

Rapport d'activité

GISSEFI

Groupement d'Intérêt Scientifique



2023

Requalification des territoires dégradés
Interdisciplinarité & Innovation





Comme les années précédentes, le groupement est heureux de vous présenter les points forts de son activité 2023.

Cette année a été particulièrement marquée par l'organisation d'une journée scientifique et prospective du GISFI portant sur les nouveaux concepts dédiés à la requalification des territoires dégradés dont vous trouverez une synthèse dans ce rapport.

Depuis l'année dernière, les activités de recherche du GISFI ont été organisées suivant quatre grands thèmes :

- Diagnostic fonctionnel et territorial des Territoires Dégradés
- Procédés de restauration/requalification
- Adaptation des Territoires dégradés face aux changements globaux
- Friches et aménagement du territoire

Les deux premiers thèmes sont depuis la création du GISFI, au cœur de ses activités de recherche et restent toujours primordiaux mais ils ont fortement évolué. Notamment, les diagnostics se doivent d'être renforcés par la prise en compte de la fonctionnalité des sols dégradés et des services rendus. De plus, ces diagnostics ne peuvent plus se restreindre uniquement à une vision centrée sur la parcelle ou sur la friche, mais doivent dorénavant intégrer une approche territoriale pour envisager la potentialité de ces milieux. Les procédés intègrent bien évidemment le traitement des sols pour enlever ou stabiliser la pollution, mais également la restauration des sols par le biais en particulier de la construction de sols dans le contexte de l'économie circulaire et leur valorisation pour le soutien de la biodiversité, la production de biomasse (énergie, matériaux...) et via la filière Agromine.

Les deux autres thèmes sont devenus primordiaux dans le contexte actuel avec la prise en compte des effets du changement climatique (événements extrêmes, stockage du carbone, soutien de la biodiversité...) et la nécessité d'intégrer tous nos travaux à une échelle plus large, pour favoriser la réintégration de la friche dans son milieu d'accueil.

Pour illustrer ces quatre thèmes, une sélection de projets GISFI réalisés en 2023 est présentée dans ce rapport d'activité.

Dans le cadre de ce rapport, nous souhaitons réaffirmer l'importance du partenariat entre les laboratoires de recherche académique et nos partenaires. C'est pourquoi, nous avons proposé à nos partenaires de présenter dans le cadre de ce rapport d'activité, des résultats, des avancées majeure(s) de leurs activités dans le domaine de la gestion des sites et sols pollués en lien direct ou non avec le GISFI. Merci à tous ceux qui ont répondu favorablement à cette sollicitation.

Enfin, depuis cette année, nous avons mis en place la possibilité de soutenir le GISFI par le Mécénat via la fondation ID+ de l'Université de Lorraine. Ce soutien financier permettra à la communauté GISFI de poursuivre les investissements innovants et les projets exploratoires avec l'ensemble de nos partenaires. Vous trouverez toutes les informations à la fin de ce rapport d'activité.

Je vous souhaite beaucoup de plaisir à la lecture de ce rapport d'activité 2023 du GISFI.

Pierre FAURE-CATTELOIN, Président du GISFI



Zoom sur des projets de recherche	.4
Animation scientifique	.14
La station expérimentale	.20
Publications, thèses et HdR	.22
L'espace des partenaires privés	.24
Actualités 2023	.30



Développement du génie pédo-faunistique, par le prisme des traits fonctionnels de la faune du sol, en réhabilitation écologique de sols urbains dégradés

Partenaires du GISFI : LSE

Projet : Thèse Lucie Caron

Financement : Bourse MESR

2021-2024

Depuis plusieurs décennies, certaines activités humaines engendrent de lourdes contraintes sur les sols, affectant parfois toute leur multifonctionnalité. En effet, l'urbanisation des sols conduits fréquemment à leur dégradation (e.g. compaction, perte de fertilité et de biodiversité, imperméabilisation), ce qui va limiter leur capacité à fournir des services écosystémiques. Un des piliers majeurs du maintien de l'équilibre de ces écosystèmes sont les organismes vivants qui les peuplent. Au travers de leurs diversité de modes de vie, la faune du sol est actrice dans la fonctionnalité des sols à différentes échelles par le prisme de leurs traits fonctionnels. Les traits fonctionnels sont définis comme étant les caractéristiques morphologiques, physiologiques, phénologiques et comportementaux des organismes, mesurables à l'échelle individuelle et affectant la survie de l'organisme dans son environnement.

La nécessité de rendre nos villes plus résistantes et résilientes face aux enjeux environnementaux étant de plus en plus prégnante, il est alors nécessaire de mieux comprendre le rôle des traits fonctionnels des organismes dans les processus écologiques des sols. Si certaines situations nécessitent des interventions lourdes, nous faisons le postulat qu'il est possible de réhabiliter des sols urbains dégradés par des approches de génie écologique fondées sur les invertébrés du sol. Ceci passe à la fois par l'aménagement des écosystèmes en réponse aux besoins de la biodiversité (e.g. qualité d'habitat, quantité et qualité de nourriture, présence de connexions avec les milieux alentours) mais aussi par l'introduction d'organismes locaux dans le sol.

A partir de ce postulat, la thèse a pour objectifs de contribuer à la compréhension du rôle des traits fonctionnels des invertébrés du sol dans la réhabilitation écologique des espaces urbains modérément dégradés et de formuler des recommandations de mesures d'intervention et de gestions basées sur l'utilisation des traits fonctionnels des communautés d'invertébrés du sol.

Dans un premier temps nous avons développé un cadre conceptuel mettant en relation les traits fonctionnels des organismes dans la fonction de régulation du cycle de l'eau, dans les sous fonctions d'infiltration et de stockage de l'eau, ainsi que dans quatre processus, création de porosité, bioturbation, agrégation et fragmentation. Afin d'évaluer le succès de la réhabilitation par les traits fonctionnels, nous relierons également les traces d'activité (e.g. galeries, boulettes fécales) des organismes considérés comme des indicateurs des processus écologiques à restaurer. Après avoir sélectionné les traits fonctionnels des organismes les plus pertinents en lien avec cette

fonction, nous avons testé en conditions contrôlées plusieurs assemblages d'organismes locaux porteurs des traits d'intérêts (*Lumbricus terrestris*, ver anécique, *Porcelio scaber*, Isopode et *Eisenia fetida*, ver de compost) sur un sol de parc urbain (Parc de Brabois, Vandœuvre-Lès-Nancy) à différents niveaux de compaction.

Les premiers résultats permettent de mettre en évidence que les organismes ont décompacté le sol (taux de décompactation d'environ 5% pour une masse volumique apparente du sol de 1,3 g.cm⁻³). Et plus particulièrement les organismes porteurs des traits fonctionnels « Forte capacité à creuser des galeries », « Forte capacité à se déplacer dans le sol » et « Longueur du corps comprise entre 12 et 22 cm », ont permis la création de macroporosité et par conséquent une meilleure infiltration de l'eau dans le sol. Cependant il semble exister un seuil de masse volumique apparente du sol à partir duquel l'efficacité de la décompactation par les organismes est réduite.

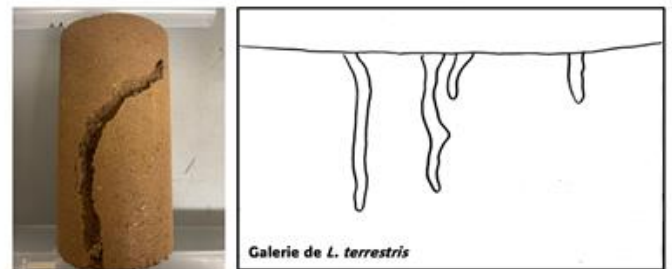


Illustration de création de macroporosité par *Lumbricus terrestris* dans un cosme expérimental et calque des galeries présentes en périphérie du cosme

Ces résultats feront bientôt l'objet d'une publication scientifique mettant en avant le rôle des traits fonctionnels des organismes du sol dans la décompactation d'un sol urbain modérément dégradé.

La prochaine étape sera d'augmenter les niveaux de compaction du sol, les traits fonctionnels étudiés et de tester l'utilisation du génie pédo-faunistique pour décompacter les sols en conditions réelles sur différents usages de sol en ville.



Photographie de *Porcelio scaber* et *Lumbricus terrestris*

des territoires dégradés

Réponse des microorganismes au lithium

Partenaires du GISFI : LIEC

Projet : Analyse multi-échelle de l'impact du lithium sur les microorganismes. Thèse Nicolas Fierling

Financement : LabEx R21

2021-2024

Par son importance économique, politique et industrielle, le lithium (Li) est un métal stratégique, et qui est devenu prépondérant dans les objets du quotidien (principalement dans les batteries). Sa consommation exponentielle associée à un faible taux de recyclage conduit à son relargage dans l'environnement dont l'impact sur les (micro)organismes reste peu documenté. La thèse de Nicolas FIERLING (2021-2024) a pour objectif de compléter les connaissances actuelles de l'impact du Li sur les microorganismes par des approches sans *a priori* à l'échelle moléculaire, cellulaire et des communautés microbiennes.

Par des approches mécanistiques (criblage de banque de mutants et ingénierie évolutive) nous avons pu étudier les réponses liées au Li à l'échelle moléculaire et cellulaire chez deux organismes modèles (*Escherichia coli* et *Saccharomyces cerevisiae*). L'objectif étant d'identifier les cibles cellulaires et les mécanismes de résistance au Li.

En parallèle, la mise en place d'une expérience en microcosmes nous a permis de tester l'influence d'un panel de concentrations de Li (0 à 1500 ppm) à l'échelle des communautés. A ce dessein, l'impact de ce métal sur les diversités fonctionnelle et microbienne des communautés bactériennes et fongiques telluriques a été étudié.

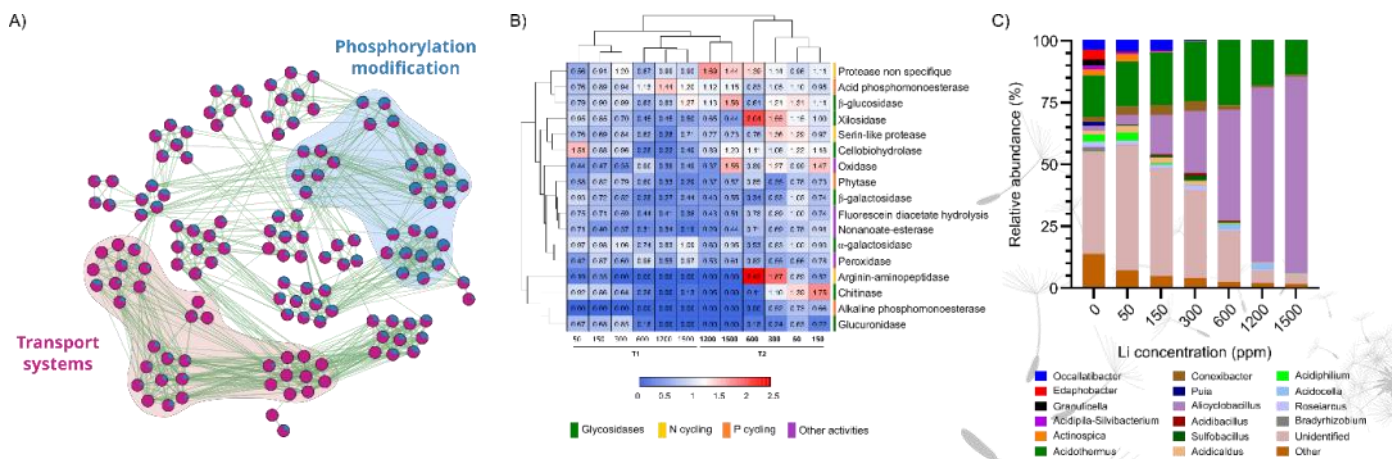
Chez les deux organismes modèles, de nombreuses fonctions sont impliquées dans la cytotoxicité et la résistance au Li. Les données relatives au modèle procaryote (*E. coli*) sont encore en cours d'analyse mais pour le modèle eucaryote (*S. cerevisiae*), les systèmes de transport joueraient un rôle central dans la résistance à ce métal. A l'inverse, des processus de phosphorylation semblent être impliqués dans la cytotoxicité au Li (Figure A).

Pour approfondir ces résultats, un test de spécificité au Li des fonctions identifiées a été réalisé en comparant la réponse des organismes modèles en présence d'autres métaux alcalins/alcalino-terreux. Il en résulte que des systèmes complexes de régulation cellulaire, comme les systèmes SAGA et NMD respectivement impliqués dans la cytotoxicité et la résistance, soient spécifiques au Li.

Pour appréhender l'impact au niveau des communautés, des analyses ont été réalisées après 7 et 28 jours d'exposition. Ainsi, nous avons constaté que le Li a altéré rapidement (7 jours) les activités enzymatiques et ceci dès la plus faible concentration (Figure B). L'influence du gradient a été négative pour la majorité des enzymes étudiée. Toutefois, certaines enzymes ont été peu affectées (α -galactosidase ou serine-like protéase) voire positivement régulées (peroxydases ou protéases aspécifiques) par le Li.

La diversité taxonomique a également été influencée par le gradient de Li. Une analyse par métabarcoding a révélé que certains genres disparaissaient et d'autres apparaissaient en fonction des concentrations testées. Cet effet a été particulièrement marqué pour les bactéries, où le genre *Alicyclobacillus*, peu représenté à 0 ppm devient majoritaire à 1500 ppm (abondance relative supérieure à 75%, Figure C). L'impact du Li sur des enzymes impliquées dans les cycles biogéochimiques ainsi que sur la composition des communautés pourrait avoir comme conséquence d'influencer la disponibilité des ressources azotées, carbonées ou phosphorées pour les autres organismes, impactant potentiellement leur croissance.

Ces différentes approches nous ont ainsi permis de (i) révéler les réponses moléculaires et cellulaires liées à une contamination au Li chez deux organismes modèles ; (ii) de montrer que ce métal émergent affecte à la fois la diversité fonctionnelle et taxonomique microbienne du sol ; (iii) d'identifier de potentiels biomarqueurs et/ou bioindicateurs d'une contamination Li par l'intermédiaire de tests de spécificité métallique.



(A) Réseau d'analyse fonctionnelle des fonctions qui, lorsqu'elles sont mutées, confèrent un phénotype de résistance (bleu) ou de sensibilité (rouge) au Li. (B) Activité relative d'un panel d'enzymes après 7 (T1) et 28 (T2) jours d'exposition à un gradient de concentrations en Li. (C) Abondance relative bactérienne en fonction du gradient de concentrations en Li après 28 jours d'exposition

Contact : damien.blaudez@univ-lorraine.fr

Approche intégrée de gestion des sols dégradés : du diagnostic fonctionnel à la mise en place des solutions

Projet : Thèse Caroline Dalquier

Partenaires du GISFI : LSE

Partenaire : EDF

Financement : EDF

2021-2024

Le sol est un écosystème complexe essentiel à la fourniture de services écosystémiques qui permettent d'apporter certaines réponses aux grandes problématiques environnementales (e.g. changement climatique, érosion de la biodiversité, risques naturels). Les activités humaines, comme les activités industrielles, sont susceptibles de dégrader localement, mais avec une grande intensité, la couverture pédologique (e.g. tassement, imperméabilisation, pollution). Celles des centrales thermiques EDF, induisent une dégradation des sols sur de grandes surfaces (par exemple, imperméabilisation des sols, contamination liée aux dépôts de combustible, de charbon et de cendres, compactage des sols). Après l'arrêt des activités, les propriétaires fonciers de ces sites disposent d'un énorme patrimoine foncier qui pourrait être envisagé pour promouvoir des projets de réhabilitation pour de nouvelles utilisations des terres dans le cadre de l'objectif « Zéro Artificialisation Nette » d'ici 2050. Par conséquent, il est nécessaire d'élaborer une approche robuste et facile à utiliser pour les propriétaires fonciers qui pourrait être mise en œuvre par des techniciens et des praticiens des sols afin d'évaluer les fonctions du sol afin de mesurer leur potentiel d'utilisations futures.



