



otelo

Observatoire Terre Environnement Lorraine

RAPPORT D'ACTIVITÉ 2017



SOMMAIRE

- 02 MOT DE LA DIRECTRICE
- 03 JOURNÉES DE RENCONTRES
ET DE PROSPECTIVES
- 08 ORGANIGRAMME
- 09 PROJETS DES
LABORATOIRES POUR LE
QUINQUENNAL 2018-2022
- 13 PROJETS
INTERDISCIPLINAIRES
- 19 LABEX RESSOURCES21
- 20 BILAN FINANCIER OTELO
- 21 BILAN SCIENTIFIQUE OTELO
- 26 MANIFESTATIONS
- 27 REVUE DE PRESSE



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

Date de parution : Juillet 2018

Une dizaine d'années après les précédentes, OTELO a organisé en 2017 deux journées de rencontres et de prospectives. L'objectif de ces journées était de permettre à tous de mieux se connaître, de connaître ce qui se fait aujourd'hui dans OTELO, ce qui nous caractérise et nous rassemble, de stimuler les interactions et la pluridisciplinarité, et d'identifier des perspectives intéressantes. Les



journées ont été organisées autour de quatre thèmes qui reflètent les activités de l'ensemble des laboratoires d'OTELo: Origine, Terre solide, Ressources et Milieux anthropisés. Pour chaque thème, un petit groupe d'animateurs s'est chargé de son organisation, et en présente ici un court rendu. Ces journées ont eu lieu au Golf de Pulnoy, ce qui a donné l'occasion d'événements ludiques et drôles organisés par les doctorants membres du conseil d'OTELo, et à des essais de golf... Il faudra maintenant valoriser et poursuivre les réflexions enrichissantes qui ont eu lieu lors de ces journées.

2017 était aussi la dernière année du contrat 2013-2017, et la fin de l'évaluation des unités par l'HCERES, puis par les instances de l'Université de Lorraine. Les unités de recherche d'OTELo ont été fortement modifiées lors du précédent contrat, et celui qui démarre sera plutôt une maturation des projets des unités. Chacune des quatre unités de recherche présente ainsi brièvement son projet pour le contrat 2018-2022.

Le projet d'OTELo pour ce contrat 2018-2022 est aussi dans la continuité de ce qui a été engagé dans le précédent. Il concerne la connaissance et la gestion des ressources naturelles de la Terre dans un contexte d'anthropisation et de changement global. Il s'agira de poursuivre son rôle structurant au niveau scientifique par l'animation scientifique, le soutien aux actions interdisciplinaires, l'animation des missions d'observation, la poursuite de la réflexion engagée sur les réseaux métiers et la mutualisation des moyens, et le lien formation-recherche qui est à maintenir et à consolider. La poursuite et le soutien des actions phares telles que la Zone Atelier Moselle, le GISFI, l'OHM, STEVAL, GOCAD, mais aussi le renouvellement du LabEX Ressources 21, sera aussi une priorité avec la gestion des données associées, ainsi que le démarrage de projets transversaux comme DEEPSURF projet dédié à l'Observation des systèmes environnementaux : des milieux géologiques souterrains jusqu'à la zone critique, soutenu par l'I-Site LUE (Lorraine Université d'Excellence).

Le bilan des actions de recherche transversales entre unités de recherche, soutenues par OTELO dans le cadre de son appel d'offres annuel ciblé et le bilan du LabEX montrent le dynamisme des équipes et les nouvelles questions de recherche qui émergent.

Enfin, parmi les faits marquants, il faut féliciter Evelyn Füre pour sa médaille de Bronze décernée par le CNRS, l'organisation du Congrès International sur les Inclusions fluides associée à la publication d'un ouvrage, qui montrent que Nancy est une place forte dans ce domaine, et l'investissement fort des doctorants d'OTELo dans le concours Ma thèse en 180s. Vous mettrez peut-être un peu plus de temps pour lire ce rapport d'activité...

Je vous en souhaite une bonne lecture

Corinne Leyval, directrice d'OTELo

THÈME ORIGINES

La thématique « Origines » est par essence multi-disciplinaire et intègre de nombreux questionnements scientifiques fondamentaux en astrophysique, planétologie et exobiologie allant de la quête des signaux primordiaux de la formation de l'Univers à la recherche des déterminants de la transition inerte-vivant en passant par les processus de formation et de différenciation des systèmes planétaires et des corps célestes.

Comme l'illustre le choix des six thématiques présentées lors du séminaire de prospective :

- Formation du disque protoplanétaire et origine de ses constituants (Yves Marrocchi)
- L'eau dans le système solaire (Lionel Vacher)
- L'origine de l'eau dans le système Terre-Lune (Evelyn Füri)
- Différenciation planétaire (Béatrice Luais - Guillaume Florin)
- Mars : un analogue de la Terre (Valérie Payre - Cécile Fabre)
- Terre primitive, Proto-bio-polymères et Biomarqueurs (Christian Mustin - Manuel Pelletier)

Pour la communauté scientifique d'OTELo, l'identification des cortèges minéraux ou de molécules organiques présents sur Mars ou l'analyse de la matière primitive de la Lune et des petits corps du système solaire pour contraindre l'origine de l'eau et les modèles de différenciation planétaire sont des sujets très importants. Viennent s'y ajouter aujourd'hui des champs d'étude plus en lien avec l'exobiologie et l'habitabilité planétaire ayant pour cibles, les processus en surface des minéraux catalysant les transformations des composés organiques primitifs en proto-polymères du vivant.

Toutes ces priorités scientifiques ont en commun la compréhension des processus géochimiques et physico-chimiques depuis l'échelle du système solaire et de ses corps différenciés à celle des interfaces entre particules minérales et phase aqueuse ou entre minéraux et molécules organiques.

La thématique « Origines » ne cesse d'évoluer et progresser notamment grâce aux données acquises in situ par les missions spatiales d'observation (Rosetta, MSL Curiosity,...), aux simulations et expérimentations en laboratoire mais aussi grâce à l'amélioration constante des équipements et méthodes dédiés à l'analyse des constituants solides, liquides et gazeux de matériaux primitifs

et d'échantillons extra-terrestres dont la provenance est bien déterminée (StarDust, Hayabusa II,...). Ainsi au sein d'OTELo, ces recherches ont amené récemment aux développements d'éléments techniques innovants comme ceux présentés lors du séminaire :

- Platine chauffante pour l'étude des chondres et de leur inclusion (Léa Florentin)
- Nouveau four à induction pour l'extraction fiable et rapide des gaz rares (Laurent Zimmermann)

Aujourd'hui, en termes de prospective, l'accent est mis sur le retour d'échantillons de Mars mais aussi de corps primitifs (Phobos, astéroïdes, régions de la Lune non explorées par Apollo), en lien avec la question de la formation du système solaire et des origines de la Vie. Autre infléchissement significatif, l'importance croissante donnée aux approches couplant l'analyse in situ, le « remote sensing » et les expérimentations en laboratoire. Ces nouvelles tendances exploratoires devraient pouvoir bénéficier de l'expertise d'une communauté élargie au sein de l'Observatoire OTELO.



THÈME TERRE SOLIDE

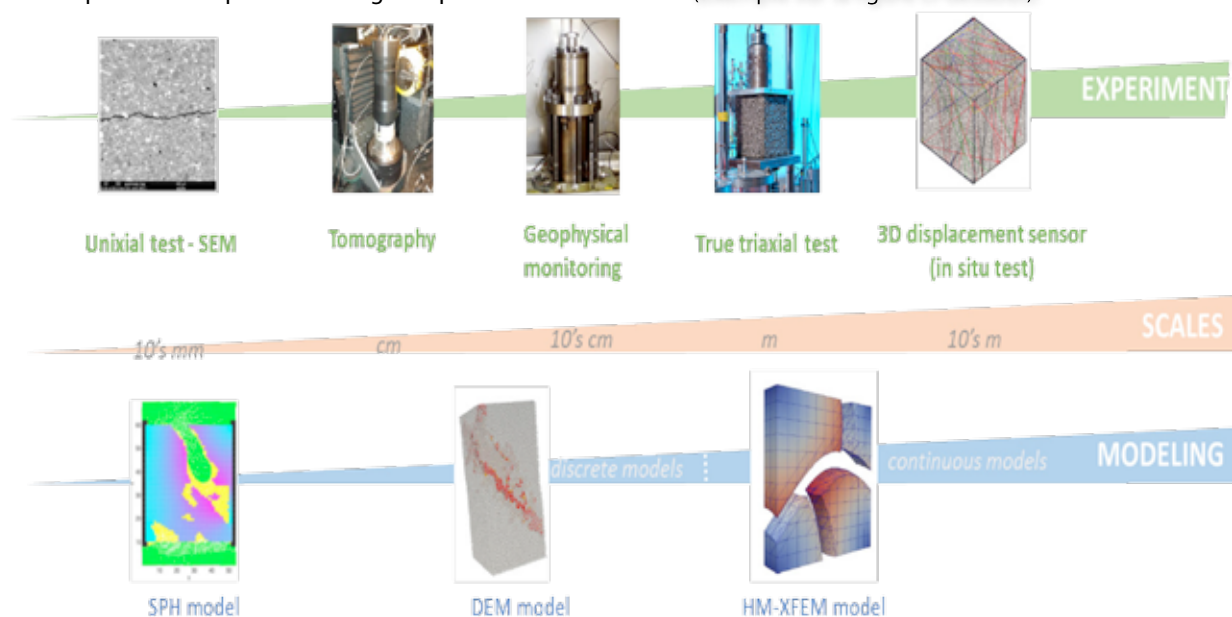
Les chercheurs regroupés sous le thème « Terre solide » explorent les processus géologiques qui façonnent la surface de la Terre et influent ses variations de composition. Les forces vives actuelles sont concentrées dans les laboratoires GeoRessources (Géologie numérique intégrative, géomatériaux et risques, hydrogéomécanique) et CRPG (Magma et fluides profonds, tectonique, érosion et évolution du relief).

La grande diversité des thèmes et des techniques employés a été illustrée par trois présentations : une centrée sur les projets et résultats obtenus dans les domaines des processus magmatiques (D. Jousselein) ; une autre axée sur la modélisation de la déformation cassante à différentes échelles spatio-temporelles (M. Conin) ; une sur les processus tectoniques et d'érosion (J. Lavé) ; et trois présentations de thèses (Réservoirs fluides et transferts en contexte d'exhumation orogénique : implications sur la position structurale des minéralisations Cu-Pb-Zn-Fe-Ag dans la région Lavrion-Eubée (Grèce), par C. Scheffer ; Evolution 3D d'un rétro-bassin d'avant-pays : le Bassin aquitain, par P. Angrand ; Modélisation structurale des réseaux de failles et incertitudes associées, par G. Godefroy).

L'exposé sur les processus magmatiques a montré entre

autres (1) les anomalies isotopiques du soufre dans les laves des volcans de points chauds permettent de tracer la persistance de sédiments subductés il y a plus de 2.5Ga dans le manteau profond, (2) la déformation est un processus essentiel pour ségréguer des minéraux et former des litages dans les roches plutoniques, (3) quels sont les enjeux et méthodes utilisées à Nancy pour explorer l'accrétion de la croûte océanique inférieure, (4) les datations par isotopes cosmogéniques de surfaces de failles et de coulées permettent de comprendre comment les interactions magma-tectonique maintiennent un axe d'accrétion de rift, (5) on peut reconstituer des cycles convectifs dans une chambre magmatique à partir de la forme des cristaux reproduite expérimentalement.

