



otelo

Observatoire Terre Environnement Lorraine

RAPPORT D'ACTIVITÉ 2019



UNIVERSITÉ
DE LORRAINE



SOMMAIRE

- 02 MOT DE LA DIRECTRICE
- 03 LE PROJET O²
'ORNE OBSERVATION'
- 05 LES PROJETS
«OBSERVATION» 2018 - 2019
- 12 LES PROJETS «JEUNES
CHERCHEURS»
- 18 LES PROJETS
INTERDISCIPLINAIRES
- 23 LABEX «RESSOURCES 21»
- 24 PROJETS DE STAR ET D'IR
- 26 BILAN FINANCIER OTELO
- 27 BILAN SCIENTIFIQUE OTELO
- 27 RESSOURCES HUMAINES
- 28 PUBLICATIONS ET THÈSES
- 29 NOUVEAUX ÉQUIPEMENTS
- 30 FAITS MARQUANTS
- 32 MANIFESTATIONS
GRAND PUBLIC
- 33 REVUE DE PRESSE
- 34 CÉLÉBRATION DES
80 ANS DU CNRS



<http://otelo.univ-lorraine.fr>

Date de parution : Juillet 2020

Ce rapport d'activité pour l'année 2019 fait le bilan des actions soutenues par OTELO au travers de ses appels à projets, dédiés à des projets d'observation sur le long terme, à des projets de chercheurs ou enseignants-chercheurs nouvellement recrutés, et à des projets qui soutiennent l'interdisciplinarité. Parmi les projets soutenus par l'appel à projets sur l'observation, le projet O2 pour Orne Observation, qui s'inscrit dans la Zone Atelier Moselle (ZAM), est mis en avant dans ce rapport. Ce projet qui concerne la qualité des eaux et les conséquences des réaménagements de cours d'eaux, notamment l'effacement de barrages, s'inscrit pleinement dans un des thèmes transverses d'OTELo qui concerne les milieux fortement anthropisés, et la problématique de la transition environnementale. Ce projet est aussi exemplaire pour la gestion des données associées, qui est aussi une des actions prioritaires d'OTELo, avec un plan de gestion de ses données mis en place dès le début du projet et leur dépôt dans l'entrepôt de données ORDaR d'OTELo. Les six autres projets d'observation soutenus par le même appel à projets pour les années 2018-2019 sont ensuite présentés et montrent le positionnement significatif des unités sur l'observation sur le long terme. Ils concernent la qualité des milieux aquatiques, avec le suivi des invasions biologiques dans la Moselle, le suivi de l'acidification des ruisseaux dans les Vosges, le suivi isotopique de rivières au Népal, la qualité des sols, notamment les sols fortement anthropisés et les sols urbains, et enfin l'observatoire régional des affleurements géologiques.

Parmi les travaux importants engagés dans OTELO, et qui seront poursuivis, on peut souligner ceux qui visent à labelliser des plateformes expérimentales et analytiques dans le cadre de l'appel à projets INFRA+ de LUE (projets de StAR), et qui ont aussi servi de base pour la préparation d'un nouveau projet CPER.

L'ensemble de ces projets, ainsi que les projets des jeunes chercheurs, les projets entre unités et entre équipes, et les quelques faits marquants présentés des unités de recherche témoignent du dynamisme de ses acteurs à tous les niveaux et illustrent la qualité et la diversité des travaux menés dans OTELO. Je félicite tous ceux qui se sont distingués par des prix et ont obtenu des distinctions pour la qualité et l'intérêt de leur travail, qu'ils soient au début de leur carrière de chercheur ou plus expérimentés, et remercie tous ceux qui ont activement contribué à célébrer les 80 ans du CNRS.

Ce rapport d'activité a été préparé dans un contexte particulier, celui du confinement puis du déconfinement liés à l'épidémie de Covid-19, et donc dans une période où l'activité scientifique, et chacun d'entre nous, a été fortement perturbée. Merci à tous d'avoir poursuivi votre activité malgré tout et d'avoir permis que ce rapport voie le jour malgré tout, et dans les délais habituels. Je vous en souhaite une bonne lecture.



Corinne Leyval, Directrice d'OTELo

LE PROJET O² 'ORNE OBSERVATION'

Porteurs : Laurence MANSUY-HUAULT
Emmanuelle MONTARGÈS-PELLETIER
UMR : LIEC

L'Orne, cours d'eau « sidérurgique »

L'Orne fait partie des rivières dites sidérurgiques de Lorraine. Cet affluent de la Moselle, de 90 km de long, draine un bassin versant de 1268 km², et présente un débit moyen de 12,2 m³/s à Rosselange, peu avant la confluence avec la Moselle entre Metz et Thionville. L'activité minière et industrielle associée à une forte urbanisation de la vallée entre 1880 et 2008 ont profondément remodelé ce cours d'eau. La déprise industrielle laisse derrière elle des friches, un cours d'eau aux accumulations sédimentaires très contaminées et des aménagements hydrauliques vétustes. Conformément à la Directive Cadre sur l'Eau, ce cours d'eau doit faire l'objet de travaux de renaturation passant par l'effacement des derniers barrages pour favoriser le transit faunistique et sédimentaire. Ces travaux offrent une opportunité rare de suivre à moyen et long terme les effets du réaménagement sur la qualité des eaux, la morphologie du cours d'eau, sa dynamique sédimentaire et la réponse des organismes aquatiques.

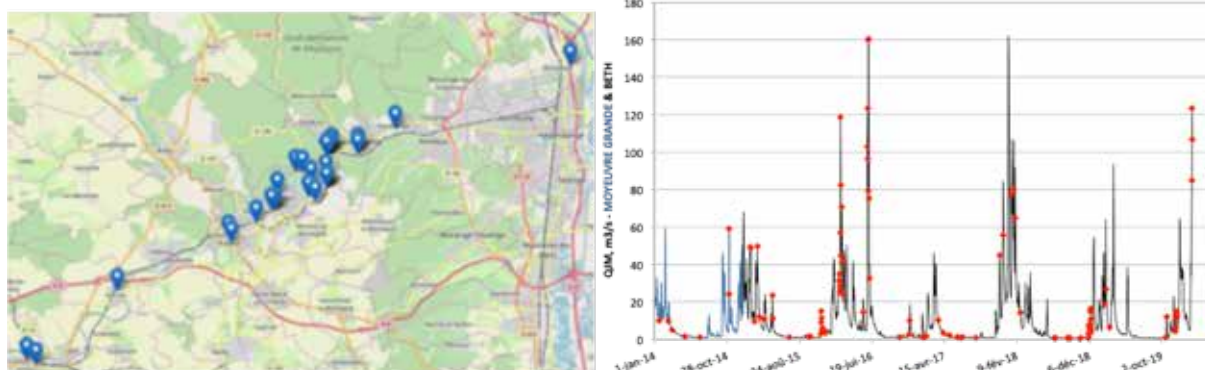
S'inscrire dans un suivi des eaux de l'Orne sur le long terme

Le projet « Orne Observation », inscrit dans l'axe « Territoires Urbains et Industriels en Mutation » de la Zone Atelier Moselle, étudie les variations spatiales et temporelles de la qualité des eaux et des sédiments sur la partie anthropisée de l'Orne. Entre 2014 et 2019, à raison de 3 à 4 campagnes annuelles de prélèvements d'eau et de matières en suspension (MES) sur 4 stations, d'une campagne de crue chaque année, et d'une vingtaine de carottages, c'est quelques milliers d'analyses qui ont été réalisées (Figure 1). Des mesures en continu du débit,

et leur partage. Les données sont progressivement reversées dans l'entrepôt de données ORDaR. Ainsi, en cinq ans, l'état de référence du cours d'eau avant effacement du barrage a pu être établi prenant en compte des situations hydrologiques très variées. Les eaux et MES ont été analysées et les éléments majeurs, traces et terres rares, les pesticides et les composés aromatiques polycycliques (CAP) ont été quantifiés. Les MES et les sédiments ont également été analysés en termes de minéralogie, granulométrie, signature isotopique du Zn et Plomb, de signature organique et spéciation chimique du fer et du zinc.

Le passé sidérurgique archivé dans les sédiments de l'Orne ?

Les modifications physiques du cours d'eau dont les barrages sont les vestiges ont profondément modifié la dynamique sédimentaire. Des accumulations sédimentaires réparties de façon hétérogène ont été identifiées notamment dans les zones d'influence des barrages. Ces sédiments présentent des degrés de contamination variables selon le lieu de prélèvement et selon la profondeur : les sédiments profonds sous l'influence directe des barrages de Homécourt et Moyeuvre-Grande présentent des niveaux de contamination équivalents à ceux rencontrés dans les sols de friches industrielles ([HAP]=250-1500µg/g, [Zn]=1000-5000µg/g, %Fe=5-25%) tandis que les sédiments de surface montrent des concentrations plus conformes à celles rencontrées dans les rivières du bassin de la Moselle ([HAP]<25µg/g, [Zn]<1000µg/g, %Fe≈5%). Le croisement de paramètres géochimiques, isotopiques, physico-chimiques et microbiologiques a permis de définir les signatures de ces sédiments et de déterminer trois grandes origines. Les sédiments d'origine sidérurgique collectés sur les bancs en amont des barrages de Homécourt et Moyeuvre et sur les bancs à proximité de l'ancienne usine



de paramètres globaux comme la température, la turbidité ou la conductivité ont été rendues possibles par le déploiement de sondes et d'une station pluviométrique. Un plan de gestion mis en place dès le début du projet a permis une nomenclature rigoureuse des échantillons, l'organisation des données, leur archivage sur OTELoCloud, leur géolocalisation

Figure 1 : Stations de prélèvement d'eau et de MES et de carottes (à gauche) et campagnes d'échantillonnage (points rouges) replacées sur l'hydrogramme 2014-2018.

Joeuf Europipe sont fortement contaminés en CAP de bas poids moléculaires, en Pb, en Zn sous forme de sulfures et dont la signature isotopique est élevée ($\delta^{66}/^{64}\text{Zn} = 0,6-1,5\text{‰}$). Les sédiments détritiques provenant de l'érosion du bassin versant ont une composition qui reflète le fond géochimique du bassin versant. Elles sont enrichies en éléments alcalins et alcalino-terreux (Si, Al, K et Ti). Les CAP associés sont de haut poids moléculaire et la signature isotopique du zinc varie de 0 à 0,6 ‰. Enfin, des sédiments ayant une signature dite urbaine regroupent des particules d'origine domestique issues des réseaux d'assainissement et des particules issues du lessivage des surfaces artificielles urbaines. Ils se caractérisent par des concentrations plus élevées en Zn et Pb, avec pour le zinc une signature isotopique inférieure à 0‰, une anomalie en Gd.

Tracer l'origine des matières en suspension

Les signatures géochimiques des différents stocks sédimentaires étant clairement établies, il a été alors possible de tracer l'origine des MES présentes dans l'Orne selon les conditions hydrologiques. Ainsi, les suivis de crue (Figure 2) ont permis de montrer une séquence de mobilisation de MES qui commence par l'entrée de particules d'origine urbaine pendant la montée de crue particulièrement marquée lors de la première crue de l'année hydrologique et qui pourrait correspondre au « flush » des réseaux d'assainissement et des surfaces urbaines. Au pic de crue et plus généralement à fort débit, ce sont les particules d'origine détritique qui dominent, issues de l'érosion du bassin versant ou de la remobilisation des sédiments de surface du lit de l'Orne.

En revanche, diluée par les apports de sédiments détritiques, la contribution des sédiments sidérurgiques aux MES n'est pas suffisamment importante pour être détectée. Ces dépôts, apparemment fortement cohésifs sont faiblement ou aucunement remobilisés par les épisodes de crue successifs.

Quelle qualité des eaux de l'Orne, 30 ans après l'arrêt des hauts-fourneaux ?

Si les sédiments contaminés de l'Orne ne sont pas remobilisés, le passé industriel de la vallée reste encore prégnant. Même si ce n'est pas l'objectif de cette étude, les concentrations mesurées dans la colonne d'eau de l'Orne (fractions dissoute et particulaire) peuvent être confrontées aux normes réglementaires de qualité des eaux de rivière. Ainsi, les concentrations moyennes annuelles mais surtout les concentrations de certains composés dans les eaux brutes peuvent dépasser les seuils réglementaires comme le plomb, et surtout les CAP lourds notamment en périodes de crue. L'héritage sidérurgique est aussi encore visible dans les distributions particulières des CAP dans les sédiments et les MES qui sont proches de celles observées dans les sols de friches industrielles de Homécourt. Enfin, une contribution des nappes contaminées est identifiée, à l'étiage, par la prédominance de deux CAP légers spécifiques, particulièrement en aval de l'ancienne cokerie de Moyeuve-Grande.

Suivre à long terme les effets de l'effacement des barrages

En juillet et en novembre 2019, les barrages de Homécourt et de Moyeuve-Grande ont été respectivement ouverts (Figure 3). Cette situation préfigure l'effacement de ces ouvrages programmé dans les années à venir. Dans ce nouveau contexte, plusieurs questions de recherche guideront notre suivi des prochaines années. Quel sera le devenir de ces dépôts et des contaminants associés ? Quel impact l'ouverture des vannes, puis l'effacement du barrage, auront sur la physiologie des organismes vivants et sur le devenir de leurs populations ? Dans quelle mesure son effacement va modifier le fonctionnement hydrologique ? la qualité des eaux ? l'état écologique du cours d'eau ?

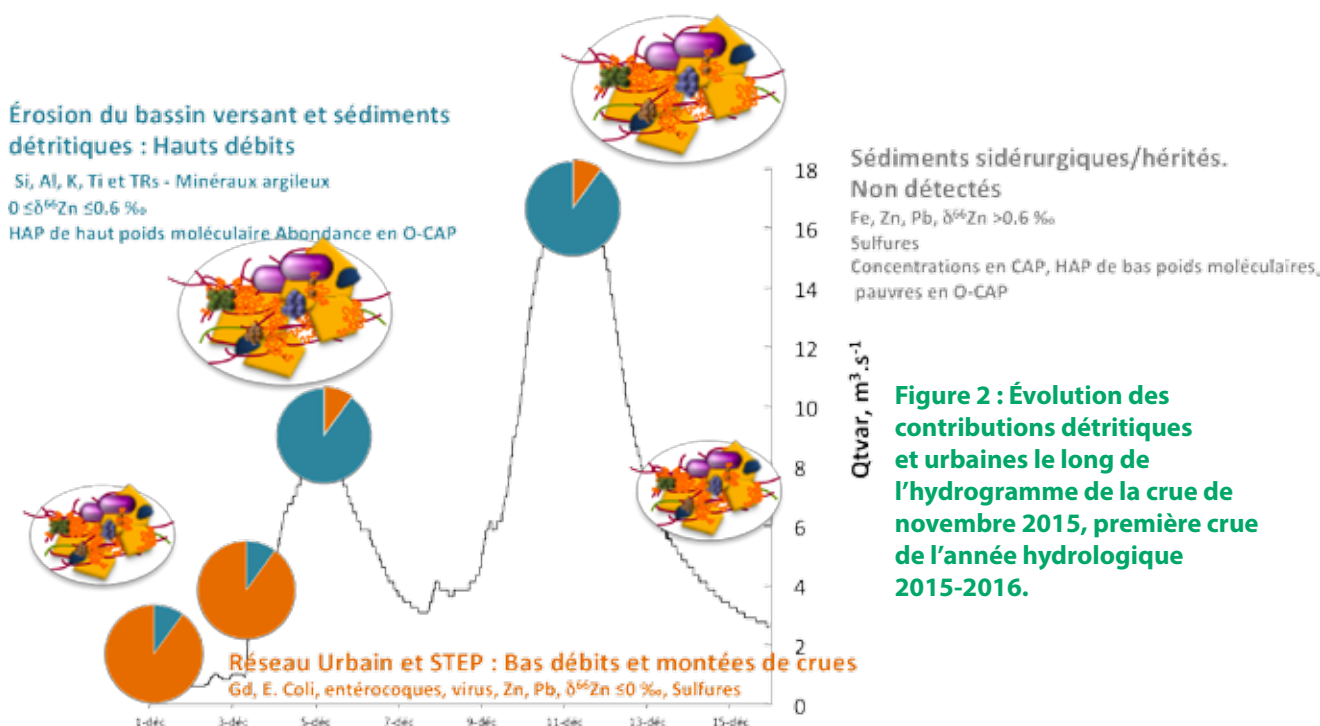


Figure 3 : Le barrage de BETH à Moyeuvre-Grande en fonctionnement le 13 août 2013, lors de la crue biennale du 5 juin 2016, ouvert le 25 novembre 2019 avec les premiers signes de déstabilisation des sédiments contaminés en rive droite du barrage le 10 janvier 2020.



LES PROJETS 'OBSERVATION'

2018 - 2019

ORAGE

Porteur : Bernard LATHUILIERE
UMR : GeoRessources

Rappel des objectifs

Le projet ORAGE (Observatoire régional des affleurements géologiques) est un projet d'observation du pôle OTELo qui vise à préserver l'information scientifique attachée aux affleurements géologiques de Lorraine. Il recouvre deux activités majeures complémentaires. L'une consiste à reconstituer une bibliographie régionale aussi exhaustive que possible et la mettre à la disposition du plus grand nombre. L'autre consiste à profiter de la création d'affleurements parfois éphémères pour en tirer l'information géologique avant réaménagement.

Le projet ORAGE a donc des objectifs clairs qui se distinguent de deux autres entreprises proches et complémentaires : l'action de préservation des sites (CSRPN et Commission Régionale du Patrimoine Géologique) et celle de pédagogie de la géologie (site académique).

Le Site Web

Au cœur de l'observatoire un site web est fonctionnel depuis 2014 : <https://orage.univ-lorraine.fr/>. Passé sous gestion Omeka pour accommoder la somme croissante de références bibliographiques (plus de 2300 !) il permet maintenant une recherche de contenu et les données ORAGE sont maintenant localisées sur des cartes.

Le site contient le détail de tout ce qui a été mis en place depuis le lancement du projet et on peut donc s'y reporter pour le détail ou également pour connaître le plan de gestion.

Concernant les articles en rapport direct avec des affleurements géoréférencés, 21 contributions originales et 67 contributions publiées sont maintenant en ligne et accessibles via le site Orage ou via le site Infoterre du BRGM.

Le réseau

La mise en place d'un réseau est un élément important pour la préservation de l'information géologique. Des réunions annuelles ont réuni les partenaires d'ORAGE à savoir le BRGM, le Museum Aquarium de Nancy, le Circuit de la Pierre à Euville, le musée Terrae Genesis au Syndicat (88), La réserve naturelle d'Hettange (57), le Musée d'Histoire naturelle du Luxembourg, l'Académie de Nancy-Metz et son site pédagogique géologie de la Lorraine, l'Académie Lorraine des Sciences, l'ANDRA, La Société d'Histoire naturelle de Moselle...Le bouche à oreille commence à produire son effet.

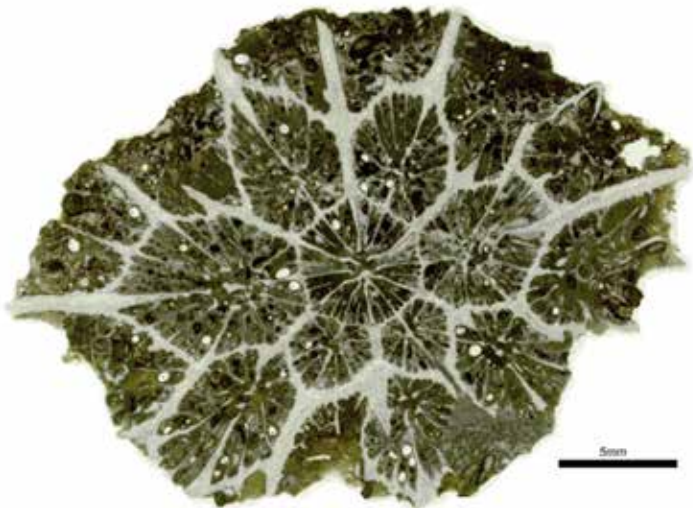
Le travail de communication pour faire connaître ORAGE se poursuit, flyers et affiches sont diffusés. Des présentations ont été faites auprès d'associations, dans le cadre de DEEPSURF et ORAGE était aussi présent à la fête de la science à Nancy (FST) et à Uckange ou encore mentionné dans les conf-curieuses du Muséum aquarium. Des courriers ont été envoyés dans l'industrie des carrières.

La labellisation

Pour développer la notoriété d'ORAGE, un projet Orage+ a été déposé qui a abouti à la labellisation LUE (Lorraine Université d'excellence). En conséquence, depuis octobre 2019, Elise Chenot développe l'activité d'ORAGE dans le cadre d'un contrat à durée déterminée d'un an, ce qui est déjà perceptible sur le rajeunissement du site web et le niveau d'activité d'ORAGE. Un travail de communication auprès des lycées et collèges est entrepris dans ce sens.

Rapport aux collections

À l'automne 2019, une réflexion a été engagée sur la question des collections en géosciences au sein du pôle OTELo, de façon à trouver des solutions pérennes à la gestion de ce patrimoine. Pour les spécimens fossiles et animaux, la collecte d'échantillons sur le terrain a conduit à la mise en collection au MAN d'un volume de 276 unités conservées fin 2019. Le MAN envisage un petit espace de vitrine pour le public dédié au travail d'ORAGE.



Hexaflos sp. une nouvelle espèce de corail du Bathonien de Lorraine découverte dans le cadre ORAGE qui mérite de recevoir un nouveau nom.

Avancées scientifiques

Parmi les contributions originales (à voir sur le site) une mention spéciale pour la Pierre de Jaumont pierre de construction du patrimoine régional (exploitée depuis près de 2000 ans) qui voit son interprétation stratigraphique bouleversée. Il semble bien qu'on se soit jusque-là fourvoyé sur l'ordre de superposition des formations en ce qui concerne cette Pierre de Jaumont ! Une autre nouveauté régionale issue de l'activité ORAGE : une nouvelle espèce de corail a été découverte dans le Bathonien de la région de Longuyon (voir figure).

Conclusion

ORAGE apparaît maintenant comme un observatoire qui fonctionne, à l'activité reconnue par la labellisation LUE, qui prend sa place dans le paysage du patrimoine géologique lorrain. La question de sa pérennisation au travers de celle de LUE est évidemment devant nous...

OBSERVATION SUR LE LONG TERME DES MILIEUX ANTHROPISÉS GISFI

Porteurs : Pierre FAURE-CATTELOIN, Catherine LORGEUX, Noële ENJELVIN et le Copil-Ho (Comité de pilotage de la station expérimentale du GISFI à Homécourt)

UMR : LSE, LIEC, GeoRessources

Parmi ses différentes missions, le GISFI (Groupement d'Intérêt Scientifique sur les Friches Industrielles : <http://gisfi.univ-lorraine.fr>) réalise des suivis sur le long terme du comportement des sols anthropisés. Il s'appuie sur les dispositifs expérimentaux de la station expérimentale de Homécourt (parcelles et colonnes lysimétriques, parcelles de démonstration).