Photographie d'une ancienne centrale thermique EDF étudiée

Ce projet de thèse de trois ans a pour objectifs de répondre aux attentes des gestionnaires de sites en construisant une méthodologie d'évaluation du fonctionnement des sols de sites industriels EDF.

En premier lieu, un modèle cognitif est en cours de construction permettant d'associer les fonctions du sol, leurs sous-fonctions et un minimum data set d'indicateurs du sol qui sera alors utilisé pour l'exécution d'un diagnostic fonctionnel des sols de ces sites industriels.

Ensuite, les données du diagnostic permettront de calibrer le modèle cognitif et de produire une « profil fonctionnel » des sols. Par la suite, ce diagnostic permettra, selon les objectifs de requalification des sites, de proposer aux gestionnaires des approches d'ingénierie écologique permettant la réhabilitation de leurs sols.

Cette thèse est l'occasion d'un partenariat entre le Laboratoire Sols et Environnement (UMR 1120 Université de Lorraine – INRAE) représenté par Pr. Geoffroy Séré, le BRGM représenté par Jennifer Hellal, le laboratoire Cités, Territoires, Environnement et Sociétés (CITERES) en la personne de Nicolas Legay et EDF R&D LNHE représenté par Laure Santoni.

En résultat majeur pour l'instant, le modèle cognitif est composé de six fonctions (Production de biomasse végétale, Stock et séquestration des Gaz à Effet de Serre (GES), Rétention et transformation des polluants, Rétention et infiltration de l'eau, Réservoir pour la biodiversité, Résistance physique), de dix-sept sous-fonctions et près de quarante-six indicateurs du sol présélectionnés repartis dans les différentes sous-fonctions. Par ailleurs, la méthode a d'ores et déjà été testée sur deux sites, divisées en douze zones d'études aboutissant à cent-soixante-quatre échantillons de sol. Les premiers résultats, encore en cours d'exploitation, expriment une forte diversité de situations se traduisant par des niveaux fonctionnels très différents.

En termes de perspective, la construction d'un référentiel du modèle cognitif, la synthèse des résultats du diagnostic fonctionnel, le calibrage du modèle cognitif et la mise en place du lien entre les fonctions du sol à réhabiliter, les approches de génie pédologique et le futur usage restent à faire. Ce faisant, la valorisation de ce travail de thèse vise à aboutir sur la création d'un outil d'aide à la décision utilisable par les gestionnaires et techniciens EDF.



Profil de sol observé sur un site d'une ancienne centrale thermique EDF étudiée

Contact : geoffroy.sere@univ-lorraine.fr

MIBIREM : Les microbiomes au service de l'innovation biotechnologique et des applications environnementales

Partenaires du GISFI : LIEC

Partenaires : Altar (France), DND Biotech (Italie), Université de Ghent (Belgique), Sensatec (Allemagne), TAUW (Pays-Bas), Université de Pisa (Italie), Université d'Utrecht (Pays-Bas), Université d'Hasselt (Belgique).

Financement : Horizon Europe

2022–2027



En Europe, il y aurait plus de 324 000 sites gravement contaminés. L'ensemble de ces contaminants présente un risque sanitaire pour l'Homme et l'environnement. Dans les sols et eaux souterraines, les microbiomes (notamment les bactéries) peuvent dégrader les contaminants organiques. Ce potentiel peut être exploité pour décontaminer ces écosystèmes, ces approches se nomment bioremédiation et bioaugmentation. Les consortia microbiens (assemblages de différentes souches) sont plus efficaces que des souches seules pour dégrader complètement les contaminants organiques.

Dans ce contexte, le projet Horizon-Europe MIBIREM d'une durée de 54 mois (2022-2027) a pour objectif de développer une boîte à outils qui aidera à la gestion des sites contaminés et permettra d'évaluer la faisabilité de la bioremédiation en utilisant les microbiomes. Le projet implique onze partenaires institutionnels et industriels de six pays Européens (Autriche, Belgique, France, Pays-Bas, Allemagne, et Italie), le coordinateur scientifique étant Thomas Reichenauer (Austrian Institut of Technology) et la société RTDS est le coordinateur administratif. Les partenaires s'intéressent à trois groupes de contaminants : les cyanures, les différents isomères de l'hexachlorocyclohexane (HCH) et les hydrocarbures pétroliers (PHC) et ce, dans deux milieux contrastés : les sols et eaux souterraines.

Le but est d'isoler, de caractériser, d'optimiser, et de conserver les consortia bactériens pour les utiliser in fine en bioremédiation (essais pilotes et sur le terrain).

Au cours de la première année du projet, le LIEC a été impliqué dans les prélèvements de sols et d'eaux souterraines sur un site en France contaminé aux hydrocarbures (Figure A). Pour l'ensemble du projet, cinq sites pour chaque groupe de contaminants ont été échantillonnés par les différents partenaires. En plus de la caractérisation physico-chimique des échantillons, la diversité bactérienne (métabarcoding de l'ADNr16S) a été déterminée. Des tests de biodégradation des hydrocarbures ont été réalisés en microcosmes (Figure B) en ajoutant ou non des nutriments (solution N:P:K) pour accélérer la biodégradation. Après trois mois, près de 40% de biodégradation a été atteinte pour certains sols dont la contamination initiale en hydrocarbures totaux était particulièrement élevée (>50000 mg/kg). Des cultures d'enrichissement (Figure C) ont également été réalisées pour isoler des bactéries capables d'utiliser les hydrocarbures comme seule source de carbone, en utilisant du diesel comme substrat modèle. Par ailleurs, nous avons mis au point des systèmes nommés BactTraps (Figure D) pour capturer *in situ* les microorganismes capables de se développer sur les contaminants organiques. Ceux-ci ont été utilisés avec succès sur plusieurs sols pour capturer les bactéries capables de dégrader soit le diesel, soit un mélange d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), soit le lindane. Les bactéries vont commencer à être isolées dans les mois qui viennent à partir de ces différents échantillons. Ces isolats seront caractérisés taxonomiquement et leur génome sera séquencé. Certains consortia seront évolués au laboratoire pour améliorer leurs performances. De plus, des expériences de Stable Isotope Probing (SIP) seront réalisées en utilisant des contaminants marqués au ^{13}C , pour identifier les microbiomes actifs *in situ* et impliqués dans la biodégradation ainsi que leur métagénome pour mettre en lumière les voies métaboliques mises en jeu.

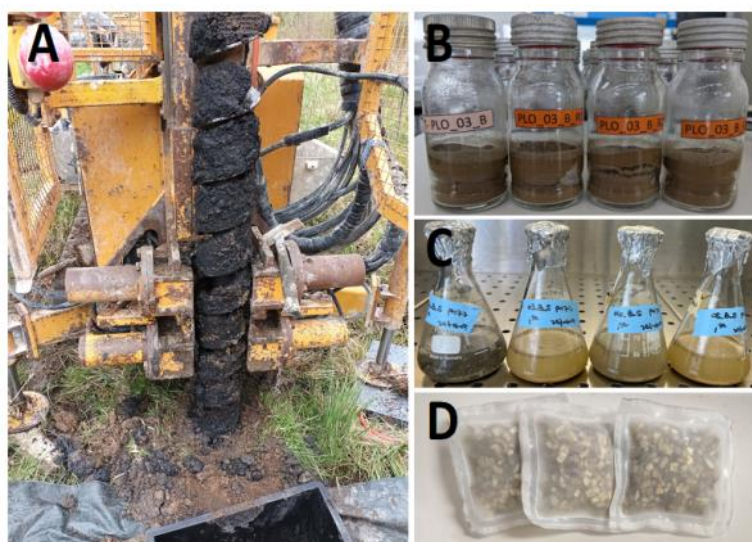


Illustration des différentes tâches réalisées dans le cadre du projet MIBIREM. A) Prélèvement de sol *in situ* à la tarière mécanique, B) microcosmes pour tester la biodégradation des hydrocarbures, C) cultures bactériennes d'enrichissement et D) dispositifs BacTraps. Crédit photo A. Cébron.

Contact : aurelie.cebron@univ-lorraine.fr

QUASPER : QUAntification des incertitudes et Sensibilité des modèles de Prédiction d'Épuisement et de Remédiation des sources de pollution

Partenaires du GISFI : GeoRessources, Ginger Burgéap

Partenaires : Phimeca

Financement : Ademe

2021-2024

Le projet QUASPER, porté par un consortium comprenant 2 sociétés d'ingénierie (BURGEAP et PHIMECA) et un laboratoire de recherche (GEORESSOURCES), vise à sécuriser la réalisation des études du devenir des sources de pollution à travers plusieurs axes : (i) amélioration de la compréhension et de la quantification des paramètres clés qui pilotent l'évolution des zones sources de pollution ; (ii) identification des situations dans lesquelles une simplification de la modélisation est possible et ; (iii) quantification systématique des incertitudes.

Le projet QUASPER a pour objectif d'améliorer la prédiction de l'évolution des sources de pollutions organiques de type NAPL (Non Aqueous Phase Liquid) telles que les hydrocarbures pétroliers, les COHV, les PCB, etc. De manière générale dans les études de modélisation, le NAPL et son évolution ne sont pas représentés. La source est considérée par une concentration imposée ou un flux de polluant et le calage du modèle est réalisé sur le panache. Dans les modèles où le NAPL est représenté, il l'est généralement en considérant des hypothèses simplificatrices (transfert NAPL – eau à l'équilibre local, coefficient de transfert constant, etc.) qui peuvent conduire à sous-estimer la durée de vie des sources (jusqu'à plusieurs ordres de grandeur dans certains cas). La représentation de la complexité des mécanismes qui pilotent l'évolution des sources n'est pas aisée, d'autant plus que les modèles qui intègrent la représentation du NAPL (y compris de manière simplifiée) sont généralement lourds à manipuler (temps de calcul longs, nombreux paramètres à caler, etc.) et sont entachés de fortes incertitudes. De plus, celles-ci sont

généralement évaluées de manière sommaire par le biais de tests de sensibilité sur un nombre restreint de paramètres.

Nous avons ainsi mis en œuvre au travers de ce projet des modélisations numériques de complexité variée élaborées sur la base de jeux de données issus de différents sites pollués. Concernant la prise en compte des incertitudes, différents outils mathématiques de quantification des incertitudes ont été testés, d'une part sur des modèles de site simplifiés 1D, puis sur un modèle 3D d'un site de démonstration. Par ailleurs, nous nous sommes efforcés d'identifier les facteurs clés pilotant l'atténuation de la source, notamment l'effet de polluants multi-constituants, et de caractériser les configurations de sites où des simplifications des modèles sont possibles en s'appuyant sur des modèles de géométries simples. Nous avons ainsi étudié au travers de simulations numériques directes à l'échelle du pore les facteurs influençant les cinétiques d'atténuation des sources de pollution composées de plusieurs constituants, généralement intégrés sous la forme de termes d'échange à l'échelle du bilan de masse macroscopique. Dans un deuxième temps, nous avons exploré la description macroscopique de l'évolution de ces zones sources caractérisées par diverses échelles d'hétérogénéités et pour lesquels les mécanismes d'atténuation dans ce contexte peuvent devenir complexes, rendant difficile une description simple du comportement moyen.

A terme, le projet devrait fournir une synthèse opérationnelle publique dans laquelle seront proposées i) des recommandations pour les essais de caractérisation sur site et leur interprétation, ii) des recommandations pour le choix du modèle de prédiction et de sa paramétrisation selon les configurations rencontrées, iii) une méthodologie et des recommandations pour la prise en compte des incertitudes sur les résultats des modèles.

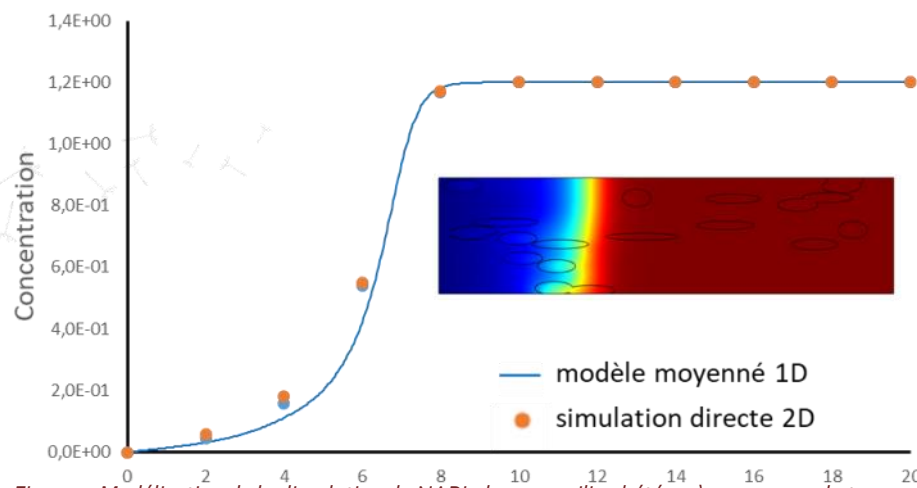


Figure 1. Modélisation de la dissolution du NAPL dans un milieu hétérogène au cours du temps - comparaison du profil de concentration spatiale de la concentration dissoute entre simulation numérique directe et modèle moyenné

Évaluation de l'efficacité des biosurfactants pour la bioremédiation d'hydrocarbures

Projet Bio&Bio : Thèse E.mmline D'Incau

Partenaires du GISFI : LSE,

Partenaires : WSP, ORTEC-SOLEO, SNCF

Financement : Ademe, bourse MESR

2019-2023

La remédiation des sols contaminés par des hydrocarbures pétroliers utilisant des méthodes biologiques classiques (biopiles, biolavage, bioventing...) est souvent limitée par le manque de biodisponibilité de ces polluants. Ceux-ci ont en effet tendance à s'adsorber sur la matière organique et à être séquestrés au sein des particules du sol. Les travaux conduits ont alors évalué l'efficacité de l'apport et/ou la production de biosurfactants, afin de faciliter la biodégradation des hydrocarbures faiblement disponibles. Mis en œuvre à l'échelle pilote dans le cadre du projet BIO&BIO avec une technique de biolavage assistée par l'apport de biosurfactants, les processus complexes d'interaction entre sol, hydrocarbures et biosurfactants ont été étudiés dans le cadre des travaux de thèse d'Emmeline D'Incau. Des expérimentations ont ainsi été conduites afin d'évaluer l'aptitude des biosurfactants à i) augmenter la biodisponibilité d'hydrocarbures d'un sol historiquement contaminé, ii) améliorer les processus intrinsèques de biodégradation et iii) améliorer l'efficacité des techniques de phyto/rhizoremédiation.

