

Sujet de thèse : Influence des phases minérales des sols sur l'évolution d'une contamination pétrolière en contexte d'atténuation naturelle

Directeur : Pierre FAURE - DR CNRS

Co-Directeur : Coralie BIACHE – CR CNRS

Disciplines/Mots clefs

Géochimie organique, microbiologie, minéralogie, pétrole, biodégradation, oxydation, macromolécules

Projet de thèse

Parmi les sites recensés dans la base de données française BASOL en tant que sites nécessitant une surveillance et/ou un suivi particulier, près d'un quart sont impactés par une contamination d'origine pétrolière. Cette contamination évolue au cours du temps à travers des processus abiotiques et biotiques puisqu'elle est connue pour être sensible aux actions des microorganismes. Ces transformations peuvent provoquer une accumulation de produits résiduels réfractaires (i.e. composés de haut poids moléculaires et polyaromatiques polaires) au cours du temps. De plus, les phases minérales peuvent interagir avec la contamination et impacter le déroulement des différents processus de dégradation. Elles sont en particulier connues pour jouer un rôle dans la sorption des molécules organiques influençant ainsi leur disponibilité vis-à-vis du vivant, notamment des micro-organismes. Elles peuvent (i) catalyser des réactions de condensation de certaines molécules notamment en contexte d'oxydation abiotique et également (ii) favoriser la sélection de consortium microbiologique suivant leur nature. Un des questionnements importants de ce travail de thèse est de savoir si la sélection des microorganismes est pilotée par la nature de la pollution et/ou par la nature des minéraux présents dans le sol contaminé.

Ces travaux combineront des **expériences en laboratoire**, réalisées sous conditions contrôlées, qui simuleront les principaux processus impliqués dans l'atténuation de la contamination (oxydations abiotiques, incubations microbiennes), en présence de certains minéraux réactifs (minéraux argileux, oxydes métalliques, calcite...) ou inertes, avec **des observations de terrain** réalisées sur le site atelier de Pechelbronn (forêt d'Haguenau). Ce site, présentant des sols de caractéristiques minéralogiques contrastées, est contaminé par de nombreuses résurgences de pétrole actives, pour certaines, depuis plusieurs siècles. La composition de la « source » pétrolière restant inchangée (origine d'une roche mère tertiaire), il est possible d'étudier un gradient spatial de la contamination avec différents niveaux d'atténuation naturelle en combinant des fractions minéralogiques et des consortia microbiologiques contrastés.

Une caractérisation fine des hydrocarbures et de leurs sous-produits sera réalisée grâce à des outils d'analyses spectroscopiques (μ IRTF, Raman) et moléculaires (GC-MS, GC-FID, GPC-HPLC). Le statut des contaminants et notamment leur disponibilité sera déterminée à l'aide d'un nouvel outil développé au laboratoire couplant thermodesorption et analyses moléculaires (Td-GC-MS/FID). Une attention particulière sera donnée aux fractions macromoléculaires par le biais d'analyses réalisées sur le spectromètre haute résolution microQtof disponible sur la plateforme de géochimie organique de GeoRessources. Un bilan de répartition des produits organiques résiduels issus de la dégradation/polymérisation des hydrocarbures sera réalisé par le biais d'analyses isotopiques ($\Delta^{14}\text{C}$) dans les sols afin d'évaluer leur accumulation (séquestration) permettant d'inscrire ce projet de thèse dans la thématique du 4 pour 1000.

En parallèle de ces caractérisations physicochimiques, l'abondance et la structure des communautés bactériennes et fongiques seront déterminées par qPCR et PCR-TTGE, respectivement. D'un point de vue fonctionnel, des analyses de certains bioindicateurs microbiens permettront d'estimer

les niveaux de différentes activités enzymatiques (activité biologique globale, enzymes impliquées dans les cycles du carbone et de l'azote). De plus, des gènes témoignant d'activités spécifiques (dégradation des hydrocarbures aliphatiques et aromatiques, nitrification et dénitrification) seront également ciblés.

Ce projet de thèse permettra ainsi d'appréhender le devenir *in-situ* d'une contamination complexe aux produits pétroliers sur le long-terme en étudiant la transformation de la contamination et l'évolution de sa répartition jusqu'à son accumulation en contexte biotique et abiotique dans les particules de sols (séquestration) suivant les caractéristiques minéralogiques.

Laboratoire d'accueil

La thèse se déroulera sur le site Aiguillettes (Vandœuvre-lès-Nancy) du Laboratoire Interdisciplinaire des Environnements Continentaux (LIEC – UMR7360 Université de Lorraine-CNRS) et sera intégrée à l'équipe « Cycles Biogéochimiques des Ecosystèmes Perturbés » en collaboration avec l'équipe « Ecologie Microbienne des Milieux Anthropisés » du laboratoire et l'équipe « Ressources carbonées » et la plateforme de géochimie organique du laboratoire GeoRessources.

Cette thèse s'intègre dans les travaux du GISFI (groupement d'intérêt scientifique sur les friches industrielles).