Le soutien du Pôle OTELo dans le cadre de l'appel à projets Observation a permis de mener les opérations suivantes :

- **Le suivi long terme de l'évolution de sols pollués dans des dispositifs dits « orphelins »** L'acquisition de données (paramètres physico-chimiques, dynamique des contaminants, évolution de la faune et la flore) sur de longues périodes est essentielle pour mieux comprendre l'évolution sur le long terme de sols anthropisés très récents (moins de 100 ans) pour lesquels très peu de chroniques sont actuellement disponibles. Les dispositifs « orphelins » ont été installés et financés par des projets de recherche maintenant terminés. L'objectif est de sélectionner et garder certains de ces dispositifs, caractérisés et disposant de plusieurs

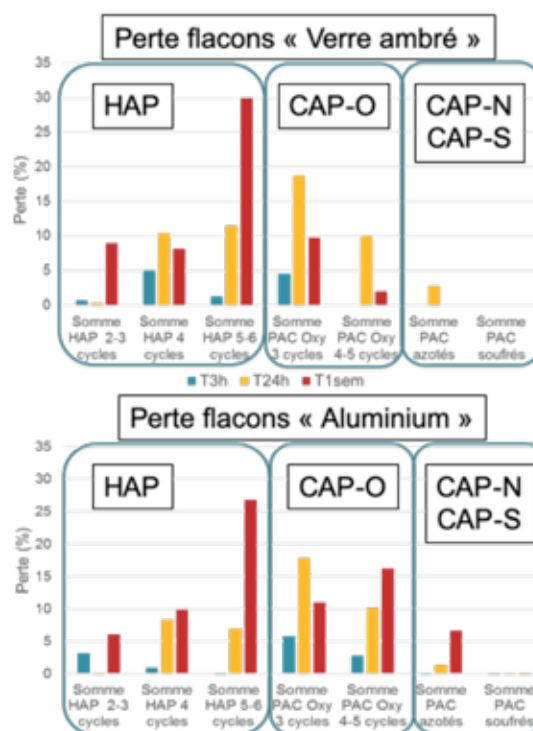
chroniques de résultats, et de continuer à les suivre dans le cadre de l'observation long terme. Cette mission avait été spécifiquement identifiée au cours du projet « Observatoire OTELo » 2016-17.

- **L'intégration du suivi de l'évolution de la qualité des eaux** (teneurs en composés aromatiques polycycliques) dans les chroniques enregistrées. Le suivi in situ de terres de cokerie sur plus de 10 ans dans des dispositifs de parcelles lysimétriques montre un abattement progressif de la teneur en contaminants organiques (16 HAP US-EPA – entre 45 et 61 % d'abattement). Cette évolution relativement lente est en partie liée à la faible disponibilité de ces contaminants hydrophobes fortement liés aux matrices du sol. En revanche, les lixiviats issus de ces mêmes terres présentent une réactivité nettement plus rapide (quelques heures à quelques jours). Etendre notre suivi actuel de l'évolution des contaminants centré sur les sols en intégrant les solutions de sol et les percolats plus réactifs semble nécessaire pour améliorer notre connaissance. Le protocole d'échantillonnage (flacons de collecte, temps de stockage, ajout de conservateur) est le point clé de ces analyses. Certains contaminants peuvent se sorber sur les parois des flacons suivant leur nature (figure 1) et/ou subir des dégradations biologiques au cours du stockage, pouvant entraîner une sous-estimation de la teneur réelle des contaminants au moment de la mesure. Le travail identifié et réalisé au cours du projet « Observatoire OTELo » 2018-19 a consisté à évaluer les conséquences de la durée et des conditions de stockage des solutions sur différentes mesures physicochimiques et de la teneur en contaminants organiques et de définir le protocole le plus adapté pour le suivi des contaminants hydrophobes. Ce travail cible plus spécifiquement des terres de Cokerie (contamination par des composés aromatiques polycycliques) issues de colonnes lysimétriques localisées sur la station expérimentale de Homécourt et

de Juelich (Allemagne - Programme Européen TERENO). Cette collaboration a comme objectif de comparer l'évolution de ces sols en conditions climatiques différentes.

- **L'enregistrement, la sécurisation et l'exploitation des données acquises** (station météo, sondes lysimétriques, volumes percolés et analyses) à haute fréquence sur des dispositifs lysimétriques. Cette gestion est notamment réalisée grâce à l'acquisition récente de logiciels pour l'archivage (Lysidata) et l'extraction (LDVisu) des données. Ces données sont essentielles pour définir des séquences temporelles de référence (conditions « normales ») pour les projets de recherche portant sur les effets des événements climatiques extrêmes. Ces données sont également valorisées dans le cadre d'une thèse (A. Soboga) portant sur l'écoulement de l'eau dans les sols lors des forts événements précipitants en collaboration avec l'ENS de Paris.

Évolution des pertes des HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques, des CAP-O, -N et -S (composés aromatiques polycycliques oxygénés, azotés et soufrés) suite à une expérience de stockage (3 heures, 24 heures et une semaine) sur des eaux issues de colonnes lysimétriques dopées par des CAP.



HAP
Profil relativement similaire entre Verre ambré et Aluminium
Perte importante des HAP lourds
-> 25 à 30% au bout d'une semaine

CAP Polaires
Perte des CAP-O légers (jusqu'à 15%)
Perte des CAP-O lourds (jusqu'à 15%)
avec l'aluminium
Pas ou peu de perte des CAP-N et S

OBSERVATION DE L'ACIDIFICATION DES COURS D'EAU DANS LES VOSGES

Porteurs : ANNE POSZWA, François GUÉROLD.
UMR : LIEC

Historiquement, les écosystèmes du massif vosgien ont été gravement acidifiés par des décennies de dépôts atmosphériques acides. Les polluants acides ont dégradé la qualité des sols et des eaux, provoqué des dépérissements forestiers et une perte drastique de la biodiversité dans les

cours d'eau. Depuis les années 2000, les émissions d'oxydes de soufre et d'azote ont diminué en Europe et dans les Vosges. Des signes de restauration spontanée et une amélioration de la qualité des eaux ont été observés. Cependant, les réponses des écosystèmes aquatiques demeurent hétérogènes en raison des facteurs environnementaux très variables.

Dans ce contexte, en 2002, le LIEC et l'INRA-BEF, en partenariat avec l'ONF, ont fondé un observatoire de

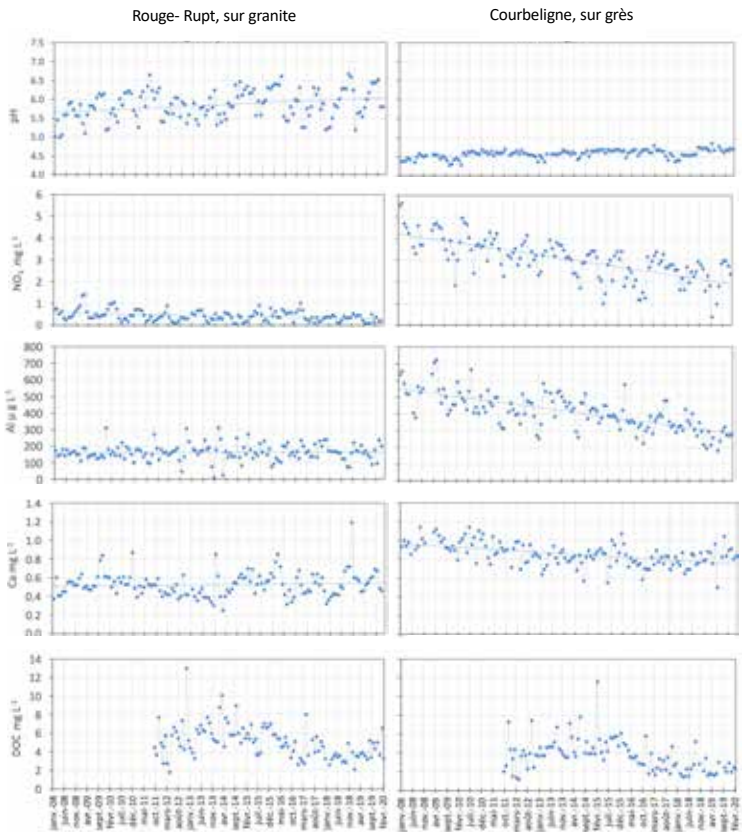
l'acidification. Celui-ci s'inscrit dans les ématiques de la Zone Atelier Moselle. L'observatoire est constitué de 16 ruisseaux, drainant des bassins versants (BV) forestiers sur grès et granites à des altitudes très variées. Les eaux sont prélevées tous les mois, à l'exutoire de chacun des BV suivis pour des analyses physico-chimiques (teneurs en cations et anions majeurs, en aluminium, mesures du pH, de la conductivité et de l'alcalinité). En 2011, le LRGP a rejoint l'équipe et assure l'analyse de la matière organique dissoute (MOD) dans les eaux (carbone organique dissous, azote total dissous, carbone inorganique dissous, spectres d'absorbance UV-visible, spectres de fluorescence synchrone). Les suivis ont été financés jusqu'en 2017 par l'agence de l'Eau Rhin Meuse et le Conseil Général des Vosges puis par OTELo en 2013 et en 2018-2019.

Les résultats acquis sur les années 2013, 2018 et 2019 ont été saisis dans une base de données OTELO créée pour cet observatoire, constituée de fiches de métadonnées et de données disponibles pour chaque ruisseau et chaque date de prélèvement. Ces résultats complètent les observations faites entre 2002 et 2017. Deux tendances, perceptibles sur l'ensemble des ruisseaux, indiquent une amélioration de la qualité des eaux : (i) la diminution des concentrations en aluminium, sulfates et nitrates et (ii) la faible remontée du pH et de l'alcalinité.

- Sur granite, ces tendances semblent actuellement se stabiliser : les dépôts atmosphériques acides ne semblent globalement plus impacter la chimie des cours d'eau.

- Sur grès, ces tendances sont encore bien marquées. Ceci suggère qu'une eau plus vieille, profonde, contribue au débit des cours d'eau, expliquant le retard de 10-15 ans dans leur réponse à la pression historique par rapport à ce qui a été enregistré sur granite. Cette hypothèse semble confirmée par de récentes données sur le BV de Courbe Ligne (sur grès) dont la signature chimique et en MOD (i) ne ressemble pas à celle des eaux de ruissellement prélevées dans les parcelles de suivi d'érosion (ii) correspond très épisodiquement à celle d'eaux extraites d'horizons superficiels de sols voisins du cours d'eau.

D'autres tendances sont moins claires. Certains ruisseaux sont caractérisés par la diminution plus ou moins marquée des teneurs en calcium et magnésium, traduisant une déminéralisation des eaux (et la persistance d'une dégradation). D'autres sont marqués par des variabilités



Chronique 2008-2019 : évolution mensuelle du pH, des teneurs en nitrates (NO₃), aluminium (Al), calcium (Ca) et carbone organique dissout (DOC) dans deux cours d'eau de l'observatoire, colonne de gauche le Rouge-Rupt sur granite et colonne de droite le Courbeligne sur grès.

saisonniers très importantes. D'autres enfin subissent une brunification, suggérant une évolution des types de MOD alors que d'une manière générale, les teneurs en MOD ont augmenté entre 2012 et 2015, puis diminué pour se stabiliser actuellement.

Finalement, l'évolution de la qualité des ruisseaux vosgiens dans le futur demeure incertaine, compliquée par les changements globaux et les événements exceptionnels tels que des tempêtes ou les attaques biologiques (et coupes sanitaires). Les suivis doivent se poursuivre pour mieux comprendre les facteurs de contrôle de la qualité des eaux.

MORIS → OBSERVATOIRE DES INVASIONS BIOLOGIQUES DANS LA MOSELLE / MOSEL RIVER INVASIVE SPECIES OBSERVATORY

Suivi dans la Moselle de la colonisation par les moules d'eau douce : un outil pour le développement des biomarqueurs en écotoxicologie.

Porteur : Sandrine PAIN-DEVIN
UMR : LIEC

En écotoxicologie, on cherche à relier l'état de santé des organismes à l'état des milieux. Pour ce faire, il est indispensable de maîtriser la biologie et la physiologie de l'organisme lui-

même mais également l'écologie du milieu dont il est issu. C'est pourquoi depuis 2016, l'observatoire MoRIS assure une surveillance de la Moselle en alliant l'étude des communautés de macroinvertébrés benthiques régulièrement soumises à l'arrivée de nouvelles espèces dites invasives ou exotiques envahissantes, et l'analyse de la biologie de deux moules

d'eau douce utilisées comme sentinelles (moule zébrée et moule quagga).

L'observatoire MoRIS a permis, en partenariat avec VNF, l'installation de dispositifs de fixation des moules d'eau douce (fig1). Ce protocole permet d'une part d'étudier la dynamique des populations de ces moules par des mesures régulières de la taille et de la maturité des individus à différents moments de l'année, paramètres indispensables pour l'établissement des modèles démographiques propres à chaque espèce. D'autre part, ce protocole permet d'évaluer régulièrement l'état physiologique des moules par la mesure de biomarqueurs qui informent sur l'état reproducteur, le métabolisme énergétique, les défenses antistress et les effets toxiques. Les premières données acquises avec MoRIS montrent que les deux espèces de moules sont clairement différentes sur le plan physiologique. Cette différence semble liée à la fois à une stratégie de reproduction et à une histoire évolutive différentes. Présente depuis plus de deux cents ans dans notre région, la moule zébrée présente un profil physiologique propre à chaque site d'étude, qu'on associe à son acclimatation au milieu. La moule quagga est arrivée beaucoup plus récemment dans la Moselle et ses réponses sont plus homogènes, ne montrant pas de signes d'acclimatation locale comme sa consœur. La pérennisation de l'observatoire permettra de suivre dans le temps ces biomarqueurs (information nécessaire pour les approches de biomonitoring et d'évaluation du risque environnemental)

et d'apporter des informations cruciales pour aborder les notions d'acclimatation/adaptation des espèces invasives à leur milieu récepteur.

En effet, les deux espèces de moules sont des espèces invasives ou exotiques envahissantes comme on en compte beaucoup en Moselle. Et c'est un autre aspect étudié avec MoRIS : des campagnes régulières de dragage des fonds de la Moselle permettent d'identifier et de comptabiliser les macroinvertébrés présents. Le nombre d'espèces exotiques augmente régulièrement en Moselle et les prélèvements récents de MoRIS (2018-2019) ont permis de constater l'arrivée de trois nouvelles espèces : un petit Crustacé, *Echinogammarus trichiatus*, un ver Annélide *Manayunkia caspica* et un Entoprocte *Urnatella gracilis*. La documentation est quasiment inexistante quant aux impacts potentiels de l'arrivée de ces espèces sur les communautés en place et sur les milieux colonisés. Pourtant, on sait que ces phénomènes d'invasions biologiques peuvent conduire à des modifications profondes et plus ou moins durables des conditions du milieu et des équilibres établis (compétition accrue pour l'espace ou pour la nourriture par exemple). Ces modifications peuvent impacter la dynamique des populations en place et en parallèle les stratégies physiologiques des organismes. Afin de bien comprendre et interpréter la réponse des biomarqueurs, il semble donc pertinent de prendre en compte ces invasions biologiques dans l'évaluation de l'état des milieux.



(A, B, C, D dans l'ordre de gauche à droite)
Dispositif de colonisation des moules d'eau douce (Photos : P. Wagner, LIEC)
A : Mise à l'eau du dispositif, comprenant 2 étages de 4 plaques.
B : Dispositif hors d'eau montrant la colonisation par les moules d'eau douces.
C : Détail d'une plaque colonisée par les moules d'eau douce.
D : Détail d'une plaque après prélèvement des organismes pour mesures en laboratoire.

RMQSU - RÉSEAU DE MESURE DE LA QUALITÉ DES SOLS URBAINS

Porteurs : Christophe SCHWARTZ, Geoffroy SÉRÉ

UMR : LSE

Jusqu'à ces dernières années, les sols des territoires sous forte influence anthropique ne faisaient pas l'objet d'investigations détaillées. Or, depuis le début du XX^{ème} siècle, la population française et mondiale s'est massivement concentrée dans les villes et leurs périphéries, représentant actuellement plus de 70% de la population totale. Dans les zones urbanisées, les sols représentent donc un enjeu essentiel et font l'objet de changements très rapides d'affectation et d'utilisation (e.g. activités urbaines et industrielles, espaces verts, jardinage, maraîchage et agriculture péri-urbaine), en interaction avec les territoires péri-urbains, ruraux et forestiers. L'objectif scientifique principal du projet RMQSU qui s'insère dans les travaux du GISFI, est alors d'éclairer par la mise en œuvre et l'extension d'un réseau de mesures de la qualité des sols urbains, la connaissance sur les sols urbains pour le développement durable des villes.

Depuis 2016, date de démarrage du soutien du Pôle OTELO au projet RMQSU, la base de données de caractéristiques physico-chimiques (fertilité et contamination) de sols (terres de surface et profils de sols) de la Métropole du Grand Nancy a progressivement été enrichie pour atteindre 610 échantillons géoréférencés répartis sur des sites végétalisés de la Métropole (e.g. parcs et jardins, jardins potagers, zones de loisirs, arbres d'alignement, friches urbaines et industrielles, cimetières). En complément de caractérisation de terres de surfaces, trente fosses pédologiques ont été ouvertes et les profils de sols ont été décrits et caractérisés sur des zones de renouvellement urbain, d'écoquartier et d'extension urbaine. Les données obtenues à partir d'analyses effectuées sur les échantillons collectés ont été mises en relation avec les historiques d'usage (nature des activités présentes et passés, type d'urbanisation) des sites. Ces informations renseignent sur les potentialités agronomiques des sols, supports potentiels de végétation, mais aussi sur les risques sanitaires et environnementaux éventuels causés par la présence de contaminants et/ou de facteurs physico-chimiques influant sur leur mobilité et leur phytodisponibilité. L'analyse et l'interprétation des données permettent aujourd'hui de définir des sites pilotes représentatifs

des principaux usages des sols urbains. En 2020, il est envisagé d'équiper 3 de ces sites de dispositifs lysimétriques de terrain, pour un suivi régulier de l'évolution des sols.

Le projet RMQSU implanté localement sur la Métropole du Grand Nancy, profite au niveau national de l'expérience de l'unité Infosol INRAE qui a développé une réelle expertise, dans le cadre du GIS Sol, sur l'élaboration d'un réseau de mesure de la qualité des sols, avec en majorité des sites naturels et cultivés. Ce réseau recense une centaine de paramètres physiques, chimiques et biologiques pour plus de 2300 points d'échantillonnage sur le territoire français. L'objectif est donc d'étendre cette base de données aux sols urbains. Il est également fait le lien avec la base de données BDSolU gérée par le BRGM. Le projet RMQSU a alors en particulier pour objectif de créer des liens entre les dynamiques d'observation des sols urbains d'INRAE, du BRGM et d'OTELo. Cette collaboration a été développée très largement sur la période 2019-2020 en interaction avec les partenaires des projets nationaux (Ademe) Supra et Dessert coordonnés par le LSE, avec le Service National d'Observation de l'environnement urbain en construction (SNO Observil) et dans le réseau Urbasol (<https://urbasol.agrocampus-ouest.fr>).

Le projet pour la période 2020-2021 est dans la continuité des années écoulées, avec toutefois une extension de la collection d'observables Sol au compartiment Eau et aux Lichens, pour accéder à un suivi plus intégré du continuum atmosphère-sol-eau, en collaboration avec le CRPG (C. Cloquet).



SUIVI ISOTOPIQUE DE RIVIÈRES AU NÉPAL CENTRAL : EVOLUTION DES BILANS HYDROLOGIQUES ET DE L'ÉROSION À L'ÉCHELLE D'UN BASSIN HIMALAYEN.

Porteurs : Thomas RIGAUDIER, Christian FRANCE-LANORD

UMR : CRPG

Ce projet s'inscrit dans le cadre plus large de l'observation des bilans hydrologiques des rivières et des précipitations

mondiales. Le changement climatique en cours modifie profondément et rapidement les bilans hydriques à la surface du globe. Cela se traduit par une régression générale des glaciers, des déplacements des zones sources des nuages et des modifications dans la distribution spatiale et temporelle

des précipitations. Bien que l'échantillonnage mensuel soit suffisant pour caractériser le signal d'entrée des grands systèmes hydrologiques, un échantillonnage plus détaillé est nécessaire pour les études régionales. Ces données détaillées sur les précipitations et les rivières sont également nécessaires pour comprendre les effets des changements climatiques sur les interactions océan/atmosphère.

Notre participation à ce projet porte sur le bassin de la Narayani, principal tributaire himalayen du Gange. C'est un bassin himalayen typique prenant ses sources au sud du Tibet et dans les glaciers de la haute chaîne.

En parallèle de l'étude des bilans hydrologiques, le CRPG est intéressé par le suivi de la distribution de l'érosion du bassin. Les précipitations, les glaciers et les rivières qui en découlent sont les principaux agents de l'érosion de l'Himalaya via les glissements de terrain et les incisions glaciaires et de rivières. Ces processus peuvent se tracer en utilisant l'export sédimentaire des rivières pour lequel nous avons développé des outils et des calibrations spécifiques (Morin *et al.* 2018). En plus de l'anthropisation, les tremblements de terre peuvent également influencer fortement l'intensité de la distribution

de l'érosion. Le suivi des sédiments de rivières est une approche pour comprendre l'effet des grands tremblements de terre sur la dynamique des glissements de terrain et sur l'érosion, mais cette approche requiert une durée d'observation d'au moins dix années.

Le projet a permis d'assurer l'observation des saisons de mousson de 2016 à 2019 sur trois stations de rivières et deux stations pour les précipitations. Cette distribution permet de documenter les régimes hydrologiques en flanc nord dominé par les glaciers et en flanc sud dominé par le ruissellement direct des précipitations de mousson. Depuis le début du projet, ce sont au total 900 échantillons d'eaux de précipitations, 1200 échantillons d'eaux de rivières et 1200 échantillons de sédiments de surface qui ont été récoltés et analysés. Les données sont associées à des mesures horaires de précipitation réalisées par nos pluviomètres et de débit de rivières réalisées par le service hydrologique du Népal (DHM).