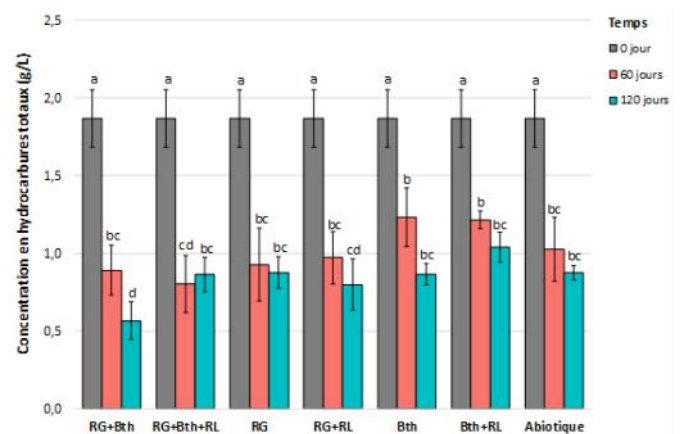
Des tests écotoxicologiques ont tout d'abord été réalisés pour évaluer l'effet des surfactants au stade de germination et de développement/croissance de différentes espèces végétales (maïs, laitue, ray-grass, luzerne). Les résultats obtenus ont permis de constater que les biosurfactants ne perturbent pas la germination des plantes, contrairement à leurs homologues de synthèse, mais qu'ils peuvent impacter négativement leur croissance pour des concentrations relativement importantes



Photo de l'essai hydroponique de biodégradation des hydrocarbures en présence de *B. thailandensis*, de ray-grass et de biosurfactants, au lancement de son incubation en enceinte phytotronique (PEPLor)

équivalant à 10 fois la concentration micellaire critique (CMC). Par ailleurs, au-delà de leur impact propre, les biosurfactants accentuent l'effet toxique des hydrocarbures mettant en évidence les nécessaires compromis à établir entre une disponibilité suffisamment élevée pour permettre la biodégradation et ainsi la remédiation mais ne dépassant pas les seuils de toxicité pour les plantes.

Dans un second temps, un travail de sélection de micro-organismes d'intérêt, capables de dégrader un mélange complexe d'hydrocarbures et de produire des biosurfactants a été conduit. Les expériences de biodégradation in vitro ont permis de sélectionner une souche bactérienne *Burkholderia thailandensis* et un consortium microbien SHEMS1, isolé du sol historiquement contaminé étudié, pour leur capacité à biodégrader un mélange complexe d'hydrocarbures et à produire des biosurfactants. En parallèle, une étude plus approfondie sur les processus de sorption/désorption des biosurfactants et des hydrocarbures a mis en évidence une forte rétention des biosurfactants sur le sol, empêchant la remobilisation des hydrocarbures espérée. Enfin, la biodégradation des hydrocarbures en hydroponie en présence de *B. thailandensis*, de ray-grass et de biosurfactants a été évaluée. La présence de ray-grass et de *B. thailandensis* a alors permis d'améliorer la biodégradation des hydrocarbures après 120 jours de culture (16 % d'hydrocarbures dégradés). Cette souche apparaît alors comme suffisamment intéressante pour envisager des essais en bioremédiation sur sols en présence de ray-grass.



Évolution de la concentration en hydrocarbures totaux de l'essai hydroponique. Des lettres différentes indiquent des différences statistiquement significatives entre les concentrations et les conditions expérimentales à 0, 60 et 120 jours de culture (ANOVA à deux facteurs sur les données transformées logarithmiquement suivi d'un test post-hoc : HSD de Tukey, valeur- $p < 0,05$, $n = 3$). RG : ray-grass, Bth : *B. thailandensis*, RL : rhamnolipides

PHYTOLIXTER : Couplage de la biolixiviation et de la phytoextraction des terres rares des sols

Partenaires du GISFI : LSE, LIEC

Partenaires : Agrocampus Ouest-EPHOR-BAGAP, AMU (Institut d'Urbanisme et d'Aménagement Régional) - UMR Telemme, SCE, Wagon Landscaping, D&L Enromat (Groupe Durand), Plante & Cité

Financement : LabEx R21

2021-2024

Développement d'un procédé d'agromine pour l'extraction des terres rares en Lorraine.

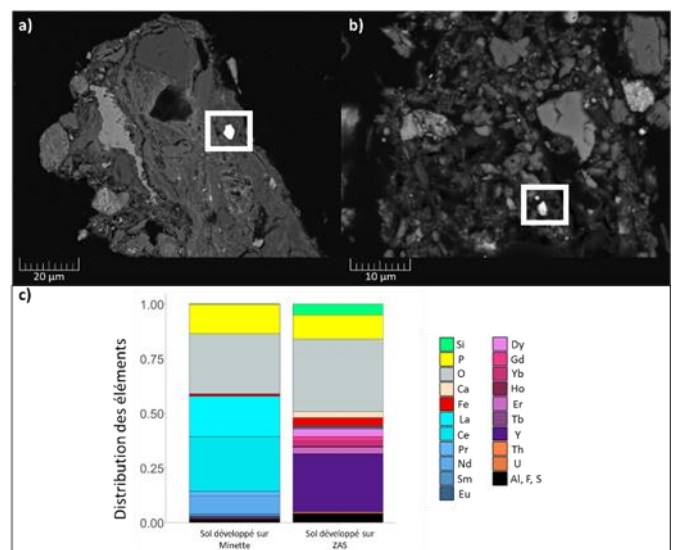
Les terres rares (TRs) sont essentielles pour le développement de nouvelles technologies, notamment dans le domaine des énergies renouvelables. La Chine est le principal producteur avec plus de 80 % de la production mondiale. La prospection des TRs en Europe est un enjeu stratégique, afin de réduire notre dépendance vis-à-vis d'un monopole industriel étranger. Toutefois, les sols européens contiennent des TRs dans des concentrations plus faibles que les zones d'exploitation en Chine. Ce projet se place dès lors dans une perspective de développement de l'agromine des TRs en Lorraine, qui vise à recycler les métaux des sols par des plantes (hyper)accumulatrices.

D'après la littérature, le minerai de fer (Minette) historiquement utilisé pour la production d'acier en Lorraine a été suggéré comme un réservoir d'intérêt en TRs. La superficie totale des sols lorrains potentiellement exploitables a donc été extraite au niveau des aires de répartition de la Minette (carte géologique 1 :50000, BRGM) et des zones d'activités sidérurgiques (ZAS, bases de données BASIAS et EPFGE). La base de données CORINE Land Cover a été utilisée pour superposer l'occupation des sols sur les différentes couches potentiellement concernées par des concentrations élevées en TRs. Les échantillons prélevés dans des sols développés sur Minette et dans les ZAS et les matériaux parents (minerai de fer et scories issues du passage de la Minette en haut fourneau) ont été analysés à la microsonde de Castaing (EPMA), au microscope électronique à balayage, afin de localiser finement les TRs au sein des échantillons et de déterminer leur spéciation. Les différents sols ont également été utilisés pour isoler des microorganismes ayant la capacité de solubiliser les TRs. La capacité de solubilisation de souches sélectionnées a été évaluée par une méthode innovante de mesure de la bioluminescence émise par un biosenseur. En parallèle, différents amendements organiques agricoles, habituellement utilisés pour améliorer la fertilité des sols, ont été étudiés pour évaluer leur potentiel de solubilisation des TRs. Enfin, le procédé de phytoextraction des TRs par l'accumulateur *Phytolacca americana*, sous l'effet des amendements organiques et/ou de bactéries, a été testé en lysimètres de laboratoire instrumentés.

Nous avons estimé que la superficie des sols lorrains développés sur Minette et sur ZAS est respectivement de

46 et 35 km² avec des concentrations en TRs totales qui varient entre 300 et 630 mg.kg⁻¹. Les observations des sols avec l'EPMA (cf. Figure) montrent que les TRs sont associées au phosphore, avec deux profils de minéraux différents : la monazite, majoritairement associée aux TRs légères (La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu) et le xénotime, majoritairement associé aux TRs lourdes (Y, Dy, Gd, Yb, Ho, Er, Tb). Les travaux d'isolement de microorganismes nous ont permis d'identifier trois souches bactériennes capables de solubiliser les TRs dans les sols. Les amendements organiques testés (vinasse de betterave, drêches de bière et marc de raisin) ont permis une augmentation de la biodisponibilité des TRs dans les sols. L'effet significatif de ces amendements est lié aux actions combinées d'une baisse du pH du sol et de la présence de plusieurs acides organiques reconnus dans la littérature comme pouvant complexer les TRs. L'essai de phytoextraction avec *P. americana* a mis en évidence des rendements très faibles en TRs extraites, sans différences significatives entre les traitements. Néanmoins, les plus fortes concentrations en La et en Y ont été observées dans les plantes amendées et inoculées. Les résultats tendent à montrer que le Ca entrerait en compétition avec les TRs pour l'absorption par les plantes.

Les résultats acquis montrent que la phytoextraction des TRs par *P. americana* reste très limitée dans le contexte lorrain. Toutefois, il a été démontré que l'inoculation microbienne et l'utilisation d'amendement organiques pouvaient augmenter la disponibilité en TRs des sols. La connaissance acquise de la spéciation des TRs dans les sols développés sur Minette et dans les ZAS permettra de tester d'autres microorganismes identifiés dans la littérature comme étant capables de spécifiquement altérer les formes de TRs présentes dans les sols étudiés.



Observation MEB des spots de TRs dans le sol de Minette (a), et dans le sol de ZAS (b), et distribution des éléments correspondants déterminés via la microsonde EPMA (c).

Contact : catherine.sirguy@univ-lorraine.fr

Récupération de métaux stratégiques (Co, Ni) présents dans des rejets miniers issus de l'exploitation de l'argent, et stabilisation de l'arsenic.

Projet Samuel Champlain : thèse de Samuel Teillaud

Partenaires : UQAT (Canada)

Partenaires du GISFI : LRGP, LSE

Financement : Labex R21, bourse UQAT

2023-2026

La demande croissante en cobalt (Co) et nickel (Ni), éléments-clés dans le contexte de la transition énergétique, encourage les États à identifier et à exploiter de nouvelles ressources, primaires ou secondaires. Au Canada, les exploitations minières ont donné/donnent lieu au stockage de résidus miniers, pouvant contenir ces métaux à des teneurs non négligeables, et il peut être intéressant de chercher à les valoriser, pour des raisons économiques et/ou environnementales. L'exploitation de résidus « âgés » peut être difficile en raison de la complexité de la composition minéralogiques, de la passivation des métaux due à l'altération, de la taille des particules etc.

L'objectif de la thèse de Samuel Teillaud, en cotutelle entre l'UQAT (Québec, Canada) et l'Université de Lorraine est d'explorer deux voies de récupération de Ni et de Co à partir de résidus miniers âgés, provenant d'un site d'une ancienne mine d'argent et chargés en arsenic.

La première partie du travail a consisté à caractériser les minéraux porteurs de Co et Ni par les techniques physico-chimiques et minéralogiques adaptées. Il a été démontré que le matériau était composé de fines particules, contenant 1310 mg kg⁻¹ Co, 943 mg kg⁻¹ Ni et 5245 mg kg⁻¹ As et les minéraux porteurs ont été identifiés.



Solidago canadensis

Ensuite, la voie de récupération par hydrométallurgie a été explorée. Une étude approfondie des techniques de concentration des métaux recherchés a été effectuée, essentiellement fondée sur la flottation, en vue de séparer les minéraux riches en Co et Ni des autres.

La seconde voie est l'exploration de la récupération des métaux par agromine, qui se situe plus clairement dans le contexte du GISFI. Des plantes hyperaccumulatrices ont été identifiées et sélectionnées, à savoir *Odontarrhena chalcidica*, *Bornmuellera emarginata*, *Solidago canadensis*, *Phalaris arundinacea* et un témoin, *Lolium perenne*. Des premières expériences de germination ont été réalisées, et un travail est en cours pour proposer une formulation permettant la croissance des plantes, à partir de résidus miniers, d'amendement, de terreau, en vue de favoriser l'hyperaccumulation de métaux.

Ainsi, ce travail permettra d'acquérir des connaissances sur le potentiel de récupération des deux métaux stratégiques choisis, à partir de résidus miniers âgés et partiellement oxydés, de proposer des alternatives à l'exploitation primaire, et de comparer et/ou de combiner deux filières différentes pour la valorisation de ces métaux.



Site sur lequel les prélèvements ont été effectués (Ontario, Canada)



Contact : marie-odile.simonnot@univ-lorraine.fr

Adaptation des territoires dégradés

EFFECTS : EFFet d'Évènements Climatiques extrêmes sur les Transferts dans un Sol de cokerie

Partenaires du GISFI : LIEC, GeoRessources, LSE, LRGP

Financement : UL Pôle OTELo

2020-2023

Les projections climatiques actuelles prédisent une augmentation des températures et une diminution des précipitations, principalement en été, avec une plus grande variabilité en termes d'intensité et un accroissement d'évènements climatiques extrêmes. Dans ce contexte, il est nécessaire d'évaluer l'impact de l'intensification des évènements extrêmes sur l'évolution des sols fortement anthropisés et notamment sur les transferts verticaux qui vont directement impacter la qualité des eaux de nappes. Outre la quantité des produits transférés (contaminants organiques, matière organique, microorganismes tels que les bactéries et les champignons), leur nature peut être modifiée et doit être investiguée.

Le projet EFFECTS cible plus spécifiquement des sols issus d'une ancienne cokerie qui font actuellement l'objet d'un suivi long terme (Projet Observatoire OTELo) en colonnes lysimétriques de grande taille (2 m³). En complément de ce suivi long terme, ce projet vise à réaliser des expérimentations contrôlées sur des dispositifs similaires de plus petite taille afin d'évaluer l'impact d'évènements extrêmes ciblés (pluviométrie, température) sur la dynamique et la nature des produits transférés.

Le projet s'appuie sur la mise en place de lysimètres de laboratoire (30 cm de diamètre et 50 cm de haut), modèles réduits des grands lysimètres de la station expérimentale du GISFI, permettant d'enregistrer un grand nombre de paramètres en continu (température, teneur en eau, pH et Eh) à plusieurs profondeurs. Des tuyaux microporeux permettent d'injecter de l'eau pour simuler une pluie (répartition homogène sur toute la surface), les lysimètres sont installés sur pesons afin de pouvoir réaliser les bilans hydriques,

Deux colonnes lysimétriques remplies de terre de cokerie (sol identique à celui utilisé pour le projet observatoire), ont fait l'objet de deux simulations climatiques contrastées sur une durée de huit mois :

- un climat « normal » se basant sur les chroniques météorologiques relevées sur la station du GISFI à Homécourt depuis son installation ;
- un climat « extrême » en se basant sur l'un des scénarios climatiques les plus extrêmes en termes d'augmentation de températures et de changement de régimes de précipitations : modèle HadCM3 pour la période 2080-2099 et selon le scénario A2 (augmentation continue de la population avec un modèle économique lent et fragmenté par région).

Pour cette expérimentation, l'intensité, la fréquence et la durée des évènements pluvieux sont déterminées et mises en œuvre en se basant sur les deux simulations climatiques ; pour la température, elle a été constante et fixée à des valeurs moyennes représentatives de saison estivale des deux scénarios.

