

Rapport d'activité

Groupement d'Intérêt Scientifique sur les Fiches Industrielles

GISIF



Requalification des territoires dégradés
Interdisciplinarité & Innovation

2022



La Région
Grand Est

	Editos	.4
La parole aux partenaires institutionnels		.5
Zoom sur des projets de recherche		.7
Zoom sur un projet UL Propuls'		.17
Publications & thèses		.18
Le GISFI et la formation		.20
La station expérimentale		.22
Évènements 2022		.24



Editos

L'année 2022, comme les années précédentes, a été une année riche en activités de recherche pour le GISFI comme le montre la sélection de projets présentée dans ce rapport et les nombreuses publications scientifiques qui en découlent.

Initialement le projet du GISFI visait à améliorer nos connaissances sur la nature et la réactivité des pollutions pour permettre le développement de techniques innovantes de dépollution. Le projet était principalement ancré sur les friches industrielles fortement contaminées. Aujourd'hui, le projet du GISFI a fortement évolué en intégrant l'ensemble des sites et sols dégradés à l'échelle des territoires. C'est pourquoi, après échange et validation par le Conseil de Groupement, le GISFI fait évoluer son nom pour refléter plus fidèlement son domaine d'activité élargi et devient : GISFI : Requalification des territoires dégradés - interdisciplinarité & innovation.

Pour réaliser des recherches interdisciplinaires et conduire à l'innovation, le GISFI s'appuie sur ses laboratoires de recherche et ses partenaires industriels, mais sans un partenariat fort avec les institutions, il serait illusoire de réussir le pari d'intégrer les actions conduites par le GISFI vers les territoires. C'est pourquoi, dans le cadre de ce rapport d'activité, nous avons sollicité nos partenaires institutionnels pour qu'ils expriment leur vision du GISFI. Pour poursuivre cette dynamique, le groupement travaille sur la mise en place d'un laboratoire vivant (Living lab) favorisant la co-construction de projets en associant tous les acteurs impliqués dans la problématique des sites et sols dégradés (chercheurs, industriels, collectivités, communautés et citoyens). Vous trouverez dans ce rapport, une fiche présentant plus en détail nos ambitions.

Les financements octroyés par la Région Grand-Est, l'État et le Feder dans le cadre du Pacte Lorraine GISFITech (2016-20) et du CPER (2015-20) ont permis au GISFI d'acquérir de nouveaux équipements essentiels pour ses activités. Ils vous sont présentés dans ce rapport et je rappelle qu'ils sont disponibles à la communauté GISFI, n'hésitez pas à solliciter la directrice du GISFI pour les utiliser.

Les activités du GISFI s'inscrivent également dans le domaine de la formation. En s'appuyant sur sa station expérimentale labellisée Star LUE, le GISFI accueille régulièrement des visiteurs dans le cadre des formations initiales ou tout au long de la vie, nationales et internationales. Aujourd'hui, nous souhaitons renforcer cette dynamique en proposant des travaux pratiques à la carte, en déposant un dossier aux appels à candidature LUE ORION (Oser la Recherche durant la formatION) afin de permettre aux étudiants de découvrir et de pratiquer la recherche ainsi que de développer des compétences aujourd'hui requises pour une gestion éclairée des sols. Ces TP s'appuieront sur les dispositifs de la station en associant les différentes formations Master et Ingénieur en lien avec les sites et sols dégradés.

Que ce soit dans le domaine de la recherche, de l'innovation ou de la formation, le GISFI poursuit sa dynamique initiée depuis maintenant plus de vingt ans. La requalification des territoires dégradés est le projet que porte le GISFI en regroupant et stimulant les forces de tous ses partenaires. Je tiens à les remercier pour leur soutien, leur investissement et leur contribution à cet ambitieux objectif.

Pierre FAURE-CATTELOIN, Président du GISFI



Le rapport d'activité 2022 se présente pour la troisième année consécutive sous son nouveau format. Il est devenu un véritable outil de communication qui a vocation à être diffusé largement. Cette année, nous avons donné la parole aux membres d'honneur, ces institutions qui nous soutiennent depuis la création du GISFI et qui portent un regard différent et complémentaire des partenaires scientifiques et privés.

Dans ce rapport, et comme chaque année, une sélection de projets est mise à l'honneur. Le cœur du GISFI s'attache toujours à la problématique d'évolution des polluants dans les sols en intégrant les échanges vers les nappes et l'atmosphère dans un contexte particulièrement marqué par les changements globaux. Depuis quelques années, le projet du GISFI s'est étendu vers le milieu urbain, avec une vision à l'échelle d'un territoire et non plus restreinte au site. Dans le contexte de la démarche ZAN (Zéro Artificialisation Nette) d'ici 2050, les espaces délaissés en ville ou à proximité sont plus que jamais des surfaces ressources à requalifier pour construire les espaces urbanisés de demain.

Il y a vingt ans je rejoignais le CEFI (Centre d'Études sur les Fiches Industrielles) qui se structura en GISFI le 25 juin 2002. J'ai grandi avec et pour ce projet ambitieux. J'ai eu pour mission la mise en place et le développement de notre station expérimentale à Homécourt. Nous avons aujourd'hui un bel outil, labellisé LUE INFRA+ depuis 2019, que nous avons su pérenniser et enrichir de nouveaux équipements grâce au PACTE Lorraine GISFITech (2016-2020) et au CPER (2015-2020). Il faut maintenir cette dynamique en poursuivant le montage de projets ambitieux s'appuyant sur ces dispositifs qui restent uniques en Europe dans le domaine de la requalification des sols dégradés.

Le GISFI est maintenant bien identifié au niveau national et européen, la station a encore fait l'objet de nombreuses visites cette année, elle est devenue un élément essentiel et un support important de la formation. Je tiens à remercier tous les acteurs de cette réussite, votre implication au sein du GISFI fait vivre la pluridisciplinarité de nos projets. Je vous souhaite une bonne lecture de ce rapport et n'hésitez pas à le promouvoir.

Noële ENJELVIN, Directrice du GISFI

La parole aux partenaires institutionnels

Région Grand-Est

La Région, a dès le début, cru dans l'intérêt de ce groupement et reste aux côtés du GISFI. Après plus de vingt ans d'activités, le GISFI est connu et reconnu nationalement.

Au regard des enjeux à venir, c'est un partenariat précieux pour le Grand Est.

Le GISFI a un rôle à jouer dans le cadre de l'aménagement du territoire, de la sobriété foncière et du futur ZAN, dans l'adaptation au changement climatique et dans la préservation de la biodiversité.

L'approche multisectorielle et multithématique des équipes de recherche permettant de croiser les approches techniques, géographiques aussi bien que sociologiques sera un atout dans le cadre de ces enjeux cruciaux que doivent relever les territoires et auxquels la recherche apporte des éléments de réponse.

Sabine FRANCOIS
Directrice Générale Adjointe en charge des Transitions



Métropole du Grand Nancy

Nancy, un Labo à Ciel Ouvert

Il y a douze ans, le Laboratoire à Ciel Ouvert (LCO) est initié par la Ville de Nancy. Il propose aux chercheurs de disposer d'espaces publics nancéiens pour y travailler. Les scientifiques sont invités à développer, dans des parcs et jardins, une recherche appliquée. Une forte dimension collaborative est d'emblée adoptée. Elle permet l'acquisition de connaissances nouvelles pour une meilleure gestion des espaces de nature et, dimension essentielle, leur diffusion auprès du grand public. Ces expérimentations sont aussi l'occasion de rencontres humaines avec des scientifiques, des étudiants, des décideurs et des gestionnaires. Les jardiniers de la ville sont alors des experts sollicités pour expliquer des démarches innovantes.

Un exemple de la réussite du projet concerne les sols et particulièrement leur multi fonctionnalité. Des projets sont notamment initiés avec les équipes du GISFI en particulier le laboratoire Sols et Environnement (LSE, Université de Lorraine-INRAE) actif au sein du GISFI.

Supports vivants de végétalisation, réservoirs de biodiversité, d'eau et de carbone, les sols sont une ressource précieuse. Ils sont encore trop souvent uniquement considérés sous l'angle foncier. Leur conservation et leur amélioration sont aujourd'hui un enjeu majeur de l'écologie urbaine. Les travaux de recherche menés dans le cadre de ce projet permettent déjà de proposer des solutions efficaces. Ils se traduisent concrètement en une amélioration des écosystèmes. La biodiversité locale s'en trouve confortée. La Direction Ecologie et Nature de la Ville de Nancy est fière de figurer dans ces projets scientifiques et entend les développer à l'avenir.

Loïc Delagneau
Nancy - Direction Ecologie et Nature

Nancy,

Mairie de Homécourt—Communauté de Communes Orne Lorraine Confluences

Un pari dans l'avenir, un acte de confiance dans notre partenariat.

LE GISFI fête cette année ses 20 ans d'existence ; l'occasion de revenir sur l'implantation du GISFI à Homécourt au début des années 2000.

Le changement de millénaire projetait Homécourt dans la modernité, mais les cicatrices laissées par la sidérurgie, marquaient encore fortement les cœurs, les esprits, et le paysage de la ville. Deux générations se regardaient alors, et se percutaient : l'ancienne qui n'avait connu que l'industrie, la nouvelle, orpheline et grandissante, déjà tournée vers l'écologie. LE GISFI pourrait être facilement ce hall de gare, à la croisée de deux mondes, et ce train sur un chemin de fer qui relie le passé et le futur, à la semblable façon de la phytoremédiation, qui tire l'avenir du territoire, de ses racines.

Aujourd'hui, le GISFI est un symbole de réussite pour la ville, pour la région, pour le pays, à plus d'un titre :

- Parce que c'est une aventure collective d'abord, qui a su mobiliser les acteurs publics et privés, et réunir autour d'un même projet des domaines dont la complémentarité n'était pas acquise : la Science, l'Industrie, l'Écologie ;
- Parce que c'est un pôle d'excellence unique en France ensuite, qui a su mettre en œuvre des technologies propres et innovantes en matière de dépollution des sols, et dont l'expertise jouit aujourd'hui d'une reconnaissance nationale et internationale, jusqu'en Asie ;
- Parce qu'il a changé l'image de la ville enfin, et transformé l'héritage pénalisant d'un territoire identifié dans la conscience populaire par la crise, la pollution des sols, le sous-sol minier, les friches industrielles... en territoire d'excellence scientifique. Le GISFI a su donner une utilité à nos sols réputés « inutilisables », en même temps qu'il a insufflé de l'espoir à notre avenir.

Le pôle génie de l'environnement constitue aujourd'hui un fleuron incontournable de notre ville, dont le mérite et l'intérêt de ses travaux, expliquent autant sa renommée que sa longévité. La célébration de son 20ième anniversaire est pour nous, Homécourtoises et Homécourtois, l'occasion de le remercier de rendre notre terre aux générations futures, en meilleure santé qu'elle ne nous a été léguée.

Jean TONIOLO, Maire de Homécourt

Vice-Président de la Communauté de Communes Orne Lorraine Confluences



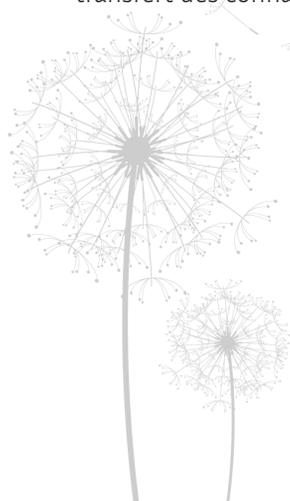
ORNE LORRAINE CONFLUENCES
COMMUNAUTÉ DE COMMUNES

Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME)

Sur les sites et sols pollués, l'objectif de l'ADEME est de co-construire une programmation scientifique avec tous les acteurs de l'écosystème et de faciliter la valorisation des connaissances vers les utilisateurs finaux. Depuis sa création, le GISFI offre des espaces de dialogue et de collaboration entre communautés d'acteurs et propose une plateforme expérimentale multi-échelle d'outils indispensables aux travaux de recherche appliquée. Actif aussi bien dans le montage de partenariats que sur le transfert des connaissances, le GISFI est ainsi un contributeur essentiel de l'animation nationale de la recherche.

Frédérique CADIÈRE, cheffe de service adjointe

Service Sitésol—Sécurisation et reconversion des friches polluées



Zoom sur des projets de recherche

PHYTOCARB

Partenaires du GISFI : TAUW, LIEC, GeoRessources

Partenaires : Chrono-environnement, IRCELyon, Wessling

Soutien : ADEME

2020–2024

Phytoscreening appliqué aux HAP et alcanes lourds et couplage de méthodes de mesure sur site pour les COV et métaux.