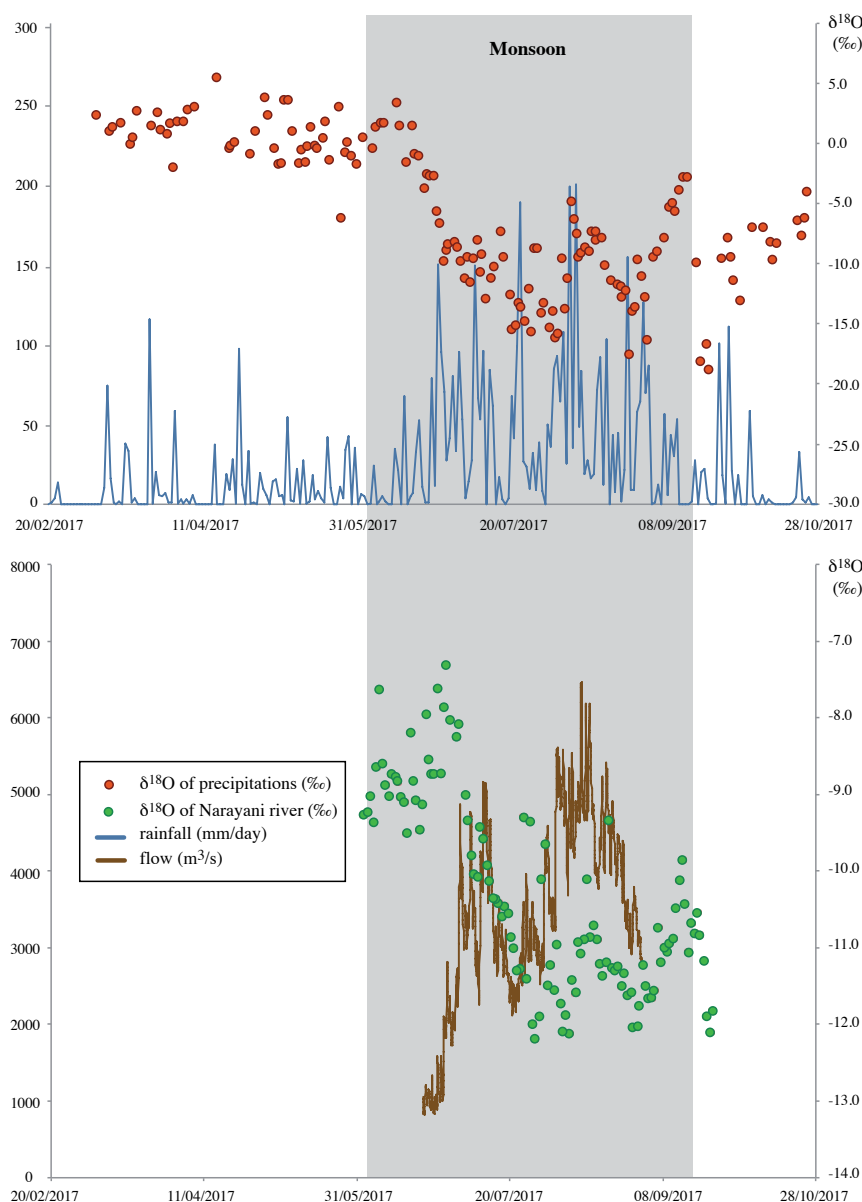
Les données isotopiques ($^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ et D/H) des années 2015 à 2017 des eaux de rivières et des années 2016 et 2017 des eaux de précipitation ont été intégrées à la base de données internationale de l'IAEA et sont disponibles en ligne sur la base WISER dont l'accès est libre après inscription. (http://www-naweb.iaea.org/naweb/naweb/napc/ih/IHS_resources_isohis.html).

Bilans hydrologiques

Quelle que soit l'année, les précipitations sont toujours fortement contrastées dans le bassin à la fois dans le temps et dans l'espace. Dans le temps, la saisonnalité de la mousson indienne concentre 80 à 90% des précipitations sur environ 3 mois avec des précipitations massives caractérisées par des valeurs de δD et $\delta^{18}\text{O}$ très négatives (amount effect). Le reste de l'année, les précipitations sont issues de masses d'air continentales (westerlies) apportant peu d'humidité, mais avec des compositions isotopiques très élevées. Pendant la mousson, les rivières drainant le bassin enregistrent une diminution marquée des valeurs de δD et $\delta^{18}\text{O}$ qui traduit le fait que les rivières sont en grande partie alimentées par du ruissellement direct.

Effet du séisme de Ghorka 2015

Les premiers résultats sur les matières en suspension montrent que le tremblement de terre de Ghorka dont le premier épicerne était dans la partie SE du bassin n'apparaît à ce stade avoir eu qu'un effet limité à l'année 2015 sur les flux et la distribution de l'érosion. D'un point de vue hydrologique, les compositions isotopiques des rivières marquent une année 2015 spéciale avec des compositions élevées avant la mousson qui pourraient s'expliquer par la modification du réseau de nappes et la libération d'eaux souterraines lors du tremblement de terre.



PROJETS 'JEUNES CHERCHEURS'

MICROSCOPIC AND MACROSCOPIC CHARACTERIZATION OF CONCENTRATED COLLOIDAL PARTICLE SUSPENSIONS TO ENHANCE THE PROCESSING OF COMPLEX PARTICLE SYSTEMS.

Porteur : Akira OTSUKI
UMR : GeoRessources

Résumé :

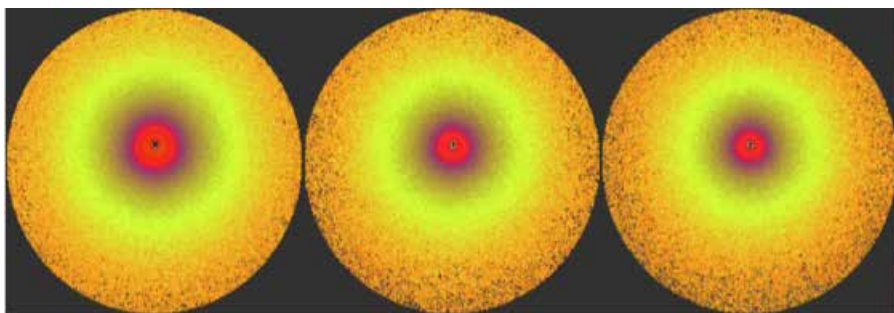
Microscopic- and macroscopic- characterization of particle interaction in concentrated suspensions from direct (imaging) and indirect (scattering, rheology) methods, and their linkage establishment with particle processing performance. This study enhances our understanding of complex particle systems via the methodological development and thus enhance our capability of processing complex systems. In addition, providing a better solution for particle dispersion prior to the microscopic observation (optical, electron microscope) will be greatly helpful for a wide range of researchers/engineers studying particulate systems. This project well fits with the thème of "Modélisation des systèmes complexes".

Résultats scientifiques obtenus :

Developments and investigations on *in-situ* rheological measurements with very-small-angle scattering (rheo-VSAS) measurements of suspensions composed of polydisperse

colloidal particle suspensions were performed. Laboratory rheological measurements in a cone-plate geometry confirmed that the shear thickening behavior of colloidal silica particle suspensions that agreed with previous reports measuring monodisperse particle suspensions. Our suspensions were also measured in the rheo-VSANS setup and acquired scattering curves under different shear rates with different suspension formulations. The in-situ measurement in the neutron facility also exhibits the shear thickening behavior in a bob and cup geometry while the anisotropy in the 2D scattering patterns was not clearly identify probably due to the polydispersity in the system. On the other hand, scattering curves obtained at different shear rates indicated noticeable difference in the scattering intensity. Thus, further tuning the systems and setup are highly recommended to extract some useful results from this unique coupling of rheology and scattering in case of its application to polydisperse systems.

Akira Otsuki*, Liliana de Campo, Chris Garvey, Christine Rehm. (2018). H₂O/D₂O contrast variation for ultra-small-angle neutron scattering to minimize the multiple scattering effects. *Colloids and Interfaces*, **2**, 37.



2D scattering patterns of colloidal quartz particle suspension under different shear rate.

500 s⁻¹

50 s⁻¹

25 s⁻¹

EVALUATION PAR MICROSCOPIE À FORCE ATOMIQUE DES CONTRIBUTIONS DES FORCES HYDROPHOBES ET ÉLECTROSTATIQUES DANS L'ADHÉSION DES NANOPARTICULES AUX (BIO)SURFACES – FHYDEL.

Porteur : Audrey BEAUSSART
UMR : LIEC

Résumé :

Les nanoparticules (NPs) connaissent un véritable essor dans les applications biomédicales du à la versatilité des options

qu'elles offrent en termes de composition chimique, propriétés physiques et perspectives de (bio)fonctionnalisation. Malgré le potentiel des NPs pour e.g. le diagnostic et le traitement des infections bactériologiques et fongiques, peu d'information sont disponibles pour aider au design des NPs visant ces applications, en particulier quant à leurs propriétés physico-chimiques. Elucider la nature des forces d'interactions que

les NPs subissent à proximité des (bio)surfaces est donc une première étape nécessaire pour accéder à une compréhension mécanistique de leurs stabilité et réactivité, et pour optimiser leurs fonctionnalités. Deux composantes principales régissent les réactions entre (bio)molécules et NPs : les interactions hydrophobes et électrostatiques. Il reste cependant difficile de discerner et de quantifier indépendamment ces contributions en fonction des conditions physico-chimiques du milieu, principalement dues à un manque de techniques expérimentales. Jusqu'à récemment, les interactions étaient mesurées pour des entités colloïdales mais leur transposition aux NPs de petits diamètres (~ quelques nm) n'avait pas été possible due à des barrières techniques.

L'objectif du projet FHYDEL était d'élucider les types de force rentrant en jeu dans l'adhésion de NPs de composition chimique complexe à des surfaces planes. Pour ce faire, des NPs présentant à la fois des fonctions chimiques protonables et des groupements hydrophobes ont été utilisées. Il a s'agit d'établir la contribution des composantes électrostatiques et hydrophobes dans l'attachement des NPs à des surfaces hydrophobes ou/et chargées. La méthodologie employée a été basée sur l'utilisation de la microscopie à force atomique (AFM), où une NP unique fut attachée à l'apex de la pointe.

Résultats scientifiques obtenus :

Nous avons alors mis au point un protocole expérimental permettant de greffer à l'apex d'une pointe AFM un dendrimère (diamètre ~ 5 nm) de type poly(amidoamine) PAMAM possédant une couronne externe composée de fonctions amines et méthyles. Cette technique de greffage originale est basée sur la chimie de liaison amino-carboxyl NHS-EDC entre les amines des dendrimères et la pointe AFM préalablement décorée de fonctions carboxyliques. Nous avons ainsi pu quantifier les forces d'interactions entre la NP et des surfaces planes en or dont l'hydrophobie et la charge furent générées par un recouvrement à l'aide de thiols (Fig. A).

L'analyse des courbes force-distance avant contact (i.e. là où s'opère la répulsion ou l'attraction, Fig. B) et après contact (là où s'opère l'adhésion) entre les NPs et les surfaces abiotiques

modifiées nous ont permis de quantifier les forces résultant des interactions électrostatique et hydrophobe. En variant les propriétés de la solution environnante (en termes e.g. de salinité) il a été possible de se placer dans des conditions où s'opèrent i) uniquement les forces hydrophobes ou ii) une combinaison des forces hydrophobes et électrostatiques. Le rôle de l'hydrophobie, à la fois de la NP et de la surface plane, dans les valeurs d'adhésion a pu être clairement mis en évidence (Fig D,E).

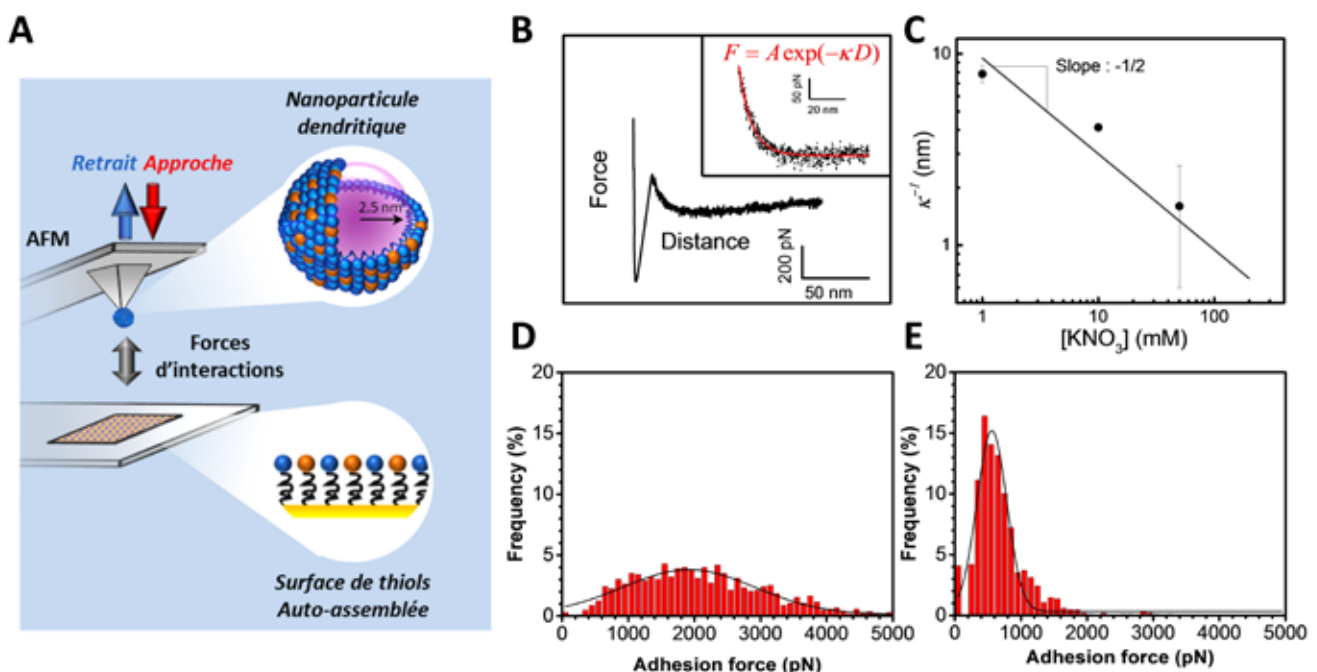
Grâce à l'interprétation théorique des courbes de force, nous avons aussi pu accéder, entre autres, à des paramètres tels que la longueur de Debye, et démontrer une excellente corrélation entre les valeurs expérimentales et calculées (Fig C). L'extension du projet va maintenant consister à étendre ces mesures d'adhésion des NPs à des surfaces biologiques de types champignons hydrophobes.

A) Schéma illustrant l'objectif du projet FHYDEL, dans lequel une NP unique est attachée à une pointe AFM afin d'effectuer des mesures d'interaction avec des surfaces abiotiques aux propriétés contrôlées.

B) Courbe AFM représentative des courbes d'approche force-distance obtenues entre une NP hydrophobe chargée négativement et une surface d'or recouverte de groupements thiols hydrophobes et négatifs. L'insert représente un zoom de la partie répulsive de la courbe à l'approche des 2 entités, modélisée en rouge par l'équation présentée au-dessus.

C) Valeurs de la longueur de Debye obtenues pour des mesures dans différentes concentrations en KNO_3 , ainsi que la droite de pente $1/2$ attendue par la théorie.

D,E) Histogrammes de distribution des forces d'adhésion extraites des courbes AFM force-distance au retrait, pour les interactions entre des surfaces planes hydrophobes et des NPs composées de 50% (D) et 25 % (E) de groupements méthyles externes.



QUANTIFICATION DES FLUX GÉOCHIMIQUES LORS DE LA CONVERGENCE INDE-ASIE.

Porteur : Pierre BOUILHOL

UMR : CRPG

Résumé :

Le projet propose de quantifier la formation de croûte dans le NW Himalaya, comme système qui a évolué d'une zone de subduction intra-océanique à une zone importante de collision. Ceci exige un calcul de bilan de masse géochimique à la taille de l'orogène, quelque chose qui n'a jusqu'à présent pas encore été réalisé. En caractérisant géochimiquement le matériel exposé dans le prisme l'himalayen, qui a enregistré l'histoire intra-océanique et collisionnelle, nous accéderons au matériel qui a été réutilisé et accumulé pendant l'évolution du système. Des travaux sur le terrain, des analyses géochimiques, et des modèles numériques seront couplés dans un effort sans précédent pour comprendre le produit final de plus de 100 Ma d'histoire dynamique de formation de croûte.

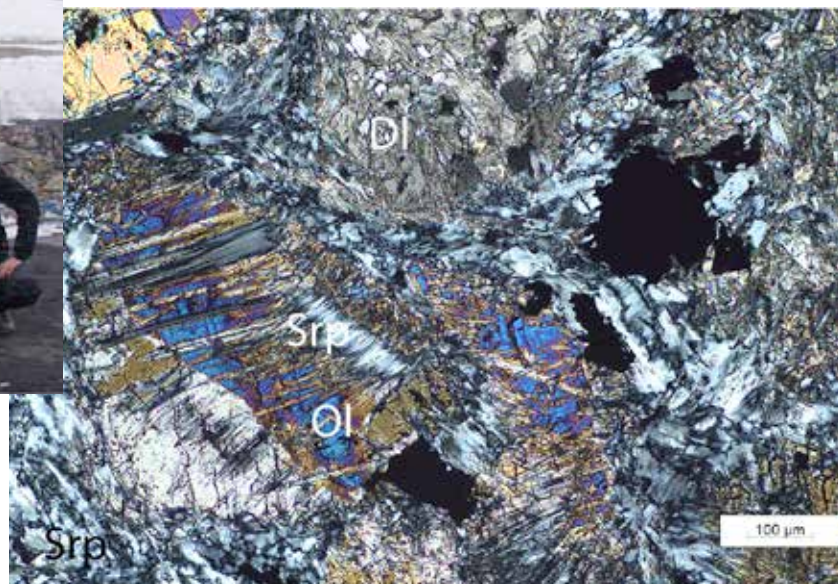
Ce travail est divisé en différents objectifs principaux et la demande de financement concernait le premier volet, qui est de caractériser la géochimie des différentes lithologies impliquées pendant la convergence, durant le stade intra-océanique, et pendant le stade post-collisionnel. Cette demande représentait donc une amorce d'un projet à plus grande échelle. Le financement a permis d'effectuer la première mission de terrain, de permettre l'élaboration d'un projet ANR, d'initier des collaborations nationales et internationales, et de commencer de caractériser chimiquement certains échantillons.

Résultats scientifiques obtenus :

Une mission d'échantillonnage a été organisée en Juin 2019 au Ladakh, pour commencer le projet et l'ancre dans sa

dimension collaborative. En effet, S. Castelltort (Genève – expert Sédimentologie), P. Sternai (Milan – expert modélisation), B. Debret (IPGP – expert serpentinite), et C. Nicollet (LMV-Clermont – Expert métamorphisme) ont participé à cette expédition dont j'étais le Leader (Fig.). La mission de terrain a permis de récolter >350kg d'échantillons correspondant aux différents ensembles intra-océanique et collisionnelle ciblés. La mission a été un succès, en partie grâce à un projet 2A (ENSG) en 2018. Pour le domaine intra-océanique, les schistes bleus et le prisme d'accrétion Crétacés ont été échantillonnés. Pour le domaine collisionnel, les sédiments de la marge passive non-métamorphiques, ainsi que les unités de ultra-haute pression de Tso-Morari (Marge passive Indienne éclogitique) ont été échantillonnés avec succès. De plus des Schistes bleus, décrits mais jamais étudiés, ont été trouvés sur le terrain. Les schistes Bleus (du prisme Crétacé et de la marge passive) sont actuellement en train d'être étudiés d'un point de vue pétrologiques et géochimiques dans le cadre d'un stage 2A (ENSG). Les sédiments de la Marge passive indienne ont été en partie envoyés à Genève pour des analyses isotopiques en C et O (un étudiant en Thèse, PI : S. Castelltort), pour savoir si nous avons réussi à échantillonner les changements drastiques de composition de l'atmosphère lors de la collision Inde-Asie (PETM excursion). Si tel était le cas, nous aurions alors une accroche assez importante lors de la soumission d'un projet ANR Franco-Suisse, prévue pour l'appel 2021. Une partie de la marge indienne éclogitique a été envoyée à l'IPG pour être étudiée par un post-doc, financé dans le cadre du LABEX UnivEarthS de l'IPG (projet MYSTHIC). L'étude des lames minces des schistes Bleus, ainsi que de la marge passive éclogitique sont prometteurs (Fig.).

Photos des participants à la mission de terrain (de g. à d. : C. Nicollet, P. Bouilhol, B. Debret, S. Castelltort, P. Sternai) ainsi que d'une lame mince d'échantillon montrant de l'olivine (Ol) remplaçant de la serpentinite (Srp), avec de la dolomie (Di), symptomatique de conditions de UHP en présence de fluides carbonés dans le manteau serpentinisé de Tso-Morari.



DÉSTABILISATION DES ZONES DE FAILLES ARGILEUSES AVANT LES GRANDS SÉISMES DE SUBDUCTION PAR L'ARRIVÉE DE FLUIDES PROFONDS.

Porteur : Marianne CONIN
UMR : GeoRessources

Résumé :

Les argiles gonflantes telles que les smectites sont très abondantes dans les zones de failles, notamment dans les failles de subduction capables de générer des séismes de magnitude supérieure à 9. L'objectif de ce travail est de savoir si, et par quels mécanismes, des fluides circulant hors équilibre dans les zones de failles argileuses pourraient soit (1) diminuer les propriétés mécaniques des argiles, en modifiant les cations échangeables adsorbés à la surface de ces argiles, soit (2) augmenter la pression de gonflement de ces argiles et diminuer ainsi la contrainte effective sur les épontes de la zone de faille. Dans ces 2 cas, les implications de ce travail seraient cruciales pour comprendre la résistance à la friction des grandes zones de failles argileuses, et pour mieux appréhender l'aléa sismique.

Résultats scientifiques obtenus :

Très concrètement, ce travail consiste à cisailier des échantillons d'argiles ne contenant qu'un seul cation afin d'observer l'effet de la nature et de la charge de ces cations sur leurs propriétés mécaniques. La première phase de ce travail, qui est de loin la plus longue et la plus délicate, consiste à fabriquer des échantillons d'argiles homoionisées (ie ne

contenant qu'un seul cation), pouvant être cisailés dans la presse Paterson du laboratoire ISTO d'Orleans. Pour cela, il a fallu mettre au point et construire deux œdomètres spécifiques permettant de construire des éprouvettes d'argiles de 1 cm de rayon par 2 cm de hauteur, de porosité donnée, et saturée en fluide homoionisé, qui soient transférables directement dans la presse Paterson sans contact avec l'air extérieur. Ceci, afin de ne pas désaturer les argiles lors d'un transfert dans la presse, et de ne pas modifier leur chimie et/ou celle de l'eau porale. La mise au point de ces prototypes d'œdomètre, a pris une petite année, et leur fabrication s'est terminée au dernier trimestre 2019 (cf figure). Une première série d'éprouvettes a été fabriquée. Elles auraient dû être cisailées au printemps 2020.