Au cours de ces huit mois, les différents paramètres physico-chimiques ont été mesurés en continu et les analyses chimiques et biologiques ont été réalisées tous les deux mois. A l'issue de ces huit mois, les colonnes ont été démantelées et les sols sont en cours d'analyses (teneur en métaux et en contaminants organiques, abondance et structure des communautés microbiennes).

Le suivi continu des données de température, de teneur en eau et de potentiel matriciel à différentes profondeurs, ainsi que le bilan des flux entrants et sortants sont en cours de traitement afin de réaliser un bilan hydrique exhaustif. Ces données seront comparées à celles obtenues sur les lysimètres de grande taille et utilisées pour la modélisation hydrodynamique à l'aide du logiciel Hydrus 1D. Ces éléments de comparaison entre systèmes d'échelle différente sont tout à fait originaux au niveau international et permettront également d'acquérir une meilleure maîtrise des dispositifs expérimentaux du GISFI.



Dispositif des colonnes lysimétriques soumises à des scénarios climatiques « normal » et « extrême ».

BATNAP : Impact des BATtements de NAppes Phréatiques liés au changement climatique sur la remobilisation des polluants pétroliers légers (LNAPL)

Partenaires du GISFI : LIEC, GeoRessources, BRGM

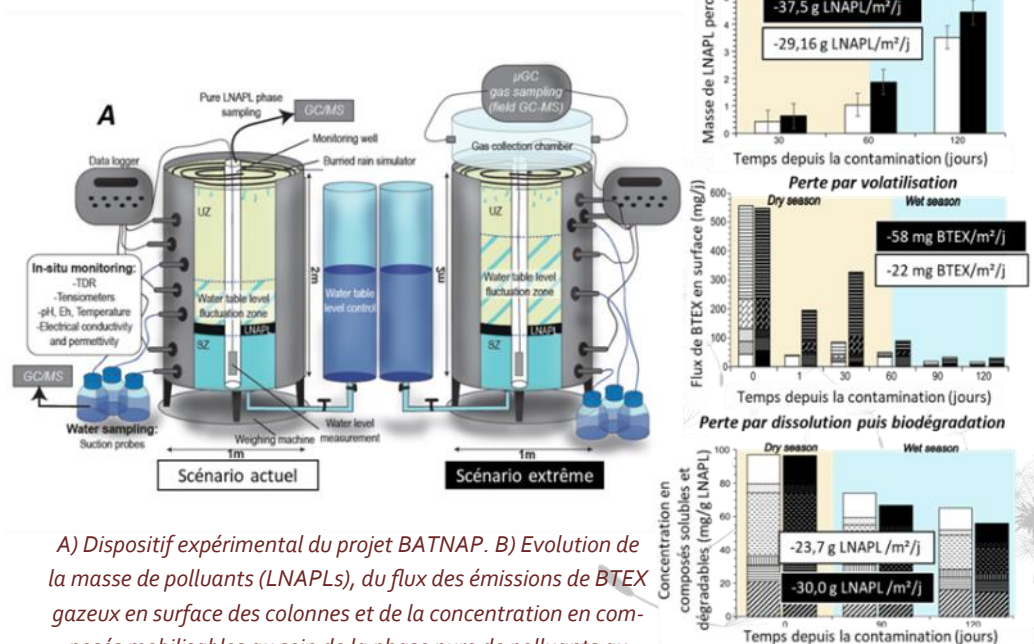
Financement : LUE - IMPACT DEEPSURF, BRGM

2020—2023

En raison des activités humaines et du changement climatique, la pression exercée sur les sols et la ressource en eau n'a cessé d'augmenter au cours des dernières décennies, menaçant leur qualité à long terme. Dans ce contexte, le projet BATNAP vise à déterminer l'impact qu'une intensification des variations du niveau des nappes phréatiques induite par le changement climatique pourrait avoir sur le comportement des contaminants pétroliers légers (ex : diesel, fuel) : impacts sur le transport, les taux de relargage vers la nappe et l'atmosphère, et sur durée de vie de la contamination, etc. Ces contaminants appelés LNAPLs (Light Non-Aqueous Phase Liquids) représentent un peu moins de 40% des sources de contamination des sols et des eaux souterraines dans le monde. Après leur rejet et leur infiltration dans la zone non saturée, la faible densité des LNAPLs leur permet de s'accumuler au toit de la nappe sous la forme d'une lentille mobile. La remobilisation progressive de cette phase pure peut alors générer des émissions de COV en surface et la formation d'un panache dissout dans la nappe phréatique, altérant la qualité de l'eau pour des décennies. De précédentes recherches ont montré que la présence de variations saisonnières (ou induites par pompage) du niveau de la nappe peut engendrer une dispersion verticale importante de ces contaminants au niveau de la frange capillaire, favorisant leur propagation dans l'eau et l'atmosphère. Cependant l'effet de l'intensité des battements sur le comportement des LNAPLs reste mal compris. Le GIEC prédit pourtant une intensification des variations piézométriques durant le prochain siècle en raison d'un changement du régime des précipitations (événements climatiques extrêmes) et l'utilisation croissante de la ressource en eau. Dans ce contexte, l'objectif du projet BATNAP était de comprendre comment l'intensité des battements de nappe peut affecter les processus de remobilisation des LNAPLs et les risques qui en découlent. Il s'agissait également d'améliorer les techniques de surveillance des sites contaminés par les LNAPLs.

Dans ce but, le projet s'appuie sur un dispositif expérimental mis en place sur la station du GISFI en 2020 (Figure A). Ce dispositif se

compose de deux colonnes lysimétriques de sol (2m³) contaminées chacune par 50L de gasoil. Ces colonnes instrumentées couplent des mesures géophysiques indirectes (mesures de la conductivité et de la permittivité électrique), physico-chimiques in situ (pH, Eh, température) et géochimiques (phase dissoute et gaz) afin d'évaluer et de comparer l'étalement, la nature et la quantité des rejets de LNAPLs vers l'eau et l'atmosphère au cours de deux scénarios de précipitations et de fluctuations du niveau piézométrique de 120 jours. L'un des scénarios se base sur les chroniques climatiques régionales (climat actuel) tandis que l'autre se base sur les prévisions les plus extrêmes du GIEC (forte intensité de variations du niveau piézométrique, événements de précipitations extrêmes). Les hydrocarbures mobilisés durant ces scénarios ont été collectés et régulièrement analysés directement en surface des colonnes (gaz : μ GC) ou en laboratoire (GC-TQD, Torion®). Les résultats montrent que l'atténuation de la contamination a été plus importante dans le cas du scénario extrême en raison d'une perte plus importante de polluants par volatilisation en surface, par dissolution puis biodégradation dans la nappe phréatique (Figure B). Ce projet met donc en évidence par le couplage de ces méthodes qu'une augmentation de l'intensité des variations du niveau de la nappe phréatique dans le contexte du changement climatique accentuera l'étalement et le piégeage des contaminants à travers la porosité du sol, augmentant les processus de remobilisation du LNAPL. Cela inclut : une plus grande volatilisation, des émissions gazeuses en surface et des taux de dissolution vers la nappe phréatique plus élevés.



Contact : a.cavelan@brgm.fr

REEVES : Recherche sur les Espèces Exotiques Végétales Envahissantes

Partenaires du GISFI : LIEC, LSE

Partenaires : LAE

Financement SNCF Réseau

2021-2023

Pour une limitation du développement des espèces invasives sur les talus ferroviaires en utilisant des plantes autochtones.

La colonisation des abords des voies ferrées par des plantes exotiques envahissantes (EEEs) entraîne des problèmes de maintenance et de sécurité pour la SNCF (dissimulation de la signalisation, disjonction électrique avec la caténaire...). Afin de contrôler le développement de ces plantes, la SNCF est à l'origine du projet REEVES dont l'objectif est de tester des méthodes de génie écologique permettant de contenir le développement des EEEs à l'aide de plantes locales dites restauratrices. Ces méthodes consistent à restaurer une strate végétale indigène en implantant des espèces locales pour freiner l'installation et le développement des EEEs. Une large communauté de plantes de restauration a été utilisée en région Grand Est, comme la viorne aubier, le troène, le sureau, le cornouiller, le fusain, l'amélanchier, l'épine-vinette, l'aubépine, la germandrée et trois espèces invasives ont été ciblées, la renouée du Japon, l'ailante et le robinier faux-acacia.

Dans ce cadre, le projet REEVES associe à la fois des expérimentations de terrain pour évaluer différentes stratégies de gestion et des expérimentations de laboratoire pour analyser les mécanismes biologiques mis en œuvre dans le cadre de la restauration végétale (comme l'allélopathie ou les symbioses mycorhiziennes).

Les dispositifs de terrain sont situés dans les départements des Ardennes (Deville, Nouzonville et Charleville) et de la Marne (Germaine et Ay-en-Champagne) (Figure A et B). Ils sont répartis dans 16 stations expérimentales selon 192 parcelles de 16 m² au sein desquelles 4500 végétaux ont été plantés.

Concernant la partie plus fondamentale de ce projet, les expérimentations de laboratoire ont été menées au LSE, au LAE et au LIEC avec des objectifs distincts pour chacune de ces unités.

Les objectifs des travaux menés au LSE étaient de caractériser les sols de talus ferroviaires (propriétés physico-chimiques, niveaux de contamination) et de rechercher des indicateurs permettant d'évaluer le risque de dispersion (par des fragments de végétaux par exemple) sur la base de la qualité des terres utilisées pour les remblais. Le LAE à partir d'expériences menées en mésocosmes avait pour objectif de caractériser les effets de compétition et/ou d'allélopathie mis en jeu lors d'associations plante invasive/plante de restauration. Les EEEs étudiées étaient la renouée du Japon et le robinier faux-acacia. Le LIEC s'est principalement intéressé au volet microbien de la renouée du Japon dans sa stratégie d'élimination des plantes autochtones. Pour cela, l'impact de composés isolés de rhizomes et de feuilles de renouée

du Japon sur la microflore du sol et plus particulièrement sur les symbioses racinaires des plantes avoisinantes (mycorhizes et nodosités fixatrices d'azote) a été évalué (Figure C).

Les principaux résultats obtenus au cours de ce projet ont permis de montrer que :

- sur le terrain, certaines plantes restauratrices s'implantent durablement dans les talus ferroviaires et on observe même une tendance à la baisse de croissance de plantes invasives comme la renouée du Japon,
- l'acceptation ou non des lots de terre utilisés pour la construction de talus ferroviaires peut se faire grâce à une méthodologie d'aide à la décision construite lors de ce projet,
- les phénomènes de compétition entre la renouée du Japon et certaines plantes de restauration conduisent à une limitation de sa croissance,
- les composés émis par la renouée du Japon n'ont qu'un effet modéré sur la microflore du sol mais peuvent en revanche inhiber la germination de spores de champignons mycorhiziens sans pour autant affecter la formation de nodosités.

Les résultats encourageants obtenus lors du projet REEVES ont conduit SNCF Réseau à prolonger ce projet afin de poursuivre, sur le long terme, le suivi des parcelles de restauration in situ et approfondir la compréhension des mécanismes d'interaction entre les EEEs et les plantes de restauration afin de pouvoir proposer de nouvelles voies d'amélioration dans la lutte écologique contre les EEEs.



Vues des dispositifs expérimentaux mis en place sur le terrain (A et B) et au laboratoire (C)

Animations Scientifiques 2023

GISFI Requalification des territoires dégradés
interdisciplinarité & innovation

Réunion plénière du vendredi 6 Janvier 2023
14h00 -17h00
Salle Gallé (Présidence UL Brabois) et en Team

1. Informations diverses
2. « **ECORESTAURATION** de technosols miniers pollués par des éléments traces métalliques : stratégie de **PHYTOMANAGEMENT** appliquée au site de Pontgibaud". »
Sylvain BOURGERIE (Université d'Orléans)
3. « **Réduire l'insécurité pour mieux valoriser les terres excavées : dernière avancées réglementaires et perspectives.** »
Noémie DUBRAC (BRGM)
4. « **Le devenir du SARS-CoV-2 dans les sols urbains - un champ d'investigation pour le Gisfi ?** »
Jean Louis MOREL (LSE)

GISFI Requalification des territoires dégradés
interdisciplinarité & innovation

Réunion plénière du mercredi 15 Mars 2023
14h00 -17h00
Salle Gallé (Présidence UL Brabois) et en Teams

1. Informations diverses
2. « **Désimperméabilisation des sols : des acquis scientifiques indispensables à l'optimisation des pratiques** »
Christophe SCHWARTZ (LSE)
3. **Projet PHYTOCARB « Couplage phytoscreening – appareils de mesure terrain et développement de méthodes pour la détection des HAP et HC lourds. »**
Maria AGUDELO (Tauw France)
4. **Projet MONIC « MONitoring des gaz et des Contaminants organiques de sites pollués en cours de remédiation »**
Pierre FAURE-CATTELOIN (LIEC)

GISFI Requalification des territoires dégradés
interdisciplinarité & innovation

Réunion plénière du vendredi 07 Juillet 2023
9h30 -12h00
Salle IRIS (BU Ingénieur - Brabois) et en Zoom

1. Informations diverses
2. « **Soilsafe Aotearoa : un projet grand public pour mieux comprendre la contamination des sols de jardin en Nouvelle Zélande.** »
Mélanie KAH (School of Environment, The University of Auckland)
3. « **Mesurer des ETM sur le terrain : NEXt et après...** »
José Paulo PINHEIRO (LIEC)
4. **Restitution Journée Scientifique et Prospective GISFI du 14 avril 2023**
Philippe BATAILLARD (BRGM)

GISFI Requalification des territoires dégradés
interdisciplinarité & innovation

Réunion plénière du vendredi 06 Octobre 2023
9h30 -12h00
Salle Daum (Présidence UL Brabois) et en Teams

1. Informations diverses
2. **Évaluation de l'efficacité des biosurfactants pour la bioremédiation d'hydrocarbures**
Emmeline D'INCAU (LSE)
3. **Des expérimentations en colonnes lysimétriques pour déterminer l'impact du changement climatique sur le devenir des polluants organiques des sols. Exemple des LNAPL**
Amélie CAVELAN (BRGM)
4. **BDSolU : Base de données des analyses de sols urbains pour la détermination de fonds pédogéochimiques anthropisés**
Jean-François BRUNET (BRGM, GISSOL)
5. **Réhabilitation écologique de sites miniers : cas du nord-ouest du Québec**
Marie GUITTONNY (IRME UQUAT, Quebec)



Venez échanger autour de nouveaux concepts dédiés
à la requalification des territoires dégradés

Atelier scientifique et prospectif
14 Avril 2023 de 9h à 17h

en présentiel à Nancy

réservé aux membres et partenaires associés du GISFI

La journée sera organisée autour des quatre thématiques du GISFI

- **Diagnostic fonctionnel & territorial des territoires dégradés**
- **Procédés de restauration/requalification**
- **Adaptation des territoires dégradés face aux changements globaux**
- **Friches et aménagement du territoire**

Chaque thématique s'organisera autour de présentations flashs, de projets et de nouveaux concepts, suivies d'échanges.