Le projet PHYTOCARB vise à consolider les connaissances de phytoscreening pour certains polluants (COV et métaux) et à élargir le champ d'application de cette méthode aux hydrocarbures lourds (HAP et alcanes $C > 10$). La pertinence d'analyseurs de terrain et un transfert de technologie pour faire émerger une offre analytique par un laboratoire acteur des sites et sols pollués seront également étudiés.

Le projet se base sur le fait que certaines espèces d'arbres prélèvent les composés organiques et les éléments traces présents dans les sols comme polluants lorsqu'ils y sont exposés. Ils peuvent donc être utilisés comme bio-indicateurs pour connaître de la distribution spatiale des polluants du milieu souterrain. La technique de phytoscreening a de nombreux avantages : application rapide et peu coûteuse, notamment dans des zones d'accès difficile, équipement réduit et manuel. Elle consiste à prélever des carottes des cernes extérieures des arbres avec un marteau sondeur équipé d'une pointe creuse à vis et un maillet, après avoir retiré l'écorce avec un écorceur.

Dans le cadre du projet, une première phase d'échantillonnage des arbres est réalisée, sur des sites expérimentaux dont la pollution est connue, pour consolider les protocoles les plus adaptés à la caractérisation de la pollution (métaux, COHV, BTEX ou HAP).

Pour l'analyse d'une pollution aux métaux, au laboratoire, les carottes sont calcinées et les cendres sont reprises dans une solution de minéralisation pour ensuite être analysés par ICP-MS. Deux appareils de mesure de terrain sont également testés : LIBS et XRF.

Pour l'analyse d'une pollution aux COHV ou aux BTEX, au laboratoire, les carottes sont chauffées (60°C) pour extraire les composés volatils qui sont ensuite analysés par GC-MS/FID. Un appareil de mesure de terrain, fonctionnant de façon similaire à la technique de laboratoire, est testé : GC-MS Torion.

Pour l'analyse d'une pollution aux HAP ou aux Hydrocarbures lourds, au laboratoire, les molécules cibles sont extraites des carottes selon 3 protocoles différents dans le but de trouver le protocole d'extraction le plus adapté. Un protocole basé sur la méthode déjà testée dans le cadre du projet PIT, un protocole basé sur la méthodologie pétrolière (SARA) et un autre basé sur la méthode, utilisée par certains laboratoires commerciaux du domaine des SSP, d'analyse des TPH $> C10$. Après extraction (et fractionnement selon le protocole), les échantillons sont analysés par 3 techniques différentes :

GC-MS, GCxGC-MS et GC Torion.

Les résultats obtenus à ce jour montrent une bonne corrélation pour l'analyse des éléments métalliques entre l'analyseur de terrain XRF et les analyses de laboratoire. Des précautions lors de la mesure de terrain sont cependant nécessaires (réalisation de répliquats, tenir compte de la présence d'humidité, etc.)

La comparaison entre les résultats des différents



Matériel et échantillonnage

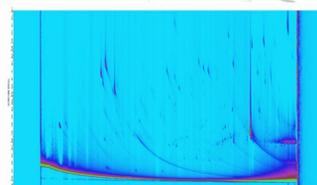
laboratoires et la technique de terrain montre que d'un point de vue qualitatif, il est possible de détecter et d'identifier la plupart des COHV présents. De plus, le GC Torion permet d'identifier sur le terrain des composés non ciblés par les analyses de laboratoire et donc de permettre de détecter des contaminations non suspectées. Cependant, certains isomères d'intérêt (cis-1,2-DCE) ne sont pas identifiés par le GC Torion, peut-être à cause d'une co-élution avec un autre composé en raison d'une résolution chromatographique moins performante que les équipements de laboratoire, la colonne étant plus courte.

Concernant les BTEX et les HAP, de nouvelles campagnes d'échantillonnage et d'analyse doivent encore être effectuées pour conclure sur la capacité des protocoles à détecter / quantifier ces molécules.

Une fois les protocoles définis pour les différentes familles de polluants, leur mise en œuvre sur des sites réels permettra d'évaluer l'applicabilité de la technique à détecter les polluants présents dans le milieu souterrain, la pertinence des analyseurs de terrain et les facteurs d'influence (météo, arbres, sol, polluants, etc.).



Appareils de mesure in-situ (GC-MS et XRF)



Chromatogramme 2D d'un extrait d'une carotte d'arbre

Contact : s.kaskassian@tauw.com

PlantEval 2.0

Partenaires du GISFI : LSE, INERIS

Partenaires : LGCgE—Junia, CNRS-CERTOP

Soutien : ADEME

2022—2023

Evaluation de la qualité des plantes potagères

Avec la densification et l'artificialisation croissante des espaces urbains et péri-urbains, l'engouement pour la nature en ville retrouve une réelle vigueur. Ce constat est confirmé pour les jardins potagers. En effet, il y a trois à quatre décennies la culture du potager chez soi ou dans des jardins collectifs était en désuétude, du fait notamment d'un accès aux fruits et légumes facilité par une agriculture intensive. Aujourd'hui, si l'intérêt économique du potager perdure, la tendance est aussi à mettre en avant le lien social, la pratique d'une activité physique ou encore la volonté de manger sainement. Pour autant, cette dynamique de l'agriculture urbaine et en particulier des jardins potagers peut se traduire par des changements d'usage des sols pouvant par exemple accentuer l'exposition des populations à des polluants. C'est le cas lors de la reconversion de friches industrielles ou de délaissés urbains en parcs, zones résidentielles ou jardins potagers. La compatibilité entre l'état des milieux et les usages doit alors être vérifiée ; cet exercice n'est pas toujours facile compte-tenu de la diversité des situations rencontrées. C'est dans ce contexte que les bases de données BAPPET et BAPPOP (Base de données sur la contamination des Plantes Potagères en Eléments Traces métalliques et Base de données sur la contamination des Plantes Potagères par les molécules Organiques Polluantes) ont été proposées il y a une dizaine d'années. Elles ont pour objectif de regrouper sur un support unique des informations documentaires relatives à la contamination des plantes potagères par les polluants organiques ou minéraux dans différents contextes de pollution des sols.



Les bases ont été conçues pour mettre les données à disposition des opérateurs en charge des diagnostics environnementaux par le biais de critères discriminants. Naturellement, d'autres usages et applications de ces outils peuvent être envisagés. Dans le cadre des diagnostics environnementaux, les bases peuvent permettre de situer des résultats de mesure spécifiques au

site étudié par rapport à des données de la littérature. Les résultats peuvent ainsi être confortés ou bien au contraire mettre en lumière une situation singulière qu'il conviendra alors généralement d'approfondir. Il est aussi possible d'évaluer de manière prédictive des concentrations en substances polluantes dans les plantes à partir des concentrations dans les milieux environnementaux. Ces informations étant principalement issues de publications scientifiques et dans un récent contexte de montée en puissance des préoccupations santé-environnement dans tous les secteurs de la société, le projet PlantEval2.0 vise alors principalement à la réactualisation des bases de données BAPPET et BAPPOP à partir de publications récentes sur les concentrations en polluants métalliques et organiques dans les sols et les plantes potagères. Il s'agira également de favoriser des échanges avec des usagers de ces bases pour encourager le travail en réseau. En complément des bases de données scientifiques, des fiches synthétiques des retours d'expériences sur des projets qui impliquent des analyses de plantes potagères seront réalisées : e.g. suivis des pollutions par l'ARS, sciences participatives dans les jardins, projets pédagogiques. Un lien sera développé entre les bases de données ainsi réactualisées et une démarche de modélisation du bilan et de la dynamique des éléments en traces métalliques dans les sols supports d'agriculture urbaines. Les outils ainsi développés seront également mis à profit pour améliorer l'outil d'aide à la décision DESTISOL'AU et en particulier le système de notation des fonctions relatives à la contamination par des polluants minéraux et organiques des sols et des plantes issues de l'agriculture urbaine. DESTISOL'AU est conçu pour permettre une meilleure prise en compte des sols dans les stratégies d'aménagement liées à des projets d'agriculture urbaine. Les connaissances scientifiques rassemblées dans des bases de données, la modélisation des bilans d'éléments en traces métalliques dans les sols de jardins et l'amélioration d'un outil d'aide à la décision sont alors là pour fiabiliser la prédiction du transfert de polluants vers les plantes et plus globalement pour juger de la compatibilité d'un sol avec un usage de potager.



Crédit photo : C.Schwartz, UL
Contact : christophe.schwartz@univ-lorraine.fr

MISSOURI

Partenaires du GISFI : INERIS

Partenaires : Université Libre d'Amsterdam (VU Amsterdam), Institut Scientifique de Service Public (ISSEP)

Soutien : Soilver, ADEME

2020–2021

MicroplasticS in Soils and grOUndwater:sources, transfer, metrology and Impacts

Les plastiques sont globalement utilisés dans divers secteurs urbains et industriels et dans les activités humaines quotidiennes. Leur production mondiale est passée de 1,5 million de tonnes en 1950 à 322 millions de tonnes en 2015 dont seuls 5 % seraient recyclés. Les déchets plastiques arrivant dans l'environnement se fragmentent en particules plus petites telles que les microplastiques qui s'accumulent considérablement dans l'environnement. Afin de mieux connaître les transferts et les impacts des microplastiques sur les écosystèmes terrestres (le compartiment aquatique étant le plus étudié) et sur l'Homme, il est nécessaire de pouvoir les caractériser et quantifier leur occurrence. Cette étape ne peut s'effectuer qu'associée à une définition consensuelle des microplastiques qui n'existe pas aujourd'hui.

Les objectifs du projet européen MISSOURI (MicroplasticS in Soils and grOUndwater: sources, transfer, metrology and Impacts) étaient ainsi de :

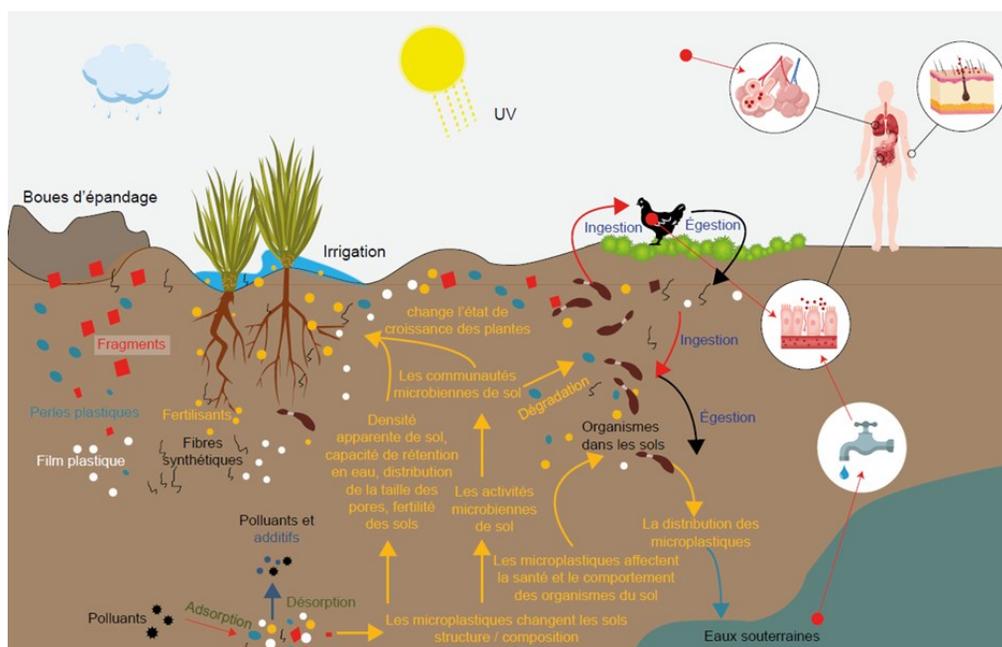
- (1) proposer une définition des microplastiques ;
- (2) comparer les méthodes de laboratoire pour la séparation et l'analyse des microplastiques dans les sols grâce à une revue d'état de l'art ainsi que par la participation et l'analyse des résultats d'une étude entre plusieurs laboratoires ;
- (3) établir un état de l'art des connaissances scientifiques sur les microplastiques dans les sols et eaux souterraines ainsi que de leurs impacts sur l'écosystème terrestre et l'Homme ;

(4) recueillir les constats et opinions des parties prenantes en lien avec les microplastiques (laboratoires d'analyse, fabricants, utilisateurs de microplastiques pour la recherche et développements, chercheurs en science de l'environnement et toxicologues...);

(5) identifier des actions de gestion et des priorités pour les futurs projets de recherche sur les microplastiques.

