoclimatiques ont été principalement menées en milieu marin du fait de la disponibilité des marqueurs dans ces environnements. En contexte continental les variations climatiques passées sont bien moins comprises et présentent une forte hétérogénéité spatiale. Le développement de nouveaux traceurs permettant d'affiner notre compréhension des environnements continentaux passés apparaît ainsi crucial. À ce jour, les seuls marqueurs organiques de températures de l'air et de pH applicables aux reconstructions paléoclimatiques en milieu continental sont les alkyl tetraéthers de glycérol (GDGT) ramifiés issus de bactéries (De Jonge et al., 2014). Le développement de nouveaux marqueurs organiques en milieu terrestre est essentiel pour améliorer la fiabilité et la précision des reconstructions paléoclimatiques. Dans cet objectif, une étude vbc a montré le potentiel d'une autre famille de lipides en tant que marqueurs d'environnement en milieu terrestre : les acides gras 3-hydroxylés (3-AGH) (Wang et al., 2016). Ces molécules, produites par les bactéries Gram-négatif, sont composées d'une chaîne de 10 à 18 atomes de carbone et d'un groupement hydroxyle en 3e position. L'objectif de ce travail est d'examiner l'applicabilité des 3-AGH comme marqueurs de température de l'air et de pH en milieu terrestre. Dans ce but, 49 sols ont été prélevés entre 200 et 3 000 m d'altitude dans les Alpes françaises, au sein des massifs des Bauges et du Lautaret. Les GDGTs et les 3-AGH sont analysés dans ces sols, permettant de comparer la réponse des deux types de lipides dans différentes conditions environnementales. Les premiers résultats obtenus sur 17 échantillons de sols répartis le long du transect altitudinal des Alpes ne montrent pas de corrélation claire entre l'abondance relative des 3-AGH et le pH ou température de l'air, contrairement aux études précédentes (Wang et al., 2016). Ceci suggère que la structure des AGH pourrait être dépendante d'autres paramètres que la température et le pH tels que la végétation, la saisonnalité, l'humidité ou la diversité microbienne. Ces résultats devront être confirmés après les analyses géochimiques (3-AGH et GDGTs) et microbiologiques (abondance et diversité microbienne) effectuées sur l'ensemble des 49 sols. Ces résultats permettront d'évaluer l'impact des différents paramètres environnementaux sur la structure des acides gras 3-hydroxylés.

De Jonge, C., Hopmans, E. C., Zell, C. I., Kim, J. H., Schouten, S., & Damsté, J. S. S. (2014). Occurrence and abundance of 6-methyl branched glycerol dialkyl glycerol tetraethers in soils: Implications for palaeoclimate reconstruction. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 141, 97-112.

Wang, C., Bendle, J., Yang, Y., Yang, H., Sun, H., Huang, J., & Xie, S. (2016). Impacts of pH and temperature on soil bacterial 3-hydroxy fatty acids: Development of novel terrestrial proxies. *Organic Geochemistry*, 94, 21-31.