Profil des candidats

Le/la candidat/e recherché/e aura idéalement un profil de (géo)chimiste et sera formé/e pour travailler de façon autonome sur la plateforme de géochimie organique. Des connaissances en analyses chromatographiques (GC-MS, HPLC) seront fortement appréciées. Il/elle participera aux analyses microbiologiques qui sont faites classiquement au laboratoire et qui seront pilotées par A. Cébron et T. Beguisistain (Microbiologiste au LIEC).

Niveau : Master 2 ou équivalent avec mention AB minimum

Financement : public (allocation MENRT)

Ecole Doctorale Sciences et ingénierie RP2E (Ressources, Procédés, Produit, Environnement)

Salaires : 16450 € annuel net

Date limite de candidature : le 9 août

Début : 1 novembre 2017

Durée : 3 ans

Envoyer CV et lettre de motivation à Pierre Faure (pierre.faure@univ-lorraine.fr) et Coralie Biache (coralie.biache@univ-lorraine.fr)

Influence of soil minerals on petroleum contamination evolution in natural attenuation context

Supervisors : - Pierre FAURE (DR-CNRS, HDR)
- Coralie Biache (CR-CNRS)

Keywords

Organic geochemistry, microbiology, mineralogy, crude oil, biodegradation, oxidation, macromolecules

Thesis project

Nearly one quarter of the inventoried sites in the French database BASOL requiring a monitoring are impacted by petroleum contamination. Such contaminations evolve through abiotic and biotic processes as they are known to be sensitive to microbial degradation. The contamination transformation can cause an accumulation of refractory residual by-products (high molecular weight compounds, polar polyaromatic compounds) through time. Moreover, soil minerals can interact with the contamination and impact degradation processes. They have a role in the sorption of organic molecules, hence affecting their availability towards biota, especially microorganisms. They can (i) catalyze condensation reaction of some molecules, particularly during abiotic oxidation, and (ii) influence the selection of microbial consortia. One of the main questioning of this PhD study is to clarify the part played by both the pollution composition and the nature of the soil minerals on the microorganism selection.

This project will combine (i) laboratory experiments performed under controlled conditions simulating the major processes involved in contamination natural attenuation (abiotic oxidations, microbial incubations) with reactive (clay minerals, metallic oxides, calcite...) and inert minerals with (ii) field observation carried out in the site of Pechelbronn (Haguenau forest). This site exhibits soils of various mineralogical compositions and is contaminated by many crude oil seepages active for several centuries. The crude oil source composition remaining unchanged (originating from a tertiary source rock), the contamination can be studied through a spatial gradient with different levels of natural attenuation, combining contrasted mineralogical composition and microbial consortia.

A fine characterization of the hydrocarbons and their by-products will be carried out through spectroscopic (μ IRT, Raman) and molecular (GC-MS, GC-FID, GPC-HPLC) analyses. The contaminant status, especially their availability, will be determined thanks to a new tool combining thermodesorption and molecular analyses (Td-GC-MS/FID).

Macromolecular fractions will be particularly studied through high resolution mass spectrometry analyses performed on the microQtof of the organic geochemistry platform of GeoRessources laboratory. The accumulation (sequestration) of the residual organic compounds originating from the hydrocarbon degradation/polymerization (4 per 1000 context) will be evaluated by determining their repartition in soils through isotopic analyses ($\Delta^{14}\text{C}$).

Concurrently, bacterial and fungal community abundance and structure will be determined by bqPCR and PCR-TTGE, respectively. Analyses of selected microbial bio-indicators will allow estimating levels of enzymatic activities (global biologic activity, enzymes involved in carbon and nitrogen cycles). Moreover, genes implied in specific activities (aliphatic and aromatic hydrocarbon degradation, nitrification, denitrification) will be targeted.

This PhD project will then allow understanding the long-term in-situ fate of a complex petroleum contamination through the study of the contamination transformation, its repartition and its accumulation into soil particles during biotic and abiotic processes, according to the soil mineralogical characteristics.

Workplace

The thesis will take place at the Aiguillettes site (Vandoeuvre-lès-Nancy) of the Interdisciplinary Laboratory for Continental Environments (Laboratoire Interdisciplinaire des Environnements Continentaux - LIEC – UMR7360 Université de Lorraine-CNRS) and will be part of the biogeochemical cycles of disturbed ecosystems team in collaboration with the microbial ecology of anthropized media team, and the carbonaceous team and the organic geochemistry platform of GeoRessources laboratory.

The PhD project is part of the GISFI (the French scientific interest group on industrial wasteland).

Candidate profil

The candidate should have a (geo)chemist profile and will be trained to work autonomously in the organic geochemistry lab. Skills in chromatographic analyses (GC-MS, HPLC) will be appreciated. He/she will take part in the microbiological analyses which are carried out classically in the lab and are managed by A. Cébron and T. Beguiristain (LIEC microbiologists).

Degree: Master 2 or equivalent with honors

Starting: 1 November 2017

Funding: Public (ministerial grant)

Doctoral school in science and engineering for “Resources, Processes, Products and Environments” (RP2E)

Salary: 16450 € annual net

Application deadline: 9 August

Starting: 1 November 2017

Duration: 3 years

Send a résumé and a cover letter to Pierre Faure (pierre.faure@univ-lorraine.fr) and Coralie Biache (coralie.biache@univ-lorraine.fr)