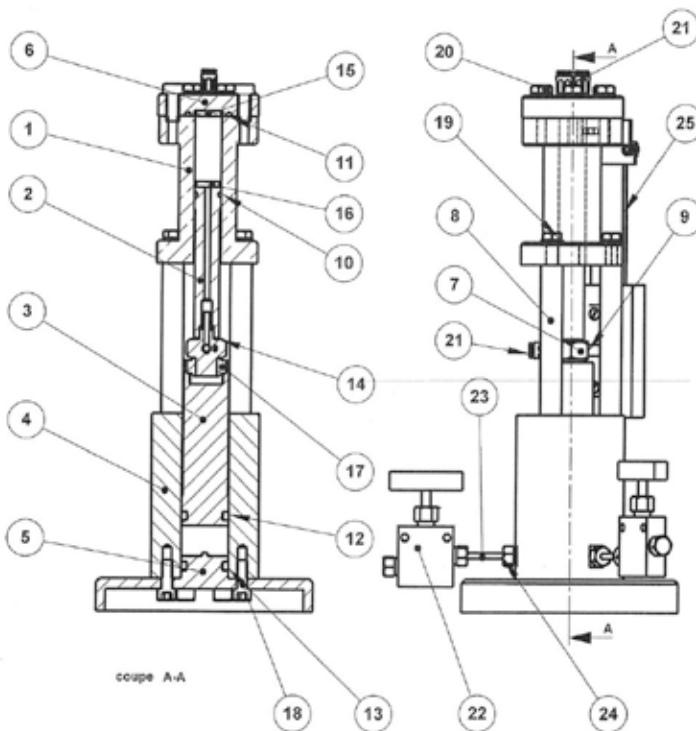
Valorisation du projet :

en attente des résultats des essais œdométriques initialement prévus en mars et avril 2020

Autre(s) subvention(s) obtenue(s) :

subvention de l'INSU – AAP Tellus – 3.000 euros

Plan du prototype d'œdomètre construit spécifiquement pour ce projet, afin de réaliser des éprouvettes d'argiles homoionisées qui seont ensuite cisailées dans une presse Paterson.



Rp :	DESIGNATION	NB :	Matériau
1	CHAMBRE	1	U236Pb
2	PISTON D15	1	INOX
3	PISTON COMMANDE	1	U236Pb3
4	CYLINDRE BAS	1	INOX
5	SOCLE	1	INOX
6	CHAPEAU	1	INOX
7	BOUCHON	1	INOX
8	TIRAN	3	INOX étiré
9	DOIGT	1	INOX étiré
10	JOINT TORIQUE	1	
11	JOINT TORIQUE	1	
12	JOINT TORIQUE R16	1	
13	JOINT TORIQUE R 16	1	
14	JOINT PLAT	1	PTFE
15	PORALE	1	LAITON
16	PORALE	1	LAITON
17	ROTULE	1	ACIER
18	VIS cHe	6	INOX
19	VIS cHe	3	
20	VIS TH	6	INOX
21	RACCORD KQ2S04-M5	3	
22	VANNE TOP INDUSTRIE 1/8	2	910 10 00
23	TUBE 1/8 x 1/8		930 10 00
24	RACCORD TOP INDUSTRIE 1/8	2	
25	REGLETTE MITUTOYO	1	572 300 10
26	PLAQUETTE	1	INOX
27	VIS TH	2	INOX
28	VIS TF	5	INOX
29	RONDELLE	6	INOX
30	JOINT PTFE	1	PTFE
31	JOINT PTFE	1	PTFE

NOMENCLATURE
 OEDOMETRE M-HP ø 15
 REF OMP 15

REPEAT – RÉPONSES ÉCOTOXICOLOGIQUES AUX ANTIDÉPRESSEURS CHEZ DEUX BIVALVES DU GENRE DREISSENA PRÉSENTANT DES TRAITS D'HISTOIRE DE VIE DIFFÉRENTS.

Porteur : Lætitia MINGUEZ

UMR : LIEC

Résumé :

Le potentiel des composés pharmaceutiques a entraîné des effets néfastes sur les systèmes aquatiques, même à faibles concentrations, est devenu une préoccupation émergente. Même si ces composés représentent un danger pour les organismes aquatiques non-cibles, les risques liés aux expositions chroniques à ces faibles concentrations sont encore mal connus, et reste donc à démontrer. Améliorer notre compréhension du lien entre exposition et effets potentiels des composés pharmaceutiques sur les organismes aquatiques non-cibles est nécessaire afin d'apporter des données empiriques pour l'évaluation des risques et permettre l'élaboration d'approches prédictives. Dans ce contexte, la préoccupation grandit autour des antidépresseurs dont les cibles moléculaires ont été conservées au cours de l'évolution. Ce projet proposait d'aborder cette problématique en conditions contrôlées de laboratoire sur deux bivalves dulcicoles du genre Dreissena présentant des traits de vie différents exposés à la sertraline, et en combinant des marqueurs mesurés à différents niveaux d'organisation biologique.

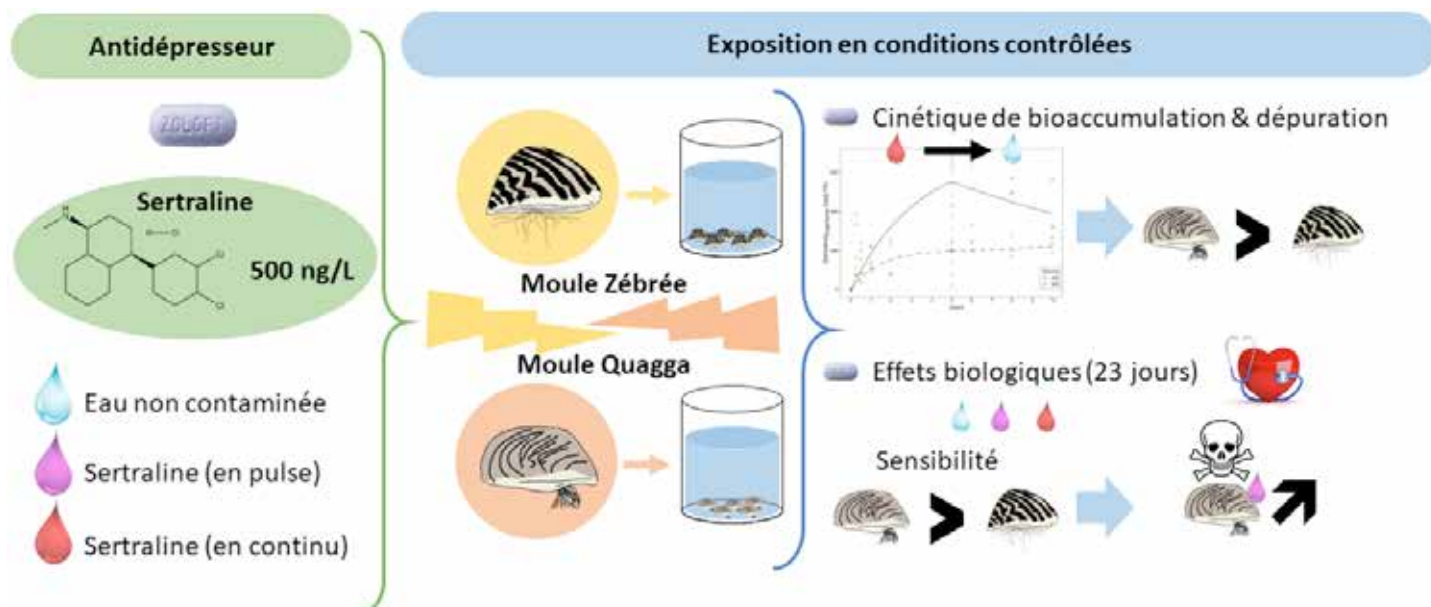
Résultats scientifiques obtenus :

La première tâche visait à évaluer la variabilité des capacités de bioaccumulation et de dépuraction de la sertraline par voie dissoute entre les deux espèces de dreissènes, la Moule Quagga (MQ) et la Moule Zébrée (MZ), en s'appuyant sur l'utilisation d'un modèle cinétique. Pour cela, les organismes ont été exposés pendant plusieurs jours à une concentration constante de sertraline (500 ng/L), puis placés immédiatement

dans un milieu non contaminé pour une phase de dépuraction. Pendant les phases d'accumulation et de dépuraction, des organismes ont été prélevés à pas de temps réguliers puis leurs teneurs en sertraline analysées. Cette première tâche a permis de déterminer les constantes d'accumulation et d'élimination du modèle cinétique de bioaccumulation de la sertraline chez MQ et MZ. Les résultats montrent une différence significative entre les 2 espèces que ce soit pendant la phase d'accumulation (i.e. contenu en sertraline plus élevé chez MQ) ou pendant la phase de dépuraction (i.e. lente dépuraction exponentielle chez MQ alors que MZ n'a pas dépuré).

La deuxième tâche avait pour objectif d'évaluer les effets d'une exposition à la sertraline en pulse ou en continu sur des marqueurs biologiques (échelles sub-individuelle à individuelle) mesurés chez les deux espèces de bivalves étudiés, et ainsi pouvoir mettre en évidence des marqueurs de sensibilité aux antidépresseurs. Quinze biomarqueurs apportant des informations sur l'état de santé des organismes ont été analysés à différents pas de temps. Ces marqueurs étaient en lien avec les défenses antioxydantes et antitoxiques, le métabolisme, les réserves énergétiques. La faible concentration testée (500 ng/L) et la forte variabilité de réponses entre individus ont rendu difficiles la mise en évidence d'un pattern clair d'effets biologiques de la sertraline, même s'il semblerait que les organismes exposés présentent des contenus en triglycérides et créatinine, et des dommages lipidiques plus élevés. La comparaison des deux espèces indique une plus forte sensibilité de MQ. De même, l'exposition par pulse a provoqué une importante mortalité chez MQ alors qu'aucune différence entre les fréquences d'exposition n'a été observé pour MZ.

Résumé graphique du projet Jeune Chercheur OTELo 2018



Valorisation du projet :

- Minguez L., 2019. Dreissenid mussels on sertraline medication: does the mode of exposure influence their biological responses? – Poster at the SETAC Europe 29th Annual Meeting, 26-30 May in Helsinki, Finland.
- Une publication est en cours de rédaction.

Autre(s) subvention(s) obtenue(s) :

- Projet EC2CO (2019-2020) DiMetEP : Distribution tissulaire, Métabolisme et Effets de Psychotropes chez le bivalve d'eau douce *Dreissena sp.* (27 200 € sur 2 ans).

LES INTERACTIONS RAYONNEMENTS-MINÉRAUX : CARACTÉRISATION DES CONSÉQUENCES STRUCTURALES SUR LES MINÉRAUX ET IMPLICATIONS GÉOLOGIQUE ET INDUSTRIELLE.

Porteur : Isabella PIGNATELLI

UMR : GeoRessources

Résumé :

Les minéraux peuvent être exposés à différents types de rayonnements (e.g. α , β , γ , neutrons, ions, etc.) dans les milieux naturels où ils se forment ou dans les milieux anthropiques. L'irradiation cause des changements structuraux, qui entraînent des modifications des propriétés physiques et de la réactivité chimique des minéraux avec des répercussions non négligeables sur les interactions minéraux-fluides. L'objectif de ce projet est donc de déterminer quels sont les facteurs structuraux (degré de polymérisation, type de polyèdres de coordination, substitutions chimiques, etc.) favorisant ou empêchant les modifications structurales à l'aide de plusieurs techniques analytiques.

Résultats scientifiques obtenus :

Pour simuler l'endommagement structural sans pour autant produire de minéraux radioactifs qui imposent des dispositions très contraignantes pour tout traitement analytique ou expérimental, on peut utiliser l'irradiation par bombardement ionique. Des échantillons de calcite, quartz, grenat et mica ont été exposés à un faisceau d'Ar⁺ (collaboration avec Oak Ridge National Laboratory, USA). La contrainte est que la région structurale endommagée a une épaisseur de quelques centaines de nanomètres seulement, ce qui implique une préparation des échantillons par FIB (Focused Ion Beam) et leur analyse au MET. Les coupes FIB réalisées à l'Institut Jean Lamour ont été analysées à Université de Pise grâce à un MET équipé d'un tomographe pour la précession (Automated Diffraction Tomography/Precession Electron Diffraction - ADT/PED, collaboration avec le Dr. Mugnaioli). Cet équipement permet de résoudre la structure (comme pour la diffraction X sur monocristal) et de déterminer d'éventuelles distorsions si le minéral résiste à l'endommagement. Les positions atomiques, les longueurs et les angles des liaisons de chaque minéral avant et après irradiation ont été comparés. Les résultats MET ont mis en évidence que les modifications induites par l'irradiation sont dans la barre d'erreur expérimentale, donc on ne peut pas déterminer si une modification significative de la structure a eu lieu pendant l'irradiation. Des résultats plus encourageant ont été obtenus par spectroscopie infrarouge (IR) en réflexion. Par exemple, pour le quartz et la calcite, cette technique montre que l'irradiation provoque un décalage des pics vers les longueurs

d'onde inférieures, ainsi qu'une diminution d'intensité des modes vibrationnelles (777 et 1170 cm^{-1} pour le quartz ; 712, 874, 1350 cm^{-1} pour la calcite). Ces différences dans les spectres IR sont dues respectivement aux modifications des angles/longueurs de liaison dans les tétraèdres du quartz et à la distorsion des groupes carbonates dans la calcite. Pour mieux analyser les modifications structurales, on a donc décidé de poursuivre l'étude sur des minéraux irradiés par un faisceau de neutrons au laboratoire ORNL, car les neutrons sont plus pénétrants que les ions Ar⁺ et permettent ainsi de caractériser une épaisseur d'échantillon plus importante. Leurs analyses par résonance paramagnétique électronique (RPE) et diffraction X sur monocristal sont en cours. Les résultats sur une calcite synthétique indiquent que sa structure n'a pas subi des modifications significatives des longueurs de liaison ou des angles de liaison, mais des défauts ponctuels sont formés. La formation de ces défauts provoque un changement de couleur de la calcite qui devient brune après irradiation (Fig.1). Les défauts sont probablement associés aux impuretés de Mn²⁺ comme décrit par Weihe et al. (2009) mais une analyse RPE sur monocristal est envisagée pour dénombrer et d'identifier les défauts structuraux et de les localiser précisément dans la structure du minéral.

Valorisation du projet :

présentation orale à la conférence internationale Third General Meeting of the International Committee on Irradiated Concrete (ICIC), Prague, Czech Republic



Photo d'un cristal de calcite contenant des traces de Mn avant (incolore – à droite) et après (brun – à gauche) exposition aux neutrons. Le changement de couleur est dû à la formation de défauts ponctuels.

AVANCEMENT DES PROJETS INTERDISCIPLINAIRES 2018

MEDYMA – METAL-TRANSFER-DYNAMICS OF MACROPHYTES

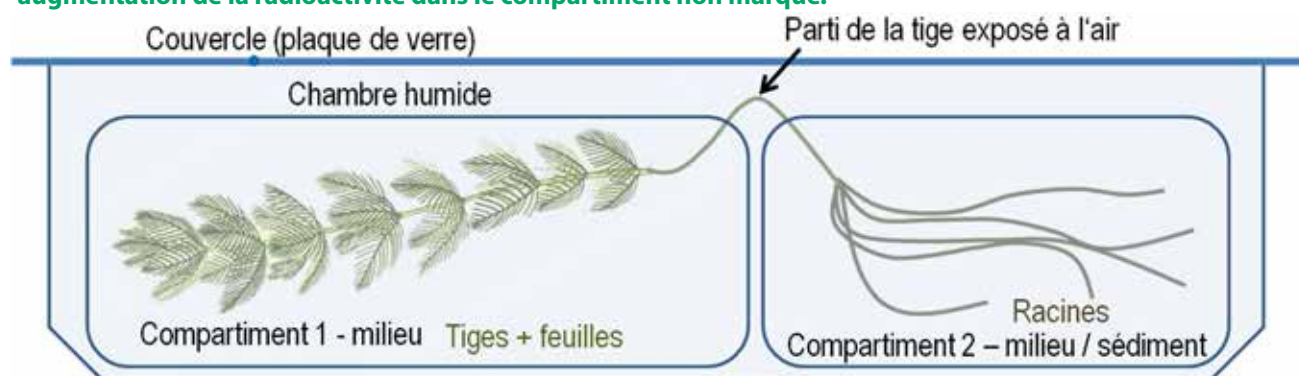
Porteur : Elisabeth GROSS, Christophe CLOQUET

UMR : LIEC et CRPG

Résumé :

Les macrophytes immergés, i.e. les plantes aquatiques qui grandissent dans la colonne d'eau, et qui sont enracinées dans le sédiment ont un fort rôle dans les cycles biogéochimiques. Ces plantes peuvent transporter des métaux du sédiment via les racines vers les tiges, mais aussi une absorption de l'eau via les feuilles et le transport dans la plante est possible. Afin d'étudier les différentes voies de transport, MEDYMA propose de développer une boîte à outils. Les outils comprennent des cultures de *Myriophyllum spicatum* sur des sédiments riches en métaux, spécifiquement du nickel, l'utilisation des microsondes d'oxygène afin d'étudier la micro-distribution de l'oxygène entre feuilles et épiphytes ou entre racines et plaques métalliques, et l'utilisation des isotopes radioactifs ou stables (^{63}Ni et ^{61}Ni) afin de suivre le transfert de ce métal entre les différents compartiments.

Schéma expérimental du dispositif. Afin d'étudier la direction du transport de nickel entre tiges et racines, un marquage en ^{63}Ni sera appliqué soit dans le compartiment 1 (transport vers les racines) ou dans le compartiment 2 (transport vers les tiges et feuilles). Un transport actif par la plante se manifeste avec une augmentation de la radioactivité dans le compartiment non marqué.



Résultats scientifiques obtenus :

Myriophyllum spicatum était cultivé dans des sédiments témoins et des sédiments naturels du Lac Ohrid, riches en nickel et d'autres métaux. La croissance des plantes dans les sédiments contaminés est très réduite, mais il y a un fort développement des racines. Les racines montrent un autre phénotype (plus épais, coloration brun-noir).

Un modèle de chambre de culture pour les tests du transport des racines vers les tiges, et des tiges vers les racines a été développé, notamment pour être utilisable pour les expérimentations avec le nickel radioactif.

Les expérimentations avec le nickel radioactif ont démarré en 2019, mais nécessitent l'adaptation du protocole de prétraitement des plantes avant leur analyse au compteur à scintillation. En effet, un problème lié au quenching (extinction luminosité) créée par le matériel végétal pendant la digestion ne permettait pas une lecture fiable au compteur à scintillation. Un nouveau protocole est mis en place, et doit être validé prochainement. Ces expérimentations sont nécessaires avant

les expérimentations avec les isotopes stables de nickel afin d'avoir une idée des voies de transport réalisées dans différentes conditions.

AUGMENTATION DE LA BIODISPONIBILITÉ DES HCT PAR PRODUCTION DE BIOSURFACTANTS – BIOSURF.

Porteurs : Stéphanie OUVRARD, Sonia HENRY

UMR : LSE

Financement CS UL / OTELo : 10000 €

Résumé :

Les hydrocarbures font partie d'une grande famille de composés d'origine naturelle ou synthétique regroupant des produits aussi différents que le pétrole, le kérosène, les

essences, le fuel, le gasoil, etc. Ces molécules font partie des substances les plus représentatives des pollutions industrielles en France.

Les techniques de dépollution privilégiées pour traiter ces contaminations sont généralement biologiques avec des mises en œuvre variables dépendant, entre autres, de critères techniques en lien avec la localisation des contaminations et leurs teneurs. Toutefois des échecs relatifs sont constatés sans

pouvoir y apporter des explications et des solutions. La faible biodisponibilité des molécules ciblées est alors souvent mise en cause sans que cela soit prouvé.

Pour ce projet, un site d'ancien dépôt de carburants présentant des teneurs élevées en hydrocarbures totaux (HCT), et pour lequel plusieurs échecs de dépollution par des traitements biologiques ont été constatés, a sélectionné. Le but de ce projet est alors de proposer un traitement biologique des terres issues de ce site en intégrant un objectif d'augmentation de la biodisponibilité des polluants. La stratégie développée a alors été (i) d'isoler des microorganismes capables de dégrader les HCT et (ii) de produire des biosurfactants mais également (iii) de quantifier par méthodes moléculaires la densité des gènes représentative des champignons (ADNr 18S) dans les échantillons de sols, (iv) d'évaluer la toxicité des sols étudiés en utilisant les tests normés d'inhibition racinaire (NF ISO 11269-1) et de croissance émergence (NF ISO 11269-2) et (v) de développer une méthodologie permettant d'évaluer l'augmentation de la biodisponibilité des HCT par l'ajout de biosurfactants.

Résultats scientifiques obtenus :

Sept consortiums représentatifs ont pu être isolés à partir des sols du site d'étude. Il s'agit d'un mélange de microorganismes capables de se développer sur un milieu de culture

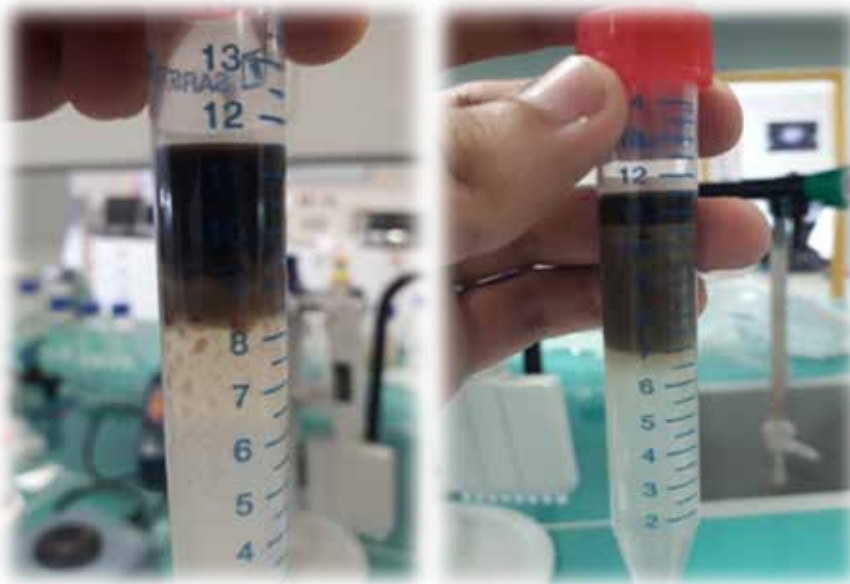
ne contenant que des HCT comme seule source de carbone. Les colorations de Gram effectuées sur ces consortiums démontrent qu'ils sont composés de coques et de bacilles Gram+ et Gram-. La production de biosurfactant a été testée à partir de tests d'émulsification sur ces sept mélanges microbiens. Il apparaît que tous les consortiums sont à l'origine de la production de biosurfactant (Figure 1). Cependant, l'un d'entre eux (Shems3) permet une production plus importante en quinze jours. Les tests d'écotoxicité révèlent des différences significatives pour les deux tests (inhibition racinaire et croissance/émergence) entre le sol standard (référence) et les sols du site d'étude démontrant l'impact écotoxique du mélange HCT. Enfin la quantification des gènes de l'ADNr 18S par g de sols sec démontre la présence de champignons microscopiques dans les échantillons de sols. Leur concentration varie de $3,62E^{+03}$ à $1,02E^{+04}$ copie de 18S/g de sols sec.