Les objectifs (1) et (5) ont été atteints grâce à une revue bibliographique, un workshop scientifique et des enquêtes auprès d'une centaine de parties prenantes travaillant sur le sujet des microplastiques (producteurs de plastiques, chercheurs en sciences des matériaux, écotoxicologues, chimistes, gestionnaires de déchets et des eaux, associations environnementales, gestionnaire des territoires et décideurs). Les objectifs (2), (3) et (4) ont été réalisés à partir de méthodes de text-mining permettant d'analyser un grand corpus de données textuelles pour différencier des thématiques dominantes à approfondir. Il en ressort des hypothèses générales relatives aux mécanismes de transferts des microplastiques dans les sols et eaux souterraines, sources potentielles de futurs sujets de recherche.

Cette étude permet de conclure à une contamination globale en microplastiques de tous les milieux qu'ils soient anthropisés ou non ainsi que des effets potentiels sur les écosystèmes ou l'Homme liés aux caractéristiques physico-chimiques des microplastiques, à leur vieillissement ainsi qu'à leur pouvoir d'association avec d'autres contaminants ou additifs. Cependant, pour l'heure, il est impossible de statuer clairement sur ces effets, du fait d'un manque de protocoles standardisés tant en termes de mesures que d'études d'impacts. Il convient donc de les développer. Les résultats ont été valorisés sous forme de publications scientifiques, de brochures pédagogiques, de communications orales et de rapports d'étude accessibles en ligne (<https://www.soilver.eu/news/project-missouri/>).



Contact : florence.carre@ineris.fr

IMOTEP

Partenaires du GISFI : LIEC, GeoRessources

Partenaires : MTM—Örebro University (Suède)

Soutien : ADEME, Région Grand-Est

2016-2021

Impact de traitements par Oxydations chimiques de sols contaminés aux composés aromatiques polycycliques sur la chimie, le Transfert et l'Écototoxicité de la Pollution

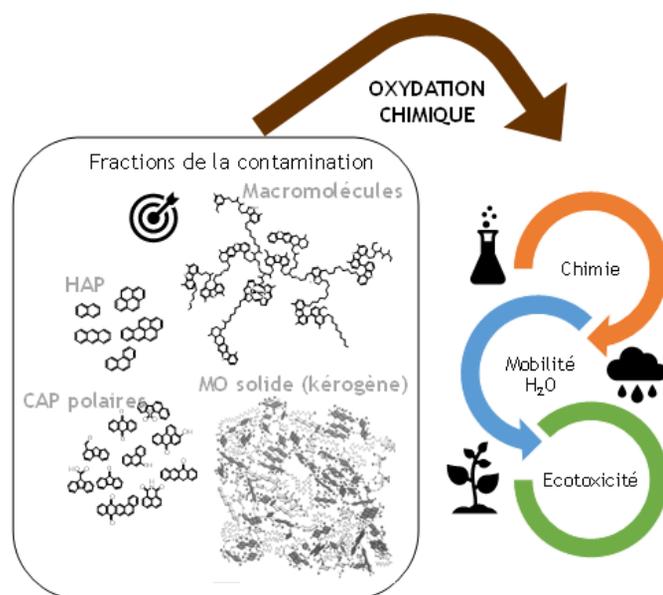
Le diagnostic et le suivi des sites contaminés se fait généralement par la quantification de composés habituellement recherchés (i.e. 16 HAP), dont certains présentent des propriétés toxiques, sans tenir compte de leur disponibilité et de la présence d'autres contaminants. En effet, la pollution n'est pas limitée à ces composés ciblés, mais comprend d'autres fractions ou familles de composés organiques i.e. composés polaires et macromolécules. Certaines de ces molécules, e.g. les composés aromatiques polycycliques (CAP) polaires, sont également connues pour provoquer des réponses toxiques chez plusieurs organismes. L'application de traitements de remédiation, tels que l'oxydation chimique, peut s'avérer nécessaire dans un but de réhabilitation. L'impact de tels traitements (i) sur l'ensemble de la contamination (pas seulement sur les substances réglementées), (ii) sur sa disponibilité qui contrôle le niveau d'exposition des organismes aux polluants et l'efficacité des traitements de dépollution, (iii) sur sa mobilisation par l'eau et (iv) sur les écosystèmes terrestres et aquatiques n'est pas connu.

L'objectif principal du projet ImOTEP, dans lequel s'intègre la thèse d'Imane Aabbar, est de mieux comprendre le comportement des CAP en intégrant le suivi d'autres molécules, en plus des substances classiquement recherchées (16 HAP). Une caractérisation chimique et écotoxicologique des fractions de la pollution, tenant compte de la disponibilité des CAP, du potentiel mobilisable par l'eau et de l'impact du traitement de remédiation sur ces fractions, est nécessaire pour (i) promouvoir une méthodologie de surveillance du site plus réaliste que la méthode actuelle et (ii) proposer des recommandations pour l'optimisation de traitements de remédiation (doses d'oxydant), dans le but de limiter leurs impacts sur les écosystèmes terrestres et aquatiques et pour la santé humaine.

Le projet ImOTEP vise donc à déterminer l'impact des traitements de remédiation par oxydation chimique appliquée sur les sols contaminés par les PAC sur (i) la chimie de leurs fractions moléculaires et des fractions hydrosolubles, (ii) le potentiel écotoxique des sols, leur les fractions et leurs lixiviats (iii) le mode d'action des contaminants.

La gamme des composés habituellement surveillés pendant les traitements de remédiation (16 HAP) sera élargie car cette étude intègre les différentes fractions moléculaires de la contamination, y compris les composés réactifs (par exemple les macromolécules) et les molécules de toxicité prouvée (par exemple les O-PAC) tout en tenant

compte de l'effet cocktail sur les organismes vivants. En effet, contrairement aux études classiques basées sur des systèmes simplifiés, ce projet apportera une meilleure représentativité en prenant en compte l'intégralité d'un véritable système complexe à travers l'étude de sols historiquement contaminés contenant des myriades de produits chimiques. Des tests d'écotoxicité *in vivo* seront effectués sur plusieurs organismes terrestres et aquatiques, et seront combinés à des tests *in vitro* utilisant des modèles cellulaires.



Cibles et volets abordés dans le projet ImOTEP

Ainsi, au cours du projet ImOTEP, des informations (i) sur la composition chimique des fractions jusqu'ici mal caractérisées (polaires et macromoléculaires) (ii) sur leur toxicité potentielle pour les organismes vivants seront collectées. Le projet permettra d'identifier les risques associés (i) à la présence de certaines molécules issues de la contamination initiale ou générées lors des traitements d'oxydation, (ii) à leur mobilisation aqueuse et (iii) à leur assimilation par les organismes vivants.

Contact : coralie.biache@univ-lorraine.fr
imane.aabbar@univ-lorraine.fr

LNAPL REAL—TIME MONITORING SENSOR

Partenaires du GISFI : GeoRessources, LIEC, BRGM, TAUW France

Partenaires : Entreprise KAPFLEX

Soutien : Carnot ICEEL

2021-2023

Nouveau capteur environnemental de suivi en temps réel des hydrocarbures pétroliers légers.

Une des tâches prioritaires lors de la caractérisation d'un site contaminé par des contaminants pétroliers légers (ex : diesel, fioul) est d'établir la distribution et la masse des polluants présents au droit du site et en particulier la part présente sous forme de flottant (LNAPL ou Light Nonaqueous Phase Liquid). La méthode la plus employée pour caractériser la présence et délimiter l'emprise de cette phase pure est l'utilisation des mesures d'épaisseur de LNAPL libre dans les puits d'observation. Toutefois, aucun capteur sur le marché à l'heure actuelle ne permet un suivi en temps réel.

L'objectif principal du projet LNAPL – RTMS, financé dans le cadre du Carnot ICEEL, s'inscrit dans une approche de « *smart monitoring* » visant au développement d'un nouveau capteur environnemental et d'une instrumentation innovante pour le suivi en temps réel des épaisseurs d'hydrocarbures dans les puits d'observation. Les capteurs actuels nécessitent une intervention humaine et ne permettent donc pas un suivi en continu des fluctuations d'épaisseur de phase pure en fonction des variations du niveau piézométrique. Ces informations seraient pourtant extrêmement précieuses pour mieux comprendre leur dynamique de relargage.

Dans ce but, nous avons sollicité la société Kapflex qui conçoit et fabrique depuis plusieurs années des capteurs IoT (Internet des Objets) capacitifs de mesure de niveau, de qualité et de pollution de fluide. Elle a déjà développé une telle solution de mesure en continu de l'épaisseur d'une phase hydrocarbure présente au-dessus d'une nappe d'eau mais applicable à des réseaux d'assainissement. Dans le cadre de ce projet Carnot, cette technologie a été adaptée et miniaturisée afin de pouvoir l'utiliser dans un piézomètre (mesurant classiquement un diamètre de 2 pouces soit 50mm environ). La mesure fonctionne selon un principe capacitif, sans contact électrique directe avec les fluides. Un boîtier de contrôle et d'alimentation autonome est disposé à l'extérieur du piézomètre. Sonde et boîtier de contrôle sont reliés par un câble électrique. L'objectif du projet a été de développer un prototype de nouveau capteur de suivi environnemental et de preuve de concept de ce dispositif pour l'application au marché des sites et sols pollués. Le capteur prototype permettant un suivi en temps réel des épaisseurs d'hydrocarbures dans les puits d'observation a été réalisé. Il s'agit maintenant pour les partenaires du projet de tester et valider celui-ci dans des environnements de complexité croissante permettant un retour d'expérience satisfaisant et de passer d'un niveau de maturité technologique (TRL) 4 à 7.

Une série de tests va être prochainement menée afin de valider le prototype tout d'abord à l'échelle du laboratoire. Des essais en large colonne (colonne de sable traversé par un piézomètre « modèle ») contaminée initialement par une phase pure hydrocarbure seront effectués en faisant varier la hauteur d'eau afin de tester la réponse du capteur pour différentes amplitudes et différentes fréquences de battement. L'environnement de mesure sera ensuite peu à peu complexifié afin de se rapprocher des conditions opérationnelles. Des essais seront ensuite menés en lysimètres (colonne de terre instrumentées de 2m de hauteur et 1 m de diamètre) sur le site du Gisfi puis sur une plateforme d'expérimentation à échelle plurimétrique (plateforme PRIME, BRGM). In fine, une démonstration sera effectuée en environnement opérationnel sur un site industriel contaminé par des LNAPL permettant ainsi d'amener le développement du capteur à un TRL 7. Les hydrocarbures pétroliers représentent la plus importante source de pollution des sites et sols pollués en France et le développement d'un tel capteur devrait représenter à terme une avancée technologique importante pour le suivi de ces sites.



Prototype de la sonde Kapflex réalisée et connectée à son boîtier de contrôle (la sonde est présentée ici sans le flotteur)



Contact : fabrice.golfier@univ-lorraine.fr
amelie.cavelan@univ-lorraine.fr

Au Fil de l'Alzette

Partenaires du GISFI : Loterr

Partenaires : Crem & Crulh (Université de Lorraine), INA, CNA

Soutien : Memories, Image and History across borders

2020-2022

Fresque hypermédia dans le cadre d'Esch 2022, capitale de la culture

Les fresques hypermédia de l'Institut National de l'audiovisuel (INA) se caractérisent par la volonté de mettre en ligne, à disposition du public, des reportages télévisés des années 1930 à nos jours, contextualisés et analysés par des experts. La fresque « Au Fil de l'Alzette » est réalisée à l'occasion de la promotion d'Esch-sur-Alzette, deuxième ville du Luxembourg, au titre de capitale européenne de la culture pour 2022. La fresque est donc à la fois internationale et interdisciplinaire car elle a fait appel à plus d'une dizaine de chercheurs de disciplines différentes et des deux pays partenaires sur lesquels coule l'Alzette : France et Luxembourg.

Pour cette fresque il s'agissait donc de valoriser des reportages archivés à la fois par l'INA, mais aussi par le Centre National de l'Audiovisuel du Luxembourg (CNA), non seulement sur la vallée de l'Alzette, mais aussi et plus largement sur des territoires frontaliers du Nord lorrain et du Sud luxembourgeois. Ces régions ayant été très marquées par l'industrie sidérurgique (Esch-sur-Alzette comportait 3 sites sidérurgiques à elle seule), de nombreux reportages traitent de l'épopée sidérurgique ainsi que de son effondrement et de sa nécessaire évolution et

reconversion, au cœur des thématique du GISFI. Les reportages sont au nombre de 150 et sont consultables sur le site de la fresque (Accueil - Au fil de l'Alzette (ina.fr)) par trois types d'entrées : thématique, chronologique et spatiale (à partir d'une carte). Certains films ont été intégrés dans des parcours thématiques pour mieux valoriser les grandes évolutions du territoire : « cultures en partage », « de part et d'autre de la frontière », « empreinte et territoire frontalier », « la mine et la sidérurgie d'hier à aujourd'hui », « parcours et destins ».