Les autres exposés ont permis de mettre en lumière la diversité et la complémentarité des techniques d'études mises en œuvre à Nancy pour aborder la déformation de lithosphère terrestre. Ces techniques incluent entre autres : des approches de terrain, des mesures in-situ et en laboratoire, des modélisations numériques, analytiques et analogiques, avec souvent un couplage de ces 3 types de modélisations (exemple sur la figure ci-dessous).



Exemple de couplage de différentes méthodes d'études de l'endommagement des roches effectuées dans l'équipe hydro-geo-mécanique du laboratoire GeoRessources.

THÈME MILIEUX ANTHROPISÉS

La présentation du thème « milieux anthropisés » s'est organisée en 4 parties : 1) présentation du thème et des avancées depuis 10 ans par analyse des rapports FR-EST et OTELo de 2004 à 2016 ; 2) interventions pour le sous-thème « biodiversité et fonctionnement » ; 3) interventions pour le sous-thème « impacts anthropiques » ; 4) prospectives et discussion avec la salle.

Dans le bilan des 10 dernières années au sein d'OTELo, a été mis en évidence le fait que sous le questionnaire « milieux anthropisés », différents compartiments ont été

et sont étudiés dans différents milieux, ainsi que plusieurs processus associés aux cycles des éléments. Des mots clés comme « fonctionnement et évolution des milieux » ou « développement de méthodes de dépollution et de réhabilitation » sont ressortis, ainsi que des outils originaux allant de dispositifs expérimentaux in vitro, in vivo et in situ à des sites ateliers.


Ainsi pour mettre en évidence ces avancées thématiques et techniques, les présentations suivantes ont été choisies pour le sous-thème « biodiversité et fonctionnement » :

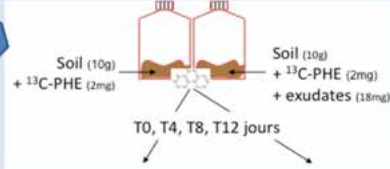
1. Fonctionnement écologique à l'échelle du bassin versant et mise au point d'un outil basé sur la décomposition.
2. Utilisation du carbone 13 pour faire le lien entre diversité et fonction des microorganismes dans les sols multi-contaminés.
3. Biomonitoring des milieux aquatiques - La dreissène de A à Z.
4. Approche intégrée pluridisciplinaire du diagnostic et de l'évolution de sols multi-contaminés.
5. Etude de la variation des isotopes du Ni dans le système sol-plante.


Pour le sous-thème « impacts anthropiques » les sujets suivants ont été présentés :


1. Modélisation de l'injection de saumures enrichies en CO2 dans un doublet géothermique. Étude de l'injectivité et des impacts géochimiques en proche puits.
2. Remobilisation des sédiments et libération des contaminants associés.
3. Cycle biogéochimique du soufre au sein de la zone critique : place de la réduction microbienne des sulfates et interaction avec le cycle du carbone.
4. Le simulateur de dommages - un outil d'évaluation de la vulnérabilité des territoires.

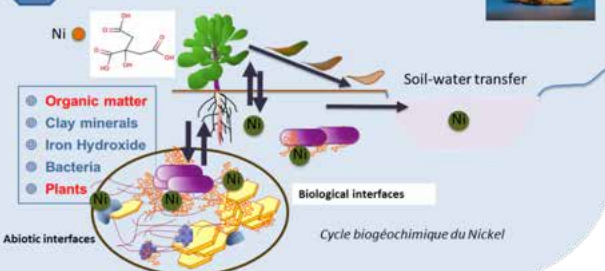
Enfin la discussion avec tous les présents a été guidée par la question suivante : quels outils pour mieux répondre à nos approches pluridisciplinaires (ex : le marquage isotopique?) afin d'avoir des études intégratives des milieux anthropisés (relations entre compartiments et flux entre ces compartiments) tout en répondant aux enjeux sociétaux actuels ?

1  Cours d'eau & sacs à litière

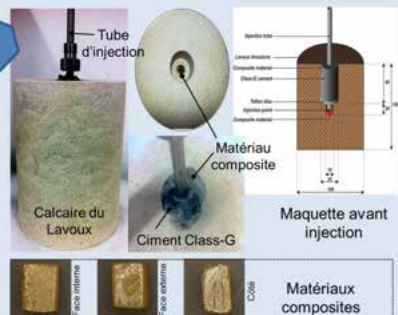
2  Schéma d'expérimentation utilisant du ¹³C-Phenanthrene

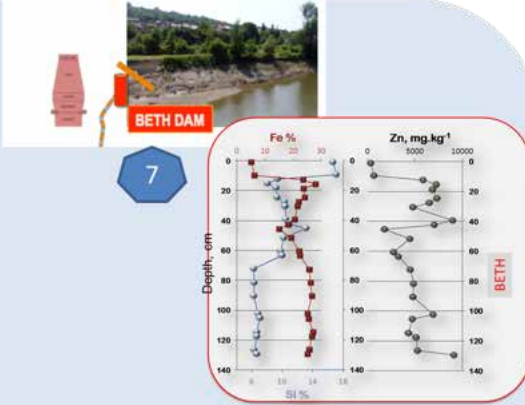
3  Dispositif expérimental de laboratoire avec la dreissène


4  Parcelles lysimétriques - GISFI Homécourt

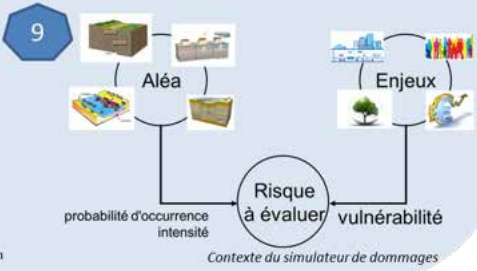
5  Cycle biogéochimique du Nickel

Sous-thème « Biodiversité et fonctionnement »

6  Préparation de maquettes d'injection à l'échelle du laboratoire

7  SIGNATURES GÉOCHIMIQUES des DEPOTS SIDERURGIQUES

8  Cycle du soufre en zone humide

9  Contexte du simulateur de dommages

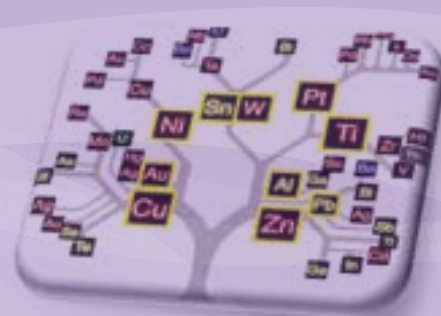
Sous-thème « Impacts anthropiques »

THÈME RESSOURCES

Parmi les différents thèmes proposés pour les rencontres OTELo des 6 et 7 juillet 2017, le thème « Ressources » n'était pas un des plus simples, couvrant par sa sémantique même l'intégralité du périmètre d'un des laboratoires d'OTELo. Pour sortir de ce cadre, élargir la vision et attaquer ce thème par un angle permettant de mettre en valeur l'ensemble des laboratoires d'OTELo et les projets transversaux, l'équipe désignée pour organiser la restitution a donc pris le parti de ne présenter que quelques résultats significatifs en sélectionnant 3 thèmes « directeurs » : les traçages géochimiques et isotopiques comme outils permettant une nouvelle appréciation des cycles (synthèse présentée par Guillaume Echevarria) ; les fluides : vecteurs de transfert dans le sol et le sous-sol (présenté par Pauline Collon) suivi d'une présentation « flash » de Margaux Ragueneil (Heat and flow simulations in fractured reservoirs on unstructured meshes) ; les bioressources et l'économie circulaire (présenté par Geoffroy Séré). Marie-Camille Caumon a ensuite présenté tout le potentiel offert par la nouvelle plateforme analytique dédiée à la microscopie capillaire à travers des premières applications aux ressources minérales et carbonées. Robert Joussemet et Frédéric Diot ont quant à eux présenté la

plateforme STEVAL : une belle occasion pour tous ceux qui ne la connaissait que de « nom » d'en savoir plus et de prendre la mesure de son caractère unique dans le paysage scientifique. Enfin, le « futur » a été abordé à travers une sélection de thèmes émergents : Julien Mercadier a ainsi présenté les nouveaux outils d'analyse portable développés aussi bien pour Mars que pour la Terre, et que l'on espère même intégrer dans les programmes de formation des étudiants ; Joséphine Gigon, Yann Foucaud et Caroline Izart ont tous les trois présenté une approche globale des « systèmes métaux » en démontrant un spectre d'étude scientifique en cours allant de l'exploration jusqu'à la valorisation des métaux ; Luc Scholtès a présenté les recherches communes aujourd'hui engagées sur la modélisation numérique de la fracturation ; Guillaume Echevarria et Yann Gunzburger ont parlé des gisements du futur et des enjeux de leur exploration ; Anne Blanchart a terminé cette prospective par une présentation flash de ses travaux sur la prise en compte de la « ressource sol » dans les projets urbains. L'introduction et les conclusions proposées par Anne-Sylvie André-Mayer ont fourni un fil rouge à cette restitution très dense, et ont démontré la vitalité et la diversité des travaux menés au sein d'OTELo autour de ce vaste thème.

RESSOURCES



Les représentants des doctorants élus au conseil étaient chargés d'organiser les animations ayant eu lieu le jeudi en fin de journée. L'ensemble des participants répartis en 9 équipes portant les noms de mouffette, moule zébrée, fennec, porc-épic, loutre, choucas, axolotl, polatouche et opossum ont ainsi participé aux trois activités ludiques proposées : le photo-mime ; le Picti-nary et le mölkkky. Nombreux sont ceux qui garderont en mémoire de bons moments de fou rire lorsqu'ils ont tenté de faire deviner ou de deviner le phénomène de subduction, une excursion de terrain sous la pluie ou encore les dinosaures de Jurassic Park.

Ces deux jours se sont terminés par les activités proposées par le golf de Pulnoy, à savoir le foot golf, une initiation au golf pour les débutants ou une partie de golf sur le parcours pour les licenciés.