Une méthode d'estimation de la disponibilité des HCT, analogue à celle développée pour les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), a été testée. Il apparaît que la résine adsorbante utilisée apporte des biais significatifs lors des mesures, avec en particulier une réponse très forte des témoins, correspondant à un relargage de molécules organiques de type HCT par la résine. De nouveaux tests ont alors été conduits avec une résine C18, pour laquelle le signal des témoins est alors satisfaisant. Des ajustements de protocole restent à faire afin de s'assurer des capacités d'adsorption de ce nouveau matériau.

Ce travail prospectif se poursuit actuellement dans le cadre de la thèse d'Emmeline Baynal-D'Incau, qui a démarré en octobre 2019, et dans le contexte du projet Ademe-Gesipol Bio&Bio coordonné par Golder.

Valorisation du projet :

BARNIER C., GABORIAU M., HENRY S., MARCON C., OUVRARD S. Avancées sur la mesure de la biodisponibilité des hydrocarbures et les méthodes pour l'augmenter. 4èmes Rencontres Nationales de la Recherche sur les Sites et Sols Pollués, Paris, 26 et 27 novembre 2019. communication orale



Deux résultats du test d'émulsification à 15 jours de culture permettant de quantifier la production de biosurfactant pour deux consortiums isolés à partir du sol du site d'étude. À gauche, pour un consortium produisant peu de biosurfactant, à droite pour un consortium produisant beaucoup de biosurfactant.

Autre(s) subvention(s) obtenue(s) :

ADEME GESIPOL – Projet Bio&Bio

CARACTÉRISATION GÉOCHIMIQUE D'AMBRES DU SUD DE LA FRANCE (GISEMENTS DE BELCODÈME, PIOLENC, DOUZENS) – DÉTERMINATION DE LEURS PLANTES SOURCES ET TENTATIVE DE DATATION RADIOCHRONOLOGIQUE RE-OS.

Porteurs : Yann HAUTEVELLE, Laurie REISBERG
UMR : GeoRessources et CRPG

Résumé :

Dans le cadre de ce projet, trois ambres ont été étudiés. Deux d'entre-eux proviennent de gisements français : Le Quesnoy (Nord) et Piolenc (Vaucluse) et qui sont d'âge Crétacé supérieur. Ces ambres n'ont jamais fait l'objet d'investigations

géochimiques. Le troisième ambre choisi est l'ambre de République Dominicaine d'âge Oligo-Miocène qui a déjà fait l'objet de nombreuses publications.

De manière générale, l'origine botanique des ambres se pose systématiquement pour chaque gisement car des macro-fossiles de plantes ne sont pas toujours retrouvés dans les mêmes dépôts sédimentaires et, même lorsque c'est le cas, rien n'indique que les plantes fossilisées en soient bien à l'origine. L'approche la plus utilisée pour déterminer leurs plantes sources est l'analyse moléculaire des ambres. Celles-ci peuvent en effet contenir des terpénoïdes dont certains sont spécifiquement synthétisés par des plantes bien précises. Le premier objectif de ce projet est donc de préciser les plantes sources de ces trois ambres. Par ailleurs, les ambres sont généralement concentrés dans des dépôts sédimentaires continentaux qui sont particulièrement difficile à dater de manière absolue. Le second objectif du projet vise à tester la possibilité d'effectuer des datations absolues de ces dépôts via le géochronomètre Re-Os des ambres.

Concernant les analyses moléculaires, les ambres ont fait l'objet d'analyses par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse de leur fraction soluble dans les solvants organiques. Leur fraction insoluble a été analysée par pyrolyse-flash puis chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse.

L'ambre de Le Quesnoy montrent une grande diversité de composés dont une majorité n'ont malheureusement aucune spécificité et ne peuvent être utilisés pour déterminer son origine botanique. Certains composés semblent néanmoins être des acides diterpéniques tétracycliques (de type kaurane). Cela semble indiquer que des conifères tels que des Cupressacées ou des araucariacées pourraient en être la source. D'autres composés sont plus compliqués à identifier car ils ne sont pas décrits dans la littérature. Le GC-MS-MS récemment acquis par la plate-forme de géochimie organique d'OTELo permettra peut-être de les identifier prochainement.

L'ambre de République Dominicaine présente de nombreux triterpénoïdes pentacycliques. Cela indique sans aucun doute que l'ambre a pour origine des angiospermes, et plus particulièrement des légumineuses (Fabacées), qui sont réputées pour synthétiser de grandes quantités de résine dans les régions tropicales. Ces résultats sont tout à fait cohérents avec plusieurs études publiées par ailleurs sur d'autres gisements de République Dominicaine.

L'ambre de Piolenc a fourni les résultats les plus intéressants. Cet ambre présente pour particularité d'être totalement soluble dans les solvants organiques, ce qui est une propriété rare, et qui permet d'obtenir sa composition moléculaire intégrale (Figure). La composition moléculaire de cet ambre est caractérisé par l'abondance d'acides abiétanoïques, et notamment d'acide déhydroabiétique qui est de loin le composé majeur, et la présence en faible proportion d'acides pimariques. Cette composition est typique des Pinacées (conifères de la famille des Pins). De telles plantes étaient donc très vraisemblablement à l'origine de l'ambre. Les Cheirolépidiacées, pourtant abondants, dans les dépôts sédimentaires ne sont pas à l'origine de l'ambre alors que cela est souvent prétendu dans la littérature.

Concernant la datation par géochronologie Re-Os, il est nécessaire de poursuivre le développement analytique en cours. Des tests sont actuellement menés pour dissoudre l'ambre qui, du fait de son état polymérisé, est difficilement soluble.

Résultats scientifiques obtenus :

Les ambres du gisement de Piolenc ont pour origine des conifères de la famille des Pinacées. C'est un résultat particulièrement important dans le sens où les paléobotanistes associent presque systématiquement ces ambres aux Cheirolépidiacées dont les cuticules sont abondantes dans ces dépôts. De manière plus générale, ces résultats montrent que les Cheirolépidiacées ne doivent pas être considérés systématiquement comme sources des ambres créacés.

IMPACT DES ACTIVITÉS HISTORIQUES DE CHARBONNAGE SUR LA QUALITÉ ACTUELLE DES SOLS FORESTIERS : EFFET DU VIEILLISSEMENT DES CHARBONS SUR LES PROPRIÉTÉS DES SOLS.

Porteur : Laurence MANSUY-HUAULT, Catherine LORGEUX, Anne POSZWA, Anne GEBHARDT, Vincent ROBIN, David GOCEL-CHALTE, François GUEROLD, Angelina RAZAFITIANAMAHARAVO

UMR : LIEC et GeoRessources

Résumé :

Les forêts du Pays de Bitche dans les Vosges du Nord ont longtemps alimenté la production de bois et de charbon de bois utilisés pour les verreries, les fonderies et les forges. Témoignant de cette importante activité passée, de nombreuses plateformes de charbonnage sont visibles dans ce paysage forestier. Localement, des résidus de charbon forment encore actuellement un horizon spécifique épais dans ces sols de charbonnières. Dans ce contexte, notre étude a cherché à estimer le rôle des charbonnières en tant que sources ou puits

à la fois de nutriments mais aussi des composés aromatiques polycycliques (CAP) en nous focalisant sur les conséquences du vieillissement des charbons sur la qualité des sols.

Résultats scientifiques obtenus :

Trois sols de charbonnières ont été échantillonnés (CHAM1, CHAM6 et NEU45). Autour, des sols bruns acides à ocreux, riches en quartz et quartzites se développent sur les altérites sableuses du Grès Vosgien.

Une seule datation ^{14}C a été obtenue pour CHAM1 et CHAM6 et deux pour NEU45. Les dates calibrées, proches pour CHAM1 et CHAM6, suggèrent un fonctionnement fin 18^{ème} siècle. Les datations de NEU45 fournissent des valeurs distinctes, l'une proche des âges de CHAM1 et CHAM6 et l'autre suggérant un fonctionnement beaucoup plus ancien, fin 16^{ème} s. Cette apparente contradiction pourrait s'expliquer par l'utilisation répétée de ces plateformes sur de longues périodes, mais

aussi par un biais de mesures lié à l'âge des cernes de bois des charbons datés.

Ces sols sont caractérisés par des teneurs en carbone organique (COT) de 3 à 7% dans les niveaux charbonneux, une faible capacité d'échange cationique, de faibles teneurs en nutriments disponibles et un pH faible. Aucune différence significative n'apparaît entre les trois charbonnières à l'exception du COT plus faible de 1,5% dans l'unité la plus superficielle de NEU45. L'analyse micromorphologique des sols de CHAM6 et NEU45 montre des charbons de bois peu altérés dont la porosité n'est pas comblée par du sédiment. La comparaison des surfaces spécifiques ne montre pas non plus de différence significative selon les charbonnières. Ces surfaces restent extrêmement faibles de 1 à 4 m².g⁻¹ du fait de la nature sableuse des sols et ceci malgré l'accumulation de charbons de bois sur la plateforme de charbonnage. La concentration en CAP des sols de charbonnières comme des sols témoins est faible, de 1,5 à 2 µg.g⁻¹. Leur distribution montre une signature spécifique des sols de charbonnière marquée par la prédominance des composés les plus légers. L'indice ITE, rapport des HAP légers caractéristiques des charbons de bois sur certains HAP lourds, décroît de CHAM1, CHAM6 à NEU45 ce qui pourrait éventuellement témoigner d'un effet du vieillissement.

Ces caractéristiques biogéochimiques très proches suggèrent un âge trop peu différent des trois charbonnières pour permettre de conclure à l'effet du vieillissement sur les propriétés physico-chimiques des sols associés. Ceci tient surtout à la difficulté de dater les charbonnières du fait du remaniement des charbons dus aux pratiques anciennes et du biais méthodologique. Ce verrou pourrait être levé en

comparant ces résultats avec ceux issus de sols associés à une reconstitution actuelle de charbonnières sur sols naturels issus du Grès Vosgien.

Valorisation du projet :

1- Anne Poszwa, Laurence Mansuy-Huault, Anne Gebhardt, Vincent Robin, David Gocel-Chalte, François Guérol. (2018). Les charbonnières influencent-elles la qualité actuelle des sols forestiers des Vosges du Nord ? Présentation poster au Séminaire annuel du Labex Driihm, Dispositif de Recherche Interdisciplinaire sur les Interactions Hommes-Milieu, Marseille, octobre 2018. Poster. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02076179v1>

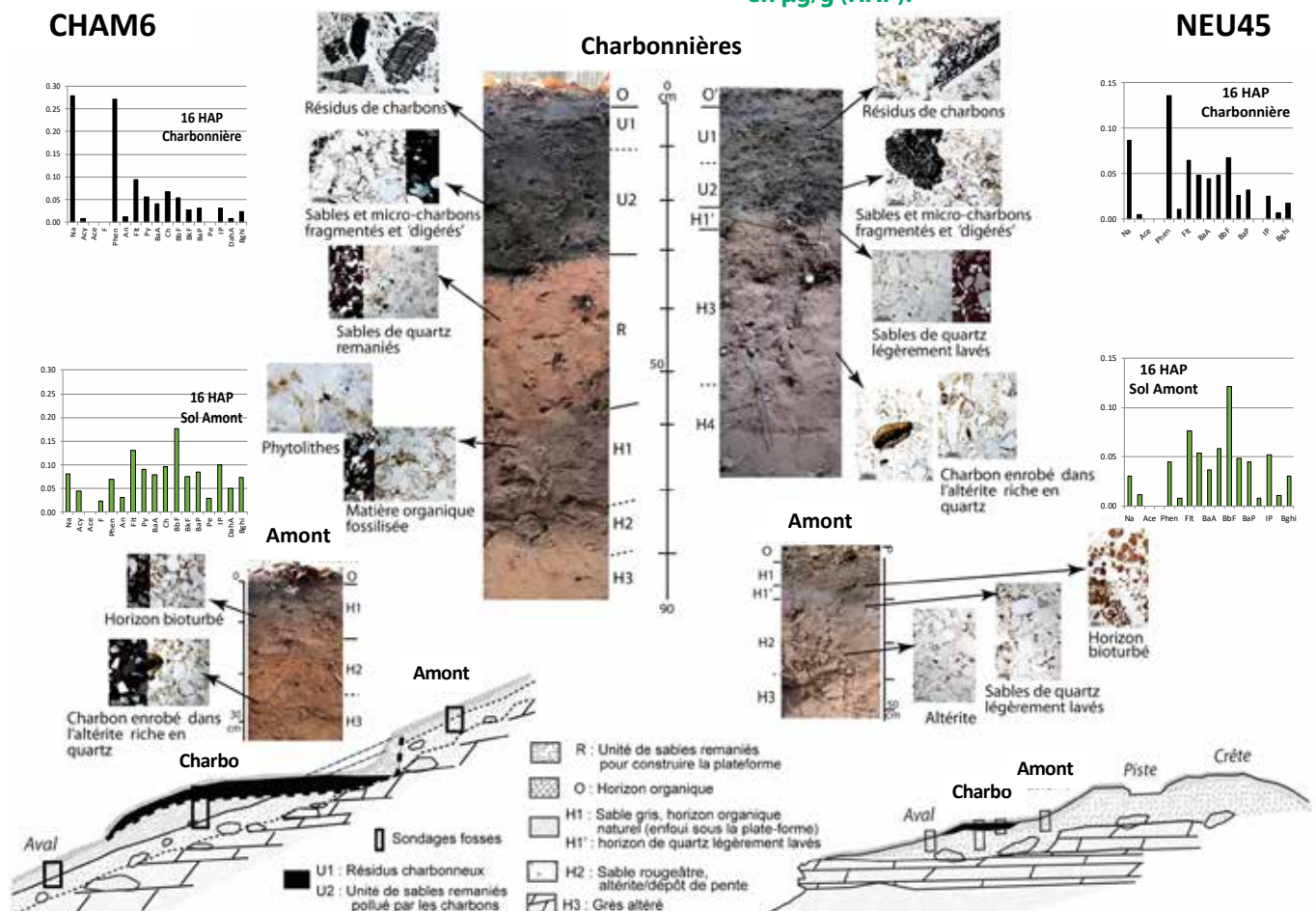
2- Anne Poszwa, Anne Gebhardt, Laurence Mansuy Huault, François Guérol, David Gocel-Chalté, Angelina Razafitianamarahavo et Vincent Robin (2019). Les charbonnières du Bitcherland : quels héritages pour les sols. Restitution annuelle de l'OHM du Pays de Bitche, Bitche, le 1 mai 2019. Présentation orale. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02280737>

Autre(s) subvention(s) obtenue(s) :

2018 Labex DRIIHM : 8400€

2019 Labex DRIIHM : 8500€

Comparaison des deux sites étudiés CHAM6 et NEU45 : coupe schématique des deux sites identifiant les profils étudiés; profils des sols en amont et dans la charbonnière ; principales caractéristiques micromorphométriques ; profils des 16 hydrocarbures aromatiques polycycliques en µg/g (HAP).



CONDITIONS DE TRANSPORT DES MÉTAUX DANS UN MÉGABASSIN PROTÉROZOÏQUE.

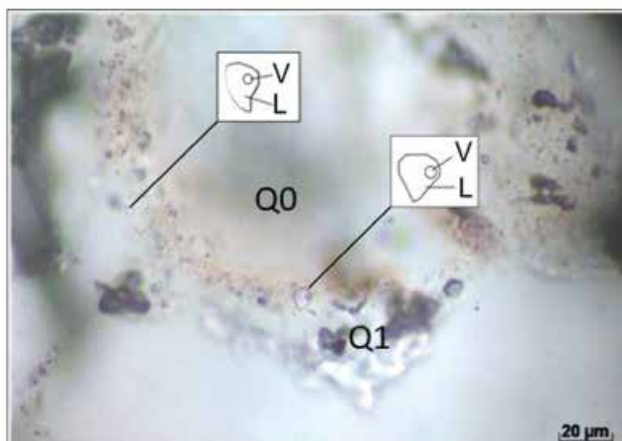
Porteur : Julien MERCADIER, Etienne DELOULE, Johan VILLENEUVE, Antonin RICHARD.

UMR : CRPG et GeoRessources

Résumé :

Ce projet s'intègre dans une thématique de recherche plus globale portée à Nancy qui vise à comprendre l'architecture et le fonctionnement passés des bassins sédimentaires protérozoïques, qui sont actuellement des sources importantes de métaux (U, Cu, Pb, Zn). Le financement a permis d'étudier de nouveaux bassins localisés au Canada (Elu et Hornby Bay) et au Groenland (Thulé) grâce à une collaboration avec les services géologiques Canadiens et Danois. Ces travaux, réalisés par des étudiants en master, ont permis d'obtenir les premières données (salinité, température, origine) sur les fluides qui ont circulé dans ces bassins. Ces données ont été comparées avec notre base de données compilant les données des autres bassins mondiaux afin d'établir une possible histoire hydrothermale commune dans le cadre de l'hypothèse d'un mégabassin regroupant tous les bassins reliques actuellement présents au Canada, en Australie du Nord et au Groenland. Les phases minérales ont aussi été étudiées afin de déterminer, par comparaison avec les phases connues dans les gisements des autres bassins, si ces bassins présentent un potentiel minier. Grâce à une collaboration avec l'Australian National University, ce projet a aussi permis de financer l'analyse des gaz rares des fluides pour plusieurs échantillons du bassin protérozoïque de McArthur (Australie), dans le cadre de la thèse de J. Gigon. L'objectif était de contraindre leur origine et conditions de circulation pour ce bassin riche en U, Pb, Zn et Cu et de les comparer avec ceux connus pour le bassin d'Athabasca (Canada), qui ne contient que de l'uranium. Des échantillons

Gauche : quartz détritique (Q0) entouré par une surcroissance de quartz diagénétique-hydrothermale (Q1) dans la formation sédimentaire de Cap Camperdown (Bassin de Thulé, Groenland). Cette surcroissance contient des inclusions fluides salés (L) présentant de petites phases de vapeur (V). Ces fluides ont circulé à des températures entre 130 et 210°C pour une profondeur de 4 à 7 km. Droite : données isotopiques $\delta^{18}\text{O}$ mesurées par microsonde ionique sur les surcroissances Q1, confirmant que les fluides piégés sont des saumures de bassin d'origine évaporitique.



pertinents pour l'analyse des gaz rares ont aussi été recherchés pour les autres bassins, mais le résultat a été négatif.

Résultats scientifiques obtenus :

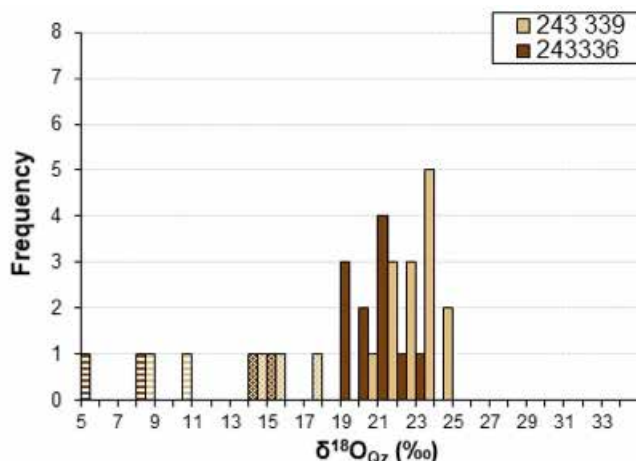
Les données obtenues ont permis de démontrer que les bassins d'Elu, de Hornby Bay et de Thulé, bien que situés à des centaines de kilomètres des bassins protérozoïques minéralisés (Athabasca McArthur), ont eu une histoire semblable à celle de ces derniers, avec la présence homogène de saumures sodi-calciques d'origine évaporitique. Ces saumures ont circulé dans des conditions de pression et température assez proches pour tous ces bassins. Ces données pourraient donc confirmer l'existence d'un mégabassin sédimentaire à la transition paléo-mésoproterozoïque dans lequel la circulation de saumures évaporitiques ont permis la formation de gisements. Si ces saumures sont présentes de façon globale dans ces bassins, les phases minérales ont par contre des compositions chimiques et isotopiques différentes entre les zones minéralisées des bassins de McArthur et d'Athabasca et les zones étudiées pour les bassins d'Elu, de Hornby Bay et de Thulé. Ceci pourrait indiquer que des processus locaux spécifiques ont eu lieu dans les zones minéralisées des bassins de McArthur et d'Athabasca. Si cette conclusion se confirme, elle indiquerait que le potentiel minier des trois bassins est limité. Les nouvelles données gaz rares mesurées sur le bassin de McArthur confirment à premier ordre la parenté existante entre les fluides minéralisateurs des bassins d'Athabasca et de McArthur. Les faibles différences mesurées indiquent néanmoins que les saumures du bassin de McArthur ont plus faiblement interagit avec le socle sous-jacent, ce qui pourrait expliquer pourquoi les gisements d'uranium australiens sont plus faiblement minéralisés que les canadiens (le socle étant considéré comme une source majeure de l'uranium dans ces gisements).

Valorisation du projet :

Un article est en cours d'écriture sur les données gaz rares du bassin de McArthur, un second sur les données des trois bassins et leur comparaison avec les autres bassins protérozoïques.

Autre(s) subvention(s) obtenue(s) :

Les premiers résultats sur les bassins d'Elu, d'Hornby Bay et de Thulé ont permis d'obtenir d'autres financements industriels pour poursuivre ces travaux. Une mission de terrain était planifiée au Groenland pour l'été 2020, qui a dû être repoussée du fait de la situation sanitaire.



LABEX «RESSOURCES 21»

L'ANNÉE 2019 DE «RESSOURCES 21»



Le Laboratoire d'Excellence RESSOURCES21 est un projet qui revêt une importance stratégique pour la France car il poursuit plusieurs objectifs qui concernent l'approvisionnement futur de l'industrie française en métaux stratégiques, et en particulier :

- une meilleure compréhension du cycle naturel des métaux stratégiques à l'origine de concentrations qui sont économiquement exploitables, et de l'évolution dans l'espace et dans le temps de ces cycles;
- le développement d'outils et de procédés innovants pour une meilleure maîtrise des procédés de séparation et une exploitation raisonnée, durable et la plus respectueuse possible de l'environnement;
- l'estimation de l'impact environnemental de ces métaux sur les écosystèmes, que leur dissémination soit d'origine naturelle ou anthropique, afin de trouver de nouvelles méthodes de remédiation des milieux perturbés (agromine, utilisation des sols anthropisés) et de leur suivi (capteurs environnementaux biogéochimiques).