Aux côtés d'autres laboratoires de recherche de l'Université de Lorraine, le Loterr, partenaire du GISFI, a fourni deux experts (Marie-France Gaunard et Simon Edelblutte) pour l'analyse et le commentaire de certains reportages. Pour les chercheurs, la contextualisation et l'analyse de films consiste d'abord en l'identification des lieux et personnages filmés, puis à l'aide d'outils divers (sources bibliographiques, cartes anciennes et actuelles, archives, témoignages, terrain, etc.), de retracer ensuite l'évolution des sites filmés en rédigeant de courtes notices à propos de ces reportages.

Dans le cadre du GISFI, ce type de travail représente l'ouverture de la structure aux Sciences Humaines et Sociales, poussée par la nécessaire contextualisation géohistorique, socio-économique des friches et sols pollués qu'elle étudie et traite depuis plus de 20 ans.

19 SEPT. 1997 À la découverte des héritages et du patrimoine de la sidérurgie dans le bassin de Longwy

IMPRIMER Fermer

Infos Éclairage Transcription

Jean Boucon Roger Coter

ÉCLAIRAGE

Contexte historique
Bibliographie

Parcours thématiques

La mine et la sidérurgie d'hier à aujourd'hui

Contexte historique

Par Simon Edelblutte Professeur en Géographie, Loterr, Université de Lorraine

Tourné en 1997, à l'occasion des journées du patrimoine, le reportage s'inscrit dans la fin de la phase de deuil qui touche tout territoire post-industriel. Cette phase est caractérisée par une négation et la destruction de nombreux héritages de l'industrie passée. Elle est d'ailleurs rappelée, à 2'03", par Jean Boucon, professeur d'histoire-géographie et président de l'association « Patrimoine du Pays de Longwy ».

Après une brève présentation par Daniel Bilalian, aux commandes du JT de France 2, le reportage débute par des images des hauts-fourneaux du bassin

Cette image est une capture d'écran de la fresque « au fil de l'Alzette » mettant en contexte un reportage de 1997 sur les friches industrielles et leur traitement (on voit ici la destruction des usines de Longwy), avec une patrimonialisation encore balbutiante. Le film est visionnable à gauche et le début de la notice rédigée par les chercheurs est à droite (rubrique éclairage).

Contact : simon.edelblutte@univ-lorraine.fr

DiagnoTraits

Partenaires du GISFI : LIEC

Partenaires : LECA, LEFE

Soutien : ADEME

2021-2024

Production d'un outil diagnostique des sols contaminés aux métaux utilisant les traits fonctionnels des invertébrés et bactéries

Dans la région Grand Est, le déclin de l'industrie sidérurgique depuis la fin du vingtième siècle a laissé quelque 8000 hectares de terres contaminées. Dans ces sols, d'importantes concentrations en hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) ainsi qu'en éléments métalliques (Cd, Cu, Zn, Pb, Ni) sont aujourd'hui encore présentes. Le devenir de ces contaminants est complexe, car il dépend de divers facteurs abiotiques comme biotiques. La contamination des sols est connue pour entraîner des pressions sur les écosystèmes avec par exemple, des changements dans la structure taxonomique des communautés y vivant. Néanmoins, les fonctions (e.g. dégradation de la matière organique) ne sont pas systématiquement affectées par la présence de contaminants. En effet, dans le cas d'une perte de richesse spécifique, la redondance fonctionnelle permettrait de compenser fonctionnellement la diminution et/ou la disparition de certaines espèces qui remplissaient certaines fonctions dans la communauté d'origine. Dans l'idée d'établir des liens entre diversité taxonomique d'une part, et fonctions des écosystèmes d'autre part, les approches basées sur les « traits fonctionnels » ont connu un essor ces dernières années notamment sur les invertébrés du sol, mais aussi très récemment, sur les bactéries. Ce type d'approche a l'avantage de comparer différents types d'écosystèmes, plus ou moins contaminés, et possédant des diversités taxonomiques différentes. Par ailleurs, dans une perspective de suivi de la qualité des écosystèmes du sol et afin d'évaluer les conséquences de la contamination métallique sur ceux-ci, il est nécessaire de développer des outils diagnostiques capables de mettre en évidence la probabilité d'impact de la contamination sur les communautés biologiques d'un site donné. Avec les années, plusieurs outils d'évaluation de la qualité des sols ont été développés, mais ces derniers sont souvent assujettis à un contexte d'utilisation des sols bien précis à l'exemple de pratiques agricoles. De plus, ils restent trop souvent uniquement basés sur des indicateurs physico-chimiques plutôt que biologiques, ne permettant pas d'avoir une intégration systémique de la réponse obtenue. Enfin, la plupart des outils régulièrement utilisés en écotoxicologie sont soumis à des normalisations qui, si elles sont efficaces afin de comparer la toxicité des éléments métalliques entre elles, ne sont pas appropriées pour la généralisation au fonctionnement complexe in situ de l'écosystème (e.g. sols hétérogènes, contexte de multicontamination, nombreux organismes en constante interaction physique, chimique et biologique avec leur environnement, etc.). Le projet DiagnoTraits a pour objectif principal le développement d'un outil

diagnostique de la contamination métallique des écosystèmes se basant sur les informations de diversités taxonomique et fonctionnelle des communautés d'invertébrés et de bactéries. D'un point de vue taxonomique, plusieurs techniques seront utilisées, l'identification morphologique ainsi que via l'ADN environnemental (ADNe). Concernant l'approche fonctionnelle, celle-ci reposera sur l'attribution de traits via les bases de données BETSI et BactoTraits (Pey et al., 2014; Cébron et al., 2021). Ces deux bases de données (respectivement sur les communautés d'invertébrés et de bactéries des sols) répertorient des informations de taxons et de leurs traits fonctionnels déjà renseignés dans la littérature.

Pour répondre aux objectifs de ce projet dans le cadre du Postdoc de Vincent Laderriere, une première campagne de terrain a permis d'échantillonner 19 sites en 2022. Les échantillons récoltés cette année sont en cours de traitement. Une deuxième campagne prévue pour l'été 2023 permettra d'échantillonner 21 sites supplémentaires pour un total de 40 sites. L'ensemble de ces sites d'études seront répartis dans la région Grand Est et ont été sélectionnés en vue d'obtenir un gradient de contamination métallique. Pour chaque site d'étude, les paramètres environnementaux/édaphiques (i.e. physico-chimie), la diversité taxonomique (i.e. taxons) ainsi que la diversité fonctionnelle (i.e. traits fonctionnels) seront mis en relation. Une fois obtenues, ces données de diversités seront utilisées comme variables prédictives de modèles basés sur des forêts aléatoires d'arbres conditionnels (random forests). Ces modèles permettront d'estimer une probabilité de niveau d'impact (faible vs significatif) de la contamination métallique pour chaque site étudié (total de 40 sites situés dans la région Grand Est) et pourra par la suite, être testés à sur de nouveaux sites à caractériser et à plus large échelle géographique.

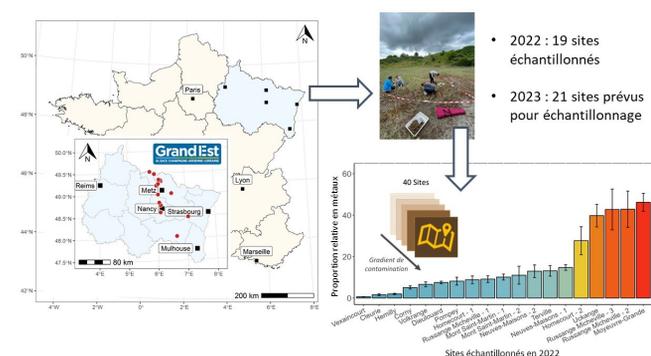


Schéma représentant les sites échantillonnés au cours de l'été 2022 ainsi que le gradient de contamination métallique obtenu. L'axe des ordonnées de l'histogramme représente la proportion relative en métaux, un indice de la contamination métallique des sites.

Contact : vincent.laderriere@univ-lorraine.fr
florence.maunoury-danger@univ-lorraine.fr

ANR EndOMiX

Partenaires du GISFI : LIEC

Soutien : ANR

2020-2024

Rôle de l'association peuplier-endophytes (bactéries et champignons) dans la biodégradation des hydrocarbures aromatiques polycycliques

Dans le cadre du projet ANR EndOMiX, la thèse de Lilian Gréau (2019-2023) visait à identifier l'impact d'un gradient de contamination en phénanthrène (HAP modèle à 3 cycles) sur la physiologie du peuplier et sur la structuration des communautés microbiennes endophytes racinaires et foliaires du peuplier. En effet, le rôle des microorganismes endophytes a jusqu'alors été négligé dans le cas de contaminations organiques des sols, pourtant ils pourraient d'une part protéger la plante hôte des effets phytotoxiques des HAP et d'autre part intervenir dans la biodégradation/biotransformation des HAP in planta.

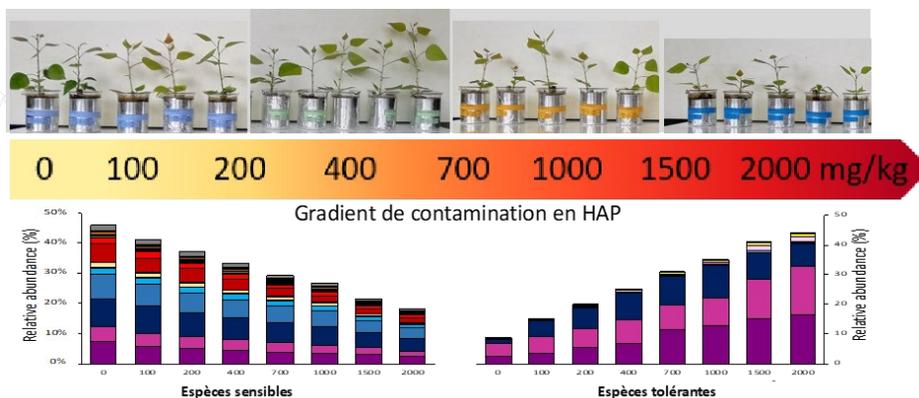
Grâce à une expérience en pots (sol d'Homécourt, GISFI), nous avons testé l'impact d'un gradient de contamination en phénanthrène (gamme de 8 concentrations de 0 à 2000 mg kg⁻¹ de PHE) sur la réponse physiologique du peuplier et sur la diversité bactérienne et fongique colonisant les racines et les parties aériennes en comparaison avec les communautés se développant dans le sol rhizosphérique.

La croissance du peuplier (biomasse, contenu en chlorophylles, indice NBI...) était altérée lorsque la concentration de PHE étaient supérieure à 400 mg kg⁻¹. En outre, nous avons mis en évidence une augmentation du stress oxydant (production accrue de H₂O₂ et augmentation des activités catalase et superoxyde dismutase) chez le peuplier aux plus fortes concentrations de PHE (supérieures à 1000 mg kg⁻¹). Des analyses du transcriptome du peuplier (RNAseq) le long du gradient de contamination montrent des modifications significatives de la physiologie des plantes dès 200 mg kg⁻¹ de PHE et ensuite pour les concentrations les plus élevées (1500-2000 mg kg⁻¹). Ces analyses montrent une régulation physiologique des plantes au niveau de leur paroi cellulaire et transports membranaires ainsi que de leur réponse et défense aux stress.

Au cours des 4 semaines de culture, environ 80% du PHE a été dissipé dans le sol. Nous avons montré une internalisation du PHE dans la plante (2-3 % dans les racines et 0.15 % dans les feuilles) proportionnelle à la concentration de PHE initialement présente dans le sol. La diversité alpha (indice de richesse Chao1 et de diversité de Shannon) pour la communauté fongique n'a pas été affectée par le gradient de PHE, alors que ces indices diminuaient avec l'augmentation de la contamination pour les communautés bactériennes. La contamination a eu un impact sur la composition de la communauté fongique du sol et des racines alors que les communautés des organes aériens (tiges et feuilles) n'étaient pas affectées. Pour les communautés bactériennes seules celles des sols ont été affectées par le gradient de contamination, les bactéries endophytes semblant être protégées à l'intérieur des tissus végétaux. En outre, la contamination en PHE a affecté également la diversité bactérienne fonctionnelle, puisque certaines fonctions des cycles du carbone et de l'azote disparaissent dans les sols les plus fortement contaminés. La plupart des espèces indicatrices dont l'abondance relative était corrélée à la contamination diminuait le long du gradient, indiquant un effet toxique du PHE sur ces taxons bactériens et fongiques. Pourtant quelques taxons voyaient leur abondance augmenter indiquant leur tolérance au PHE, leur potentielle implication dans la dégradation du PHE et/ou leur rôle bénéfique pour les plantes.