De gauche à droite : Gabriel Godefroy, Séverine Lopez, Lionel Vacher et Florian Lemmel

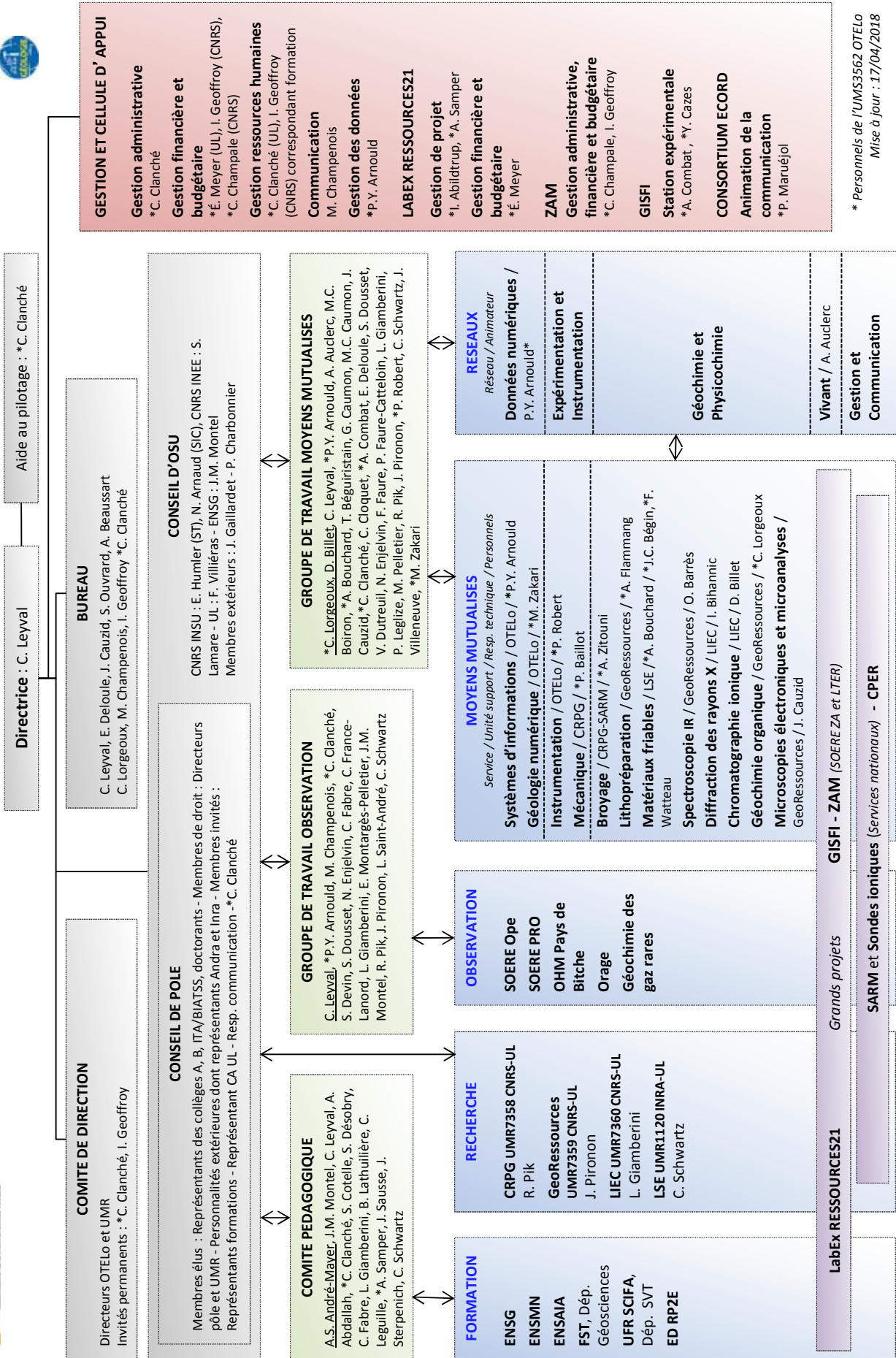


ORGANIGRAMME



OBSERVATOIRE TERRE ET ENVIRONNEMENT DE LORRAINE

Observatoire des Sciences de l'Univers CNRS-UL - Pôle Scientifique de l'Université de Lorraine - Unité Mixte de Service UMS 3562 CNRS-UL



LE PROJET DU CRPG

Le CRPG (Centre de Recherches Pétrographiques et Géochimiques) est un laboratoire de géologie, fortement ancré dans la recherche fondamentale, avec des orientations scientifiques larges sur la formation du système solaire et le fonctionnement de la Terre depuis sa formation jusqu'à l'anthropocène. Ce positionnement scientifique est mis en application par des approches couplant géochimie, pétrologie, géologie de terrain et expérimentation. Une grande partie de notre recherche repose sur la mise en œuvre de moyens analytiques importants en géochimie et en expérimentation analogique, ainsi que sur l'animation de deux services nationaux d'analyses de l'INSU. Le CRPG en 2016 comprend 25 chercheurs (EC, C, IR), 31 ITA et une vingtaine de doctorants et postdoctorants. Les chercheurs relèvent des sections 18 et 30 du CoNRS, ainsi que 35 et 36 du CNU. Le laboratoire est rattaché au domaine «Terre Solide» (TS) de l'INSU. Au plan structurel, le CRPG est une unité mixte de recherche (UMR 7358) de l'Université de Lorraine et du CNRS qui fait parti de l'OSU - Pôle Scientifique OTELo.

La diversité des questionnements et intérêts scientifiques sert de support à l'organisation et à la structuration de la recherche autour de quatre grands thèmes qui assurent l'animation et déterminent les choix et orientations scientifiques de l'Unité : Formation et Évolution du Système Solaire & des Planètes (FSP); Magmas & Fluides Profonds (MFP) ; Tectonique, Érosion & Évolution des Reliefs (TEER) ; Cycles, Atmosphère & Climats (CYCLA).

Sur la période écoulée notre activité de recherche a permis la publication de 401 articles, dont 270 pour 2013-2016 avec la géométrie de l'unité actuelle.

L'activité moyenne de publication des chercheurs du CRPG sur cette période a été très bonne avec un taux moyen de 4,2 pub/ETPR/an. 70 % de ces articles ont été publiés dans des revues avec un Impact Factor > 3, dont 32 dans les revues prestigieuses généralistes à impact factor supérieur à 10 (Nature, Science, PNAS, Nature Geosciences).

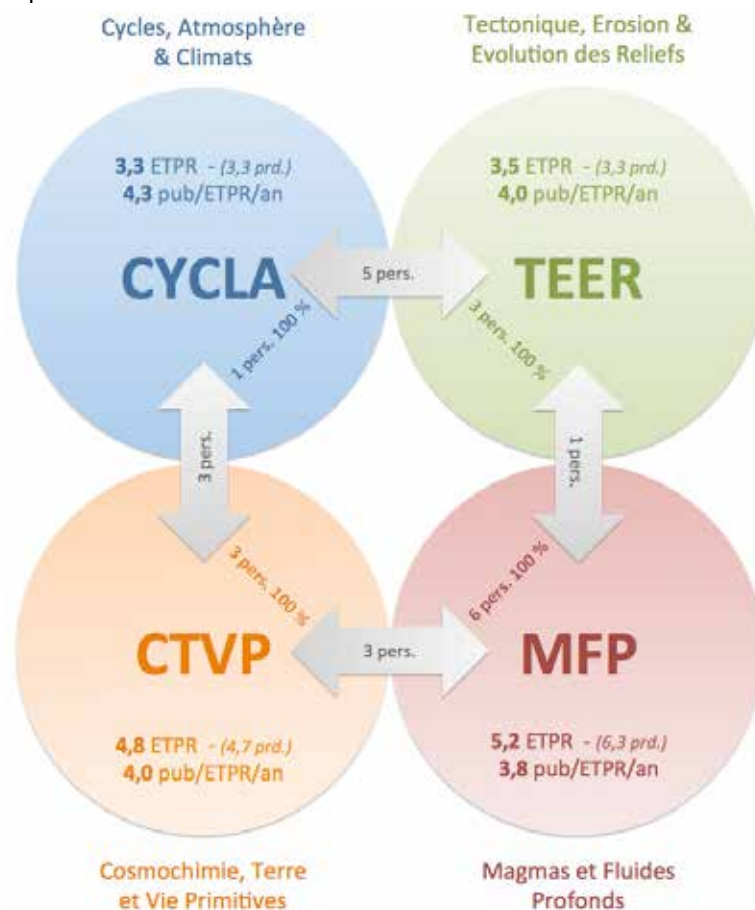
Le taux de succès du financement des projets de recherche (ERC, ANR), l'implication des chercheurs dans les sociétés savantes et les grands projets internationaux, représentent une reconnaissance de la qualité de la recherche académique menée par l'unité.

Le dynamisme individuel des chercheurs permet d'être confiant et d'aborder la prochaine période d'activité de l'unité sereinement. La montée en puissance de la jeune génération est notamment en train de faire prendre un virage générationnel à l'unité de recherche. La distribution des âges est par contre inquiétante dans le fait que, si elle montre une très bonne relève de la génération des trentenaires, elle montre aussi un déficit significatif de chercheurs quadragénaires. En ce qui concerne les ITA du CRPG 70% ont moins de 50 ans. Dans cette période ou les possibilités des tutelles sur l'emploi IT sont

de plus en plus contraintes, ceci constitue un point très positif pour la continuité du positionnement de l'unité et de notre activité analytique sur les prochaines contractualisations.

Le parc analytique exceptionnel de l'unité constitue donc (dans le bilan et le projet) un des piliers de notre stratégie et de notre politique scientifique au travers de la mise en œuvre des plateformes analytiques et expérimentales.

Comme par le passé l'activité de l'unité va s'appuyer sur un certain nombre de grands projets de recherche et d'équipement (ERC, ANR, CPER). La recherche menée par le CRPG se positionne majoritairement sur un créneau fondamental très en amont des items de la SNR (Stratégie Nationale de la Recherche). Si ces items peuvent plus ou moins bien correspondre à l'activité de recherche des autres UMRs d'OTELo, ceci est un danger potentiel pour la pérennité de notre activité scientifique et de son financement, tant (i) au niveau national où l'ANR ne nous ouvre qu'un programme blanc en constante régression, et (ii) au niveau local où l'accent est aussi mis par l'Université de Lorraine sur les objectifs et défis de la SNR, ainsi que sur le transfert d'innovations vers l'entreprise et l'emploi. Dans le cadre de cette prochaine contractualisation, Il nous semble important de sensibiliser les tutelles (notamment dans le cadre du projet I-SITE Lorraine Université d'Excellence) à la nécessité de reconnaître et soutenir la recherche fondamentale amont à fort rayonnement international des unités de recherches comme le CRPG.



Représentation des 4 thèmes scientifiques du CRPG, et résumé de leur bilan de publication très homogène, de leur poids respectif en potentiel humain en 2016, ainsi que de leurs interactions et partage de compétences disciplinaires.

LE PROJET DE GEORESSOURCES

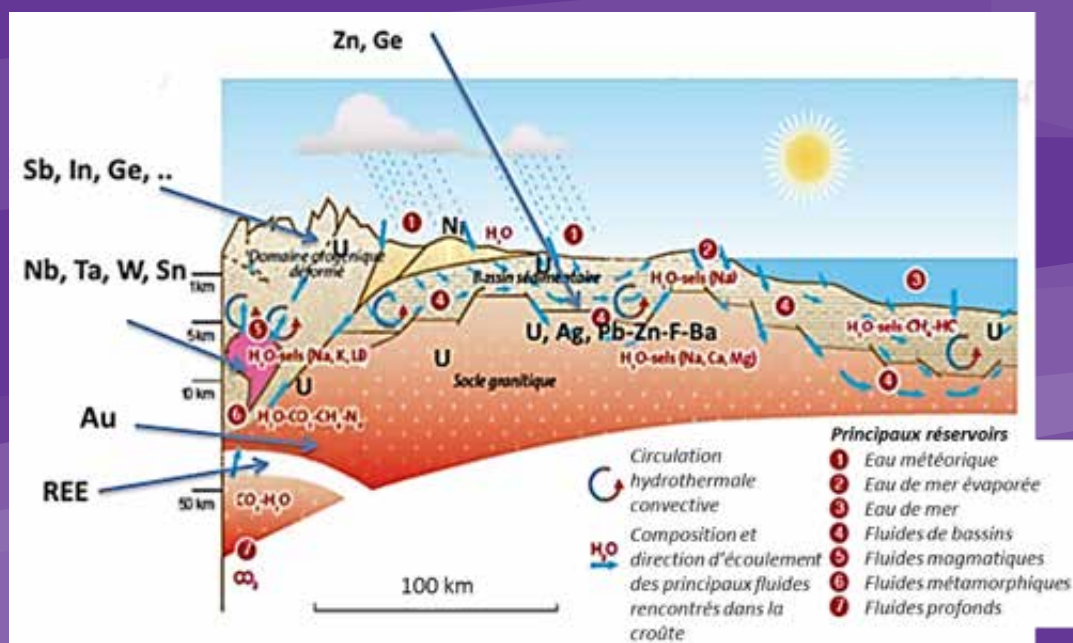
GeoRessources est un laboratoire de l'Université de Lorraine et du CNRS, qui est rattaché à l'INSU et secondairement à l'INSIS et qui contribue à l'animation du pôle scientifique OTELo de l'Université de Lorraine. Il a été créé au 1er janvier 2013 à partir de la fusion d'équipes de recherche en Géologie Appliquée. L'UMR GeoRessources est membre de l'OSU OTELo, de l'Institut Carnot ICEEL, du labex Ressources21, du pôle de compétitivité AVENIA, du GDR Prométhée, du GIS Géodénergies, de la KIC Raw Materials et anime le projet DEEPSURF de l'Université de Lorraine d'Excellence ainsi que le projet Extra&Co labellisé dans le cadre du PIA/Carnot. L'UMR GeoRessources s'appuie sur deux centres de transferts, l'ASGA et le CREGU (AREVA-TOTAL), qui facilitent les relations avec nos partenaires industriels. Nous avons également des liens forts avec les EPIC au travers, par exemple, de l'antenne régionale de l'INERIS qui est hébergée dans les locaux de GeoRessources du site ARTEM, et le pilotage de l'accord cadre UL-ANDRA.