La première période d'activité du Labex, de 9 années, s'est achevée en 2019. Le projet pour les 5 prochaines années, accepté par l'Agence Nationale de la Recherche (ANR), permet d'entamer en 2020 une nouvelle période avec l'extension de ses activités de recherche au recyclage, à l'intégration territoriale et à l'économie, le développement de nouveaux projets sur le lithium, et sur la potentielle activité minière en Guyane française. Le Labex se trouve en accord avec l'orientation de l'Europe vers plus de durabilité, d'économie circulaire, et vers une mise en place des objectifs définis par l'accord de Paris pour lutter contre le changement climatique, accélérer et intensifier les actions et les investissements nécessaires pour un avenir durable à faible émission de carbone.

Parmi les sujets stratégiques de LUE (Lorraine Université d'Excellence), trois d'entre eux sont directement liés aux activités du Labex R21 :

- la maîtrise de l'ensemble de la chaîne de valeur des matériaux dans une perspective d'économie circulaire en mobilisant l'expertise des sciences des matériaux, notamment l'analyse du cycle de vie des métaux, les secteurs d'utilisation des matériaux et leurs contraintes spécifiques.
- la gestion durable des ressources naturelles et de l'environnement, dans un contexte de changement global (climatique, historique, social) et de contraintes économiques.
- la mise en œuvre de l'énergie du futur et de la transition énergétique par le développement de nouvelles sources ou vecteurs d'énergie à faible impact carbone.

Du point de vue du bilan de la phase 1 du labEx, les équipes du Labex R21 ont engagé leurs travaux sur les processus de concentration de plusieurs groupes de métaux : les métaux de la filière photovoltaïque (Ga, Ge, In); les métaux rares (Nb, Ta, Sn, W, Li); les métaux des roches basiques latéritisées (Ni, Co, Cr, Sc); les Terres Rares.

9 thèses ont été soutenues entre fin 2015 et fin 2019. Des exemples de travaux aboutis (thèses, publications) concernent : i) le couplage d'analyses élémentaires in situ (LA-ICP-MS, et μ -XANES/EXAF au Synchrotron, ESRF Grenoble) pour identifier les modes d'incorporation et la répartition du Ge dans les sulfures, mais aussi ii) l'enchaînement des processus à l'origine des minéralisations de Sn-W dans la chaîne varisque (2 thèses, 9 publications). Depuis 2014, RESSOURCES21 a décidé de focaliser ses recherches principalement au sein de grands projets scientifiques structurants et transverses d'au moins trois ans. Ces projets ont comme dénominateur commun un groupe de métaux stratégiques, en couvrant l'ensemble du cycle depuis l'exploration de la ressource jusqu'à l'évaluation de l'impact environnemental, en passant par la valorisation du minerai. Ce type de projet permet de mobiliser une grande partie de la communauté des chercheurs travaillant dans le cadre de l'OSU OTELO, et de mobiliser l'ensemble des savoir-faire.

- Le premier grand projet concerne le nickel et éléments associés (Co, Cr, Sc), aboutissant à un nombre important de publications (nouveaux modèles métallogéniques pour la formation des minerais silicatés de Nickel et saprolitiques, 12 publications ; comportement du nickel dans les transferts sols-plantes (identification de plantes hyper-accumulatrices, phyto-extraction du Nickel, 35 publications)).

- En 2015, le deuxième grand projet s'est focalisé sur le cycle des éléments des Terres Rares, par le biais de plusieurs chantiers internationaux en collaboration avec le Canada (prospection en climat néarctique, Québec), et un laboratoire international associé en Chine (Sun Yat Sen Univ., zone de remédiation en climat tropical humide). L'impact des Terres Rares sur les micro-organismes, la modélisation numérique de la spéciation des Terres Rares dans les milieux complexes y sont également abordés. Plus de trente publications LabEx R21 sont parues. Pour la période 2018-2020, quatre axes nouveaux ont été développés afin de compléter l'approche multi-échelle du cycle de vie des métaux stratégiques : i) le développement de nouvelles méthodes d'analyse des métaux sur le terrain, ii) la modélisation numérique du transfert réactif, iii) la création d'une nouvelle plateforme d'hydrométallurgie et des projets innovants associés dans ce domaine, iv) la prise en compte des aspects sociétaux (perception et acceptabilité sociale des projets miniers inclus dans un territoire).

Quelques chiffres emblématiques du bilan de R21 à la fin 2019 : 174 publications signées LabEx RESSOURCES21 à travers le financement de 87 projets de recherche de toutes tailles, le passage de l'UL de la 23ème à la 19ème place dans le classement de Shangai dans le domaine minier, devenant ainsi la première université européenne et unique française dans le domaine minier.

Du point de vue de la formation, l'accent a été mis sur la formation par la recherche au niveau master 2, doctorat et post-doctorat : depuis l'initiation du LabEx R21, environ 20 bourses de master annuelles (19 en 2019, 124 masters en tout), 22 co-financements de doctorats (dont 5 en cours, 6 entièrement financés) et 29 contrats de post-doctorat ont été attribués. Deux nouveaux masters d'envergure internationale ont été développés à l'université de Lorraine autour du cycle des métaux et de la co-bénéficiaire au recyclage: le master Erasmus Mundus « Emerald » et le master international Duby en matières premières « International Masters in Raw Materials, Engineering and Risk Management ». Une nouvelle maquette des masters a été votée à la fin 2018. Intégrant toujours plus les thèmes développés au LabEx RESSOURCES21, les nouveaux masters ont été lancés à la rentrée universitaire 2019. La présentation de la formation par la recherche autour des ressources minérales, développée à l'Université de Lorraine (présentation des masters) et la communication scientifique sur les résultats de recherche du LabEx R21 est et reste une priorité (PDAC de Toronto chaque année depuis Mars 2012, Québec Mine tous les ans d'Octobre 2013 à 2017).

Chaque année le LabEx R21 organise des événements scientifiques autour de ses propres activités, dans le but de promouvoir la force de travail et les résultats scientifiques du LabEx R21, mais aussi afin de renforcer le réseau scientifique existant avec et autour du LabEx R21.

- Du 8 au 10 Octobre 2019, le LabEx a organisé le workshop «Rare earth element supply : challenges and perspectives». Cette manifestation contribue fortement au maintien et renforcement des réseaux scientifiques autour du LabEx R21. Les conférences des différents spécialistes invités ont porté sur la compréhension des mécanismes d'enrichissement en TR dans les gisements, la valorisation innovante et éco-responsable des minerais (traitement des minerais par flottation), l'agromine (le transfert des métaux du sol vers les plantes et les capacités de valorisation de cette approche), la prévision et le suivi du comportement

des éléments métalliques dans l'environnement (impact éco-toxicologique), et enfin, l'aspect sociétal lié à l'ensemble de ces thématiques. Plus de cent personnes ont participé à ce workshop avec la représentation de nombreuses universités françaises mais aussi espagnoles, canadiennes, et une délégation chinoise de Sun Yat Sen Univ.

- Le Groupe Miroir "Raw Materials" et le LabEx RESSOURCES21 ont également organisé un atelier-séminaire autour de l'Economie et des Matières Premières, à Nancy, le 3 Avril 2019. La volonté d'agir en faveur de la réduction des effets climatiques liés à l'augmentation des gaz à effets de serre entraîne une évolution rapide des technologies et des choix concernant la transition énergétique. Ces décisions ne peuvent se baser que sur une connaissance et une compréhension de l'évolution dans le temps des besoins en matières premières, en particulier les métaux dits "critiques" nécessaires aux batteries des voitures électriques, à l'éolien ou au photovoltaïque, mais également les substances de grand intérêt économique comme les métaux de base (Cu, Al). De ces besoins découlent de nombreuses contraintes techniques et économiques qui couvrent des domaines allant de la régulation des marchés jusqu'à l'évaluation du risque d'approvisionnement en matières premières, et à la prédiction au long terme du prix des matières et de la production d'énergie renouvelable. Cet atelier a permis de réunir des spécialistes reconnus du domaine, des Universités de Grenoble (Université Grenoble-Alpes), Orléans (Université d'Orléans), Paris 1 Panthéon-Sorbonne, Nancy (Université de Lorraine), Chambéry (Université Savoie Mt Blanc), et du BRGM.

- Le Labex RESSOURCES21 est présent chaque année aux manifestations suivantes : PDAC (Toronto, Canada, sur un stand commun de l'Université de Lorraine), les journées SIM (Salon des Industries Extractives), congrès de Québec-Mines ; le LabEx co-finçant une partie des déplacements liés à ces manifestations.

PROJETS DE 'STAR' ET D'IR OTELO (I-SITE LORRAINE UNIVERSITÉ D'EXCELLENCE)

Le programme INFRA+ de l'I-Site Lorraine Université d'Excellence (LUE) est né de la volonté de mettre en place, structurer et développer un réseau d'Infrastructures de Recherche (IR) lorraines afin d'augmenter le potentiel de recherche et l'attractivité du site lorrain dans les différentes disciplines et domaines de compétences de LUE. Ce programme INFRA+ LUE a mis en place une politique de labellisation d'IR via le label StAR INFRA+ (Structure d'Appui à la Recherche) avec un appel à manifestation lancé en 2018. Les objectifs étaient de recenser les infrastructures existantes et en développement. Vis-à-vis de l'extérieur, il s'agit de donner de la visibilité pour les communautés scientifiques et les décideurs sociaux et économiques et d'améliorer l'accessibilité des IRs aux communautés scientifiques. Les objectifs en interne sont d'optimiser la traçabilité et pérenniser les activités de

recherche, de valoriser les compétences, les formations et les services de la StAR et de renforcer la confiance auprès des partenaires industriels et économiques. A l'issue de cet appel, les projets de StAR sélectionnés sont évalués et/ou accompagnés dans leur mise en place par la DAPEQ (Délégation à l'Aide au Pilotage Et à la Qualité).

OTELO s'est depuis quelques années structuré avec un groupe de travail sur les moyens mutualisés et une organisation en 5 réseaux de métiers et compétences qui fédèrent chacun un groupe de personnes (personnels techniques et scientifiques), dans le but de développer des collaborations et réflexions autour d'un appareillage, d'un équipement ou d'un métier requérant des compétences variées dispersées sur plusieurs unités. Les équipes d'OTELO ont répondu à cet appel à manifestation de LUE, en lien avec les réseaux et grands projets d'OTELO.

Sept projets de StAR, dont 6 portés par OTELO, rassemblant chacun un ensemble d'équipements ou de savoir-faire en appui à la recherche et à l'innovation, ont été déposés.

2 projets de StAR concernent les observatoires :

- GISFI – Station Expérimentale, un observatoire pour les friches industrielles qui a été labellisé StAR en avril 2019.

- ZAM – Zone Atelier Moselle, fait partie du réseau national des Zones Ateliers et avec OZCAR (Observatoires de la Zone critique) est inscrit sur le feuille de route des IR européennes. La demande de labellisation StAR est en cours d'évaluation

4 projets de StAR concernent des plateformes expérimentales dont 3 sont en cours d'accompagnement par la DAPEQ :

- STEVAL - Station Expérimentale de VALorisation des matières premières et des substances résiduelles de GeoRessources

- LiecOscope- plateforme expérimentale en écologie et écotoxicologie des milieux aquatiques du LIEC

- PEPLor - Plateforme Expérimentale Phytotronique de Lorraine, projet porté par le pôle A2F et auquel OTELO collabore via le LIEC et le LSE

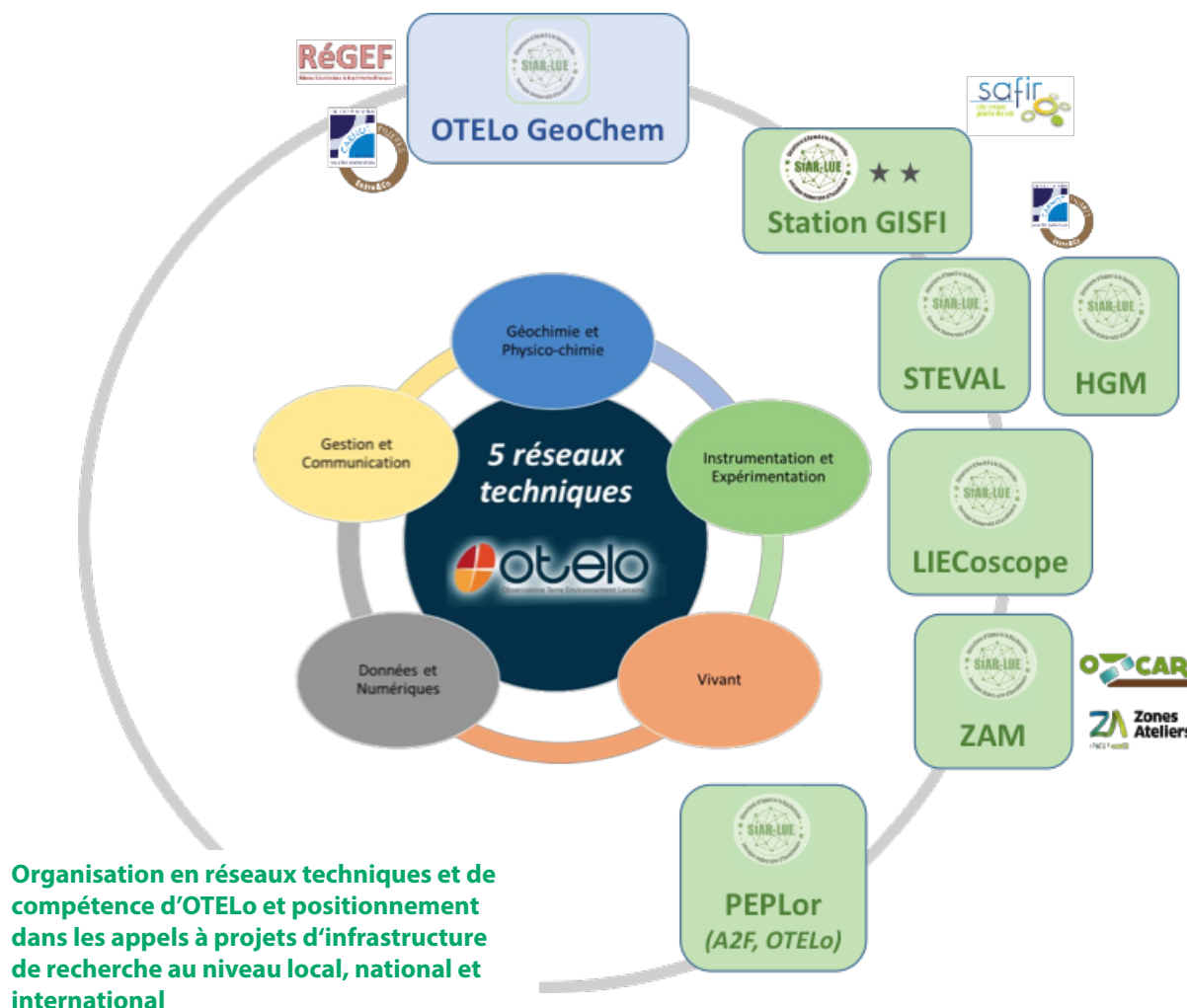
- HGM – plateforme d'HydroGéoMécanique multi-échelles de GeoRessources dont la demande est en cours d'évaluation

1 projet de StAR concerne les plateformes d'analyses et d'expérimentation du réseau géochimie et physico-chimie

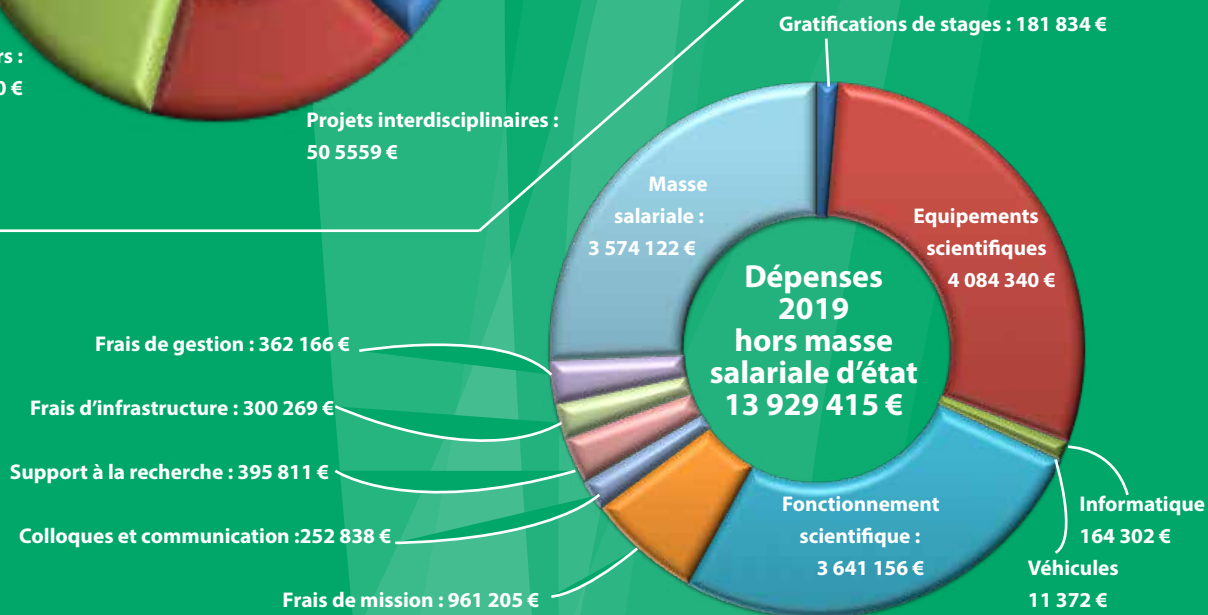
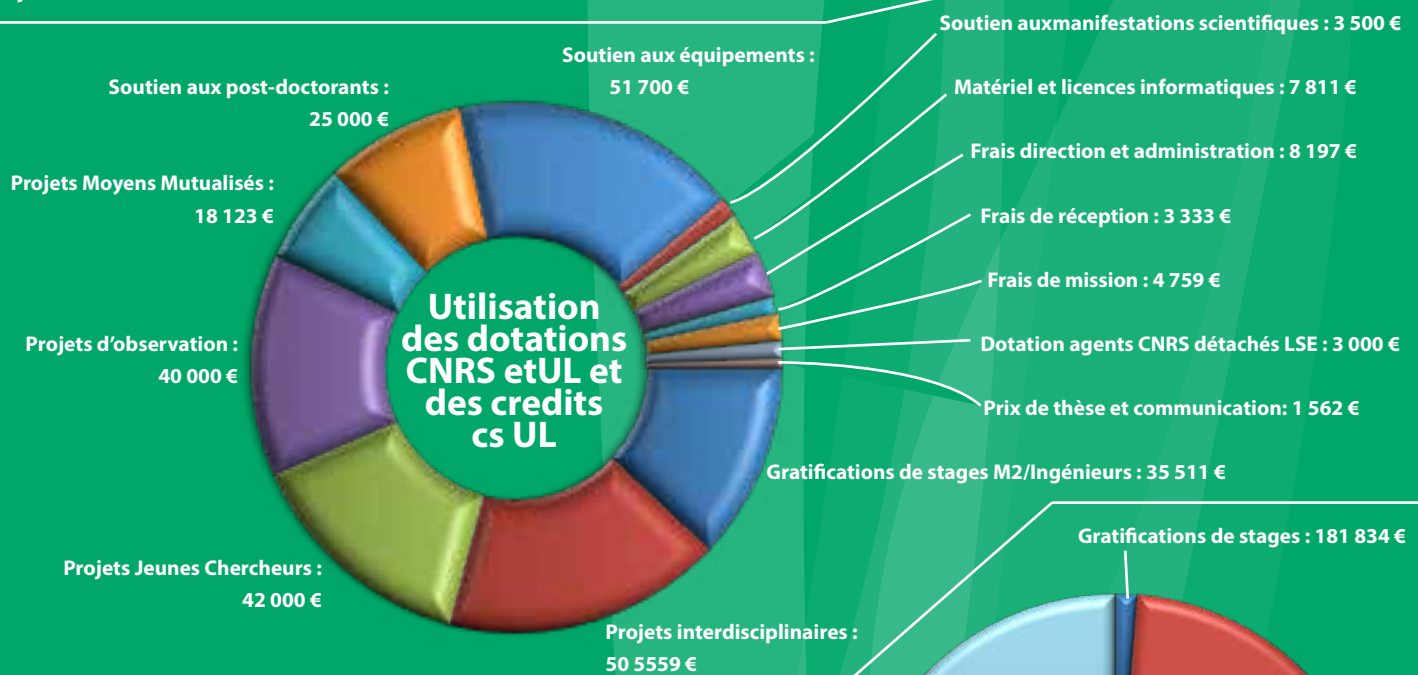
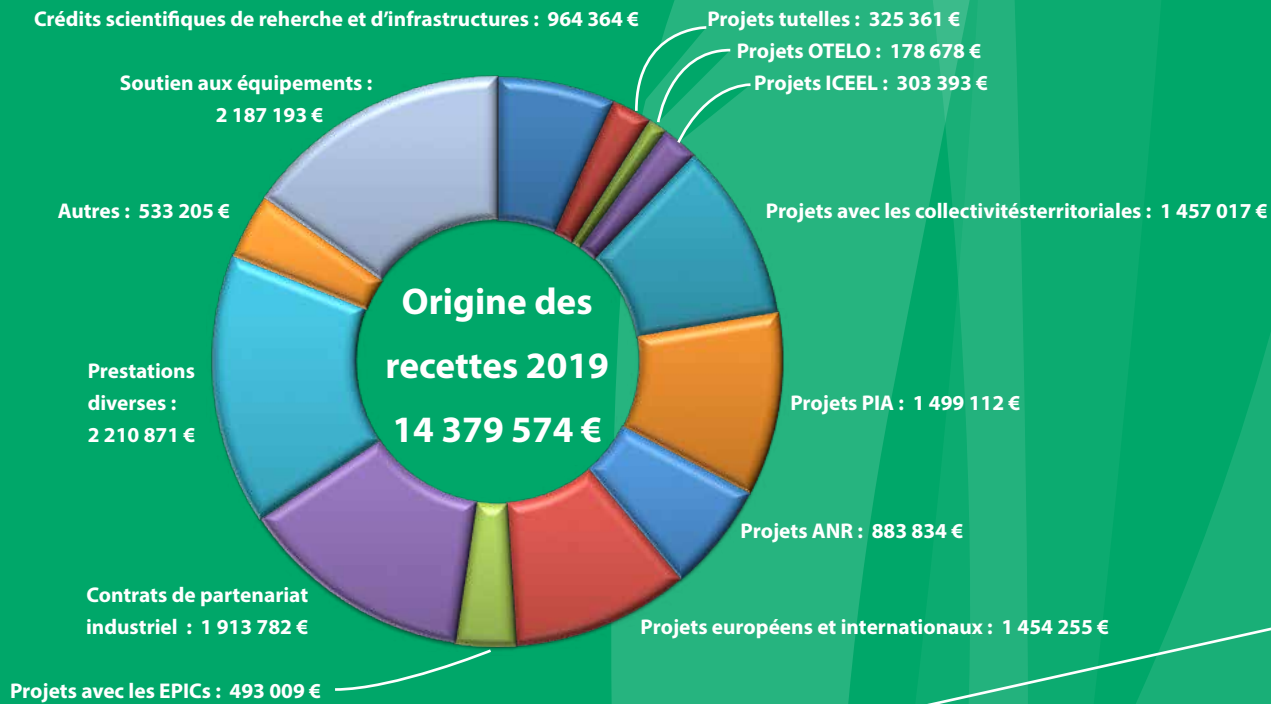
- OTELOGeoChem, qui se structure en parallèle du réseau national CNRS/INSU RéGEF (Réseau Géochimique et Expérimental Français), rassemble 19 plateformes des 4 unités d'OTELo dédiées à l'étude d'échantillons d'origine géologique et environnementale jusqu'à ceux produits par l'activité humaine. Ce projet est accompagné par la DAPEQ et supporté par ExtraAndCo dans le cadre des Instituts Carnot via un contrat d'un an d'Ingénieur d'Etudes.