Par ailleurs cette expérience nous a permis d'isoler des bactéries et champignons endophytes colonisant les racines du peuplier aux plus fortes concentrations en PHE. Ces isolats ont été caractérisés pour leurs propriétés de promotion de croissance des plantes (activités PGP) et de tolérance aux HAP. Certaines souches ont été réinoculées à des peupliers in vitro pour confirmer leur capacité de colonisation racinaire et leur effet bénéfique sur la croissance du peuplier en présence de HAP.

A terme le projet EndOMiX vise à intégrer l'ensemble de ces données pour identifier la réponse spécifique de chacun des acteurs (plante-bactéries-champignons) à la contamination en HAP et leur rôle dans le devenir des HAP.



Contact : aurelie.cebron@univ-lorraine.fr
damien.blaudez@univ-lorraine.fr

TANIA - Treating contamination through Nanoremediation

Partenaire du GISFI : LSE, LRGP

Partenaires : ASEV (Italie), Gouvernement Régional de Toscane (Italie), Conseil Régional de Päijät-Häme (Finlande), Université d'Helsinki (Finlande), Conseil Régional Grand-Est (France), Gouvernement de la Région de Baranya (Hongrie), Région de Crète (Grèce)

Soutien : Interreg C

2017–2021–2022

Le projet Interreg TANIA : bilan d'une année supplémentaire

La Région Grand Est et l'Université de Lorraine à travers le GISFI sont engagés dans le projet européen INTERREG V-C TANIA, portant sur les techniques nouvelles de dépollution des sols, notamment la nanoremédiation.

TANIA associe des partenaires académiques et des partenaires des collectivités territoriales de cinq régions de pays européens (Crète, Finlande, Hongrie, Italie et France). Le projet a démarré en 2017 pour une durée de cinq ans. Il a permis d'échanger sur les bonnes pratiques mises en œuvre dans les régions partenaires tant aux plans scientifiques que technologiques, et sur les innovations qui ont émergé pour la gestion des sites contaminés et notamment la conception et la mise en œuvre de mesures politiques capables de soutenir l'adoption et la diffusion de solutions innovantes pour la gestion environnementale.

Le projet a donné lieu à l'établissement de plans d'action dans chaque région partenaire, qui proposent des modèles de gouvernance, définissent des critères d'évaluation et des mesures pour soutenir le développement de nouvelles technologies et répondre aux problèmes environnementaux et économiques posés par la gestion des sites contaminés.

Plus particulièrement dans notre région, TANIA a contribué à :

mettre en place l'appel à projets pour l'utilisation de technologies innovantes pour la dépollution des friches industrielles par la Région Grand-Est en partenariat avec l'Ademe et l'Agence de l'eau Rhin Meuse (AAP « Dépollutions exemplaires »).

orienter le programme FEDER 2021_2027 vers les solutions innovantes pour la remédiation.

positionner la station expérimentale du GISFI (<http://gisfi.univ-lorraine.fr/fr/station-in-situ/>) en tant que dispositif exemplaire pour répondre à des enjeux environnementaux cruciaux, notamment en lien avec le changement climatique. Les partenaires italiens du projet s'en sont inspirés pour la mise en place de leur propre laboratoire pilote. Un dispositif analogue existe aussi chez nos partenaires finlandais, ce qui ouvre des perspectives nouvelles en matière de collaborations sur les questions relatives au changement climatique.

Fin 2020, afin de faire face à la crise liée à la pandémie

SARS-COV-2, l'Europe a lancé un appel à projet d'activités additionnelles destinées à soutenir les projets en cours. Le but était de favoriser les échanges d'expériences sur l'impact de la crise sur les problématiques des projets, sur les mesures possibles pour relever les défis, et améliorer davantage les politiques de développement régional.

Les activités additionnelles proposées par le projet TANIA ont été retenues, avec une année de financement supplémentaire. L'Université de Lorraine, à travers le GISFI, a apporté son expertise scientifique riche de vingt ans d'activités dans le domaine des sites et sols pollués. Le travail a produit un rapport, coordonné par le Professeur Émérite Jean Louis MOREL, qui propose une cartographie des questions posées par la Société sur la pandémie au regard des interactions entre les sols, les virus et l'homme, et en particulier s'attache à mieux appréhender le devenir des virus dans les sols urbains et les conséquences sur les politiques publiques pour la ville. Outre des perspectives de recherche afin de mieux appréhender le devenir et les effets des virus dans les sols urbains, le rapport fait état de recommandations pour les décideurs politiques et gestionnaires des villes afin de minimiser les risques de transmission des virus à partir des sols urbains.

La finalité pour l'Europe est de préparer la nouvelle période de programmation 2021-2027 et de permettre de nouvelles coopérations. Fort du travail conduit au cours de cette période, des équipements dont disposent les partenaires et des régions climatiques représentées par le consortium, les partenaires sont prêts à s'engager sur des projets collaboratifs relatifs aux sols contaminés.

Plus d'informations sur le projet TANIA sur le site <http://www.interregeurope.eu/tania/>



5th Interreg Call – additional activities



Fact finding mission



Fate of SARS-CoV-2 in urban soils – consequences for public policies –



September 2022

Contact : noele.enjelvin@univ-lorraine.fr
<https://www.interregeurope.eu/tania/>



DEEPSURF BATNAP

Partenaires du GISFI : BRGM, LIEC, GeoRessources,

Soutien : LUE DEEPSURF

2020-2022

Impact des battements de nappe phréatique liées au changement climatique sur la remobilisation des hydrocarbure pétroliers

Les LNAPLs (Light Non-Aqueous Phase Liquids) sont une source importante de contamination des sols. Lorsqu'ils migrent dans la zone non saturée, une partie de ces LNAPLs reste piégée par capillarité. D'autres, accumulés au toit de la nappe, génèrent sur le long terme un panache de contaminants dissous. Les variations saisonnières du niveau piézométrique entraînent alors une dispersion verticale importante de ces contaminants au niveau de la frange capillaire, favorisant leur propagation dans l'eau et l'atmosphère. Ce contexte pouvant fortement impacter la remobilisation des LNAPLs, il est primordial de mieux comprendre l'impact de ces variations piézométriques sur les mécanismes de relargage des hydrocarbures.

Le projet DEEPSURF BatNap vise à (i) mieux comprendre l'impact des variations de hauteur de nappe sur les mécanismes de relargage de ces hydrocarbures, et (ii) d'évaluer et comparer différentes méthodes de suivi des polluants au niveau de la nappe phréatique par la combinaison de mesures indirectes (outils géophysiques) et directes dans les puits de surveillance. Il est construit sur un programme multi-échelles, une recherche multidisciplinaire (géochimie organique, géophysique, modélisation hydrodynamique). Ce travail s'appuie sur une approche multi-échelle (laboratoire, in situ contrôlé et site atelier) avec au cœur, un dispositif expérimental original (grandes colonnes lysimétriques) couplant des mesures géophysiques indirectes, physico-chimiques in situ, et permettant de faire un bilan du relargage des LNAPLs (phases pures, dissoutes et gazeuses). Cela permettra de mieux corréliser les mouvements verticaux des eaux souterraines, leur amplitude et la mobilisation des LNAPLs.

Les zones de variation de la nappe phréatique contaminées par des LNAPL sont soumises à d'importantes modifications des propriétés physiques, révélées notamment par la résistivité électrique complexe (Sauck, 2000). Ces variations sont mesurables par des méthodes géophysiques (Noel et al., 2016). Les LNAPL influencent de manière significative la résistivité électrique complexe (Chambers et al., 2004). Les propriétés de résistivité des polluants sont complexes et dépendent fortement de leur degré de dégradation (Cassidy et al., 2001). Les hydrocarbures non dégradés induisent une augmentation de la résistivité (Iravani et al., 2020) et leur dégradation induit une libération d'ions, ce qui augmente la résistivité du milieu poreux (Sauck, 2000). La partie imaginaire de la résistivité est également fortement influencée par les LNAPL.

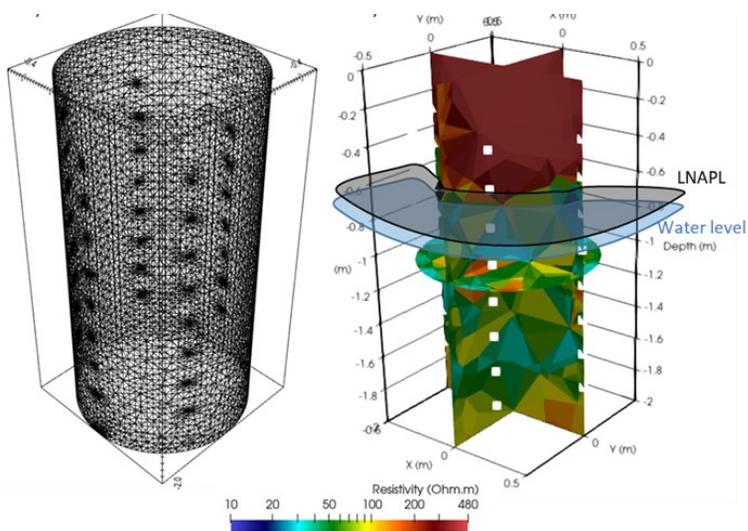
Lors de ce projet, les variations de résistivité complexe sont enregistrées dans le domaine temporel à l'aide de 48 électrodes répartis sur les bords de la paroi pour une séquence de mesure comprenant 800 quadripôles

permettant de reconstruire les variations de résistivité et de chargeabilité en 3D dans le Lysimètre. En fonction des scénarios climatiques induit dans le Lysimètre (i.e. variation du niveau de la nappe), les mesures de tomographie électriques complexes peuvent être reproduite toute les 30 minutes).

La Figure montre: (a) le début de l'injection de LNAPL pendant l'expérience ; (b) le maillage utilisé pour l'inversion et (c) les résultats préliminaires de l'inversion géophysiques en résistivité. En première ordre, la tomographie met en évidence la localisation de la nappe dans le lysimètre. En effet, la zone saturée (de -0.6 à -2 m de profondeur) possède une résistivité de l'ordre de 50 Ohm.m, moins importante que la zone non saturée (profondeur comprise entre 0 et 0.4 mètres). Une zone de résistivité intermédiaire est présente entre ces deux secteurs marquant la présence de LNAPL. L'étude des variations temporelles devra permettre de quantifier les teneurs en polluant résiduelle en fonction du temps afin de mieux dépolluer le milieu.



a) expérience d'injection du LNAPL



b) Maillage du Lysimètre avec localisation des électrodes ; et c) Tomographies de résistivité électrique réalisées dans le Lysimètre après l'injection du LNAPL

Contact : j.deparis@brgm.fr

Test d'une sonde multigaz en lysimètre

45-8 ENERGY, la première entreprise dédiée à l'exploration et la production éco-responsable d'hélium et d'hydrogène naturel en Europe, a initié un projet de R&D pour répondre aux besoins spécifiques de l'exploration de gaz industriels (He, H₂, CO₂) et lever une barrière technologique pour la surveillance à long terme des gaz en proche surface.

En effet, une analyse comparative approfondie des technologies existantes pour la détection de gaz a mis en évidence l'absence de solution pleinement adaptée à une application souterraine sur du long-terme pour un coût raisonnable.

L'objectif du projet est le développement d'un Corps de Sonde multigaz, spécifiquement dédiée aux usages du sous-sol, capable de surveiller et de caractériser les flux de gaz en proche surface. Les principales caractéristiques visées étant :

- Mesure des flux de gaz sur une long période de temps (>6 mois),
- Fiabilité des mesures dans un environnement sous-sol (humidité, poussière...),
- Acquisition et envoi des données autonome depuis des zones reculées,
- Coût raisonné pour établir un maillage des zones d'intérêt.

Les tests initiaux des capteurs électrochimiques sont réalisés dans un environnement laboratoire. Mais un deuxième niveau de tests est obligatoire dans des conditions « réelles » pour valider le comportement de la sonde et des capteurs.

C'est dans ce cadre que 45-8 ENERGY s'est rapproché du GISFI, afin de profiter des installations de la plateforme d'Homécourt, et en particulier des colonnes lysimétriques existantes.