GISFI Requalification des territoires dégradés
Interdisciplinarité & Innovation

« Nouveaux concepts dédiés à la requalification des territoires dégradés »

En avril 2023, le bureau exécutif du GISFI a organisé une journée d'échange sur les nouveaux concepts dédiés à la requalification des territoires dégradés. Le temps d'une journée, 49 participants ont échangé leurs points de vue et leurs besoins sur deux thèmes aux enjeux majeurs :

- Le diagnostic et la restauration des sites dégradés,
- L'adaptation et l'aménagement des territoires face aux changements globaux.

Outre le partage d'expériences et de connaissances, l'objectif de cette journée était d'établir un état des lieux des avancées scientifiques et techniques sur ces deux thèmes et de lister les chantiers encore à entreprendre pour accélérer la requalification des territoires dégradés.

L'état des lieux a été établi grâce à des présentations sous forme de pitches, mettant en lumière, en 5 min chrono, les résultats et perspectives d'un projet de recherche, le savoir-faire et les attentes d'une entreprise, les missions et les besoins d'un aménageur, ou encore, des idées de concepts portant sur l'un des deux thèmes retenus. Au total, 19 équipes de recherche, 4 représentants d'entreprises et 1 aménageur se sont livrés à l'exercice, apportant de la substance pour travailler ensuite sur les chantiers à entreprendre.

Ces derniers ont été discutés en détails par le biais d'ateliers regroupant chacun une dizaine de personnes. Constats et chantiers sont présentés ci-dessous.

Atelier du thème 1 : Diagnostic fonctionnel & Restauration des fonctions du sol : quelles avancées, quels besoins ?

Les constats:

Disposer d'un diagnostic fonctionnel, permettant de mieux quantifier la fonctionnalité du sol à partir de la mesure de paramètres d'état, est un besoin partagé par l'ensemble des acteurs. Toutefois, son caractère opérationnel questionne encore.

Ce type de diagnostic est souhaité par les responsables régionaux pour « changer de modèle pour s'adapter au changement climatique », et répondre à l'objectif de Zéro Artificialisation Nette des sols à l'horizon 2050. Confronté à la logique « Eviter, Réduire, Compenser », les aménageurs perçoivent le diagnostic fonctionnel comme indispensable pour, enfin, être en mesure de prendre en compte le sol en tant qu'écosystème complexe susceptible de rendre de nombreux services dans les projets de remédiation.

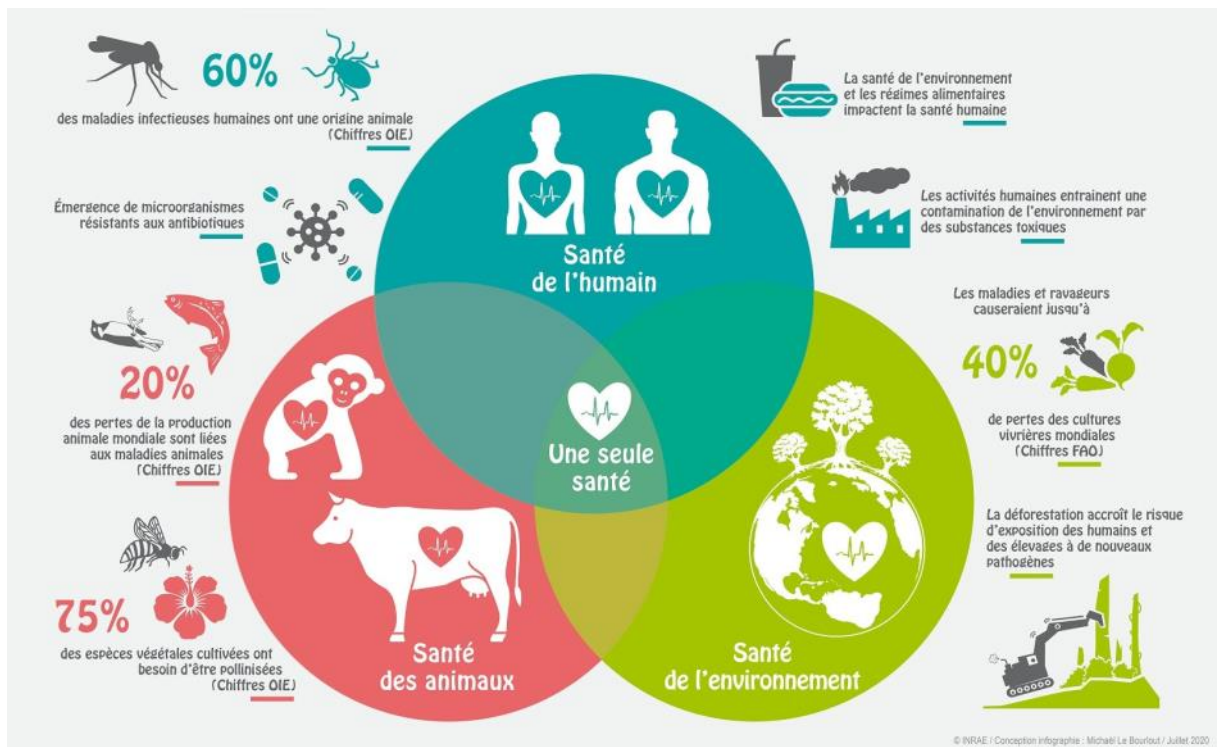
Sur le plan scientifique, la question centrale porte sur le choix des paramètres à mesurer et surtout les référentiels et les modèles disponibles pour objectiver le caractère fonctionnel du sol. Malgré des progrès certains, l'approche manque encore de maturité pour être transcrite dans les guides à portée réglementaire. Aménageurs et bureaux d'étude souhaitent que cet outil de diagnostic s'inscrive en complément des outils existants que sont le « plan de gestion » et « l'interprétation de l'Etat des milieux » de la méthodologie nationale de gestion des Sites et Sols Pollués. L'approche « risque » reste également au cœur de la requalification d'un site et l'outil de diagnostic fonctionnel doit pouvoir quantifier ce risque en lien avec l'évolution possible du transfert des polluants sous l'influence de la refunctionalisation du sol.

Plus largement, en complément et sans attendre les méthodes de diagnostic fonctionnel du sol, chercheurs et ingénieurs en bureaux d'étude recommandent de procéder à des diagnostics élargis des sites. Il s'agirait de diagnostics écologiques, pédologiques, voire sociaux et territoriaux pour replacer le site dans son contexte géo-historique, en plus du diagnostic chimique classiquement réalisé. Cette connaissance élargie du site et de son contexte pourrait permettre d'entrevoir de nouvelles solutions de remédiation permettant de maximiser les futurs services rendus par le site après reconversion.

« Apporter des solutions intégrant tous les acteurs du site », « renaturer les sols au fonctionnement complexe », « établir des diagnostics élargis » ... toutes ces demandes, bien que pleinement justifiées, compliquent significativement l'activité de la remédiation des friches. Il faut reconnaître que les méthodes pour réaliser ces diagnostics et en tirer le meilleur pour argumenter les décisions concernant la remédiation des sites manquent encore très largement.

Dans un second temps, donc, les pistes pour combler ce manque de méthodes ont été listées et discutées. Il s'agirait de :

- Développer les indicateurs de qualité et de santé des sols avec les référentiels associés : les traduire en fonctions et, éventuellement, en services et préparer des outils de médiation, type « guide », pour favoriser leur utilisation opérationnelle,
- Amplifier le développement de la connaissance du diagnostic environnemental des sites et sols pollués:
 - * Mieux intégrer les flux de polluants au sein des écosystèmes : écotoxicité, transfert, transformation (état), co-transfert, ...
 - * Appliquer ces concepts aux pollutions émergentes : contaminations pyrotechniques, microplastiques, composés per et polyfluoroalkylés, produits pharmaceutiques, nanoparticules/nanomatériaux, ...
 - * Mieux établir le lien entre pollution et diversité biologique des sols,
 - * Faciliter l'usage de la méthode normalisée d'évaluation des risques pour les écosystèmes TRIADE,
 - * Mieux quantifier la contribution des sites pollués à la mise en danger de l'Homme à travers le concept « une seule santé ».



Le concept « Une seule santé » (source : <https://www.inrae.fr/alimentation-sante-globale/one-health-seule-sante>)

- Continuer le développement des outils de terrain notamment, en vue de réduire les incertitudes entre deux points d'analyse et pour décider où placer les stations de suivi sur le long terme,
- Multiplier les démonstrateurs sur site au sein du GIS avec participation croisée du monde académique et du monde économique qui permettent le transfert vers l'opérationnel:
 - * Intégrer des bilans cout/avantage le plus tôt possible dans les études de remédiations,
 - * Accroître le marketing des sites de démonstrations,
 - * Améliorer l'accessibilité des sites pour la recherche et la formation citoyenne.
- Mieux gérer et partager la donnée (non sensible), à travers, par exemple:
 - * La Science Ouverte : capitaliser et mettre à disposition toutes les données sur les sites d'études (sauf confidentialité) en commençant par la station d'Homécourt, créer une pédothèque, gérer des collections, tracer l'historique des prélèvements et des métadonnées,
 - * Les entrepôts de données sûrs et pérennes (ex. OrdAR : OTELo Research Data Repository) pour le dépôt des jeux de données et permettre d'obtenir un DOI pour citer de manière fiable et pérenne les jeux de données dans une publication ou un data paper,
 - * Le développement d'un Plan de Gestion des Données commun aux membres du GISFI,
 - * L'alimentation des bases de données existantes (CASIAS, RMQS, BDSOLU,...),
 - * Le maintien des observatoires pour mettre en évidence des évolutions sur le long terme grâce à la pérennisation de leur financement.
- Explorer les conséquences de l'attribution de droits à la Nature pour bousculer le principe de monétarisation des services et identifier les leviers permettant de régénérer les sols des friches en tant que bien commun pour l'Homme et la Nature.



Ateliers du thème 2 : Accroître la résilience des territoires : objet et méthode

Les constats:

La question posée aux participants se voulait a fortiori transverse. Elle a été jugée complexe en raison de sa multidisciplinarité et de son échelle territoriale. Beaucoup de thématiques nécessaires pour faire avancer cette question ne sont pas ou peu représentées au GISFI ce qui demandera de nouveaux partenariats. Parmi elles, figurent des spécialistes de l'urbanisme, de l'aménagement, des politiques territoriales et des outils de gestion qui les accompagnent (PLUi, SCOT, SDAGE, SRADET,...). Les drivers du modèle actuel d'aménagement du territoire sont pour la plupart inconnus des chercheurs et ingénieurs du GISFI dont l'activité porte essentiellement sur la production de connaissance sur le diagnostic de la qualité des milieux et les solutions de remédiation des systèmes dégradés.

Toutefois, le GISFI a des atouts qui peuvent intéresser les acteurs du territoire :

- En proposant des sites d'observations, dont certains sanctuarisés sur le long terme, des dispositifs expérimentaux variés permettant des changements d'échelles et le test de nouveaux outils, le GISFI dispose d'un retour d'expérience majeur en matière de gestion des sites dégradés susceptible d'alimenter les outils d'aide à la décision des responsables territoriaux,
- Son interdisciplinarité lui permet de proposer le diagnostic élargi d'un site : état sanitaire, environnemental, fonctionnalité écologique et pédologique, géohistoire... même-si certains aspects sont encore en développement comme évoqué ci-dessus,
- Il dispose d'un réseau d'acteurs important en région Grand Est lié à l'histoire du territoire et des relais au niveau national, permettant d'animer et de communiquer sur la thématique.

Les chantiers:

Dans ces conditions, les membres du GISFI peuvent travailler au développement de scénarios prospectifs de refunctionalisation des sols dégradés d'un site donné, à l'aide de méthodes à faible intrant, incluant des approches :

- d'analyse du cycle de vie (ACV) et de bilan coût/avantage;
- permettant de maximiser les services écosystémiques dans le cadre du réaménagement d'un site,
- basées sur les principes de l'économie circulaire et de la sobriété énergétique,
- permettant un changement d'échelle avec étude d'une filière pour une application à l'échelle du territoire.

Il peut également jouer un rôle d'animateur au sein d'un Laboratoire vivant dédié à la refunctionalisation des sols pour la résilience des territoires afin d'accompagner les décideurs régionaux dans le développement d'une politique de remédiation des sites dégradés. Un laboratoire vivant regroupe des acteurs publics, privés, des entreprises, des associations, des acteurs individuels, dans l'objectif de tester « grandeur nature » des services, des outils ou des usages nouveaux. Il peut pour cela compter sur l'expérience du Lorraine Smart Cities Living Lab (LSCLL) conçu à partir de 2008, par l'équipe du laboratoire ERPI (« Équipe de Recherche sur les Processus Innovatifs ») de l'Université de Lorraine en partenariat avec les acteurs socio-économiques locaux. Des initiatives sont actuellement en cours pour mettre en place un volet dédié à la santé des sols au sein du LSCLL.

Conclusion :

Face aux dégâts de l'artificialisation des milieux sur la biodiversité et les pertes de services écosystémiques qui en découlent, les législateurs européens et nationaux proposent des lois aux objectifs ambitieux qui visent à protéger les sols en freinant l'urbanisation (loi climat et résilience en France, Directive cadre sur la surveillance des sols européenne...). Les actions de R&D du GISFI ont pour but d'accompagner cette évolution. Au final, ces ateliers ont permis de dresser les grandes lignes des actions de R&D nécessaires pour répondre aux besoins des acteurs du territoire, à court et moyen termes, en matière de refunctionalisation des milieux.

Remerciements : Le bureau exécutif du GISFI remercie chaleureusement l'ensemble des participants à cette journée pour leur partage d'expérience et l'expression de leurs besoins d'innovation.

Auteurs :

Philippe BATAILLARD, Damien BLAUDEZ, Noële ENJELVIN, Pierre FAURE-CATTELOIN, Morgane FLEGEAUX, Florence MAUNOURY-DANGER, Stéphanie OUVRARD et Christophe SCHWARTZ.

La station expérimentale



Activités autour des dispositifs lysimétriques.



LYSIMETRES URBAINS (LSE)

Projet avec la Métropole de Grand Nancy, quatre lysimètres *in situ* installés :

- Parc Sainte Marie
- Parc de la Pépinière
- Pixéricourt
- UL Présidence Brabois

Mise en place de « BitumeBag » : thèse A. Herbreteau (LIEC / LSE)

L'expérimentation s'appuie sur l'une des 24 parcelles lysimétriques de 6 m² de la station. Des sachets en maille d'acier contenant de l'enrobée bitumineux ont été enterrés à 15cm de profondeur et seront prélevés à intervalle de trois mois sur une durée de deux ans. L'objectif est d'étudier l'évolution et la dégradation au cours du temps des bitumes contenus dans l'enrobée bitumineux enfoui dans le sol.