Cette labellisation vise à aller vers une démarche Qualité améliorée en formalisant les initiatives déjà menées sur les différentes plateformes et en les partageant (accès, gouvernance, protocoles, gestion). Plusieurs actions se mettent en place au sein d'OTELo GeoChem comme le bilan des équipements (affichage sur le portail PlugInLab de l'UL), des réflexions communes sur les méthodes de tarification, les outils disponibles pour la gestion (Gestion Electronique des Données (GED), stockage PETA, GRR, cahier électronique de laboratoire...).

Cette structuration est aussi en cohérence avec un nouveau projet CPER déposé pour 2021-2027 intitulé RENETE-Recherche Environnementale d'excellence pour le chaNGement global et la Transition Ecologique, qui est structuré autour des ces projets de StAR, mais associe aussi des partenaires de l'Université de Strasbourg, de Champagne-Ardenne et de Troyes.



BILAN FINANCIER OTELO 2019



BILAN SCIENTIFIQUE OTELO

1. RESSOURCES HUMAINES

Personnels titulaires recrutés

Nageoi CHAMANE, TECH ASGA (CDI), GeoRessources-ASGA, Equipe RING, Secrétaire administrative et communication
 Valérie GONCALVES, TECH UL, LIEC, Pôle Chimie
 Pascale IRACANE, T CNRS, GeoRessources, Secrétariat général
 Laureline LARDIER, T CNRS, CRPG-SARM, Technicienne chimiste
 Mathieu LAZERGES, MCF, Université Paris Descartes/GeoRessources, Equipe stockage géologique et géothermie
 Hélène LECORDIER, AI CNRS, LIEC, Pôle Vivant
 Isabelle MOLAT, T CNRS (CDI), CRPG-SARM, Chargée de clientèle
 Philippe SCHEFFER, IE CNRS, UMS OTELO, Service des systèmes d'information, Administrateur des systèmes d'exploitation
 Véronique THIEBAUT, T CNRS, CRPG, Service administratif, Gestionnaire

Départs de personnels titulaires

Fatima CHTIOUI-EL-HAOUTI, TECH ASGA (CDI), GeoRessources-ASGA, Gestionnaire
 Chantal FOUQUE, TECH UL, LIEC, Pôle Vivant - retraite
 Patrick LAGRANGE, TECH CREGU (CDI), GeoRessources-CREGU - retraite
 Sophie LEGUEDOIS, CR INRA, LSE - reconversion professionnelle
 Sylvia L'HUILLIER, TECH UL, LSE, Gestionnaire d'unité - détachement
 Philippe ROUSSELLE, TECH UL, LIEC, Pôle Chimie - retraite
 Larry SHENGOLD, IE CNRS, CRPG, Ingénieur réseau - retraite
 Philippe WAGNER, ASI UL, LIEC, Pôle Terrain/Instrumentation - retraite

Distinctions

Prix de l'Académie des Sciences remis le 15 octobre 2019 sous la coupole de l'Institut de France



Guillaume CAUMON a reçu le prix Michel Guillaud Schlumberger de l'Académie des sciences pour ses recherches en géologie numérique, lors de la cérémonie officielle du 15 octobre 2019, sous la coupole de l'Institut de France.

Responsable de l'équipe Géologie numérique et intégrative – RING – du laboratoire GeoRessources et Professeur à l'ENSG, Guillaume Caumon réalise ses travaux de recherche sur les incertitudes et leur réduction par la modélisation en trois dimensions des formations géologiques du sous-sol, à l'aide de « géomodèles ».



Camille LITTY. Lauréate de la Bourse Louis Gentil-Jacques Bourcart Camille Litty, attachée temporaire de recherche et d'enseignement au CRPG, est lauréate de la bourse Louis Gentil-Jacques Bourcart de l'Académie des Sciences. Ce prix lui a été remis le 15 octobre 2019 à l'Institut de France.



Yann FOUCAUD. Prix Jeunes de la SIM - Société de l'Industrie Minérale, doctorant de l'équipe Valorisation des ressources et résidus de Georessources, s'est vu remettre ce prix au congrès de la SIM pour son travail intitulé « Valorisation du skarn à tungstène complexe de Tabuaço (Portugal) ».



Raphaël VASSEUR. Prix Van Straelen de la SGF. Doctorant de l'équipe Stockage géologie et géothermie de GeoRessources, Raphaël Vasseur a obtenu ce prix pour ses travaux révélant la crise Pliensbachien-Toarcien comme l'une des trois périodes de bouleversements les plus importantes de l'histoire des coraux scléactiniaires.

Marion GROSJEAN. Meilleur Poster Étudiant - SGA 2019. Pour ses travaux de master portant sur le traçage du cuivre, Marion Grosjean a obtenu le prix du meilleur poster Étudiant au congrès international SGA - Society for Geology applied to Mineral Deposits - à Glasgow.

Ndue KANARI. Top peer reviewer 2019. Le prix « Top peer reviewer 2019 » a été remis à Ndue Kanari, Ingénieur de recherche dans l'équipe Valorisation des ressources et résidus à GeoRessources par Web of Science Group et Publons.

Christian FRANCE-LANORD. Fellow de l'AGU 2019. Directeur de recherche CNRS au CRPG, a été récompensé par l'Union Américaine de Géophysique (AGU) pour le développement et la mise en œuvre d'outils géochimiques permettant de résoudre les controverses tectoniques et de limiter les taux d'enfouissement du carbone organique et d'érosion.

Anne BLANCHART. Prix de thèse SIRENa 2019, lauréate du prix de thèse 2019 de l'Université de Lorraine et de l'école doctorale SIRENa. Le sujet de sa thèse effectuée au sein du LSE était « Vers une prise en compte des potentialités des sols dans la planification territoriale et l'urbanisme opérationnel ».

Morgane PAPIN. Prix de thèse Grand Nancy et Metz Métropole 2019, lauréate du prix de thèse Grand Nancy et Metz Métropole 2019. Elle a réalisé son doctorat au LIEC et son sujet de thèse s'intitulait « Apport de la bioacoustique pour le suivi d'une espèce discrète : le Loup gris (*Canis lupus*) ».

Pierre-Henri BLARD et Michael DANGER. Prix Suzanne ZIVI - Académie de Stanislas. Pierre-Henri Blard, chargé de recherche au CRPG, et Michael Danger, maître de conférences au LIEC, ont été honorés du prix Suzanne Zivi de l'Académie de Stanislas le 20 janvier 2019 à l'Hôtel de Ville de Nancy.



2. PUBLICATIONS ET THÈSES SOUTENUES

CRPG : 111, GEORESSOURCES : 116, LIEC : 83, LSE : 55
dont 30 inter-laboratoires OTELO

Thèses soutenues

Pierre ANQUEZ - Correction et simplification de modèles géologiques par frontières : impact sur le maillage et la simulation numérique en sismologie et hydrodynamique - sous la direction de Guillaume CAUMON (GeoRessources), Bruno LEVY (INRIA) et Jeanne PELLERIN (Total) - 12/06/2019.

Alexis ELIAS BAHNAN - Circulation de fluides et diagenèse du système pétrolier de Lacq : Impact de l'évolution géodynamique - sous la direction de Jacques PIRONON et Cédric CARPENTIER (Georessources) - 10/12/2019.

Claire BOSSENEC - Evolution des propriétés de transfert des grès par diagénèse et déformation : Application aux formations du Buntsandstein Gp., Graben du Rhin - sous la direction de Yves GERAUD (GeoRessources) et Isabelle Moretti (ENGIE) - 24/04/2019.

Antonio CARACASI - Les gaz rares comme traceurs géochimiques de la dynamique et de l'évolution de la Terre - sous la direction de Bernard MARTY (CRPG) - 17/12/2019.

Eleonora CAROCCI - Tungsten transport and deposition in magmatic-hydrothermal environments: the example of Panasqueira (Portugal) - sous la direction de Michel CATHÉLINEAU (GeoRessources) et Laurent TRUCHE (ISTerre) - 13/12/2019.

Yann FOUCAUD - Récupération du tungstène à partir d'un skarn à faible contraste de séparation - Apport de la modélisation moléculaire dans la flottation des minéraux calciques - sous la direction de Lev FILIPPOV et Inna FILIPOVA (GeoRessources) - 25/10/2019.

Anthony GENEYTON - Flottation des particules fines : application aux résidus miniers contenant des minéraux porteurs de terres rares - sous la direction de Lev FILIPPOV (GeoRessources) - 06/09/2019.

Joséphine GIGON - Dynamique du système diagénétique/hydrothermal du bassin de McArthur (Australie) : nature des fluides, datations et contraintes sur la distribution des ressources métalliques (U, Cu, Pb-Zn) - sous la direction de Irvine ANNESLEY et Antonin RICHARD (GeoRessources) - 15/11/2019.

Alice GOSSIAUX - Changements globaux et décomposition des litières dans les ruisseaux de tête de bassin versant : effets respectifs et combinés de l'azote et de la température - sous la direction de François GUEROLD et Pascal POUPIN (LIEC) - 29/11/2019.

Imane GUETNI - Transport of polymer solutions in controlled low permeability porous media of various mineralogies - sous la direction de Frédéric VILLIERAS (LIEC) et Claire MARLIERE (IFPEN) - 15/10/2019.

Modeste IRAKARAMA - Vers la réduction des incertitudes d'interprétation structurale à l'aide de données sismiques - sous la direction de Guillaume CAUMON (GeoRessources), Paul CUPILLARD (GeoRessources) et Paul SAVA (Colorado School of Mines) - 25/04/2019.

Clotilde JOHANSSON - Oxydation des Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAPs) et de leurs sous-produits par injection de ferrate de potassium dans la zone saturée - sous la direction de Pierre FAURE (LIEC), Antoine JOUBERT (SERPOL) et Philippe BATAILLARD (BRGM) - 13/12/2019.

Clément JUDEK DUGRAND - The contribution of virtual crisis simulations to the study of crisis management situations: the case of iCrisis crisis simulation approach - sous la direction de Thierry VERDEL (GeoRessources) - 19/12/2019.

Vanessa KOEHLE-DIVO - Effets de nanomatériaux chez deux espèces de bivalves le long d'un gradient de salinité : approches intégrées physiologiques et moléculaires - sous la direction de Sandrine PAIN-DEVIN, Bénédicte SOHM et Laure GIAMBERINI (LIEC) - 20/09/2019.

Clémentine LAPIE - Caractérisation de la rhizodéposition du maïs (*Zea mays* L.) en réponse à la présence d'hydrocarbures aromatiques polycycliques et d'éléments traces métalliques - sous la direction de Thibault STERCKEMAN et Pierre LEGLIZE (LSE) - 10/09/2019.

- Florian LEMMEL - Diversités taxonomique et fonctionnelle des communautés microbiennes en lien avec le cycle du carbone dans un gradient de sols multi-contaminés - sous la direction de Aurélie CEBRON, Corinne LEYVAL, Florence MAUNOURY-DANGER (LIEC) - 14/01/2019.
- Sébastien LENARD - Evolution de l'Himalaya de la fin du Miocène à nos jours à partir de l'histoire de son érosion - sous la direction de Jérôme LAVE et Christian FRANCE-LANORD (CRPG) - 26/11/19.
- Margaux RAGUENEL - Modélisation des phénomènes thermo-hydrauliques dans des réservoirs fracturés sur des mailles non structurés : application au réservoir géothermique de Basse-Terre, Guadeloupe - sous la direction de Judith SAUSSE (GeoRessources), François BONNEAU (GeoRessources) et Thomas DRIESNER (ETHZ) - 25/09/2019.
- Dimitrios RALLAKIS - Le système métallogénique et le piège redox dans le gisement d'uranium de type roll-front de Zoovch-Ovoo, Mongolie. Rôle des porteurs du carbone et du soufre - sous la direction de Michel CATHELINÉAU et Raymond MICHELS (GeoRessources) - 05/07/2019.
- Julien RENAUDEAU - Formulation continue du problème de modélisation implicite de structures géologiques discrétisées avec des méthodes de réduction de maillage - sous la direction Guillaume CAUMON (GeoRessources), Frantz MAERTEN (YouWol) et Bruno LEVY (INRIA) - 24/04/2019.
- Francesca de SANTIS - Rock mass mechanical behavior in deep mines: in situ monitoring and numerical modelling for improving seismic hazard assessment - sous la direction de Yann GUNZBURGER (GeoRessources) et Pascal BERNARD (IPGP) - 05/02/2019.
- Sébastien TERNOIS - Reconstruction de la dynamique précoce d'un orogène : Mise en évidence de la transition rift-collision dans le système est-pyrénéen (France) par la géothermochronologie - sous la direction de Raphaël PIK et de Mary FORD (CRPG) - 05/07/2019.
- Carlos Henrique VELOSO DE MELO - Les défis des assemblages multi-minéraux dans la flottation cationique inverse des minerais de fer - sous la direction Lev FILIPPOV et Inna FILIPPOVA (GeoRessources) - 11/10/2019.
- Anne VICENTE - Développement d'un réseau trophique microbien standardisé pour l'évaluation de l'impact des contaminants sur les écosystèmes dulçaquicoles - sous la direction de Pascale BAUDA et Christophe PAGNOUT (LIEC) - 16/10/2019.
- Elise VOURIOT - Organisation spatio-temporelle de nanoparticules dans des biofilms bactériens : une approche physico-chimique multi-échelle - sous la direction de Jérôme DUVAL, Isabelle BIHANNIC et Audrey BEAUSSART (LIEC) - 18/12/2019.
- Louise WALDERDORFF - Etude comparative de la réactivité des cellules du système immunitaire (invertébrés et vertébrés) vis-à-vis des pesticides - sous la direction de Jairo FALLA-ANGEL et Philippe LAVAL-GILLY (LSE) - 24/09/2019.

HDR soutenues

- Lydéric FRANCE (CRPG) - Organisation de la plomberie magmatique, transferts de magmas, et cinétique des processus - 22/11/2019.

Laurence MANSUY-HUAULT (LIEC) - Caractérisation moléculaire de la matière organique dans des milieux anthropisés - 17/01/2019.

Marc PARANT (LIEC) - Etude de l'implication des systèmes d'efflux membranaires lors d'une exposition cellulaire à des éléments terres rares - 03/12/2019.

tionnement des Technosols pour optimiser les services écosystémiques rendus - 14 mars 2018

3. NOUVEAUX EQUIPEMENTS MAJEURS

SELFRAG

Ce nouveau broyeur, présent sur la plateforme STEVAL, permet de réduire la taille de la matière par électro-fragmentation. En soumettant la matière à des champs électriques de haut voltage (de 100 kV à 200 kV), un claquage se produit au niveau des joints de grains, ce qui permet de créer une rupture mécanique entre deux composantes de la matière présentant des conductivités électriques différentes.

L'avantage de cette technique, par rapport aux broyeurs conventionnels, est de permettre une fissuration sélective entre grains, donc d'éviter la fragmentation des grains que l'on veut récupérer. Cette méthode a été testée avec succès pour récupérer des zircons en vue d'effectuer la datation des roches. Il est possible de l'utiliser également pour fragiliser la matière, ce qui permet un gain énergétique important lors des étapes ultérieures de broyage.

Cet équipement, fourni par Selfrag AG et d'un coût total de 300 k€, a été co-financé dans le cadre du contrat de plan État/Région par la Région Grand Est, le DRRT et le FEDER.

Dispositif « Cavités – Plateforme d'essai »

Il s'agit d'un dispositif expérimental conçu pour réaliser des essais mécaniques sur des modèles réduits d'ouvrages souterrains : tunnels puits, galeries. Cet équipement permet d'imposer un champ de contraintes triaxial sur un volume de matériaux d'environ 2m³ au sein duquel des excavations pourront être creusées. Il est composé de trois faces mobiles permettant d'imposer une contrainte ou un déplacement uniforme (maximum 1,5 MPa et/ou 10 cm) et de trois faces fixes dotées d'ouvertures pour réaliser les excavations. L'outil de creusement est actuellement en cours de conception.

Ce dispositif vient en appui de la stratégie scientifique de l'équipe Géomatériaux, ouvrages et risques de GeoRessources. Il est localisé dans la halle d'essai de GeoRessources sur le campus Artem.

Cet équipement a coûté 262,5 k€ et a été co-financé par l'Union européenne dans le cadre du Plan Etat-Région avec le soutien financier de la Région Grand-Est et du DRRT, du Feder et de GeoRessources. Le fabricant est 3R et les concepteurs GeoRessources et 3R.

Spectro-radiomètre portable

Le CRPG a fait l'acquisition d'un spectro-radiomètre portable de type Fieldspec 4, opérant dans le domaine du visible proche-infrarouge, auprès de Bonsai Advanced Technologies pour un montant de 95 k€. Financé par le projet CNRS Momentum « Spectral imagery unravels the nature of planetary crusts », cet instrument permet d'analyser la lumière réfléchie par un objet (e.g., roche, minéral ou végétal) et d'étudier son spectre

collecté à l'aide de 2 151 canaux entre 350 et 2 500 nm. L'instrument s'utilise aussi bien sur le terrain qu'en laboratoire, et plusieurs accessoires peuvent être rattachés à sa fibre optique. Cet instrument servira entre autres à établir une librairie spectrale de référence sur des roches terrestres et des sites analogues à Mars.

Microscope Confocal FCS

Le LIEC s'est équipé d'un système de micro-spectroscopie photonique à balayage laser à haute résolution spatiale et temporelle d'un montant total de 505 k€ financé par le CPER et le Pacte Lorraine. Ce système d'imagerie à haute résolution est dédié à l'analyse multidimensionnelle *in vivo* d'échantillons bio-organo-minérales très hétérogènes et très variés. Les jeux de données hyperspectrales (400-800nm), temporelles (ns à minutes) ou de grandeurs multiscales aux petites échelles (100nm) par cet instrument serviront à :

- la localisation *in vivo in vitro* d'objets minéraux (particules minérales) ou biologiques (cellules) de taille inframicro-métrique à submillimétrique ;
- l'étude de la dynamique spatio-temporelle de processus (bio)-chimiques ou physico-chimiques dans des matrices variées (cellules, organismes, biofilms, matière organique) ou à l'interface solution-minéraux-cellule ;
- l'identification des réponses systémiques, i.e. réponses d'agents biologiques, organiques, minéraux dans des (eco)-systèmes hétérogènes en présence d'éléments « stressés » (e.g. contaminants particuliers ou organiques).

Ce système d'imagerie à haute résolution complétera un plateau de microscopies optiques, spectro-imageries environnementales (peu invasives & non destructives) et d'analyses d'images disponibles au LIEC : microscopie interférentielle et à épi-fluorescence (Uv-Vis), microscopie confocal à balayage laser monophoton (Biorad Radiance 2100 Rainbow AGR3Q-BLD), microspectrométrie Raman (IR à 1064 nm), microscope hyperspectral à fond noir (CytoViva), microscope numérique, microscopie à force atomique (Bruker) et holotomographe.

4. FAITS MARQUANTS DES LABORATOIRES

CRPG - Papier le plus cité 2019 de la revue *Tectonics* (AGU)

En janvier 2020, l'American Geophysical Union (AGU) a identifié le papier de Grool et al. (2018) comme un des papiers le plus cité du journal *Tectonics* en 2019. Ce travail démontre pour la première fois dans un exemple naturel, que la distribution du raccourcissement dans un orogène évolue d'une phase précoce où elle est à peu près homogène lors de l'inversion du rift vers une focalisation dans la plaque inférieure lors de la collision principale. Ce changement dans la distribution du raccourcissement peut être intrinsèque à tous les systèmes de rifts inversés, ce qui en fait un nouveau modèle important et explique le succès très rapide de cette étude.

<https://doi.org/10.1002/2017TC004731>

CRPG - La jeunesse turbulente du système solaire

L'année 2019 aura permis au groupe sonde ionique du CRPG de lever le voile sur les conditions de formation et d'évolution des premiers solides du système solaire. Les inclusions réfractaires sont des objets de taille millimétrique et de forme irrégulière composés d'oxydes réfractaires et de silicates cal-

ciques et alumineux parfois associés à une quantité importante d'olivine. Ces objets sont les premiers à s'être formés dans le système solaire il y a 4.567 milliards d'années. La mesure de la composition isotopique en silicium des inclusions réfractaires a permis de démontrer que ces inclusions se sont formées très rapidement, probablement en moins d'une semaine. Cette étude, publiée dans la revue *Proceedings of the National Academy of Sciences* (Marrocchi et al., 2019), est la première qui permette de faire une telle estimation et démontre que la formation des premiers solides du système solaire résulte de processus turbulents très tôt lors de l'histoire du disque protoplanétaire. L'évolution du disque protoplanétaire a ensuite induit la formation des astéroïdes, briques essentielles de la formation planétaire. La majorité des astéroïdes sont situés aujourd'hui dans ceinture principale située entre Mars et Jupiter. La mesure de la composition isotopique en carbone d'un type rare de météorite a cependant permis de montrer que la ceinture principale est constituée d'astéroïdes formés à différentes distances héliocentriques avant d'être redistribués dans le disque par la migration des planètes géantes (Fig. 1 : Marrocchi & Piani, 2019). Ces données montrent que le jeune système solaire était un environnement chaotique et turbulent et que l'architecture actuelle du système solaire résulte de processus complexes et hors-équilibre.

<https://www-nature-com.insu.bib.cnrs.fr/articles/s41550-019-0868-y>

LSE - Création de start-up de la start-up Sol & co

Sol & co assure du conseil, de la formation et de l'animation pour développer la prise de conscience d'une nécessaire évaluation de la qualité agronomique des sols avant toute définition de leurs usages en milieu urbain. Issue de la recherche et cofondée par 5 docteurs, Sol & co est convaincue que les sols ont un rôle majeur à jouer dans la transition écologique des villes de demain, du fait des bienfaits qu'ils fournissent (en particulier infiltration de l'eau, stockage du carbone, habitat pour la biodiversité).