Description de l'installation

Une colonne lysimétrique de 2m³ a été adapté afin de simuler un environnement de flux de gaz dans le sol. L'ensemble du banc de test est présenté ci-dessous et sur la figure :

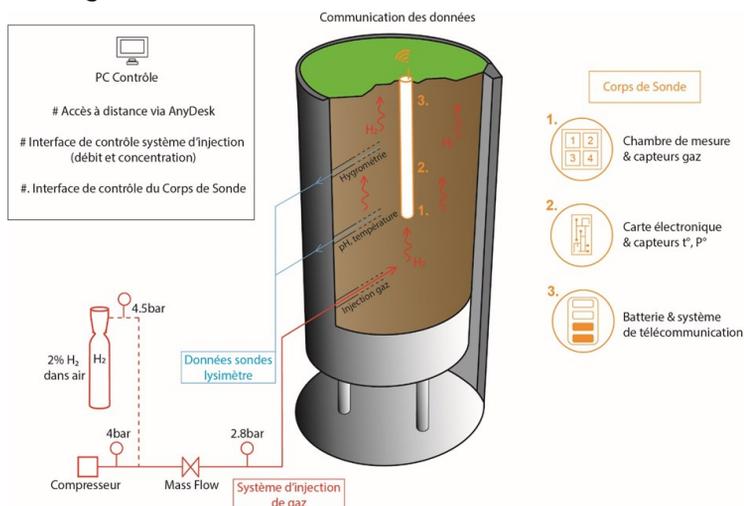


Schéma du dispositif

1. Corps de Sonde et canule

Le Corps de Sonde, d'environ 7cm de diamètre pour 100cm de longueur et enterré sur toute sa longueur dans le lysimètre. Les données sont envoyées par câble ou par GRPS en fonction des versions.

La canule mesure également 100cm de longueur. Un capillaire d'1mm de diamètre part du bas jusqu'au septum situé quasi tout en haut permet le prélèvement du gaz dans le sol aux abords de la base du Corps de Sonde.

2. Système d'injection de gaz

Le système d'injection de gaz est composé de 3 parties.

(1) Une bouteille de gaz Air + 3% d'H₂ située en surface et reliée au système via un tuyau qui circule le long du lysimètre.

(2) un compresseur installé sous le lysimètre et qui permet de comprimer de l'air jusqu'à 5bar et donc d'avoir un accès illimité à du gaz sans H₂ pour purger le lysimètre au besoin.

(3) Un bloc-système pour réguler les débits d'arrivée de la bouteille et du compresseur via plusieurs électrovannes et Mass Flow Controller. Le système permet également de déshumidifier les gaz.

Le gaz qui arrive dans le bloc-système est ensuite envoyé via le tuyau bleu initialement utilisé pour récupérer les eaux au niveau 1.5m. L'injection maximum est de 200cc/min avec une pression aux alentours des 2.7-2.8bars.

3. L'ordinateur et le routeur

Une interface labview permet de contrôler le système d'injection de gaz (ouverture/fermeture des électrovannes, mélanges des gaz, régulation des débits, vérification de la pression – avec système d'arrêt automatique si pression trop forte). Cette interface est accessible grâce au routeur 4G et au logiciel AnyDesk pour le contrôle à distance du PC.

Résultats de l'expérimentation

Les objectifs de caractérisation de la sonde dans des conditions réelles ont été pleinement réalisés grâce à l'adaptation de la colonne lysimétrique. Les nombreux tests menés sur la plateforme du GISFI au cours des deux dernières années ont permis de travailler et valider le design du Corps de Sonde, préciser les spécifications techniques des capteurs embarqués dans la sonde, ainsi qu'étudier l'impact des différents paramètres extérieurs (pluie ou non, variation de température ...).

L'utilisation de cette plateforme expérimentale va continuer dans les mois à venir et permettre de tester la fiabilité dans les temps des sondes actuelles, mais également tester de nouvelles versions du Corps de Sonde intégrant d'autres gaz (CO₂, CH₄ ...).

Publications & thèses

Bilan de l'année 2022

Le bilan est réalisé depuis novembre 2021 jusqu'à novembre 2022:

- Trente-neuf publications scientifiques ;
- 7 thèses soutenues.

Ci-dessous la liste des articles publiés sur la période, celles qui apparaissent en gras sont communes aux différents laboratoires du GISFI.

Publications scientifiques

- ALMOUALLEM, W. MICHEL, J. DORGE, S. JOYEUX, C. TROUVÉ, G. LE NOUENC, D. (2023) A comparative study of the sorption of O-PAHs and PAHs onto soils to understand their transport in soils and groundwater. *Journal of Environmental Sciences*, 124: p. 61-75, <https://doi.org/10.1016/j.jes.2021.11.001>
- AO, M., CHEN, X., DENG, T., SUN, S., TANG, Y., MOREL, J. L., QIU, R., WANG, S. (2022) Chromium biogeochemical behaviour in soil-plant systems and remediation strategies: A critical review. *Journal of Hazardous Materials* 424, 127233, <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.127233>
- AUCLERC, A., BEAUMELLE, L., BARANTAL, S., CHAUVAT, M., CORTET, J., DE ALMEIDA, T., DULAURENT, A.-M., DUTOIT, T., JOIMEL, S., SÉRÉ, G., BLIGHT, O. (2022) Fostering the use of soil invertebrate traits to restore ecosystem functioning. *Geoderma* 424, 116019, <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2022.116019>
- AWASSA J., CORNU D., RUBY C., ELKIRAT-CHATEL S. (2022) Direct contact, dissolution and generation of reactive oxygen species: How to optimize the antibacterial effects of layered double hydroxides. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, Elsevier, 2022, 217, pp.112623, <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2022.112623> [hal-03707352]
- AWASSA J., CORNU D., SOULÉ S., CORNU D., CARTERET C., RUBY C., ELKIRAT-CHATEL S. (2022) Divalent metal release and antimicrobial effects of layered double hydroxides. *Applied Clay Science*, Elsevier, 2022, 216, pp.106369, <https://doi.org/10.1016/j.clay.2021.106369> [hal-03467360]
- AWASSA J., SOULÉ S., CORNU D., Christian RUBY C., ELKIRAT-CHATEL S.. Understanding the Role of Surface Interactions in the Antibacterial Activity of Layered Double (2022) Hydroxide Nanoparticles by Atomic Force Microscopy. *Nanoscale*, Royal Society of Chemistry, <https://doi.org/10.1039/D2NR02395D> [hal-03705956]
- BAILONI M. (2021) La fin du charbon et le net zero : un modèle britannique de transition ?, *Bulletin de l'Association de Géographes Français*, vol.97, n°4, <https://doi.org/10.4000/bagf.7480>
- BARBIER, L. (2022), Résorber la crise pour générer la crise ? Analyse croisée de deux quartiers du XIXème siècle à Nancy (France), *Riseo : risques, études et observations*, Numéro spécial « Crises et espaces : questionnements, implications et effets », p.31-41.
- CAVELAN, A., GOLFIER, F., COLOMBANO, S., DAVARZANI, H., DEPARIS, J., FAURE, P. (2022) A critical review of the influence of groundwater level fluctuations and temperature on LNAPL contaminations in the context of climate change. *Science of The Total Environment*, 806(1), 150412: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150412> (hal-03352335)**
- CÉBRON A., BORECCA 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*, Nature Publishing Group, 2022, 12 (1), pp. 1-16, <https://doi.org/10.1038/s41598-022-10850-4>
- CIADAMIDARO L., PFENDLER S., GIRARD CLOS O., ZAPPELENI C., BINET P., BERT V., BLAUDEZ D., CHALOT M. (2022) Mycorrhizal inoculation effects on growth and the mycobiome of poplar on two phytomanaged sites after 7-year-short rotation coppicing. *Frontiers in Plant Science* 28:13:993301 <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.993301>**
- COLOMBINI, G., WATTEAU, F., AUCLERC, A. (2022) Technosol rehabilitation strategies drive soil physico-chemical properties and fauna diversity on a former coking plant area. *Applied Soil Ecology* 177, 104542, <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2022.104542>
- CORNU D., COUSTEL R., DURAND P., CARTERET C., RUBY C. (2022) How can pH drop while adding NaOH? Formation and transformation of Mn₄(OH)₆SO₄. (2022) *Journal of Solid State Chemistry*, Elsevier, 2022, 305, pp.122631, <https://doi.org/10.1016/j.jssc.2021.122631> [hal-03457736]
- CORNU D., COUSTEL R., RENAUDIN G., ROGEZ G., RENARD A., DURAND P., CARTERET C., RUBY C. (2022) Synthesis and characterization of a new monometallic layered double hydroxide using manganese. *Dalton Transactions*, Royal Society of Chemistry, 51 (31), pp.11787-11796, <https://doi.org/10.1039/d2dt01835g> [hal-03805630]
- DUFAUD, O., JANÈS, 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, pp. 73-78, <https://doi.org/10.3303/CET2290013>
- DURAND, A., LEGLIZE, P., LOPEZ, S., STERCKEMAN, T., BENIZRI, E. (2022) *Noccaea caerulescens* seed endosphere: a habitat for an endophytic bacterial community preserved through generations and protected from soil influence. *Plant and Soil* 472, 257-278, <https://doi.org/10.1007/s11104-021-05226-y> (hal-03552031v1)
- FLEGEAU M., (2021), « Les transects photographiques : à la recherche des discontinuités dans le paysage », *EchoGéo [En ligne]*, 58, <https://doi.org/10.4000/echogeo.22641>
- GREAU 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, <https://doi.org/10.3390/ijms23115909>
- GRIGNET, A. SAHRAOUI, A.L.H. TEILLAUD, S. FONTAINE, J. PAPIN, A. BERT, V. (2022) Phytoextraction of Zn and Cd with *Arabidopsis halleri*: a focus on fertilization and biological amendment as a means of increasing biomass and Cd and Zn concentrations. *Environmental Science and Pollution Research*, 29 (15) : p. 22675–22686, <https://doi.org/10.1007/s11356-021-17256-1>
- GROJEAN N., LE JEAN M., ARMENGAUD J., SCHIKORA A., CHALOT M., GROSS E.M., BLAUDEZ D. (2022) Combined omics approaches reveal distinct responses between light and heavy rare earth elements in *Saccharomyces cerevisiae*. *Journal of Hazardous Materials*, 425:127830, <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.127830> (hal-03514152)