L'UMR GeoRessources se décline en 3 axes de recherche à l'identique du précédent contrat quinquennal. L'axe GéoModèles regroupe 2 équipes thématiques intitulées « Géologie Numérique Intégrative » et « Hydrogéomécanique multi-échelles ». L'axe Matières Premières est composé de 3 équipes thématiques sur les « Ressources carbonées », les « Ressources minérales » et la « Valorisation des ressources et des résidus ». Enfin, l'axe GéoSystèmes, relatif à l'usage anthropique des environnements géologiques, est décliné en 2 équipes thématiques sur les « Stockages géologiques et la géothermie » et sur les « Géomatériaux, Ouvrages et Risques ».

Les ressources minérales, comme énergétiques, offrent la possibilité d'étudier des mécanismes physiques et chimiques

de transferts de matière et de chaleur exacerbés combinant de nombreuses sous-disciplines des sciences de la Terre : géologie physique, hydromécanique, géochimie, minéralurgie, pétrophysique, cristallographie, mathématiques appliquées. Ce large spectre de champs disciplinaires abordés à GeoRessources confère à ce laboratoire une forte diversité d'approches et de cultures, qui se traduit par de très nombreuses collaborations nationales et internationales, en partenariats académiques ou industriels. Ces concentrations de matière offrent souvent des relevés mais aussi des échantillonnages abondants et de qualité permettant d'avoir une excellente description spatiale à différentes échelles, du micromètre au kilomètre. Ces phénomènes nous interrogent afin de :

- Mieux contraindre le cycle des éléments et leurs cycles de vie (métaux, carbone, hydrogène, soufre) pour un projet minier durable et l'accompagnement de la transition énergétique (nouveaux gisements à basse teneur, nouveaux traceurs, procédés de valorisation à faible consommation d'énergie et de matière non renouvelable, énergie fossile à faible émission de CO₂...)
- Intégrer histoire et processus, afin de quantifier les flux de matière et de chaleur, de préciser leur contexte géodynamique, de relier fluides et déformation à toutes échelles et d'évaluer la réponse des roches et des matériaux soumis à des sollicitations chimiques et thermiques...
- Gérer les incertitudes par la prise en compte des interfaces et des discontinuités dans le temps et l'espace. Comment les caractériser et les intégrer dans l'évaluation des risques en interaction avec les enjeux de société ?



Les différents type de gisements ciblés de GeoRessources dans la lithosphère et leurs relations avec de grands réservoirs de fluides (modifié d'après Cathelineau et al., 2010).

LE PROJET DU LIEC

Depuis sa création en 2013, le LIEC réunit une grande partie des forces lorraines en physicochimie environnementale, en biogéochimie des sols et en écotoxicologie intégrative autour d'un objectif commun : « Comprendre et modéliser des écosystèmes continentaux fortement anthropisés ». Sur la période 2018-2022, le projet scientifique du LIEC s'inscrit dans la continuité de cette thématique fondatrice avec une accentuation de l'approche interdisciplinaire des processus écologiques et biogéochimiques depuis l'échelle colloïdale jusqu'à celle d'un bassin versant.

Les actions managériales du LIEC sont constamment guidées par la volonté de rapprocher et métiliser les disciplines de base des trois unités fondatrices grâce à une organisation scientifique et technique et une animation pluridisciplinaire visant à confronter les savoirs, à métiliser les approches méthodologiques et à stimuler l'émergence de projets de recherche interdisciplinaires.

Aujourd'hui, les thématiques scientifiques du LIEC sont structurées autour de cinq équipes avec une identité disciplinaire plus affirmée autour de la biogéochimie, la physico-chimie, la microbiologie, l'(éco)toxicologie et l'écologie : (i) CyBLE Cycles Biogéochimiques dans les Écosystèmes perturbés, (ii) PhysI Physico-chimie et Réactivité des Surfaces et Interfaces (iii) EMMA Écologie Microbienne des Milieux Anthropisés, (iv) TEV Toxicologie de l'Environnement, (v) ECoSe Écologie du Stress.

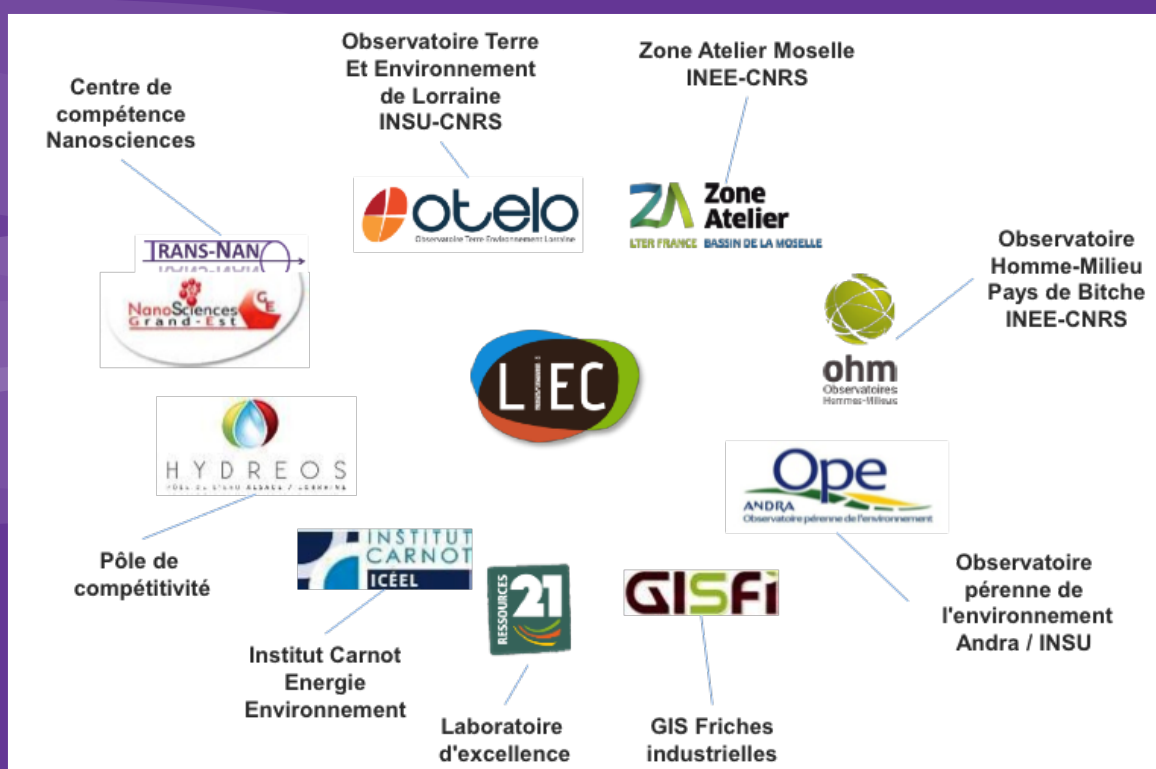
Leurs contours thématiques conservent, néanmoins, un caractère pluri-disciplinaire en lien avec des grands défis sociétaux, comme l'impact éco-toxicologie des ressources

minérales et énergétiques, l'anthropisation des sols et cours d'eau, l'évolution des paysages et des écosystèmes perturbés...

L'appui technique à la recherche est organisé en quatre pôles de compétence mutualisés pour soutenir efficacement l'ensemble des projets pluri-disciplinaires des équipes de recherche : Chimie, Vivant, Physico-chimie et Observation-Terrain. Ils ont pour objectif d'assurer la pérennisation des moyens techniques et expérimentaux existants mais aussi d'aider à la maturation anticipée de concepts techniques novateurs (EcoScope « Rivières artificielles », microspectroscopies in vivo, biotests, monitoring écologique par drone ...) afin de faciliter le déploiement de futures pistes de recherche innovantes et stratégiques.

Pour stimuler l'émergence de projets de recherche novateurs entre équipes, l'animation scientifique et technique interdisciplinaire repose sur un axe transéquipe. Sa mission est de renforcer la mixité des disciplines scientifiques au sein du laboratoire et d'accompagner la maturation de projets ou thématiques novatrices. Cet axe est garant d'une politique scientifique interdisciplinaire ambitieuse et durable au sein du LIEC.

Enfin, le déploiement de toutes les problématiques scientifiques et techniques du LIEC s'intègre naturellement dans les champs applicatifs construits autour des dispositifs ateliers et observation labélisés par l'INSU ou l'INEE (Zone Atelier Moselle, OHM Pays de Bitche, GisFI) et des Instituts Carnot auxquels les personnels du LIEC participent activement.



LE PROJET DU LSE

La stratégie scientifique du LSE répond aux questions posées par les pressions anthropiques majeures qui s'exercent sur la ressource en sols. En effet, des sols très anthropisés aux caractéristiques « extrêmes » (Technosols, Soils of Urban, Industrial, Traffic, Mining and Military Areas - Suitma) apparaissent en lien avec une anthropisation galopante. Il en résulte une place croissante prise par des milieux à fortes contraintes pour les organismes vivants, dont en particulier les végétaux. De grands enjeux environnementaux auxquels les milieux anthropisés doivent faire face (e.g. qualité des milieux, approvisionnement en biomasse, régulation du climat local, maintien de la biodiversité) découlent de ce constat. En résulte le nécessaire développement (i) de méthodes et d'outils de diagnostic de l'état des milieux très anthropisés et de leurs sols fondées sur la connaissance de leur fonctionnement et de leur évolution et (ii) d'une agronomie des milieux très anthropisés et des milieux extrêmes. Le caractère finalisé des recherches menées par le LSE appelle également le développement de procédés de traitement et/ou de valorisation des milieux très anthropisés basés sur les concepts du génie écologique (e.g. génies pédologique et végétal respectivement déclinés en construction de sol, et en phytoremédiation/agromine). L'objectif ultime est ainsi de disposer de sols fonctionnels capables de rendre des services écosystémiques (approvisionnement, régulation, culturels).