Démantèlement de deux colonnes: BatNap pour projet BatMobil (LIEC / Georessources / BRGM)

Le projet Ademe Gesipol BatMobil (partenaires : LIEC, GeoRessources, BRGM, Tauw, EDF) fait suite au projet Deepsurf LUE BatNap. Il a pour objectif d'étendre les travaux sur l'influence des battements de nappe sur la mobilité des hydrocarbures à l'échelle du site. Le comportement des polluants sera ainsi suivi en temps réel sur un site contaminé en parallèle des expérimentations menées sur le même sol à l'échelle des lysimètres et sous différents scénarios climatiques. (cf. fiche p. 13)



Démantèlement puis remplissage de deux colonnes: thèse D. Diarra (LIEC / BRGM / EDF)

Deux colonnes lysimétriques sont utilisées afin d'étudier le comportement de bétons contaminés par des hydrocarbures pétroliers afin d'évaluer leur possible réutilisation comme remblais sur site. Ces bétons, issus d'opérations de démantèlement de centrales thermiques, ont fait l'objet de concassage et de tris granulométriques. Les colonnes sont remplies de béton présentant des fractions granulométriques différentes. Elles feront l'objet d'un suivi sur plusieurs années mais également de forçage (pluies artificielles) pour étudier la perméabilité des bétons suivant leur granulométrie. Les eaux de percolation feront l'objet de caractérisations chimiques (minérales et organiques) régulières.



EFFECTS (GeoRessources, LIEC, LSE, LRGP)

Expérimentation conduite en petites colonnes lysimétriques (diamètre 30 cm, hauteur 50 cm) avec simulation d'un climat dit normal et un extrême..

[voir fiche projet p.12](#)



Projet PHYTOLIXTER (LSE)

Expérimentation conduite en phytotron avec différents amendements pour étudier les possibilités d'augmenter la disponibilité d'éléments d'intérêt et les capacités d'hyperaccumulation de la plante (cf. *fiche p.10*)



Bilan de l'année 2023

Le bilan est réalisé depuis novembre 2022 jusqu'à décembre 2023:

- Trente six articles publiés dans des revues internationales avec comité de lecture ;
- Quatre thèses soutenues et dix-sept en cours ;
- Une Habilitation à diriger des Recherches.

Ci-dessous une sélection de publications écrites sur la période, celles qui apparaissent en gras sont communes aux différents laboratoires du GISFI.

Sélection de publications écrites

ABDELMOULA M., RUBY C., MALLET M., GHANBAJA J., COUSTEL R., SCUDIERO L., WANG W. J., (2023) Identification of a Fe(OH)₂-like phase in the core-shell structure of nano-zero-valent Fe and its evolution when interacting with Pd²⁺aq ions by Mössbauer spectroscopy, XPS, and TEM, *Journal of Physics and Chemistry of Solids*, 172,111066 hal-03893779

ANCOUSTURE J., DURAND A., BLAUDEZ D., BENIZRI E.,(2023) A reduced but stable core microbiome found in seeds of hyperaccumulators. *Science of the Total Environment* 887: 164131. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.164131. hal-04263868

CAMBOU A., CHEVALLIER T., BARTHÈS B. G., DERRIEN D., CANNAVO P., BOUCHARD A., ALLORY V., SCHWARTZ C., VIDAL-BEAUDET L., (2023) The impact of urbanization on soil organic carbon stocks and particle size and density fractions. *Journal of Soils and Sediments* 23: 792-803.

CAZALS F., COLOMBANO S., HUGUENOT D., BETELU S., GALOPIN N., PERRAULT A., SIMONNOT M.O., IGNIATIADIS I., ROSSANO S., CRAMPON M., (2022) Polycyclic aromatic hydrocarbons remobilization from contaminated porous media by (bio)surfactants washing. *Journal of Contaminant Hydrology*, 251, 140065

CÉBRON A., BORRECA A., BEGUIRISTAIN T., BIACHE C., FAURE P., (2022) Taxonomic and functional trait-based approaches suggest that aerobic and anaerobic soil microorganisms allow the natural attenuation of oil from natural seeps. *Scientific Reports*, 12, Article number 7245. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-15752-z>

CÉBRON A., KARPOUZAS D.G., MARTIN-LAURENT F., MORIN S., PALACIOS C., SCHMITT-JANSEN M., (2022) Editorial: Microbial Ecotoxicology Advances to Improve Environmental and Human Health Under Global Change. *Frontiers in Microbiology*. doi: 10.3389/fmicb.2022.870404

CHÂTILLON E., CÉBRON A., RIGAL F., CAGNON C., LORGEUX C. FAURE P., DURAN R., CRAVO-LAUREAU C., (2023) Functional redundancy in response to runoff input upholds microbial community in hydrocarbon-contaminated land-sea continuum. *Environmental Pollution*, 335, pp.122330. [10.1016/j.envpol.2023.122330](https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.122330), hal-04189595v1

CHÂTILLON E., DURAN R., RIGAL F., CAGNON C., CÉBRON A., CRAVO-LAUREAU C., (2023) New insights into microbial community coalescence in the land-sea continuum. *Microbiological Research*. 267:127259. doi.org/10.1016/j.micres.2022.127259

COLOMBINI G., AUCLERC A., WATTEAU F., (2023) Technogenic parent materials drive Technosols humus system formation on an industrial brownfield. *CATENA* 233: 107469.

CORTET J., PAQUET S., BILLET P., BOUGON N., CALVET C., CHARNET F., CHENU C., GASCUEL-ODOUX C., DAMAS O., DESROUSSEAUX M., MONOD K., POINÇOT F., RAOUS S., RIGOU L., SARRAZIN F., SCHWARTZ C., (2023) Mieux intégrer les sols dans la séquence «Éviter – Réduire – Compenser». *Etude et Gestion des Sols* 30: 347-363.

CORZO REMIGIO A., HARRIS H. A.-O., PATERSON D. J., EDRAKI M., VAN DER ENT A. A.-O., (2023) Chemical transformations of arsenic in the rhizosphere-root interface of *Pityrogramma calomelanos* and *Pteris vittata*. *Metallomics* 15(8): mfad047.

COUSTEL R., BOUCLY A., ANDRÉ E., DI BITETTO A., BOURNEL F., GALLET J.J., ROCHET C., CARTERET C., (2023) NAP-XPS Probes the Electronic Structure of the Mg–Al–Cl Layered Double Hydroxide upon Controlled Hydration. *Journal of Physical Chemistry C*, 127 (8), pp.4144-4153. hal-04029492

DUFAUD O., JANES A., HENRION J., SIGOT L., LAUBIE B., SIMONNOT M.O. (2022) Ignition and Self-heating Risk Assessment of Hydrocarbon. Polluted Soils. *Chemical Engineering transactions*, 90, 73-78.

DURAND A., GOUX X., LOPEZ S., LEGLIZE P., BENIZRI E., (2023) Soil nickel contamination levels entail changes in the bacterial communities associated to the rhizosphere and endosphere of *Odontarrhena chalcidica*. *Plant and Soil*. <https://doi.org/10.1007/s11104-023-06215-z>

GABER D., BERTHELOT C., BLAUDEZ D., KOVACS G.M., FRANKEN P., (2023) Impact of dark septate endophytes (DSEs) on salt stress alleviation of tomato plants. *Frontiers in Microbiology* 14: 1124879. DOI: 10.3389/fmicb.2023.1124879. hal-04194923

GRÉAU L., BLAUDEZ D., HEINTZ D., ZUMSTEG J., BILLET D., CÉBRON A., (2022) Response of Poplar and Associated Fungal Endophytic Communities to a PAH Contamination Gradient. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(11), 5909. DOI : 10.3390/ijms23115909

GRÉAU L., BLAUDEZ D., LE CORDIER H., FORNASIER F., CÉBRON A., (2023) Taxonomic and functional responses of soil and root bacterial communities associated with poplar exposed to a contamination gradient of phenanthrene. *FEMS Microbiology Ecology* 99:1-13. DOI: 10.1093/femsec/fiad052

GROSJEAN N., LE JEAN M., ORY J., BLAUDEZ D., (2023) Yeast deletomics to uncover gadolinium toxicity targets and resistance mechanisms. *Microorganisms* 11: 2113. DOI: 10.3390/microorganisms11082113. hal-04194933

HAOUCHINE M., BIACHE C., LORGEUX C., FAURE P., OFFROY M. (2022) Handle Matrix Rank Deficiency, Noise and Interferences in 3D Emission-Excitation Matrices: An Effective Truncated Singular Value Decomposition in Chemometrics Applied to the Analysis of Polycyclic Aromatic Compounds. *ACS Omega*, 7, 27, 23653–23661. <https://doi.org/10.1021/acsomega.2c02256>

- HELLAL J., BARTHELMEBS L., BÉCARD A., CÉBRON A., CHELONI G., COLAS S., CRAVO-LAUREAU C., DE CLERCK C., GALLOIS N., HERY M., MARTIN-LAURENT F., MARTINS J., MORIN S., PALACIOS C., PESCE S., RICHAUME-JOLION A., VUILLEUMIER S., (2023) Unlocking secrets of microbial ecotoxicology: recent achievements and future challenges. *FEMS Microbiology Ecology*.
- JAKOVljević K., MIŠLJENović T., VAN DER ENT A., BAKER A. J. M., ANDREJIĆ G., TOMOVIĆ G., ECHEVARRIA G., (2023) Zinc (hyper)accumulation in *Cardamine waldsteini*: from discovery in the herbarium to validation in the field. *Plant Biosystems - An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*: 1-7.
- JALLY B., FRANCOIS M., KESSLER M., LAUBIE B., SIMONNOT M.O., (2022) Recovery of nickel from strongly acidic bio-ore leachate using a bispicolylamine-based chelating resin. *Separation and Purification Technology*, 293, 121126
- KANSO A., BENIZRI E., AZOURY S., ECHEVARRIA G., SIRGUEY C., (2023) Maximizing trace metal phytoextraction through planting methods: Role of rhizosphere fertility and microbial activities. *Chemosphere* 340: 139833.
- LE JEAN M., MONTARGES-PELLETIER M., RIVARD C., GROSJEAN N., CHALOT M., VANTELON D., SPIERS K.M., BLAUDEZ D., (2023) Locked up inside the vessels: rare earth elements are transferred and stored in the conductive tissues of the accumulating fern *Dryopteris erythrosora*. *Environmental Science & Technology* 57: 2768-2778. DOI: 10.1021/acs.est.2c06985. hal-03981985
- MAUCOURT F., CÉBRON A., BUDZINSKI H., LE MENACH K., PELUHET L., CZARNES S., MELAYAH D., CHAPULLIOT D., VALLON L., PLASSART G., HUGONI M., FRAISSINET-TACHET L., (2023) Prokaryotic, microeukaryotic and fungal composition in a long-term polychlorinated biphenyl-contaminated brownfield. *Microbial Ecology*. DOI: 10.1007/s00248-022-02161-y
- MEITE F., ABDELMOULA M., BILLARD P., HAUET T., ZEGEYE A., (2022) Pb-bearing ferrihydrites bio-reduction and secondary minerals precipitation during Fe redox cycling. *Minerals*, 12, 610. DOI: 10.3390/min12050610. hal-03682767v1
- MEITE F., HAUET T., BILLARD P., FERTÉ T., ABDELMOULA M., ZEGEYE A., (2022) Insight into the magnetic properties of Pb-doped iron oxide nanoparticles during Fe(III) bio-reduction by *Shewanella oneidensis* MR-1. *Chem. Geol.* 606, 120904. doi :10.1016/j.chemgeo.2022.120904. hal-03697883v1
- NKRUMAH P. N., VAN DER ENT A., (2023) Possible accumulation of critical metals in plants that hyperaccumulate their chemical analogues? *Science of The Total Environment* 878: 162791.
- RAKOTOMALALA M. R., ABDELMOULA M., MALLET M., COUSTEL R., (2023) The role of starch in nano-magnetite formation: A spectrometric and structural investigation. *Materials Chemistry and Physics*, 297, pp.127285. □hal-03937318 □
- SOBAGA A., DECHARME B., HABETS F., DELIRE C., ENJELVIN N., REDON P.-O., FAURE-CATTELOIN P., LEMOIGNE P., (2023) Improvement of the soil drainage simulation based on observations from lysimeters. Preprint *egusphere-2022-274*. <https://doi.org/10.5194/egusphere-2022-274>
- STERCKEMAN T., (2023) On the contribution of cadmium – citrate complexes to cadmium uptake by durum wheat. *Plant and Soil* 487, 455-465;
- VAN DER ENT A., BRUECKNER D., SPIERS K., VIDAR K., FALKENBERG G., LAYET C., LIN W.-S., XHENG H.-X., LE JEAN M., BLAUDEZ D., (2023) High-energy interference-free K-lines synchrotron X-ray fluorescence microscopy of rare earth elements in hyperaccumulator plants. *Metallomics* 15: mfad050. DOI: 10.1093/mtomcs/mfad050. hal-04263871
- WANG G., YIN X., FENG Z., CHEN C., CHEN D., WU B., LIU C., MOREL J. L., JIANG Y., YU H., HE H., CHAO Y., TANG Y., QIU R., WANG S., (2023) Novel biological aqua crust enhances in situ metal(loid) bioremediation driven by phototrophic/diazotrophic biofilm. *Microbiome* 11(1): 110.
- WECHTLER L., FALLA-ANGEL J., BONNEFOY A., LAVAL-GILLY P., (2023) Co-culture between *Miscanthus x giganteus* and *Trifolium repens* L. to enhance microbial activity, biomass and density in a PAH contaminated technosol. *International Journal of Phytoremediation*: 1-8.
- XIE C., XIAO Y. HE C., TANG Y.Y., WANG S., VAN DER ENT A., MOREL J.L., SIMONNOT M.O., QIU R.L., (2023) Selective recovery of rare earth elements and value-added chemicals from the *Dicranopteris linearis* bio-ore produced by agromining using green fractionation. *Journal of Hazardous Materials*, 443 Part B, 130253
- ZHOU F., XIAO Y., GUO M., WANG S., QIU R., MOREL J.L., SIMONNOT M.O., ZHANG W.X., ZHANG W., TANG Y.T., (2023) Insights into the Selective Transformation of Ceria Sulfation and Iron/Manganese Mineralization for Enhancing the Selective Recovery of Rare Earth Elements. *Environmental Science and Technology*, 57(8), pp 3357-3368 (10.1021/acs.est.2c08395)

Thèses soutenues

- D'INCAU E. Évaluation de l'efficacité des biosurfactants pour la bioremédiation d'hydrocarbures. Thèse UL, LES soutenue le 30 août 2023.
- JACQUET J. Co-culture de *Noccaea caerulescens* et *Sedum plumbizincicola* comme levier agroécologique pour la phytoextraction du plomb, du zinc et du cadmium. Thèse UL, LES soutenue le 12 décembre 2023.
- HAOUCHINE M. : Développement d'outils de Chimométrie pour le suivi de contamination aux composés aromatiques polycycliques dans des matrices environnementales complexes. Thèse UL, LIEC soutenue en octobre 2023
- GREAU L. : Étude des microorganismes endophytes (bactéries et champignons) impliqués dans la biodégradation des hydrocarbures aromatiques polycycliques et la stimulation de la croissance des plantes. Thèse UL, LIEC soutenue en ars

Habilitation à diriger des Recherches (HdR)

- COUSTEL R. Structure électronique de matériaux hybrides et poreux : de l'élaboration aux propriétés de surface. UL, LCPME – 30 juin 2023

Collaborations : HYDREKA - Cédric Malandain, laboratoire Ampère, Ecole Centrale de Lyon - Timothy M. Vogel

Développement de Microcosmes in situ (MISS) pour évaluer la faisabilité de traitement de biostimulation des eaux souterraines.