- GROSJEAN N., LE JEAN M., CHALOT M., MORA-MONTES H.M., ARMENGAUD J., GROSS E.M., BLAUDEZ D. (2022) Genome-wide mutant screening in yeast reveals that the cell wall is a first shield to discriminate light from heavy lanthanides. *Frontiers in Microbiology* 13:881535, <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.881535>
- GUO, M.-N., ZHONG, X., LIU, W.-S., WANG, G.-B., CHAO, Y.-Q., HUOT, H., QIU, R.-L., MOREL, J. L., WATTEAU, F., SÉRÉ, G., TANG, Y.-T. (2022) Biogeochemical dynamics of nutrients and rare earth elements (REEs) during natural succession from biocrusts to pioneer plants in REE mine tailings in southern China. *Science of The Total Environment* 828, 154361, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154361>
- 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>
- HOSTYN, G., SCHWARTZ, C., CÔME, J.-M., OUVARD, S. (2022) Assessment for combined phytoremediation and biomass production on a moderately contaminated soil. *Environmental Science and Pollution Research* 29, 59736-59750, <https://doi.org/10.1007/s11356-022-19963-9> (hal-03696022v1)
- JALLY, B., FRANÇOIS, 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, <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2022.121126>
- JOHANSSON C., BATAILLARD P., BIACHE C., LORGEUX C., COLOMBANO S. JOUBERT A., DEFARGE C., FAURE P. (2022) Permanganate oxidation of polycyclic aromatic compounds (PAHs and polar PACs): column experiments with DNAPL at residual saturation. *Environmental Science and Pollution Research*, Springer Verlag, 2022, 29 (11), pp.15966 – 15982, <https://doi.org/10.1007/s11356-021-16717-x> □hal-03383173 □
- JOIMEL, S., GRARD, B., CHENU, C., CHEVAL, P., MONDY, S., LELIÈVRE, M., AUCLERC, A., VIEUBLÉ GONOD, L. (2022) One green roof type, one Technosol, one ecological community. *Ecological Engineering* 175, 106475, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2021.106475> (hal-03665415v1)
- LIBESSART, G., FRANCK-NÉEL, C., BRANCHU, P., SCHWARTZ, C. (2022) The human factor of pedogenesis described by historical trajectories of land use: The case of Paris. *Landscape and Urban Planning* 222, 104393, <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2022.104393>
- LOPEZ, S., MOREL, J. L., BENIZRI, E. (2022) The parameters determining hyperaccumulator rhizobacteria diversity depend on the study scale. *Science of The Total Environment* 834, 155274, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155274>
- MEITE F., HAUET T., BILLARD P., FERTE 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. *Chemical Geology*, Elsevier, 606, pp.120904, <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2022.120904> □hal-03697883 □
- MEITE F., ABDELMOULA M., BILLARD P., HAUET T., ZEGEYE A. (2022) Pb-Bearing Ferrihydrite Bioreduction and Secondary-Mineral Precipitation during Fe Redox Cycling. *Minerals*, MDPI, 12 (5), pp.610, <https://doi.org/10.3390/min12050610> □hal-03682767 □
- NKRUMAH, P. N., CORZO REMIGIO, A., VAN DER ENT, A. (2022) Proof-of-concept of poly-metallic phyto-extraction of base metal mine tailings from Queensland, Australia. *Plant and Soil*, <https://doi.org/10.1007/s11104-022-05586-z>
- PEREZ, C.N. CARRE, F., HOARAU-BELKHIRI, A., JORIS, A., LEONARDS P.E.G., LAMOREE, M.H. (2022) Innovations in analytical methods to assess the occurrence of microplastics in soil. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 10(3) : art. 107421, <https://doi.org/10.1016/j.jece.2022.107421>
- TEBBY, C. ; CAUDEVILLE, J. ; FERNANDEZ, Y.; BROCHOT, C. (2022) Mapping blood lead levels in French children due to environmental contamination using a modeling approach. *Science of the Total Environment*, 808:art. 152149, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152149>
- TROUVE, G. NGO, C. ALMOUALLEM, W. JOYEUX, C. DORGE, S. MICHEL, J. ; NOUEN, D.L. (2022) Development of a Liquid/Liquid Extraction Method and GC/MS Analysis Dedicated to the Quantitative Analysis of PAHs and O-PACs in Groundwater from Contaminated Sites and Soils. *Polycyclic Aromatic Compounds*, 42:7, P 4000-4018, <https://doi.org/10.1080/10406638.2021.1880449>
- VIOTTI C., ALBRECHT K., AMADUCCI S., BARDOS P., BERTHEAU C., BLAUDEZ D., BOTHE L., CAZAU D., FERRARINI A., GOVILAS J., GUSOVIUS H.-J., Jeannin T., Lühr C., Müssig J., Pilla M., Placet V., Puschenreiter M., Tognacchini A., Yung L., Chalot M. (2022) Nettle, a long-known fiber plant with new perspectives. *Materials* 15:4288. <https://doi.org/10.3390/ma15124288>
- WANG W. J., ROBERTS F., PETERSON S., HA S, SCUDIERO, L., COUSTEL R., MALLET M., ABDELMOULA M, RUBY, C. (2022) Iron-iron oxide supported palladium catalyst for the interconversion of formate and carbon dioxide. *Chemical Engineering Journal*, Elsevier, 427, pp.131763, <https://doi.org/10.1016/j.cej.2021.131763> □hal-03329171 □
- ZHONG, X., JOIMEL, S., SCHWARTZ, C., STERCKEMAN, T. (2022) Assessing the future trends of soil trace metal contents in French urban gardens. *Environmental Science and Pollution Research* 29, 3900-3917, <https://doi.org/10.1007/s11356-021-15679-4>
- ZHU, S.-C., ZHENG, H.-X., LIU, W.-S., LIU, C., GUO, M.-N., HUOT, H., MOREL, J. L., QIU, R.-L., CHAO, Y., TANG, Y.-T. (2022) Plant-Soil Feedbacks for the Restoration of Degraded Mine Lands: A Review. *Frontiers in Microbiology* 12, <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.751794> (hal-03559176v1)

Thèses soutenues

- ALLORY V. Contribution des Technosols au stockage de carbone et rôle des artéfacts. Thèse de l'Université de Lorraine, 1er juillet 2022.
- ALMOUALLEM W. Etude du transfert et de la persistance des Composés Aromatiques Polycycliques Oxygénés (CAP-O) dans les sols et les eaux souterraines issus de sites et sols pollués. Thèse de l'Université de Lorraine, 10 mars 2022
- GUO M., Aggregation and biological processes in ion-adsorption rare earth mine tailings under natural restoration and reclamation approaches. Thèse Université de Lorraine, codirection avec l'Université Sun Yat-sen (Canton), 18 mai 2022
- HOSTYN G. Contribution des fractions granulométriques grossières au fonctionnement des sols très anthropisés. Thèse de l'Université de Lorraine, 29 juin 2022.
- JALLY B. Agromine des terres rares, Thèse Université de Lorraine, codirection avec l'Université Sun Yat-sen (Canton), 22 février 2022.
- LIBESSART G. Modélisation prédictive des propriétés des sols urbains basée sur leur historique d'usages. Thèse de l'Université de Lorraine, 8 juillet 2022.
- ZHONG X. Modélisation des bilans et des flux de métaux en traces dans les sols sous agriculture urbaine. Thèse de l'Université de Lorraine, 31 mai 2022.

Le GISFI et la formation

Université de Wageningen (mai 2022)

Durant deux semaines, les étudiants de la pré-spécialisation Sciences et Génie de l'Environnement et les étudiants en Bachelor Environmental Sciences/BMW de l'Université de Wageningen ont travaillé de manière pluridisciplinaire sur la gestion des friches industrielles, en particulier sur la dynamique des contaminants dans les sols, leurs impacts sur l'homme et l'environnement, l'aménagement du territoire, ainsi que sur la prise en compte des enjeux politiques et économiques lors de la restauration des friches industrielles.

Alors que l'an dernier ce workshop avait été fait totalement à distance, nous espérions enfin pouvoir nous rencontrer en vrai cette année. Hélas, la COVID nous a obligé à travailler en mode hybride, les conférences, réalisées par des enseignants-chercheurs et des chercheurs des deux universités, et les travaux de groupe étant réalisés via Teams. Fort heureusement, il nous a été possible de faire des excursions tous ensemble pour visiter des friches industrielles soumises à différents modes de conversion comme le site des anciens hauts-fourneaux à Belval au Luxembourg, la station expérimentale du GISFI installée sur une ancienne cokerie à Homécourt ou une forêt développée sur le bassin à boues de l'ancien site sidérurgique de Pompey. Ces quelques jours ont également été l'occasion de mieux se connaître autour d'un pique-nique organisée à la Pépinière et d'un petit déjeuner à l'Ensaia avant le retour des néerlandais à Wageningen.



Master Sites et Sols Pollués (septembre 2022)

Le 22 septembre 2022, la promotion 2022-23 du Master "Sites et Sols Pollués" de l'Université de Lorraine a visité la station accompagnée par JF Masfaraud, responsable du cursus, et Fabien Domptail technicien GISFI. Après une présentation sur l'histoire du site et notamment sa phase de reconversion marquée par l'émergence du GISFI, l'intervention s'est poursuivie par un aperçu sur plusieurs projets de recherche bénéficiant des facilités de la plateforme et en lien avec les thématiques majeures du domaine des sites et sols pollués. Enfin, les étudiants/apprentis ont pu accéder au laboratoire et aux dispositifs expérimentaux extérieurs (parcelles et colonnes lysimétriques) et se rendre compte du caractère unique des installations mises à disposition des chercheurs et de leurs partenaires.

Académie Lorraine des Sciences (septembre 2022)

L'Académie Lorraine des Sciences organisait le 19 septembre dernier une journée articulée autour des questions de reconversion des friches industrielles. Il s'agissait de partager les acquis scientifiques et les développements technologiques destinés au traitement des sols pollués et au renouveau socio-économique des espaces délaissés. La station du Gisfi a ainsi accueilli une délégation d'une vingtaine de personnes, qui ont pris connaissance des avancées scientifiques produites par le groupement depuis plus de vingt ans et visité les outils expérimentaux spécifiques. Une rencontre avec l'EPA Alzette-Belval a permis ensuite de prendre la dimension du projet de reconversion économique et environnemental du site et des enjeux associés.



École des Mines de Paris (octobre 2022)

Accompagnés de leurs formateurs, Hervé Chauris et Agnès Laboudigue, une quinzaine d'élèves de l'École des Mines de Paris ont passé une demi-journée sur le site de la station d'Homécourt le 10 octobre dernier. Après une présentation en salle du Gisfi, ces étudiants, dont certains intégreront à l'issue de leur formation des services déconcentrés de l'Etat (e.g. DREAL), ont pu apprécier les dispositifs in situ de parcelles et colonnes lysimétriques mis en place sur le site au service de nos questions de recherche. Dans le cadre de l'option géosciences de la dernière année du cycle "ingénieurs civils" de l'école, également ouverte à des élèves de 1ère et 2ème année du corps des mines qui la suivent pendant 1,5 mois, ils organisent tous les ans dans le Grand Est une semaine de visites autour des enjeux de gestion des sites pollués et de la géothermie profonde, dont Homécourt est devenu une étape incontournable.

Les attendus pour ces élèves sont alors d'acquérir une culture scientifique sur les écosystèmes naturels ; de comprendre les impacts des activités humaines sur les écosystèmes ; d'identifier les différentes dimensions socio-économiques et scientifiques de la protection des ressources ; de connaître les outils et méthodologies de caractérisation, monitoring, modélisation et remédiation des écosystèmes et d'en maîtriser certains ; de développer une démarche scientifique pour appréhender les mécanismes au sein des écosystèmes naturels.



Master BioWare (octobre 2022)

Lundi 10 octobre 2022, les étudiants du master 2 BIOrefinery engineering of Wood and Agro-REssources (BioWARE) ont pu visiter la station expérimentale du GISFI à Homécourt sous un soleil radieux. C'était l'occasion pour ce groupe d'étudiants internationaux venant de divers horizons de voir les recherches interdisciplinaires menées au sein du GISFI pour la restauration des friches industrielles. Après une courte présentation de l'histoire du site, les étudiants ont pu visiter le laboratoire, les colonnes lysimétriques et les parcelles expérimentales. Cette visite a permis de montrer que les friches industrielles peuvent également être considérées comme une ressource notamment pour la production de biomasse à vocation non alimentaire telles que la production de fibres, d'énergie ou de métaux.



Master Agrosciences, Environnement, Territoires, Paysage, Forêt (octobre 2022)

Des étudiants du master AETPF de Nancy, spécialités IPE (Interactions Plantes-Environnement) et GCRE (Gestion, Conservation et Restauration des Ecosystèmes), ont effectué le 14 octobre une visite d'une demi-journée des installations de la station expérimentale du Gisfi à Homécourt. Une journée grise et pluvieuse, mais riche en découvertes pour eux ! Ils ont en effet visité les différents dispositifs lysimétriques et découvert leurs applications. Ils ont également pu se rendre compte du potentiel que peut offrir une friche industrielle en termes de biodiversité et des restaurations possibles d'un tel site. L'accent a notamment été mis sur les parcelles d'atténuation naturelle et les zones sur lesquelles des sols ont été reconstruits à partir de matériaux délaissés dans une optique de production de biomasse non alimentaire (projet Lorver) et dans un contexte d'économie circulaire.



Master Sols, Eau, Environnement (décembre 2022)

Dans le cadre de l'UE « Gestion des sites et sols pollués » du Master "Sols Eaux Environnement », les étudiants de M2 ont visité la station expérimentale du GISFI.

Cette visite fut l'occasion pour ces étudiants, particulièrement sensibles aux problèmes liés à la gestion des friches industrielles, de découvrir les approches et les dispositifs mis en place par le GISFI.

Ils ont également montré un fort intérêt pour la cellule de transfert GISFI-tech, qui, à leurs yeux pourra leur permettre de maintenir un lien avec les activités de recherche des laboratoires au cours de leur futur parcours professionnel.



Symposium Gestion Durable de l'Eau (Décembre 2022)

Visite organisée dans le cadre d'un symposium sur la gestion durable de l'eau dans l'industrie minière d'Afrique australe du 5 au 7 décembre 2022 à Postdam. Guidé par Jean Louis Morel, une vingtaine de personnes venant d'Allemagne et des pays du sud de l'Afrique sont venus découvrir la station du GISFI.



La station expérimentale



Les équipements acquis dans le cadre du Pacte Lorraine (2016-20) et du CPER (2015-20) au service des chercheurs du GISFI pour conduire des projets de recherche.