Du point de vue de sa stratégie scientifique, Le LSE s'était fixé deux objectifs principaux, bases de son projet 2013-2017 : i) comprendre et modéliser le fonctionnement et l'évolution des sols très anthropisés, avec un intérêt particulier pour les Technosols, notamment ceux issus de la construction pour la restauration des écosystèmes dégradés et ii) comprendre et modéliser le fonctionnement des systèmes sols-plantes d'intérêt pour le traitement des milieux pollués et dégradés, en focalisant sur la phytoextraction des métaux et la rhizoatténuation des polluants organiques. Les recherches prévues dans le projet construit pour le quinquennal 2018-2022 se positionnent dans la continuité des travaux menés depuis la création de l'unité. La principale actualisation réside dans une prise en compte accrue des services écosystémiques potentiellement rendus par les Suitma (avec un accent mis sur l'approvisionnement en biomasses à vocation alimentaire - agriculture urbaine - et à vocation non alimentaire - fibres,

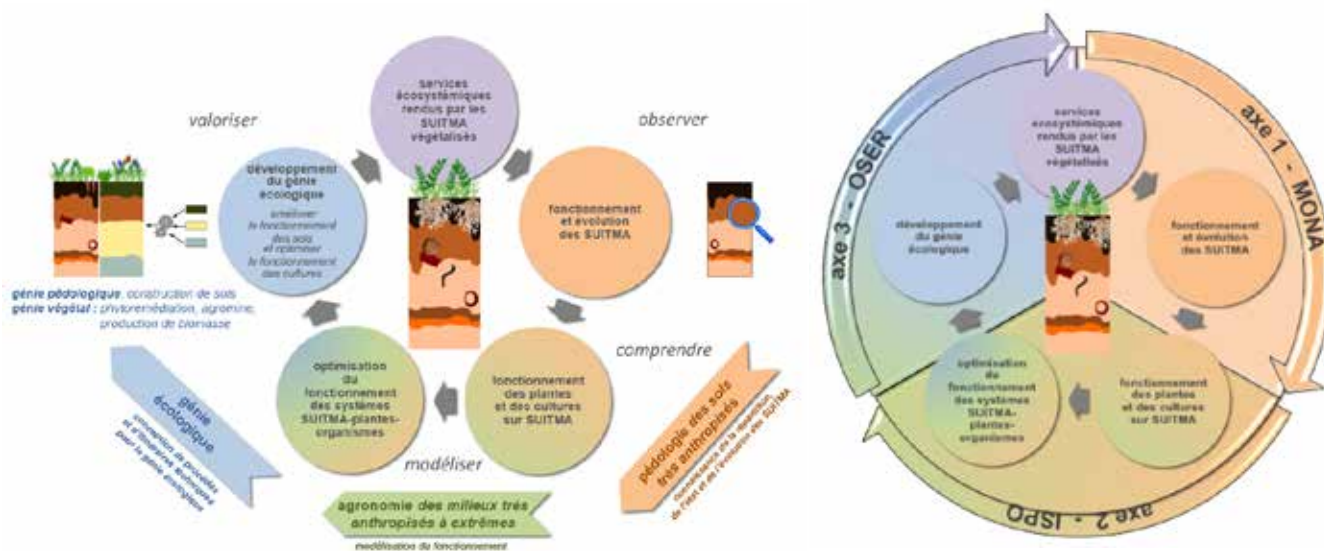
métaux, énergie) et dans une contribution plus marquée au développement d'agrosystèmes spécifiques pour la gestion et la restauration des sites et sols dégradés à extrêmes. Les travaux étaient jusqu'à présent menés par deux équipes, à ancrages disciplinaires ciblés en pédologie (Technosols) et en agronomie (Phytoremédiation) des milieux anthropisés. Le projet 2018-2022 voit ces deux équipes fusionner au sein d'un collectif de recherche unique et multidisciplinaire qui contribuera aux avancées de 3 axes thématiques de recherche :

axe 1 - Dynamique dans les Suitma, des constituants Minéraux et Organiques d'origines Naturelle et Anthropique (MONA)

axe 2 - Interactions fertilité / multicontamination dans les Suitma et fonctionnement des Plantes et des Organismes (ISPO)

axe 3 - Quantification et Optimisation de Services Ecosystémiques Rendus par les systèmes Suitma-cultures-organismes (OSER)

Pour les 5 années à venir, le LSE confirme son fort intérêt pour le partenariat établi avec l'Inra et l'Université de Lorraine, dans le secteur de l'ingénierie agronomique, avec le Pôle OTELo qui constitue son rattachement scientifique local dans le domaine des géosciences appliquées à l'environnement et au sein de l'Institut Carnot ICEEL. Les choix et les investissements thématiques de l'unité ne peuvent être limités à seulement deux voire trois contrats, eu égard aux enjeux soulevés par les besoins de connaissance et de gestion des milieux à fortes contraintes et des sols très anthropisés, à grande échelle. La stratégie scientifique du LSE ne peut aussi être développée en dehors de l'établissement de partenariats scientifiques et technologiques solides. Le projet scientifique du LSE s'attache alors à poursuivre une activité de recherche ancrée dans la dynamique collective du Pôle OTELo et du Département Environnement et Agronomie de l'Inra, en confirmant son insertion active dans des grands projets (en particulier Gisfi, LabEx R21, I-Site LUE, métaprogramme Inra-Ecoserv, Observatoires). Les travaux seront menés au sein d'un réseau de collaborations nationales bien établies et entretenues depuis deux décennies. L'investissement international du LSE, qui est Laboratoire International Associé (LIA Ecoland) depuis décembre 2015, sera encore amplifié.



Projet 2018-2022 du LSE - stratégie scientifique et insertion des axes de recherche

AVANCEMENT DES PROJETS INTERDISCIPLINAIRES 2015

MISE AU POINT D'UNE MÉTHODOLOGIE D'ÉVALUATION DES STOCKS DE CARBONE ORGANIQUE DES SOLS DE SITES DÉLAISSÉS LORRAINS

Porteurs : Alexis de JUNET, Coralie BIACHE, Florence MAUNOURY-DANGER Florence, Pierre LEGLIZE, Stéphanie OUVRARD et Geoffroy SERE

UMR : LSE et LIEC

Montant du financement OTELo : 9 990 €

Résumé :

Les Matières Organiques des Sols (MOS) sont un des facteurs clés dans le fonctionnement d'un sol. L'évaluation de la re-fonctionnalisation de sols de sites industriels délaissés passe donc par une bonne connaissance des stocks et de la dynamique de ces MOS. Les deux principaux objectifs du projet étaient de :

- mettre en place une méthodologie adaptée pour l'analyse des MOS de sites délaissés ;
- réaliser une première typologie sur la qualité et la quantité des MOS de sites délaissés.

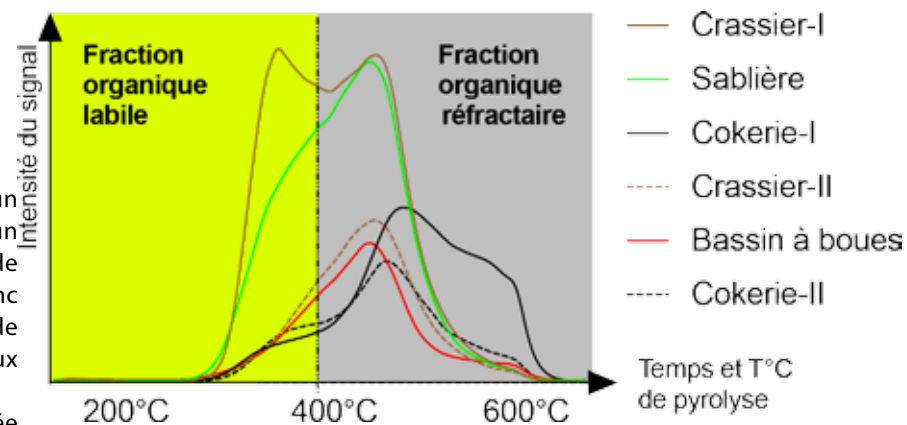
Neuf sites ont été étudiés avec quatre historiques d'usage différents : une sablière, trois crassiers, trois bassins à boues de hauts fourneaux et deux cokeries, pour un total de 80 échantillons. Les sols ont été prélevés sur 30 cm de profondeurs dans les bassins à boue et la sablière et sur 10 cm (épaisseur limite) pour les sols de cokerie et de crassiers. Nous nous appuyons sur des méthodes de quantification des MOS et du COT (CHN, COT-mètre, perte au feu à 450 °C), ainsi que des méthodes de détermination de la labilité (Evolved Gas Analysis [EGA] et pyrolyse Rock-Eval) et de la nature des MOS (palynofaciès quantitatifs et pétrographie organique).

Résultats scientifiques obtenus :

Les premiers résultats montrent que le temps de chauffe habituellement utilisé pour la perte au feu (8 h) n'est pas adapté pour tous les types de sols délaissés, et notamment les cokeries (> 100 h nécessaires). Le rapport MOS/COT varie de 1,2 à 8,8 pour ces sols (contre 1,7 à 2 pour les sols forestiers et agricoles). Dans le cas des sols délaissés, il n'est donc pas pertinent d'utiliser un de ces paramètres pour extrapoler l'autre.

Les stocks de C pour le sol de la sablière sont homogènes avec des valeurs comprises entre 6 et 10 kgC m⁻². Les sols de crassiers analysés possèdent des stocks de C hétérogènes mais qui sont toujours les plus faibles de notre gamme de sites (< 5 kgC m⁻²). Les sols de bassins à boues et de cokeries ont également des stocks en C très hétérogènes,

avec respectivement 3 à 12 kgC m⁻² et 2 à 40 kgC m⁻². Les résultats des analyses thermiques EGA et Rock-



Eval (Figure ci-dessus), réalisées sur onze échantillons sélectionnés sur les neuf sites, sont très proches. Deux principaux résultats sont à noter dans ce début de typologie des MOS de sites délaissés :

- les MOS présentes dans le sol de la sablière (sol forestier non contaminé) ont une plus grande labilité que la majorité des MOS retrouvées dans les autres types de sites délaissés. Par exemple, la fraction organique labile, qui peut être assimilée à la fraction facilement dégradable, représente 30% de la fraction organique dans la sablière contre seulement 15-20% dans les bassins à boues.
- la dynamique des MOS est contrastée pour les autres types de sites délaissés étudiés. Par exemple pour les sols de crassiers, 50% de la fraction organique peut être considérée comme labile pour deux sites (Crassiers-I) contre seulement 20% pour le 3^{ème} site (Crassiers-II). Dans les sols de cokeries, la fraction labile est beaucoup plus faible que celle des sols des autres sites délaissés, mais elle varie du simple au double pour atteindre moins de 10% de la fraction organique (Cokerie-II).