Les dispositifs MISS sont le fruit d'un partenariat entre HYDREKA, TAUW et le laboratoire Ampère de l'Ecole Centrale de Lyon. Ils offrent un service complet pour des tests in situ de traitement de biostimulation des eaux souterraines. Ce service pourrait potentiellement compléter ou remplacer les pilotes traditionnels en laboratoire ou sur le terrain, en vérifiant la faisabilité et les conditions optimales de la bioremédiation sur un site spécifique.

Le système est composé de microcosmes individuels qui peuvent être insérés dans des piézomètres et échantillonnés à différents moments. Chaque microcosme contient des échantillonneurs passifs et un émetteur passif de nutriments. L'efficacité de la biodégradation des contaminants est estimée par le suivi de paramètres chimiques et biologiques.

La première étape visait à comprendre l'effet de la nature du substrat sur l'interconnexion des fonctions écologiques et des micro-organismes. Les outils de séquençage et la construction de réseaux écologiques ont permis de mieux appréhender les risques liés à la nature du substrat en visualisant les interconnexions entre fonctions et taxons.

Par la suite, plusieurs essais de formulation des substrats ont été conduits pour assurer une libération progressive de COT pendant plusieurs semaines une fois les dispositifs insérés dans les piézomètres. Le design du dispositif a progressivement évolué pour intégrer les échantillonneurs chimiques et microbiens passifs ainsi qu'une pastille de substrat tout en tenant compte des contraintes de robustesse, de maniabilité et de volume.

Jusqu'à présent, la technologie a été testée sur un site contaminé par des chloroéthènes, montrant des résultats similaires au traitement in situ de bioremédiation. Les essais réalisés sur 2,5 mois ont validé la capacité des prototypes à libérer une source de carbone et à stimuler l'activité de déchloration.

Le système des MISS est susceptible d'être applicable à d'autres contaminants mais des développements supplémentaires sont nécessaires. Aujourd'hui, nous recherchons des sites pour évaluer les dispositifs en fonction de différentes pollutions et de différentes conditions hydrogéologiques.

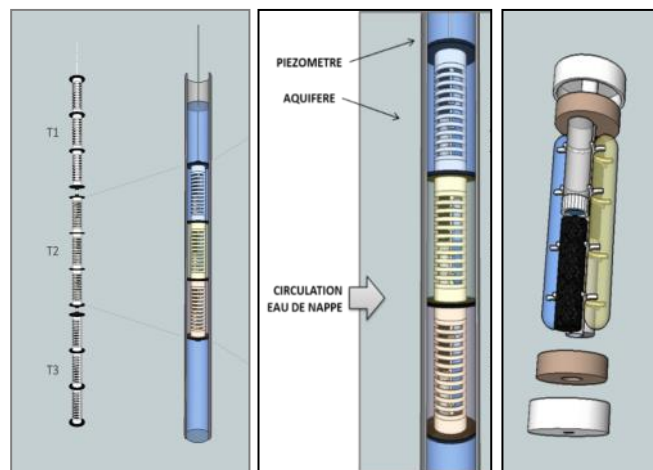


Schéma d'un système composé de 9 microcosmes in situ (MISS) permettant de comparer les performances de 2 traitements de biostimulation en comparaison à l'atténuation naturelle d'un panache de pollution.

Collaborations : Programme européen Aragorn / Projet ADEME GRAINE 2024 / Programme Fasep Liban avec l'Université Libanaise / stagiaire avec le LSE /

Microhumus est un bureau d'études issu d'un transfert de technologies du Laboratoire Sols et Environnement (LSE). Depuis sa création en 2007, Microhumus a naturellement développé son expertise initiale de caractérisation des matières organiques et du biofonctionnement des sols, au service de la préservation de la ressource en sols et de la gestion durable des sites et sols dégradés et pollués.

Composé d'une équipe pluridisciplinaire de 9 salariés et de 5 consultants, Microhumus est intervenu sur plus de 250 sites de référence dans ses domaines d'activités.

Microhumus propose son expertise en ingénierie pédologique pour, d'une part, formuler des terres fertiles de substitution à partir de matériaux issus de l'économie circulaire pour répondre aux besoins des aménagements paysagers (procédé SubsTer®) et, d'autre part, restaurer les fonctionnalités des sols dégradés en fonction des usages tels que l'agriculture urbaine ou la renaturation écologique des sites urbains ou industriels (procédé OptimSitu®).

En quelques chiffres, c'est ici :

- 500 000 T de terres végétales éco-conçues, formulées à partir de matériaux issus de l'économie circulaire, dont celles des JO 2024 fournies à la Solideo ;

- 100 ha de sols naturels ou agricoles préservés pour les aménagements paysagers ;

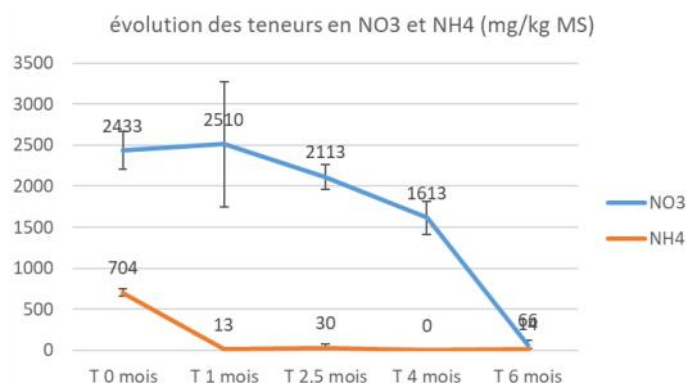
- La valorisation des déblais de tunneliers en terres fertiles de la future ligne Lyon-Turin, et du futur collisionneur de particules du CERN (>10⁵ m3).

Dans le contexte des sites et sols pollués, Microhumus propose des solutions de **gestion durable des pollutions des sols par phytomanagement (procédé AgroPhyto®)**.

Ce procédé se décline en trois grandes étapes, allant de l'étude de faisabilité technique et économique, à la conception et la mise en œuvre d'essais pilotes au laboratoire et en conditions pédoclimatiques réelles, jusqu'à l'AMO et le suivi des mesures de gestion déployées à grandes échelles.

Les études concernent aussi bien des pollutions des sols d'origine organique (HCT, HAP, pesticides, cyanures, organo-fluorés) qu'inorganique (métaux, métalloïdes, composés azotés, sulfate, fluorure, amiante).

Microhumus a livré fin 2024 les résultats positifs des essais pilotes (300 m3) réalisés sur site concernant la gestion des teneurs en NO₃ et NH₄ des sols d'une ancienne usine d'engrais.



Evolution des teneurs en composés azotés (NO₃ et NH₄, en mg/kg MS) dans les sols non végétalisés (à T₀) et végétalisés après 6 mois.



Collaborations : LIEC, GeoRessources, BRGM

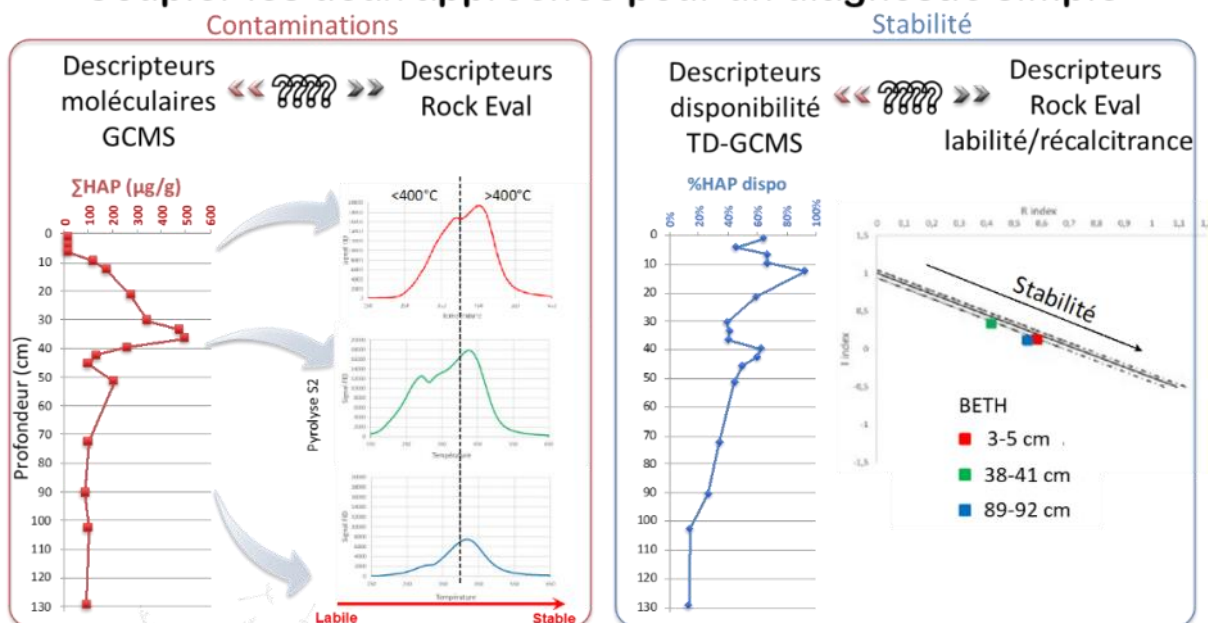
Rock-Eval et caractérisation des sols

En fin d'année 2022, GISFI a accueilli un nouveau membre : IFPEN, via la Direction de Recherche « Sciences de la Terre et Technologies de l'Environnement ». Les missions principales de cette Direction sont consacrées aux priorités émergentes « Energies Renouvelables » et « Climat/Environnement ». Dans ce cadre, IFPEN s'intéresse tout particulièrement à l'étude des sols, qu'ils soient forestiers, agricoles, anthropisés, etc... Pour étudier le carbone et son évolution dans ces sols, l'outil Rock-Eval qui permet une quantification rapide du carbone organique et minéral de tout échantillon de sol sans traitement préalable, est mis à l'honneur. Il jouera un rôle clé dans l'avancée de ce programme ambitieux. Nous pouvons citer deux exemples d'études menées sur cette thématique :

- IFPEN a participé en 2023 à la caractérisation (de la Matière Organique) d'un technosol d'un site industriel de EdF avec le BRGM. Les analyses réalisées avec le Rock-Eval contribueront à définir la stratégie de re-fonctionnalisation de ce technosol avec une approche coût/bénéfice. Les thermogrammes montrent que ce technosol est pauvre en matière organique mais que celle-ci a une dynamique de décomposition que l'on trouve dans les sols naturels (V. Derycke et al., *Bringing soil multifunctionality into contaminated management*, AquaConSoil 2023, Prague, 12-13/09/2023).

- Début 2024, le projet Inter-Carnot Ressources Energétiques/Icéel « POLLSIDER » de 2 ans, porté par le LIEC (Université de Lorraine) avec GeoRessources et IFPEN comme partenaires (approche multi-analytique pour comprendre la stabilité des polluants organiques au sein de matériaux sidérurgiques / pollution que l'on retrouve majoritairement sur les friches industrielles), a été accepté et est en phase de lancement. La Figure illustre les corrélations qui seront mises en œuvre à l'aide d'une double approche moléculaire et Rock-Eval.

Coupler les deux approches pour un diagnostic simple



Complémentarité des approches moléculaires et Rock-Eval. A gauche : Quantité totale de HAP versus quantité de carbone pyrolysable Rock-Eval (pic S2) : Le carbone labile est associé aux plus fortes quantités de HAP. A droite : Disponibilité des HAP versus qualité du carbone (descripteur I et R Rock-Eval) : Plus le potentiel (indice I) de minéralisation du carbone (I fort et R faible) est important, plus la disponibilité des HAP est grande



LUXCONTROL

LUXCONTROL—Regis Reicher, Camille Jongy

Contact : camille.jongy@luxcontrol.com; regis.reicher@luxcontrol.com

Collaborations : Ancien site sidérurgique ArcelorMittal Esch-Schifflange, projet de réaménagement par Agora s.à r.l. et Cie en futur quartier Metzschmelz : Projet pilote pour l'évaluation des risques sanitaires et environnementaux en collaboration avec le BRGM, Kidova et Ram-sès

Evaluation des risques au Grand-Duché de Luxembourg

Luxcontrol a mené plusieurs études des sols sur le site sidérurgique Esch-Schifflange en cessation d'activité d'environ 60 ha au Grand-Duché de Luxembourg pour le compte d'ArcelorMittal et d'Agora qui redéveloppe le site en futur quartier Metzschmelz. Ces études se basaient sur des seuils d'intervention et d'assainissement allemands (Merkblatt Alex 02 émis par la Rhénanie Palatinat).

Depuis 6 ans, l'étude est devenue un projet pilote afin de développer les méthodologies d'évaluation des risques au Luxembourg dans le cadre d'une future loi « sols ». Le but est de basculer vers une approche plus raisonnée de gestion des terres polluées comme le font les pays voisins.

Sur base de la comparaison des résultats avec les valeurs de déclenchement définies par un groupement d'étude luxembourgeois et en application des méthodes d'évaluation des risques sanitaires et environnementaux (comprenant entre autres des méthodes de calculs de dispersion des polluants dans les sols et les eaux souterraines et la prise en compte de scénarios d'usages), deux types de contaminations ont été identifiés : celles liées aux remblais en place (métaux, hydrocarbures aromatiques polycycliques) et celles liées plutôt aux anciennes activités du site (hydrocarbures pétroliers, indices phénols, BTEX).

Onze taches de contamination à assainir par traitement ont été identifiées. Le reste des contaminations sera à assainir par recouvrement afin de couper les voies de transfert entre les contaminations en place et les futurs usagers du site et empêcher la diffusion des contaminations vers le milieu naturel.

Sur base de la législation actuelle (Merkblatt Alex 02), environ 975 000 m³ de terres seraient à assainir par traitement pour un usage futur industriel (et au moins le double pour un usage résidentiel), sur base de l'évaluation des risques, ce volume serait réduit à environ 150 000 m³ (et 300 000 m³ pour un usage résidentiel). Les volumes à traiter et les coûts de gestion des terres seraient considérablement réduits.

La prochaine étape sera une modélisation 3D des concentrations avec une approche géostatistique plus poussée pour affiner ces volumes et définir les concepts d'assainissement par traitement à mettre en place dans le but de créer une multiplateforme de traitement sur site.



Vue d'ensemble d'un hall du site Esch-Schifflange

Projet Ademe New-for-C

Contact : v.moreaux@groupeginger.com

Collaborations : INRAE, LSE, VALORHIZ, AUREA, PROVADEMSE

Le projet de recherche New-FOR-C, lauréat de l'APR Graine 2021 de l'ADEME, vise à évaluer le potentiel de stockage et de déstockage de carbone des sols dégradés, issus de friches industrielles, et refunctionalisés pour de nouveaux services. New-FOR-C innove avec une approche de caractérisation à l'échelle de l'écosystème de bilan carbone bénéficiant d'une vision intégrée (cinétique des échanges sol-surface-végétation-atmosphère) confrontée à une description fine des processus de mobilité du carbone du sol avec une caractérisation de sa stabilité à court-moyen et long terme sur des sites industriels. Ce projet s'appuie sur deux écosystèmes en place sur l'ex-Société Métallurgique de Normandie à Colombelles (14) :

- Un taillis à courte rotation (TCR) développé sur un technosol construit à partir de terres excavées ISDND,
- Une ferme solaire (FS) en exploitation par la société VALEMO, implantée sur sol en place fortement dégradé d'un point de vue fonctionnel, dont une partie est l'objet d'une stratégie de refunctionalisation du sol et de végétalisation adaptée à de nouveaux services écosystémiques.