Sol & co est un bureau de conseil, formation et animation créé en 2019 par Anne Blanchart et issu du Laboratoire Sols et Environnement (Université de Lorraine, INRAE, Ensaia). En plus de ses missions de conseil sur la gestion agronomique des sols en milieu urbain (évaluation de leur qualité physique, chimique et biologique grâce à des diagnostics agronomiques), Sol & co assure des formations auprès d'étudiants et professionnels ainsi que des animations scientifiques à visée pédagogique auprès des scolaires et du grand public en général. Ses activités sont en lien avec le fonctionnement et l'évolution du sol ainsi que leur biodiversité (macro et mésofaune, microorganismes, champignons, flore, etc.).

Sol & co désigné Prix Pépite National le 10 octobre 2019 à l'Accor Hôtel Aréna, Paris ; Bpifrance est partenaire de cette initiative et co-organise le Prix avec le Ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation.

Journées du LIEC

En janvier dernier s'est tenu le premier colloque estampillé « Journées du LIEC » à Metz. La thématique choisie pour cette édition était « l'interdisciplinarité au service des sciences de l'environnement ». Le colloque a réuni une soixantaine de personnes sur deux ½ journées.



Un élément saillant qui est ressorti de ces journées, organisées sous forme de conférences plénières, de conférences thématiques et d'ateliers de réflexion, est l'importance de posséder un objet de recherche bien identifié qui permet, dans un premier temps, de fédérer les disciplines, avant que l'interdisciplinarité ne puisse réellement émerger. En corollaire, l'autre mot-clé qui a été un fil conducteur entre tous les ateliers est le temps, et plus précisément le caractère indispensable de l'observation sur des temps longs de nos objets d'études. Enfin, l'identification de moments d'échanges plus nombreux, et mieux identifiés par l'ensemble des communautés scientifiques est également apparu comme une nécessité. Les Journées du LIEC ont vocation à devenir un événement récurrent et pourraient jouer ce rôle.

LIEC - ANR CLIMSHIFT Expérimentation grandeur nature sur le LIECOSCOPE

Dans le cadre du projet bilatéral franco-allemand ANR PRCI CLIMSHIFT, une expérimentation à plan factoriel a été menée au LiecOscope en avril-mai 2019. Une communauté aquatique composée de trois groupes de producteurs primaires (plantes aquatiques, phytoplancton et périphyton) et leurs consommateurs (daphnies, limnée et moule zébrée) était exposée à un cocktail représentant un ruissellement agricole « typique », appelé ARO, composé de pesticides organiques (herbicide, insecticide, fongicide), de cuivre comme fongicide inorganique et de nitrates, associé avec un réchauffement de température de +4°C. Notre hypothèse était que ces facteurs de stress allaient faire basculer la communauté aquatique d'une dominance des plantes aquatiques vers une dominance des algues, spécifiquement du phytoplancton. Les résultats ont bien montré un effet négatif d'ARO sur les consommateurs, spécifiquement les Daphnies et limnées et les plantes aquatiques, lié à un effet positif sur le phytoplancton, ce qui confirme notre hypothèse. Ces travaux participent ainsi à l'étude du réchauffement climatique et plus spécifiquement de ses conséquences sur les milieux aquatiques, soumis à des activités anthropiques.

GeoRessources - Classement de Shangai

Grâce à la recherche en génie minier, l'Université de Lorraine obtient son meilleur classement !

GeoRessources se félicite du classement de l'Université de Lorraine dans la catégorie Génie minéral et minéralurgie qui obtient cette année la 19e place sur 100 universités classées. En passant de la 37e place en 2017, puis à la 24e place l'an dernier, l'Université de Lorraine, grâce à cette catégorie, obtient son meilleur classement. Ce qui la place en 1ère position des universités européennes.

Une reconnaissance internationale de la recherche en Génie minier !

GeoRessources - Un partenariat CNRS/RIPED pour l'exploitation de gisements d'hydrocarbures profonds

Une collaboration entre le Centre de Recherche de PetroChina - RIPED - et le laboratoire GeoRessources (Université de Lorraine/CNRS) a été signée à Pékin le 11 octobre 2019.

L'objectif de ce projet de recherche est d'approfondir les connaissances des conditions de formation des gisements de pétrole et de gaz, la nature des fluides piégés et l'âge de ces gisements.

Cette recherche devrait faire émerger de nouveaux guides de prospection de gisements profonds et favoriser l'exploitation de ressources en gaz ou huiles légères moins émettrices de CO₂ que le charbon et les huiles lourdes.

Georessources - Géologie numérique

L'équipe RING de GeoRessources a fêté les 30 ans du consortium RING-GOCAD au travers d'une nouvelle édition de son meeting international consacré aux dernières avancées de la recherche en géologie numérique intégrative. Du 10 au 13 septembre 2019, chercheurs, partenaires industriels et académiques se sont retrouvés pour un moment privilégié d'échanges.

Un événement qui contribue au rayonnement des géosciences nancéiennes !

Lancé par Jean-Laurent Mallet en 1989, ce consortium a permis la création du logiciel de géomodélisation GOCAD, valorisé par une startup dès 1998 et désormais détenu par notre partenaire Emerson.

Aujourd'hui soutenu par 14 partenaires industriels et 139 partenaires académiques, le consortium RING (Recherche pour la Géologie Numérique Intégrative) invente les futures méthodes de modélisation du sous-sol, afin d'aider chercheurs et ingénieurs à produire, tester et mieux comprendre des scénarios d'interprétation géologique, à quantifier les incertitudes du sous-sol, et à réduire ces dernières par des méthodes robustes et innovantes.

Au cours de son existence, le consortium a financé 77 thèses de doctorat et donné lieu à plus de 200 actes de conférence et 100 articles scientifiques dans des revues à comité de lecture.

Georessources - COGGUS²

Une centaine de chercheurs et d'experts internationaux se sont retrouvés au congrès COGGUS², organisé par Ineris, GeoRessources et l'Andra pour faire un état des recherches dans le domaine des modélisations numériques géoenvironnementales et géomécaniques et leurs applications aux ouvrages souterrains et de surface.

Cet événement marque une collaboration de plus de 70 ans. En tant qu'Institut de recherche et d'expertise dans le domaine des risques, l'Ineris s'appuie sur un vaste réseau de partenariats scientifiques nationaux et internationaux, notamment le laboratoire de recherche GeoRessources, dont les travaux portent sur les géomatériaux, ouvrages et risques, mais aussi la géologie numérique. Le partenariat entre l'Université de Lorraine et l'Andra fait partie de cette stratégie.

Cette conférence internationale s'est déroulée à Mines Nancy du 12 au 14 février 2019.

Georessources - Partenariat Andra et Université de Lorraine

L'Université de Lorraine et l'ANDRA ont signé le 10 mai 2019 un accord de partenariat qui poursuit une collaboration, initiée il y a 20 ans, dans le domaine des géosciences et en particulier en géomécanique et en géochimie.

L'un des objectifs est de consolider et compléter les connaissances acquises sur le comportement des argillites du Callovo-Oxfordien, la couche géologique d'implantation du projet Cigéo, afin de répondre à des besoins opérationnels,

préparer les optimisations futures et contribuer à maintenir les connaissances et les compétences scientifiques dans ces domaines.

GeoRessources, partenaire historique de l'Andra, pour ses travaux de recherche notamment en matière de stockage de déchets radioactifs, a eu le plaisir d'accueillir la délégation pour une visite de la plateforme Hydrogéomécanique multi-échelles.

Georessources - Inauguration d'une carothèque unique en Europe

Le laboratoire GeoRessources, l'Ecole Nationale Supérieure de Géologie et le département Géosciences de l'Université de Lorraine ont eu le plaisir d'inaugurer une carothèque pédagogique unique en Europe. Alors que la description et l'analyse des carottes de forage représentent les éléments clefs pour tout projet d'exploration minier, les géologues miniers doivent savoir caractériser les minerais.

Fort de ses compétences en exploration minière, GeoRessources pilote un projet de formation européen « Outils innovants / Eurocore », portant sur la caractérisation des carottes de forage à l'aide d'outils portables, qui permettent une description systématique et détaillée par des mesures minéralogiques et de quantification élémentaire.

Ce lieu de stockage dédié à l'enseignement, est aménagé avec un équipement favorisant la manipulation et l'observation. Cette carothèque représente ainsi environ 80 m3 de possibilité de stockage. On y trouve des carottes venant principalement de Finlande, représentatives des principaux gisements actuellement exploités dans le monde.

Georessources - Le CREGU a fêté ses 40 ans !

Le CREGU a été créé en 1979 afin de développer les recherches scientifiques indispensables au développement de l'exploration des ressources minérales. Associé depuis le début au CNRS, il fut le socle de l'UMR G2R, puis de l'UMR UL-CNRS GeoRessources.

Le CREGU a toujours eu pour objectif de travailler sur les problématiques de l'amont du cycle des matières premières, avec une activité tournée principalement vers ses deux actionnaires ORANO (50,1%) et TOTAL (49,9%). Il mène actuellement des programmes de recherche sur de nombreuses ressources naturelles sur la plupart des continents : uranium, or, pétrole, gaz, par exemple.

L'originalité du CREGU a été de maintenir une relation forte et durable avec des leaders de l'industrie française tout en restant à la pointe des savoirs académiques et de recherche. Le CREGU a permis la formation de plus de 150 docteurs, dont 75 dans le domaine de l'uranium et 32 dans le domaine pétrolier, dont beaucoup travaillent en France ou à l'étranger dans des entreprises liées aux matières premières. Le CREGU est une instance de recherche reconnue dans le monde entier pour la qualité de ses travaux de recherche, démontrée par plus 700 articles publiés dans les plus importants journaux scientifiques internationaux, issus d'environ 300 projets de recherche.

Pour célébrer cet anniversaire, un workshop

s'est tenu à la Faculté des sciences et technologies, du 13 au 15 novembre 2019, sur le thème des bassins et des ressources, rassemblant près de 150 chercheurs internationaux.

MANIFESTATIONS GRAND PUBLIC

MA THÈSE EN 180s

C'est avec cette thèse «Contraintes isotopiques sur l'origine et la nature de la matière primitive dans le système solaire et sur la Terre jeune», que David Bekaert a littéralement enchanté le public ce jeudi 28 mars à la fac de Lettres de Nancy lors de la finale régionale du concours «Ma thèse en 180 secondes». Il décroche le grand chelem avec le prix du jury, le prix des lycéens et celui du public. Le doctorant de 26 ans a fait l'unanimité. Il a réussi à nous expliquer avec ses travaux sur le xénon, un gaz rare présent dans l'atmosphère, pourquoi la terre était habitable. Il présentera à nouveau sa prestation lors de la demi-finale nationale à Paris les 4,5 et 6 avril.



FÊTE DE LA SCIENCE EN ALSACE - GEORESSOURCES

RAYMOND MICHELS, chargé de recherche CNRS à GeoRessources a organisé à cette occasion une visite des occurrences pétrolières cachées dans la forêt vosgienne.

Les Dernières nouvelles d'Alsace, 12 novembre 2019



[Diabotoscience] À la découverte des sols par les 5 sens



Piétinés, étouffés, surexploités... les sols sont malmenés car souvent méconnus. Pourtant cette ressource vivante, aux propriétés

DATE(S):
Mercredi 22 mai 2019 - 15-30

LIEU(X):
La Cabane au Derou
10 rue de la Prairie
Saint-Dié -France

physiques, chimiques et biologiques en constante évolution contribue largement à la viabilité des sociétés humaines. La biodiversité des sols nous protège, protégeons-la aussi.

Laboratoire Sols et Environnement - LSE (Université de Lorraine, INRA)



Diabotoscience est une opération Pint de science à destination des enfants, à partir de 6 ans, 2€ l'événement : réservation obligatoire sur le site pintofscience.fr

Cigeo : partenariat prolongé entre l'Andra et l'Université de Lorraine

Les deux parties ont renouvelé la convention de recherches qui les lie depuis plus d'une vingtaine d'années. Parmi les thématiques nouvelles inscrites à ce partenariat, figure notamment une collaboration étendue en matière de formation.



La prolongation du partenariat entre l'Université de Lorraine et l'Andra, à l'occasion d'une visite dans les salles de l'École Nationale Supérieure de Géologie à Vandœuvre-lès-Nancy. Photo EPH/Andra - MIRE/ENR

« Faire de Cigeo une opportunité de développement pour le territoire » c'est la finalité associée de ce partenariat renouvelé vendredi matin à l'école nationale supérieure de Géologie, entre l'Université de Lorraine et l'Andra (Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs).

Le centre de stockage géologique profond de déchets radioactifs à Bure Meuse-Haute-Marne. Aux thématiques d'origine s'ajoutent désormais des thématiques nouvelles dans la recherche, soit communiquées par l'Andra et de l'Université de Lorraine, autour de leurs différents et de Géos. Depuis les formations supérieures diplômantes jusqu'à la formation continue à l'échelle nationale ou internationale, les deux partenaires souhaitent « simplifier à tous les niveaux » ont approuvé ce nouveau partenariat. Le développement d'outils communs en matière d'ingé-

VANDŒUVRE-LÈS-NANCY Conférence

Connaissez-vous l'importance de la vie du sol ?

Dans le contexte actuel d'érosion de la biodiversité, les organismes vivant dans le sol (vers de terre, cloportes, mille-pattes, araignées, carabes et autres coléoptères) sont également touchés, alors qu'ils peuvent être très utiles à l'homme. Ils sont en effet capables d'aérer le sol et assurer les transferts d'eau, ils sont là pour dévorer les matières mortes laissées au sol et les transformer en un fertilisant naturel pour les plantes, et il y a également ceux qui sont capables de réguler des populations de ravageurs.



En matière de jardinage, les lombrics sont très utiles. Photo ER/Pierre Mathis

Apolline Auclerc enseignante-chercheuse en écologie des sols présentera la diversité et les besoins de ces organismes et proposera des outils pour les observer et mieux les connaître par vous-mêmes. Des méthodes pour favoriser et prendre

soin de ces travailleurs hors pair dans le jardin seront également présentées, en lien avec des recherches scientifiques participatives.

Mercredi 24 avril à 18 h 30. Château du Charmois. Entrée libre.

12 Reportage



NANCY DÉCROCHE LA LUNE

LES CHERCHEURS DU CENTRE DE RECHERCHES PÉTROGRAPHIQUES ET GÉOCHIMIQUES (CRPG-NRS) ÉTUDIENT DES ÉCHANTILLONS DE SOL LUNAIRE POUR COMPRENDRE NOTAMMENT LA FORMATION DU SYSTÈME SOLAIRE.

PAR BRUNO SUSSET



Un petit échantillon de sol lunaire prélevé en 1969 par les astronautes américains Apollo 16, est arrivé récemment au Centre de recherches pétrographiques et géochimiques (CRPG-NRS) de l'Université de Lorraine. Les chercheurs du Centre de recherches pétrographiques et géochimiques (CRPG-NRS) de l'Université de Lorraine ont pu étudier un échantillon de sol lunaire prélevé en 1969 par les astronautes américains Apollo 16. Cet échantillon, qui pèse environ 10 grammes, est composé de petits morceaux de roches et de grains de verre. Les chercheurs du CRPG-NRS ont pu étudier ces échantillons de sol lunaire pour comprendre notamment la formation du système solaire.

Un échantillon de sol lunaire prélevé en 1969 par les astronautes américains Apollo 16, est arrivé récemment au Centre de recherches pétrographiques et géochimiques (CRPG-NRS) de l'Université de Lorraine. Les chercheurs du Centre de recherches pétrographiques et géochimiques (CRPG-NRS) de l'Université de Lorraine ont pu étudier un échantillon de sol lunaire prélevé en 1969 par les astronautes américains Apollo 16. Cet échantillon, qui pèse environ 10 grammes, est composé de petits morceaux de roches et de grains de verre. Les chercheurs du CRPG-NRS ont pu étudier ces échantillons de sol lunaire pour comprendre notamment la formation du système solaire.

Un échantillon de sol lunaire prélevé en 1969 par les astronautes américains Apollo 16, est arrivé récemment au Centre de recherches pétrographiques et géochimiques (CRPG-NRS) de l'Université de Lorraine. Les chercheurs du Centre de recherches pétrographiques et géochimiques (CRPG-NRS) de l'Université de Lorraine ont pu étudier un échantillon de sol lunaire prélevé en 1969 par les astronautes américains Apollo 16. Cet échantillon, qui pèse environ 10 grammes, est composé de petits morceaux de roches et de grains de verre. Les chercheurs du CRPG-NRS ont pu étudier ces échantillons de sol lunaire pour comprendre notamment la formation du système solaire.

SPECIALISTE EN PLANÉTOLOGIE JESSICA FLAHAUT TRAVAILLE SUR LA DÉTERMINATION DES SITES D'ATERRISSAGE DES SONDES LUNAIRES ET MARTIENNES POUR LES MISSIONS CHINOISES CHANG'E OU EUROPÉENNES EXOMARS.

Un échantillon de sol lunaire prélevé en 1969 par les astronautes américains Apollo 16, est arrivé récemment au Centre de recherches pétrographiques et géochimiques (CRPG-NRS) de l'Université de Lorraine. Les chercheurs du Centre de recherches pétrographiques et géochimiques (CRPG-NRS) de l'Université de Lorraine ont pu étudier un échantillon de sol lunaire prélevé en 1969 par les astronautes américains Apollo 16. Cet échantillon, qui pèse environ 10 grammes, est composé de petits morceaux de roches et de grains de verre. Les chercheurs du CRPG-NRS ont pu étudier ces échantillons de sol lunaire pour comprendre notamment la formation du système solaire.

Un échantillon de sol lunaire prélevé en 1969 par les astronautes américains Apollo 16, est arrivé récemment au Centre de recherches pétrographiques et géochimiques (CRPG-NRS) de l'Université de Lorraine. Les chercheurs du Centre de recherches pétrographiques et géochimiques (CRPG-NRS) de l'Université de Lorraine ont pu étudier un échantillon de sol lunaire prélevé en 1969 par les astronautes américains Apollo 16. Cet échantillon, qui pèse environ 10 grammes, est composé de petits morceaux de roches et de grains de verre. Les chercheurs du CRPG-NRS ont pu étudier ces échantillons de sol lunaire pour comprendre notamment la formation du système solaire.



NANCY - FOMM MONDIAL DES MATÉRIAUX Echantillons de lune ou d'astéroïde à portée de main

A Vandœuvre-lès-Nancy, le Centre de recherches pétrographiques et géochimiques (CRPG) travaille à une meilleure compréhension de la formation du système solaire. Il est l'un des rares à travailler sur les roches extraterrestres.

Publié le 12/04/2019 à 10h08. Site: www.les24heures.com



Evlyn Furi, chargée de recherches au CRPG, le Centre de recherches pétrographiques et géochimiques, installé à Vandœuvre-lès-Nancy. Photo ER /Marie-Hélène PRUD'HOMME

CÉLÉBRATION DES 80 ANS DU CNRS

LA NUIT DES 80 ANS DU CNRS

VENDREDI 18 OCTOBRE 2019

A l'initiative de la Délégation Centre-Est, cette manifestation a été organisée dans deux salles de l'hôtel de ville de Nancy, Place Stanislas. D'un côté un cycle de conférences courtes sur des sujets divers et de l'autre un ensemble de stands présentant certaines de nos activités scientifiques.



Depuis 80 ans, nos connaissances bâtissent de nouveaux mondes



Odile Barrès (GeoRessources) présente ses techniques de caractérisation de l'origine géographique des émeraudes



Raymond Michels (GeoRessources) explique les modes de formation des matières premières énergétiques et fait profiter aux visiteurs des effluves 'délicates' de ses petits flacons de différents types de pétrole.



Vincent Robin (LIEC) a présenté ses activités en Paléoécologie et en Paléoenvironnement



Guillaume Paris (CRPG) a fait une conférence intitulée «l'empreinte Carbone» le jeudi 3 octobre

CONFÉRENCES «AVEC LES MAINS» SUR LES JARDINS ÉPHÉMÈRES DE LA PLACE STAN'

Un partenariat entre la Délégation Centre-Est et l'équipe des parcs et jardins de la ville de Nancy, nous a permis d'intervenir Place Stanislas au milieu des jardins éphémères sous la forme de conférences courtes en plein air sur la thématique du jardin 2019 qui était 'EMPREINTE' avec un jardin en forme de main.

A la suite des visites guidées organisées par les responsables du jardin nous avons proposé des conférences sur des sujets en rapport avec la thématique 2019 données dans une petite aréna entre la ligne de vie et l'auriculaire.



Vincent Huault(GeoRessources, vice-président de l'Université de Lorraine) a présenté une conférence (sous la pluie) sur le thème «l'empreinte de l'Homme sur son environnement» le mercredi 9 octobre.



Jessica Flahaut et Laurette Piani ont informé le public sur les empreintes que l'humanité va laisser dans l'espace le mercredi 16 octobre ... sous un soleil radieux.

EXPOSITION «MÉTÉORITES ET MISSIONS SPATIALES» AU THÉÂTRE DE LA MANUFACTURE.

Un partenariat entre le théâtre de la Manufacture (Centre Dramatique National) et le CRPG a conduit au montage d'une exposition intitulée «Météorites et missions spatiales» du 21 septembre au 19 octobre 2019 avec des visites accompagnées et l'organisation de 4 cafés scientifiques au bar du théâtre et au final, le jour officiel anniversaire de l'inauguration du CNRS le 19 octobre 1939, une conférence grand public de Bernard Marty. En parallèle, les chercheur(se)s du CRPG ont travaillé

avec un comédien en résidence au théâtre en préparation d'un spectacle inédit «Je ne suis pas un astronaute» pour intéresser deux classes (BTS et 1ère) aux sujets de l'espace pour les inciter à imaginer 'leur' mission spatiale, avec une restitution scientifico-théâtrale prévue lors du festival 'RING' en avril 2020...

La crise de la covid19 a entraîné un festival RINGvid20 ...



Présentation de la conférence de fin de manifestation par Raphaël Pik le samedi 19 octobre

Camille Cartier, Jessica Flahaut, Evelyn Furi, Laurette Piani, Nicolas Bott, Yves Marrocchi, Bernard Marty et Johan Villeneuve ont animé les cafés scientifiques.



CRPG

Centre de Recherches Pétrographiques et Géochimiques

<http://www.crbg.cnrs-nancy.fr/>

GeoRessources

<http://georessources.univ-lorraine.fr/>

LIEC

Laboratoire Interdisciplinaire des Environnements Continentaux

<http://liec.univ-lorraine.fr/>

LSE

Laboratoire Sols et Environnement

<http://lse.univ-lorraine.fr/>



Observatoire Terre et environnement de Lorraine

otelo.univ-lorraine.fr

otelo-contact@univ-lorraine.fr

03 72 74 47 13