Valorisation du projet (publications, conférences, ...) :

- HAMON Etienne – Aout 2017 - Rapport de Master 2 DRIME Université Savoie Mont-Blanc
- BOURON Arthur – Juin 2017 - Rapport de Licence 3 STE Université de Lorraine
- Poster au 4^{ème} congrès du RESeau Matière Organique (4-7 Février 2018 à Trégastel)

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

TRAITS FONCTIONNELS DES MICROORGANISMES ET CYCLE DU CARBONE DANS LES SOLS MULTICONTAMINÉS - TRAIMIC

Porteurs : Aurélie CEBRON

UMR : LIEC

Montant du financement OTELo : 7 500 €

Résumé :

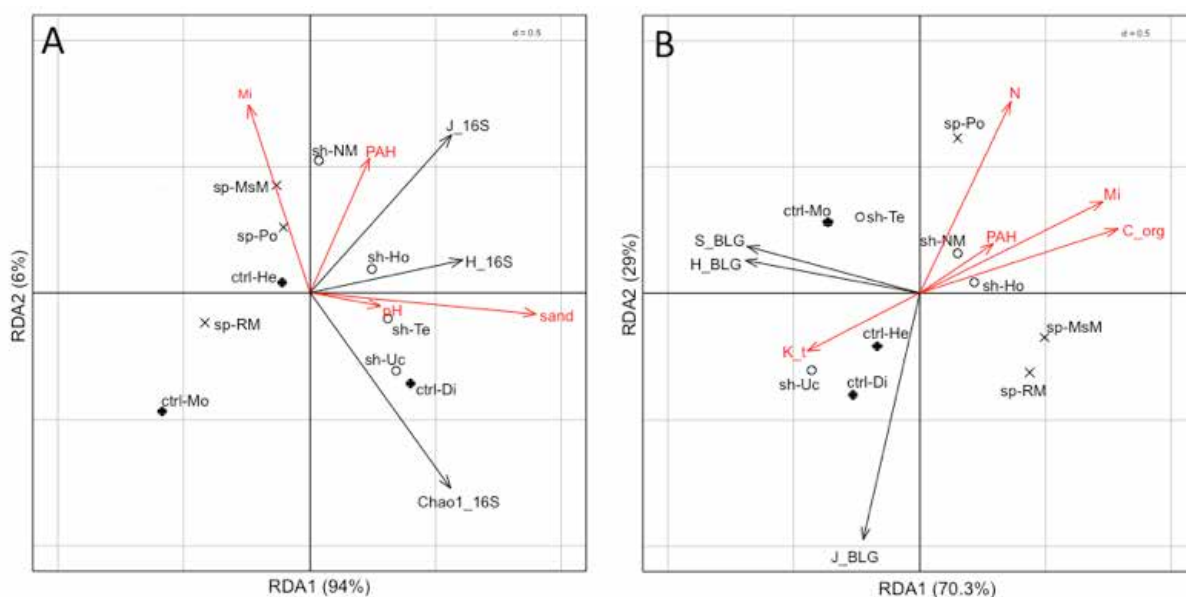
La biodiversité peut être décrite selon une approche taxonomique et une approche fonctionnelle. La 1^{ère} décrit de manière exhaustive l'ensemble des espèces présentes et la 2^{ème} regroupe les individus selon leurs propriétés fonctionnelles décrites par des marqueurs (traits) facilement observables ou mesurables. Nous avons proposé de combiner ces deux approches pour décrire les réponses des communautés de 10 sols présentant un gradient d'anthropisation (pollution en éléments trace métallique, ETM et hydrocarbures aromatiques polycycliques, HAP). Les objectifs du projet étaient : 1) d'initier la constitution d'une base de donnée taxonomique et de traits pour les sols anthropisés ; 2) d'utiliser la technique de Stable Isotope Probing (SIP) pour établir les liens directs entre diversité taxonomique et deux fonctions microbiennes.

Résultats scientifiques obtenus :

Sur 10 sols présentant des taux de contamination contrastés nous avons acquis des données : 1) de diversité métabolique en étudiant le taux de biodégradation de 62 substrats organiques (carbohydrates, acides aminés, acides phénoliques, acides organiques, HAP et macromolécules, en plaques Biolog®) ; et 2) de diversité taxonomique des communautés bactérienne et fongique par séquençage haut débit (Illumina, MiSeq) des ADNr 16S et 18S. Ces deux jeux de données sont complétés par des données de traits physiologiques et morphologiques (oxygen_preference, length, motility, spore_production, pH_range_&_optimum, temperature_range_&_optimum, NaCl_range_&

optimum, pigment_production, cell_shape) rassemblés à partir d'une base de données récemment rendue publique (Barberan *et al.* 2017) mais qui nécessite un codage flou des attributs des différents traits pour pouvoir être utilisée pour notre application. Les deux premiers jeux de données ont permis d'établir des liens entre les paramètres des sols (propriétés physico-chimiques et teneurs en polluants) et les diversités taxonomique et métabolique (Lemmel *et al.* soumis ; Figure ci-dessous). La teneur en HAP est positivement corrélée à l'abondance de quelques taxons bactériens mais n'influence pas la diversité métabolique. La présence d'ETM diminue la diversité métabolique, mais permet le développement d'une communauté plus tolérante aux métaux. La texture et la teneur en azote des sols influencent également ces diversités. Enfin, l'analyse des liens entre la diversité taxonomique et la base de donnée de traits physiologiques/morphologiques est actuellement en cours.

Nous avons également utilisé la technique SIP, qui permet grâce à l'emploi d'un substrat marqué au ¹³C de faire le lien entre diversité et fonction de biodégradation (Cébron *et al.* 2011). Nous avons testé 2 substrats carbonés, l'un d'origine anthropique (phénanthrène, HAP modèle) et l'autre d'origine naturelle (cellulose). Nous avons montré que le phénanthrène est biodégradé significativement dans les 10 sols, par contre la cellulose n'est pas dégradée dans 2 sols qui étaient d'anciens crassiers. Les ADN marqués au ¹³C ont été extraits et séparés en gradient de Chlorure de césium par ultracentrifugation. A partir de ces ADN nous avons préparé des banques d'ADNr 16S et 18S pour le séquençage (en cours) afin d'obtenir la diversité bactérienne et fongique des organismes impliqués dans la biodégradation des deux substrats. Nous pourrions alors amender notre base de données en ajoutant de



Analyse de redondance (RDA) des indices de diversité taxonomique bactérienne (A), et de diversité métabolique (B), contrainte par les caractéristiques des sols. Pour chaque RDA, les variables explicatives qui expliquent le mieux la variation des indices de diversité (variables de réponse) ont été retenues ? par sélection rétrospective. Les variables explicatives et de réponse sont respectivement en rouge et en noir. Abréviations des variables explicatives: N: azote total; C_org: carbone organique total; Mi: indice de pollution des métaux; PAH: somme de 16 HAP réglementaires; K_t: potassium total; sable: proportion de la fraction sableuse. Abréviations des variables de réponse: S: richesse spécifique; Chao1: indice Chao1 de richesse extrapolée; H: indice de diversité de Shannon; J: indice d'équité de Pielou; 16S: indices pour diversité taxonomique bactérienne; BLG: indices pour la diversité métabolique acquise par la méthode Biolog. (Extrait de Lemmel *et al.* soumis)

l'information sur les traits phenanthrene_degradation et cellulose_degradation aux taxons identifiés.

Valorisation du projet (publications, conférences, ...) :

Publication :

- Lemmel F, Maunoury-Danger F, Fanesi A, Leyval C, Cébron A. Soil properties and multi-pollution affect taxonomic and functional bacterial diversity in a range of soils displaying an anthropisation gradient. Soumis à Soil Biology and Biochemistry.

Conférences :

- Lemmel F, Maunoury-Danger F, Leyval C, Cébron A (2017) Impact d'une multi pollution historique du sol sur

la diversité fonctionnelle des communautés microbiennes. Communication orale. VIIIème Colloque AFEM. Camaret-sur-Mer, France. 17-20 Octobre.

- Lemmel F, Maunoury-Danger F, Leyval C, Cébron A (2017) Diversity and functions of microbial communities in historically multi-contaminated soils. Communication orale. Ecotoxicologic 1st International Conference on Microbial Ecotoxicology. Lyon, France. 21-24 Novembre.

Autre(s) subvention(s) obtenue(s) : projet EC2CO EcoBioS (F. Maunoury-Danger) – 2017-2018

EFFET DES CHAMPIGNONS ENDOPHYTES SUR LE POTENTIEL DE PHYTOEXTRACTION DE *NOCCAEA CAERULESCENS* (ENDO-EXTRACT)

Porteurs : Catherine SIRGUEY et Damien BLAUDEZ

UMR : LIEC - LSE

Montant du financement OTELo : 7 100 €

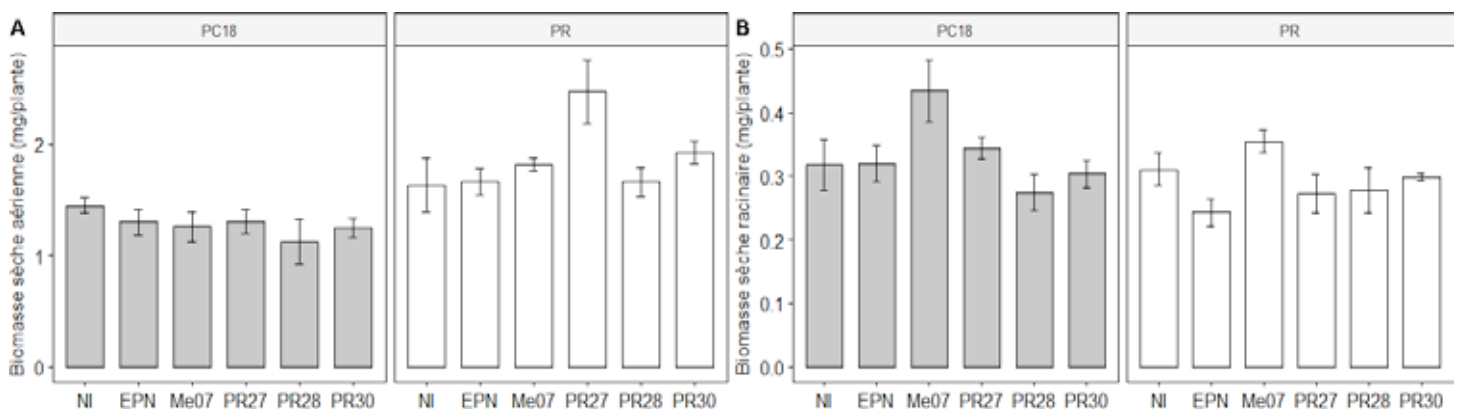
Résumé :

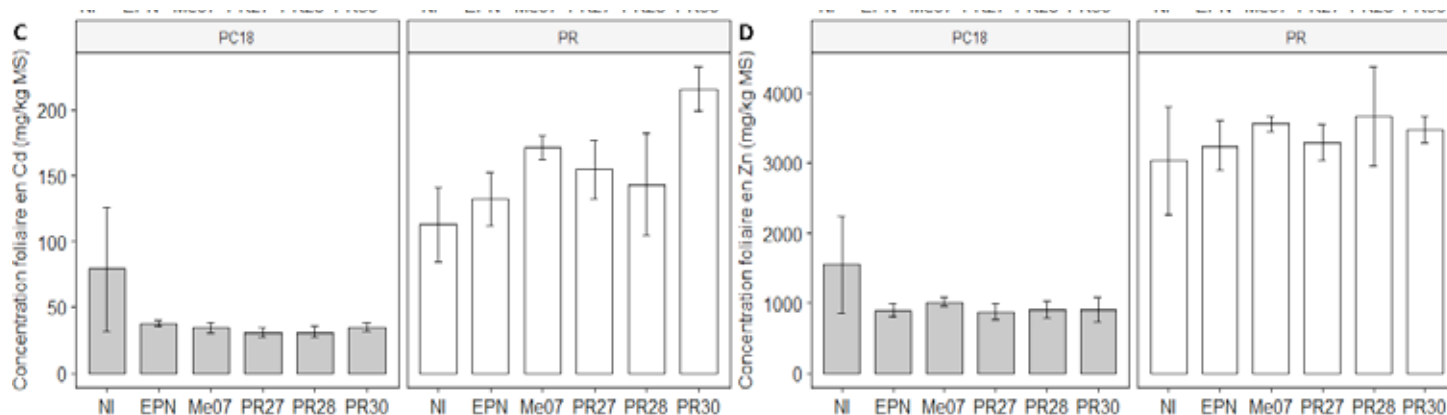
Noccaea caerulea, hyperaccumulateur de Cd, Ni et Zn, apparaît comme l'un des meilleurs candidats pour la phytoremédiation des sols contaminés par des éléments traces métalliques (ETM). Toutefois, son utilisation reste limitée par sa faible vitesse de croissance et une production de biomasse limitée. L'inoculation des plantes par des champignons endophytes pourrait permettre un meilleur développement en conditions de stress à la fois par des effets directs (sécrétion de phytohormones, sidérophores ou d'enzymes) et indirects (résistance aux pathogènes) et ainsi améliorer le potentiel de phytoextraction. Toutefois, très peu de tests ont été menés à ce jour avec des plantes hyperaccumulatrices. Afin d'évaluer ce potentiel, des campagnes de prélèvement de plants de *N. caerulea* ont été réalisées en 2016 et 2017 afin d'identifier la microflore fongique endophyte associée à cette plante. En parallèle, des souches de champignons endophytes de type DSE promoteurs de la croissance ont été évaluées pour leur potentiel dans l'amélioration de la phytoextraction de Cd et Zn de sols contaminés.