Ces deux usages permettent un regard croisé du fonctionnement global des sites vis-à-vis du cycle du carbone, mais également de l'impact environnemental : microclimat, cycle de l'eau, biodiversité, pour orienter à terme vers un usage raisonné de ces espaces.

Un diagnostic de l'état initial des parcelles a été réalisé en mars 2022, permettant d'évaluer le niveau de fertilité des sols, ainsi que la caractérisation fine du carbone organique du sol (quantitative et qualitative) sur les horizons de prospection racinaire et sur les fractions fines et grossières (fractions >2 mm non négligeables), spécificité de ces sites dégradés. Une partie de la préparation des échantillons avant analyse a été réalisé au sein des locaux du GISFI à Homécourt, en collaboration avec le LSE. Ce diagnostic permet d'orienter la stratégie de végétalisation mise en œuvre en tenant compte des contraintes des sites (design de la ferme solaire/du TCR). Un suivi continu des flux de carbone d'eau et d'énergie depuis 1 an sur la ferme solaire permet d'établir un 1er bilan carbone de ce type d'écosystème, dont le potentiel de stockage peut être amélioré par une stratégie de gestion du site adaptée.



Photos du projet New-FOR-C, exemples de mesures réalisées : A. Mesures des flux de carbone, d'eau et d'énergie (FS), B. Caractérisation agropédologique des sols (FS), C. Préparation des échantillons (broyage au GISFI), D. Détermination de la densité apparente pour évaluer les stocks de carbone. E. Stratégie de végétalisation (TCR), F. Mesures de respiration du sol (TCR).

Collaborations : collectivités territoriales, entreprises (e.g. EODD, ELEMENT TERRE)

Consoilting est un cabinet de consultance destinée à accompagner les maîtres d'ouvrage et les bureaux d'études dans leurs choix et leurs expertises pour la gestion durable des sites et sols dégradés et pollués avec des objectifs de mise en valeur, en couvrant une large gamme de services écosystémiques qui peuvent être rendus par ces territoires. En continuité des actions antérieures, en 2023, Consoilting s'est notamment investi dans l'assistance à maîtrise d'ouvrage pour des opérations de développement de l'agriculture urbaine. En particulier, le cabinet a été chargé par l'Eurométropole de Metz d'évaluer la compatibilité d'une parcelle de l'ancienne base aérienne de Metz-Frescaty en vue d'y créer une zone agricole afin de répondre à son Projet Alimentaire Territorial qui promeut l'installation d'exploitants agricoles dans des filières déficitaires comme le maraîchage et l'arboriculture fruitière. Dotée ainsi d'une vaste zone à reconverter, la collectivité peut alors envisager des projets ambitieux qui répondent aux attentes des citoyens et contribuent significativement à la transition environnementale.



Vue générale de la parcelle destinée au maraîchage et à l'arboriculture fruitière



Actualités 2023

Fondation ID+ et mécénat pour le GISFI

La Fondation ID+ Lorraine, créée par décret du 7 octobre 2021 sous forme d'une fondation de coopération scientifique, a pour but de développer l'excellence scientifique en Lorraine. Elle prend le relais de la Fondation NIT de l'Université de Lorraine en accueillant le Centre Hospitalier Régional Universitaire de Nancy parmi ses membres fondateurs institutionnels.

En 2023, le GISFI a sollicité la fondation de l'Université de Lorraine pour proposer son projet sollicitant des mécènes qui peuvent être les partenaires associés au GISFI mais aussi à ceux qui participent à certains projets ou encore tous ceux qui sont sensibles à nos activités de recherche et qui souhaitent soutenir nos activités exploratoires.

<https://gisfi.univ-lorraine.fr/fr/soutenir-le-gisfi/>

L'un des défis scientifiques majeurs du GISFI est d'étudier le **couplage** entre les **compartiments** environnementaux (atmosphère, biosphère, pédosphère et hydrosphère). Il s'agit alors de **décrire, de comprendre et de modéliser** les **mécanismes** qui **contrôlent** le **fonctionnement des écosystèmes urbains et industriels**, dans la perspective de **limiter les risques pour la santé humaine et pour les écosystèmes** et, plus globalement, pour **optimiser les services écosystémiques** qui les peuvent rendre.

Le GISFI présente l'originalité d'associer également une **diversité d'acteurs en charge de la gestion des friches** : des bureaux d'études et des opérateurs de la dépollution, des propriétaires/gestionnaires de sites ainsi que les pouvoirs publics.

La **pluridisciplinarité** du GISFI permet une approche originale de la recherche aux interfaces entre disciplines afin de répondre à nos questions complexes.

La station expérimentale

Le GISFI a développé une station expérimentale équipée de dispositifs originaux pour les expérimentations à l'échelle pilote qui permettent de conduire des essais en conditions réelles.

Installée sur un ancien site industriel à Homécourt (54), cette station, unique en France, permet d'explorer de nouvelles perspectives et de repousser les limites de la recherche en environnement industriel. Cette station est aussi un pôle national d'observation pour les espaces dégradés et pollués (OSU OTELL) : réseau ESSORT de l'ADEME sur les sites et sols pollués.

Enjeux

Les équilibres de notre Planète connaissent des bouleversements sans précédent (changement climatique, accroissement démographique, épuisement des ressources, effondrement de la biodiversité). Ainsi, il est essentiel d'évaluer la capacité de nos territoires, y compris les friches, à réduire les pressions et à restaurer les écosystèmes pour soutenir la vie. Dans ce contexte, les **friches urbaines et industrielles constituent une ressource de premier plan**. De plus, le respect de l'objectif **"Zéro Artificialisation Nette" (ZAN) d'ici 2050**, requiert de considérer ces espaces délaissés comme de précieuses réserves foncières.

Fondation ID+ Lorraine
1, Rue Grandville
54000 NANCY
06 21 73 27 60
contact@fondation-idplus-lorraine.fr
fondation-idplus-lorraine.fr

Fondation ID+ Lorraine
@idplus.lorraine
Fondation ID+ Lorraine
Fondation ID+ Lorraine
@idplus.lorraine

Les laboratoires d'appui

Le GISFI, créé en 2002, compte cinq membres : l'Université de Lorraine, le CNRS, INRAE, BRGM et INERIS.

Les activités du Groupement sont développées au sein de **dix laboratoires de recherche publics**, qui couvrent un large champ disciplinaire (agronomie, sciences du sol, agronomie, écotoxicologie, génie des procédés, innovation, sciences humaines et sociales).

Plus de cent personnes contribuent à l'acquisition de connaissances sur les sols dégradés et leurs pollutions complexes.

Programme

Le programme du GISFI se concentre sur l'acquisition de connaissances scientifiques pour permettre le développement de technologies innovantes de traitement et de stratégies de requalification des territoires dégradés et promouvoir des solutions qui préservent les ressources pour l'avenir.

Le GISFI met l'accent sur la démonstration de procédés et de filières, la valorisation et l'innovation avec des programmes soutenus par des fonds publics (ANR, ADEME, FEDER, Région Grand Est).

Les travaux du GISFI aboutissent à des technologies et des scénarii visant à valoriser les ressources foncières, énergétiques, matérielles et biologiques des territoires, en favorisant des filières conformes à l'économie circulaire.

Approche

La complexité des friches nécessite des travaux à différentes échelles, du laboratoire au terrain, pour comprendre le comportement des polluants et leur impact sur l'environnement.

Nos savoir-faire

Diagnostic chimique, écotoxicologique, écologique
Génése des procédés de traitement
Développements méthodologiques
Caractérisation d'impacts environnementaux

Budget annuel de fonctionnement Station

Dépenses	Recettes
Personnel salarié	Projets recherche
Fonctionnement	UL
Missions	BRGM
Total	Total

Le mécénat, pourquoi ?

Les projets de recherche du GISFI sont financés par la réponse à des appels à projets nationaux ou internationaux. Recourir à du mécénat constitue pour nous une autre opportunité de financement pour conduire des travaux exploratoires.

Le mécénat est un soutien matériel (en numéraire, en nature ou en compétence) à une œuvre ou à une personne pour l'exercice d'activités présentant un intérêt général. Les entreprises partenaires du GISFI bénéficient d'un lien privilégié avec les chercheurs et s'inscrivent dans une démarche d'innovation sociale, de développement durable et de préservation de nos ressources.

Cet engagement en tant que mécène permet de poursuivre nos travaux exploratoires et d'encourager l'émergence de solutions novatrices. Ce soutien contribuera à générer de nouvelles connaissances, à développer des technologies plus durables et à préserver ainsi notre environnement.

Contact : noele.engevin@univ-lorraine.fr
<http://gisfi.univ-lorraine.fr>

UNIVERSITÉ DE LORRAINE, INRAE, BRGM, INERIS

Le GISFI et la formation



Travaux Pratiques 2ème année de l'Ecole Nationale Supérieure de Géologie (ENSG) dans les locaux de la station à Homécourt

Comme chaque année, la station est le support pédagogique pour la formation des étudiants qui découvrent l'histoire du site, de l'arrêt de la cokerie à la reconversion en station expérimentale.

- Université de Wageningen (Mai 2023)
- Université de Hasselt (LUE) (Juin 2023)
- Master BioWare (Oct 2023)
- Master M2 AETPF (Oct 2023)
- Master M2 SEE (Déc 2023)

Mais également des visites pour nos partenaires institutionnels ou dans le cadre de colloque :

- CC OLC (Juin 2023)
- CCI Nancy Métropole (Déc 2023)
- Visite LIA ECOLAND (Sept 2023)

Une première en 2023 c'est l'organisation de travaux pratiques délocalisés pour les étudiants de 2A de l'ENSG. Dans le cadre de ORION (Osons la Recherche par la formation) lancé par LUE, il est envisagé de développer une semaine de Travaux Pratiques localisée sur la station expérimentale de Homécourt portant sur la thématique SSP pour différentes formations (master et 2ème année école d'ingénieurs) de l'UL.

BENCHMARKS : Bilan d'une année dédiée à l'amélioration de la santé des sols en Europe

BENCHMARKS est un projet européen qui vise à définir et harmoniser les méthodes de surveillance de la santé des sols en Europe selon différents usages (sols agricoles, forestiers ou urbains). Initié en février 2023, le projet européen de la Mission Sol BENCHMARKS a considérablement progressé dans son objectif d'améliorer la santé des sols européens. Pour s'inscrire dans une démarche inclusive, vingt-quatre ateliers ont été organisés, réunissant une grande diversité d'acteurs des secteurs publics, privés, associatifs, de recherche et des citoyens.

Ces rencontres ont été déterminantes pour contribuer à la définition d'indicateurs de qualité des sols. En France et plus particulièrement à Nancy, les ateliers organisés par les partenaires BEF et LSE de BENCHMARKS ont permis de mobiliser un grand nombre d'acteurs et de définir ensemble les objectifs pour améliorer la santé des sols au sein des territoires. Outre les ateliers, les équipes se sont attelées à déterminer un protocole d'échantillonnage et des méthodes analytiques adaptées aux usages, échelles et utilisateurs pour approfondir la compréhension des enjeux liés à la santé des sols.

BENCHMARKS ouvre la voie à une gestion plus efficace et durable des sols en Europe, influençant politiques et pratiques de gestion pour promouvoir la santé des écosystèmes. BENCHMARKS ouvre la voie à une gestion plus efficace et durable des sols en Europe, influençant politiques et pratiques de gestion pour promouvoir la santé des écosystèmes."

<https://soilhealthbenchmarks.eu/>

Soil Health
BENCHMARKS

OSU OTELO



Gestion de données, entrepôt ORDAR

L'Observatoire Terre et Environnement de Lorraine est un Observatoire des Sciences de l'Univers (OSU) de l'Institut National des Sciences de l'Univers (INSU) du CNRS créé en 2010. Les OSU ont pour mission principale « d'organiser les moyens nécessaires à l'observation des systèmes astronomiques ou des composantes du système Terre ». L'OSU OTELO est dans le périmètre du pôle Scientifique UL du même nom. Les OSU mettent en œuvre sur le long terme les actions et les services nationaux d'observation et favorisent les recherches interdisciplinaires. Au niveau local, l'OSU organise et soutient l'Activité Observation, par une labellisation des activités. Les activités d'observation du GISFI s'appelle HOMA : Observatoire sur le long terme des milieux anthropisés et sont animés par P. Faure-Cattelain et N. Enjelvin. Les porteurs se sont engagés à réaliser un plan de gestion de données (DMP) et à déposer les données sur un entrepôt ouvert accessible à tous

(ORDaR ou autres). Les données peuvent être déposées avec différentes options d'ouverture : accès libre, accès sous embargo, accès restreint. La mise à jour du DMP et le dépôt de données doivent être effectués a minima une fois par an. Au-delà de leur dépôt, les données d'observation d'OTELo devront être le plus souvent possible valorisées sous forme de Data-Paper ou de publications scientifiques. Les porteurs fournissent annuellement la liste des jeux de données déposés. Les premiers jeux de données de la station expérimentale du GISFI ont été déposés en 2023, il s'agit des chroniques de données météo depuis 2014, vont suivre celles des lysimètres en colonne.

Renouvellement de Ecoland, laboratoire international associé (LIA) sur les sols contaminés.

Le renouvellement du LIA ECOLAND fait suite aux collaborations fructueuses menées entre 2015 et 2020 par INRAE, l'Université de Lorraine et l'Université Sun Yat-Sen, dans la première phase de ce projet à l'initiative de Jean-Louis Morel pour le Laboratoire Sols et Environnement et de Rongliang Qiu pour le Laboratory of Environmental Pollution Control and Remediation Technologies. Lors de ce renouvellement, le partenariat s'est étendu en intégrant l'Université Agricole de Chine du Sud (SCAU). Les objectifs du projet sont d'évaluer les services écosystémiques rendus par les sols contaminés et de développer des approches et des procédés de remédiation de ces sols.

Le lancement d'ECOLAND 2 a eu lieu le 27 octobre 2023 à l'Université Sun Yat-sen à Canton en Chine devant les représentants officiels des établissements partenaires. Les membres du LSE, les représentants de l'UL et d'INRAE ont été particulièrement bien accueillis par les collègues chinois avec de nombreuses visites de composantes de Sun Yat-sen University, South China Agricultural University, South China University of Technology et Guangdong Academy of Agricultural Sciences programmées tout au long de la semaine.



Découverte de la plaque du LIA ECOLAND II qui sera apposé sur la façade du bâtiment de la School of Environmental Science and Engineering de Sun Yat-sen University. W De gauche à droite Yetao Tang, Rongliang Qiu, Jean-Louis Morel et Stéphanie Ouvrard.



GISFI

GRUPEMENT D'INTÉRÊT SCIENTIFIQUE SUR LES FRICHES INDUSTRIELLES

2 avenue de la Forêt de Haye
B.P. 172 - F-54505 Vandœuvre-lès-Nancy

Fixe : 03 72 74 41 31 // Portable : 06 24 71 02 05
www.gisfi.univ-lorraine.fr



@GISFI1



@GISFI

MEMBRES DU GISFI