ÉVÈNEMENTS
EXTRÊMES SUR
DES CONTAMINANTS

REMÉDIATION



Pilote de lixiviation



Oxytop



Armoire phytotronique



Lysimètres de laboratoire

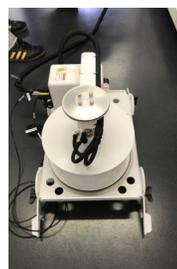


qPCR

Analyseur CO2



Nanodrop



Automated Soil CO2 Flux System

Zymographe



Dualex



Planimètre



Lysimètres urbains

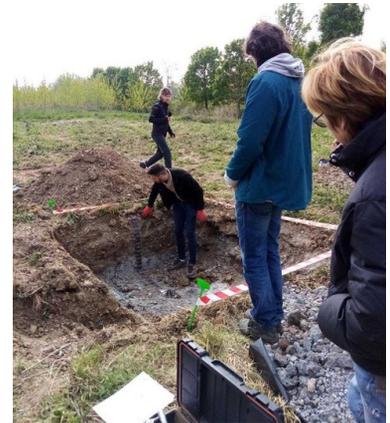


INGÉNIERIE

Evènements 2022

« Café Paysage » (avril 2022)

Omnibus-Paysage organise des "Café Paysage" pour les élus qui se déroulent en deux temps, une conférence en visio puis une journée technique avec visites de sites. Le GISFI a été sollicité pour la thématique des sols pollués et s'est tourné vers Sol&Co pour l'organisation de cette prestation. Après une conférence en visio Le 27 avril pour présenter un cadre théorique sur les sols, la journée technique s'est déroulée le samedi 30 avril 2022. Un départ de Homécourt, à la station expérimentale avec la description de deux fosses, une de sol de la friche et une de sol construit après traitement de terre excavée (photo). Le circuit prévu a ensuite emmené les élus vers Metz avec trois autres arrêts pour l'observation de sols : à Norroy-le-Veneur (espace vert et petit boisement), à Saulny (Sol agricole et Sol naturel des coteaux calcaires) et à Ban-Saint-Martin (Parc urbains).



Visite de la Présidence de l'Université de Lorraine (Septembre 2022)

Le 16 septembre 2022, une présentation du GISFI et une visite de la station expérimentale a eu lieu pour Hélène BOULANGER, Présidente de l'Université de Lorraine élue en mai 2022 et Jean-Luc BLIN, Vice-Président du Conseil Scientifique.



Solution innovante *in situ* des Diagnostic et de Monitoring (Bordeaux, 9-10 novembre 2022)

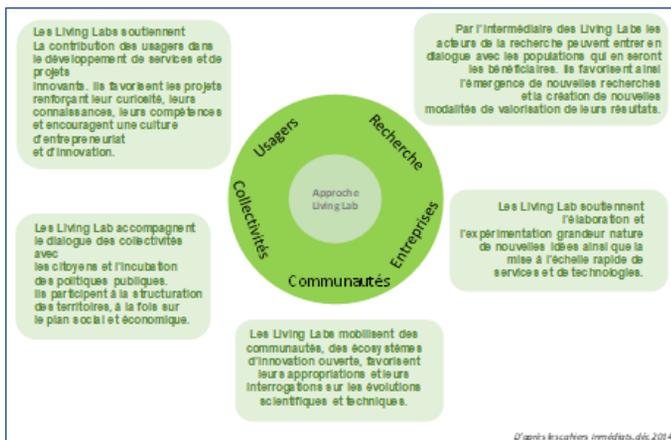
Ce colloque a été co-organisé par le GISFI, INNOVASOL et le réseau ESSORT. La demi-journée du 9 novembre était consacrée aux démonstrations d'outils de diagnostic *in situ*. Le GISFI a présenté les outils de terrain (GCMS, GC, IR) testés dans le cadre du projet GESIPOL MONIC 2018-2022, suivies de la session Posters sur les travaux de recherche. La journée du 10 novembre était consacrée à la présentation des résultats des projets MONIC, MATRICE et Flux volatils. Ensuite des ateliers thématiques en lien avec la session Posters ont permis d'échanger sur les besoins de la recherche à travers des regards opérationnels.



LIVING-LAB

Le GISFI a toujours eu pour objectif d'être acteur des territoires dans les domaines du développement de technologies innovantes de traitement des pollutions des sols et de stratégies de requalification des friches. Les collaborations avec des entreprises et d'autres acteurs ont permis de construire des projets de recherche ouverts aux problématiques rencontrées sur les territoires en particulier la Région Grand Est. L'ambition est aujourd'hui de mettre en œuvre des approches nouvelles de co-construction des connaissances en mobilisant des parties prenantes. Ainsi, une réflexion a démarré en 2022 pour adopter les démarches dites « Living Lab ». Il s'agit de mener des activités de recherche en innovation ouverte visant le développement de nouveaux produits, technologies et services. Dans ce cadre, les futurs utilisateurs d'un service ou d'une technologie ne sont désormais plus vus comme un objet d'investigation mais comme des acteurs clés dans le processus de recherche et d'innovation. Ces utilisateurs (dont industriels et décideurs publics), et encore mieux les communautés et les citoyens, peuvent contribuer de manière significative à la cocréation de problématiques et de solutions répondant à des enjeux sociétaux actuels. Ils peuvent donc être mobilisés très en amont des programmes de recherche, et/ou, dans la collecte et le traitement de données. Enfin, en aval de la recherche, les Living Labs permettent la formulation, le prototypage, la validation et le raffinement de solutions complexes à travers l'expérimentation dans des contextes de vie réelle.

L'Université de Lorraine dispose d'un centre de ressource



Living Lab accrédité par ENoLL (European Network of Living Lab). Géré par l'Equipe de Recherche sur les Processus Innovatifs, membre du GISFI, ce centre intitulé Lorraine Smart Cities Living Lab (LSCLL) dispose d'une expérience de 17 années sur ces approches centrées utilisateurs. En effet, il ne suffit pas de rassembler des acteurs de la recherche et des parties prenantes pour réussir à démarrer une démarche de co-construction. Le LSCLL met en œuvre des méthodologies de co-innovation et de recherche collaborative basées sur des méthodologies et outils issus de la recherche d'ERPI : analyse de besoin, créativité collective, utilisation d'artefacts physiques ou virtuels comme média de collaboration, algorithmes d'aide à la décision entre autres.

Le LSCLL utilise et développe des technologies stimulant les interactions entre chercheurs / développeurs / parties prenantes telle que : la réalité augmentée, le eyes tracking, les espaces immersifs ou la fabrication additive de prototypes. Enfin, il permet de mobiliser des parties prenantes autour de démonstrateurs (ex : le Green FabLab, démonstrateur d'économie circulaire associant les entreprises du quartier). L'une des caractéristiques d'un Living Lab est la capacité à mobiliser des communautés d'utilisateurs pour des ateliers de travail mais aussi des expérimentations en présentiel ou en ligne.

Ainsi, le GISFI initie des travaux portant sur la déclinaison des fonctionnalités d'un Living Lab au cas de la dynamique de dépollution des sols et la création de services écosystémiques correspondants. Parmi les questionnements, on recense des problématiques autour des Objets Intermédiaires de Conception : quelles réalisations matérielles ou digitales permettent des interactions chercheurs/parties prenantes sur le thème des sols ? La question des modes et techniques d'intégration des parties prenantes (quadruple hélice) : académiques, industriels à l'origine de pollution et intervenant dans les travaux de remédiation, élus et citoyens). De manière complémentaire se pose la question de la création d'un référentiel commun, c'est-à-dire d'une vision multi-acteurs, multi-échelle et pluridisciplinaire partagée de ce qu'est un sol. Enfin il convient de résoudre les problématiques temporelles, entre autres : prise en compte des dimensions historiques et patrimoniales des sols, co-construction de projets ayant des résultats à court terme, ou, approche prospective des besoins.



Living Lab pour le projet Des Hommes et Des Arbres (INRAE, UL, Métrole GN, etc.)

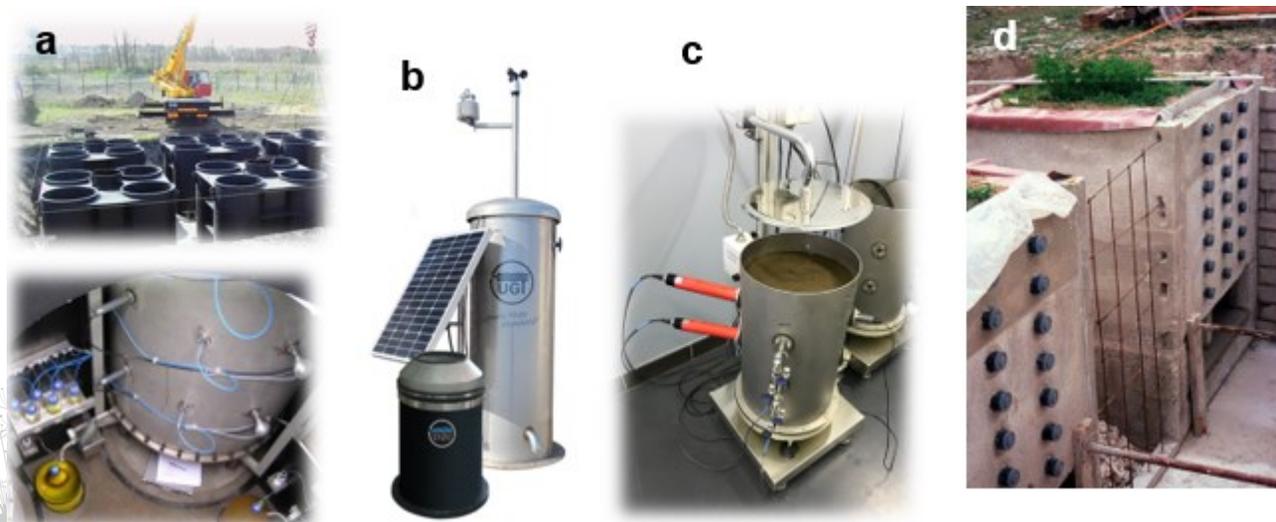
Contact : vincent.boly@univ-lorraine.fr

PC2 ONEWATER

Le projet OneWater PC2 "Projet Ciblé 2 : Evolution de la ressource en eau : des évolutions passées aux prévisions" concerne l'estimation de la ressource en eau en France depuis les dernières décennies jusqu'aux prévisions des 6 prochains mois, avec l'objectif de mieux connaître la variabilité de la ressource en eau, les conditions d'occurrence des phénomènes intenses, et ainsi mieux anticiper les situations à risque. Pour cela, ce projet va mobiliser observations directes et indirectes, modélisations hydro(géo)logiques, modèles de prévisions météorologiques et méthodes d'assimilation ainsi que la communauté scientifique en France métropolitaine et territoires d'Outre-Mer. Trois actions principales sont ciblées :

- La première concerne le développement d'un réseau national de lysimétrie, pour lequel le GISFI est impliqué, permettant d'acquérir des informations sur la partition des précipitations entre évaporation, ruissellement et infiltration, et de caractériser la dynamique de la recharge des nappes. Le réseau doit favoriser l'acquisition à une fréquence élevée (minima journalière) et la transmission en temps réel des données acquises sur les sites existants, et déployer sur des sites labellisés les mesures avec des lysimètres si possible peu coûteux qui seront au préalable testés et évalués lors du projet.
- La deuxième action concerne l'amélioration des réanalyses météorologiques historiques utilisées pour alimenter les modèles hydro(géo)logiques pour reconstruire l'historique des bassins versants, via la poursuite des efforts d'intégration des données anciennes, l'utilisation de modèles météorologiques à hautes résolutions, et l'intégration des impacts humains sur l'hydrologie, dans le but de mieux appréhender le comportement des hydrosystèmes.
- La troisième action a pour but le développement des deux plateformes de prévisions hydro(géo)logiques saisonnières existantes dédiées aux débits d'étiage et aux eaux souterraines, en mettant en commun des nouveaux développements, notamment concernant la construction de prévisions saisonnières météorologiques multi-modèles bénéficiant d'une correction pour la régionalisation. Cet action visera l'extension spatiale de ces plateformes par l'intégration de nouveaux modèles numériques et/ou applications ainsi que l'amélioration des conditions initiales via le développement de méthodes d'assimilation de données, et l'intégration en mode prévision des impacts anthropiques sur la ressource, dont les prélèvements, déviation d'eau et gestion des barrages.

Ce projet PC2 devrait ainsi permettre des avancées significatives dans la compréhension de processus déterminants – et pourtant encore mal représentés dans les modèles – dans le fonctionnement des éco-hydrosystèmes en France, notamment la recharge des nappes ou encore les impacts dus aux usages de l'eau. Les reconstructions sur de longues périodes passées (plus de 50 ans) permettront de mieux caractériser les événements extrêmes actuels et ainsi de renforcer la pertinence des outils de prévision saisonnière de la ressource.



Quatre types de dispositifs lysimétriques : (a) lysimètres en colonne utilisés sur les sites du GISFI et de l'OPE : 1 m² de section et 2 m de profondeur ; (b) lysimètres de petites tailles, enterrés, autonomes « ReadyToGo », de diamètre 30 cm jusqu'à 90 cm de profondeur, (c) lysimètres de laboratoire, 30 cm de de diamètre et 50 cm de hauteur, (d) cases lysimétriques de Fagnières.



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