Résultats scientifiques obtenus :

Les populations françaises de *N. caerulea* sont représentées par les types édaphiques calaminaire (CAL) à fortes teneurs en Cd, Pb et Zn, serpentinique (SER) à fortes teneurs en Ni et non métallifère (NMET). D'après Gonneau *et al.* 2017, l'ensemble des populations françaises se répartit en trois unités génétiques neutres : les Cévennes (SU1), les Pyrénées et le Massif Central (SU2) et les Vosges et le Jura (SU3). Dans le cadre du stage de master 1 de Nicolas Maurice, deux campagnes de prélèvements de plantes avec le sol rhizosphérique adhérent ont été effectuées dans trois stations SU3 vosgiennes (deux NMET et une SER) et trois stations SU1 cévenoles (deux CAL et une NMET). Les échantillons de racines et de feuilles ont été utilisés afin d'isoler des souches fongiques endophytes. Une collection de 160 souches a ainsi pu être réalisée. L'identification moléculaire des souches a permis de constater que la majorité des endophytes appartiennent aux Ascomycètes et qu'en général une dizaine d'espèces différentes co-habitent dans un même type de tissu de cette plante hyperaccumulatrice. D'autres analyses sont en cours afin de vérifier si le type édaphique et/ou le groupe génétique de l'espèce influencent les communautés endophytiques (stage M2 A. Azou-Barré).

En parallèle, cinq souches endophytes de type DSE de référence (EPN, Me07, PR27, PR28 et PR30 ; Berthelot et





Effet de l'inoculation par des souches de champignons endophytes de type DSE de référence (EPN, Me07, PR27, PR28 et PR30) sur la production de biomasse sèche aérienne (A) et racinaire (B) et la concentration foliaire (C) et racinaire (D) en Cd chez *Noccaea caerulea* cultivé sur deux sols modérément (PC18) et fortement (PR) contaminés en Cd et Zn par des activités anthropiques. Les valeurs moyennes sont présentées avec leur erreur standard.

al. 2016) ont été testées pour leur capacité à promouvoir la croissance et/ou à modifier le transfert des ETM vers les parties aériennes de *N. caerulea* inoculé et cultivé durant trois mois sur deux sols modérément (PC18) et fortement (PR) contaminés en Cd et Zn par des activités anthropiques. Les résultats mettent en évidence une interaction significative entre le sol et les souches. Seule la souche PR27 a eu un effet significatif sur la production de biomasse aérienne sèche et ce uniquement sur le sol PR (Fig. A, page précédente). Concernant la production de biomasse racinaire, aucune souche n'a eu d'effet significatif même si une production 1,5 fois supérieure a été mesurée avec la souche Me07 (Fig. B, page précédente). Sous l'effet de l'inoculation, les concentrations foliaires en Cd et Zn tendent à diminuer dans les plantes cultivées sur PC18 (Fig. C et D, ci-dessus) alors que la teneur en Cd augmente d'un facteur deux en présence de PR30 sur le sol PR (Fig.

C, ci-dessus). Ainsi, le potentiel de phytoextraction du Cd pourrait être amélioré suite à l'inoculation par des souches DSE avec toutefois une réponse souche et sol dépendante. Afin de vérifier cette hypothèse, d'autres combinaisons seront prochainement testées dans le cadre du stage de master 2 d'Antonin Azou-Barré.

Valorisation du projet (publications, conférences, ...)

Deux manuscrits de master M1 et M2 ont été/seront produits et les fruits de ce travail permettront de répondre à d'autres questions plus fines dans le cadre d'autres appels à projets. Les résultats issus de l'expérience en pots font l'objet d'un article en cours de préparation. Une présentation des résultats est prévue dans le cadre de la conférence internationale « Phytotechnologies » qui aura lieu à Novi Sad en octobre 2018.

CHARACTERIZATION OF CONCENTRATED FINE PARTICLE SUSPENSIONS FOR COMPLEX PARTICLE SYSTEMS AND COUPLING WITH COMPLEX ORE BENEFICIATION

Porteurs : Akira OTSUKI, Jean CAUZID

UMR : GeoRessources

Montant du financement OTELo : 6 000 €

Résumé :

Microscopic and macroscopic characterization of particle interaction in concentrated suspensions from direct (imaging) and indirect (scattering, rheology) methodologies, and their linkage establishment with separation performance. This study will facilitate our understanding of complex particle system through the methodological development of complex particle systems, and thus enhance our capability for complex ore beneficiation. Also, providing a better solution for particle dispersion prior to the microscopic observation (optical, electron microscope (SEM, TEM)) would be greatly helpful for a wide range of researchers studying particulate systems.

Résultats scientifiques obtenus :

As a part of the OTELo Multidisciplinaire 2016 and Scientific Mobility program between France and Australia, Dr. Otsuki visited the Australian Centre for Neutron Scattering (previously called Bragg Institute), Australian Nuclear Science and Technology Organisation (ANSTO) from 20th October to 4th November. The main purpose of this visit was to perform experiment with Ultra Small-angle Neutron Scattering (USANS) for his successful proposal 5509, «Rheo-USANS analysis of concentrated fine particle suspensions to investigate particle interactions in different chemical environments to enhance particle processing capacity». The work is a part of collaboration with a beamline scientist onsite, and we have successfully obtain some unique results on concentrated colloidal particle suspensions that we aim at least 1 refereed journal publication, and subsequent beam time applications to extend our work. During this visit, Dr. Otsuki also had a chance to meet other Australian scientists working in the institute, and now

he has been expanding and strengthening our French-Australian collaboration through additional publications. In conclusion, this scientific visit to Australia was very successful, and Dr. Otsuki would like to express his sincere appreciation to this program and mobility scheme and all the people who support his visit. poudre non collée) qui rend le milieu non percolant (ou faiblement).

Valorisation du projet (publications, conférences, ...) :

Akira Otsuki*, Liliana de Campo, Chris Garvey, Christine Rehm. H₂O/D₂O contrast variation for ultra-small-angle neutron scattering to minimize the multiple scattering effects, *in preparation*.

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

Scientific Mobility Program between France and Australia

DÉVELOPPEMENT DU TRAÇAGE GÉOCHIMIQUE ET DE LA DATATION U-TH-PB *IN-SITU* DES COLOMBO-TANTALITES, CASSITÉRITES ET WOLFRAMITES PAR COUPLAGE LA-ICP-MS ET SIMS

Porteurs : Julien MERCADIER¹, Johan VILLENEUVE, Hélène LEGROS¹, Zeying ZHU¹, Christophe CLOQUET², Lev FILIPPOV¹, Etienne DELOULE

UMR : GeoRessources¹ et CRPG²

Montant du financement OTELo : 9 500 €

Résumé : La datation et le traçage géochimique sont des enjeux fondamentaux pour comprendre la formation des gisements de métaux. Cependant, leur datation directe est difficile car i) soit les phases porteuses des métaux ne sont pas datables, ii) soit les minéraux sont de petite taille et/ou zonés et donc difficilement datables via des méthodes globales. Ainsi, afin d'apporter le maximum d'information temporelle et géochimique, les datations et traçage élémentaire doivent donc être couplés sur les minéraux porteurs des métaux et réalisés à petite échelle. Ce projet proposait de développer la datation U-Th-Pb et le traçage géochimique *in-situ* des colombo-tantalites ((Fe, Mn)(Ta, Nb)₂O₆), cassetérites (SnO₂) et wolframites ((Fe, Mn)WO₄), qui sont les principaux minéraux porteurs de Nb, Ta, Sn et W au niveau mondial.

Volet 1 : datation isotopique U-Pb des colombo-tantalites : Les colombo-tantalites ont des compositions chimiques variables avec quatre pôles chimiques définis par leur teneur en Nb, Ta, Mn et Fe. La datation isotopique U-Pb *in-situ* (LA-ICP-MS ou SIMS) de ces phases nécessite la possession de standards isotopiques de référence. Au début du projet, de tels standards n'existaient pas. Un des objectifs du projet a donc été de développer ces standards grâce à l'établissement d'une base de données de minéraux couvrant les différentes compositions chimiques. Ce travail a été réalisé via l'implication de plusieurs groupes de recherche. Une étude initiale par microscopies, microsonde électronique et LA-ICP-MS a permis de sélectionner les minéraux homogènes pour mesure par ID-TIMS. Neuf standards de référence couvrant un large spectre des compositions chimiques des colombo-tantalites ont été obtenus, sur lesquels des tests ont été réalisés avec la SIMS du CRPG. Les résultats démontrent que les colombo-tantalites peuvent être facilement datées par SIMS avec des tailles d'analyse de 20 µm, avec des précisions et erreurs en accord avec les données ID-TIMS. Les calibrations croisées entre les différentes compositions chimiques démontrent des effets de matrice majeurs qui sont directement corrélés au rapport Nb/Ta des échantillons analysés. La corrélation linéaire entre les rapports Ta/(Nb+Ta) et ((²⁰⁶Pb/²³⁸U)SIMS)/(²⁰⁶Pb/²³⁸U)

ID-TIMS) démontre que l'effet de matrice peut être corrigé si la composition chimique est connue.

Volet 2 : tests de datation isotopique U-Pb des wolframites : des premiers tests ont été réalisés pour la datation des wolframites par SIMS. Ces tests ont porté sur la détermination des capacités d'analyse de ce minéral par SIMS et en cas de succès, sur l'établissement d'un potentiel protocole analytique. Plusieurs échantillons de wolframites ont été choisis à partir d'échantillons disponibles à Nancy ou obtenus en collaboration avec d'autres équipes. Ces échantillons couvraient des gammes d'âge et de chimie (Mn/Fe) importantes. Ces premiers résultats ont montré que les wolframites intègrent très peu (< 5 ppm) à pas d'uranium mais du plomb commun dans leur réseau cristallin au cours de leur cristallisation. Différentes conditions analytiques ont été testées pour améliorer les mesures mais les résultats indiquent que la majorité des wolframites testée ne peut être datée de façon précise et juste via SIMS. Quelques échantillons de wolframites de Chine ont néanmoins présenté des caractéristiques d'intérêt (isotopes U et Pb détectables) et de nouvelles analyses sont en cours ou prévues via un financement INSU-CESSUR.

Résultats scientifiques obtenus : - Premier développement au niveau mondial de standards de référence pour la datation isotopiques U-Th-Pb des différents pôles chimiques des colombo-tantalites, qui sont les principaux porteurs de Nb et Ta.
- Etablissement pour la première fois au niveau mondial d'un protocole de datation isotopique U-Pb des colombo-tantalites par SIMS.
- Premiers résultats obtenus au niveau mondial pour la datation des différents pôles chimiques des colombo-tantalites par SIMS.
- Première soumission d'un article sur la datation isotopique U-Pb des colombo-tantalites par SIMS.
- Premiers tests au niveau mondial de la datation isotopique U-Pb des wolframites.

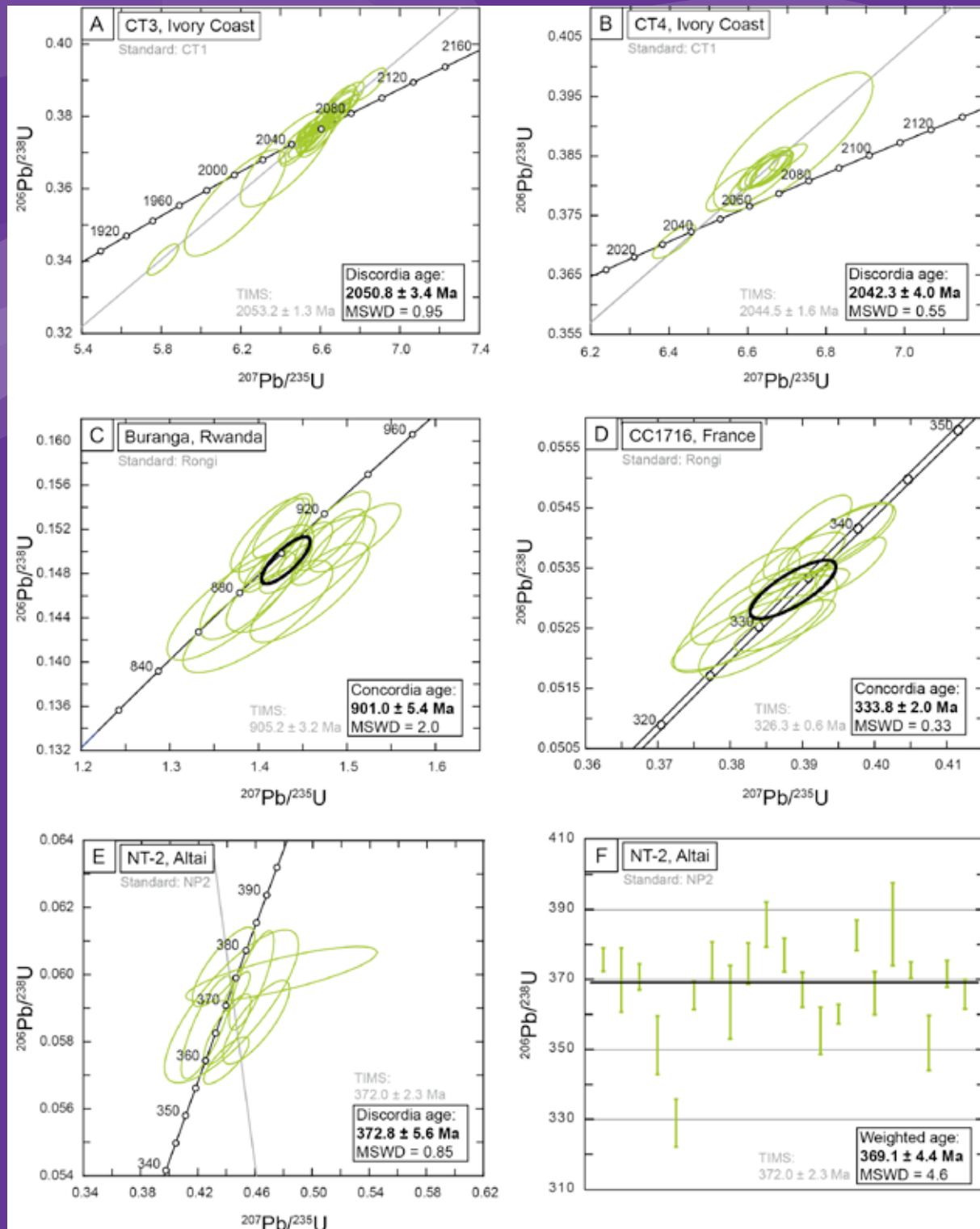
Valorisation du projet (publications, conférences, ...) :

- 1 manuscrit soumis à Chemical Geology, en cours de revision : Legros H., Mercadier J., Villeneuve J., Romer R.L., Deloule D., Van Lichtervelde M., Deweale S., Lach P., Che X., Wang R-C., Zhu Z., Gloaguen E., Melleton J. U-Pb isotopic dating of colombite-tantalite minerals : development of reference materials and *in situ* applications by ion microscope
- 1 conférence donnée au cours du workshop « Recent advances

in W-Sn and Rare Metal mineral system » tenu à Nancy les 14 et 15 décembre 2017 : Legros H., Mercadier J., Harlaux M., Villeneuve J., Romer R.L., Van Lichtenvelde M., Lach P., Deloule E., Che X., Wang R-C., Dewaele S., Gloaguen E., Melleton J., Linnen R. Last developments for in-situ U-Pb dating of W-Sn-Nb-Ta minerals by SIMS: the case study of Nb-Ta oxides and tests on wolframites.

Autre(s) subvention(s) obtenue(s) : Financement CESSUR-CNRS-INSU reçu début 2018 pour prolongation du travail sur l'application aux wolframites. Montant : 6 000 €.

Datations isotopiques U-Pb par SIMS obtenues sur les différentes colombo-tantalites testées dans cette étude. Ces datations sont en accord avec les âges de référence ID-TIMS obtenus dans l'étude et démontrent que les colombo-tantalites peuvent être datées à petite échelle par SIMS, indépendamment de leur composition chimique ou âge.



ACTIVITÉ DU LABEX RESSOURCES21 EN 2017

RESSOURCES21 IS AN EXCELLENCE LABORATORY CENTRE (LABEX) IN THE FIELD OF GEOSCIENCES, OPERATED BY THE OSU (OBSERVATORY IN SCIENCE OF THE UNIVERSE-CNRS-INSU) SO-CALLED OTELO.

Research programmes: The teams of LabEx RESOURCES21 have focused their studies on several groups of metals, from the point of view of the processes of concentration: metals necessary to the photovoltaic sector (Ga, Ge, In); rare metals (Nb, Ta, Sn, W) associated to the felsic peraluminous magmatism; the concentrations of metals in laterites developed on ultramafic rocks (Ni, Co, Sc); rare earth elements in carbonatites, alkaline and pegmatitic intrusions, and the general environmental impact of REE. The natural geochemical cycle of Rare Earth Elements and associated elements, are currently worked on two contrasted and specific geological sites: i) the Grenville province (Québec) where magmatic ore concentration processes are studied, together with the surficial behavior of REE in a pre-exploitation context, and ii) the Guandong chinese province where is currently studied the restauration of soils and uptake of REE by plants, and where the creation of an international joint laboratory with the Sun Yat Sen University has boosted the collaboration on these subjects. Besides, the teams have continued to work on strategic metals of high economic importance (Ni, U, Au) for which they had already acquired an international reputation, as well as on the impact of metals as traces in the environment (Cd, Ag, Cu, Ti) or on metalloids (As).

A special effort has been done in the field of social sciences, especially the general public perception of the mining activities, with developments in France and French Guyana. It is particularly important to understand why main users of new technology products (telephone, computers) and energies (solar, wind) are refractory to the search and exploitation for metals essential for such technologies.

Several PhD theses were achieved and defended in 2017, and postdoctoral research programs were carried out. They cover the whole metal cycle, and several types of metal deposits (Sn-W deposits, Ni-Sc-Co in laterites, REE in pegmatites, giant U deposits at the basement-basin unconformity), ore processing (agglomeration and in situ leaching), environmental issues (behaviour of rare earth elements in the environment, development of biosensors, integrated modelling).

New analytical developments and platforms are in current development, and will be in operation in 2018:



- the setting up of a new platform for hydrometallurgy which will be inaugurated on september 2018: this platform is an essential tool for training and research in the field of ore processing and recycling,

- A new micro-fluorescence X equipment has been received and installed by the end of the year and will be especially helpful for the mapping of metal distribution in all kinds on matrix

Several meetings were organized in 2017 by Labex Resources 21:

- In december 2017, several days were also dedicated to **Sn-W and to REE-rare metal deposits**. This meeting was held in Nancy at the occasion of several PhD defenses of students working within the framework of Labex R21 laboratories, one of them having been entirely supported by the Labex (REE deposits from the Grenville province).

- In October 2017 (17-19), **the international workshop of the Geochemical cycle of Ni, Co and Sc** has gathered together more than 110 participants from all disciplines. This workshop was a call for transdisciplinary submissions, and aimed at covering analytical advances in all topics related to low-temperature geochemistry of nickel and allied elements.

Through this conference, the objectives were to improve our understanding of key questions in the domain of Ni laterites from exploration to mining:

- Ni mineralogy, including the behavior of Ni during the serpentinisation and formation of Ni silicate ores (garnierite, talc-like, sepiolite)

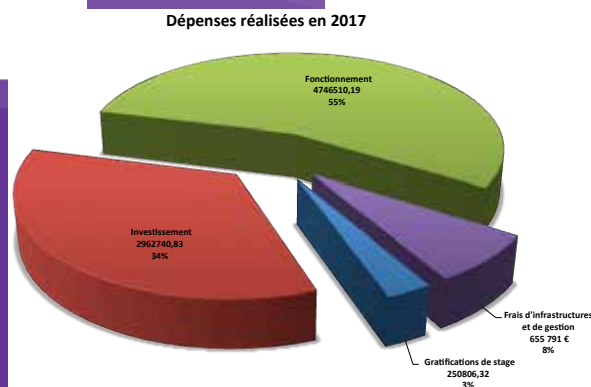
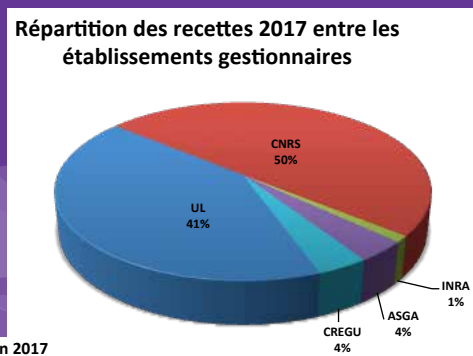
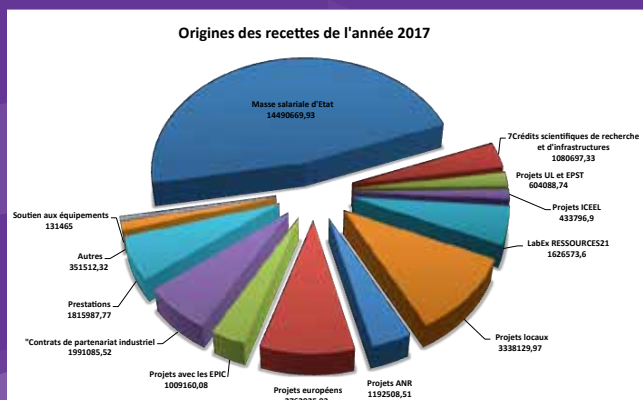
- The geochemical cycle of elements allied to Ni : Sc, Mn, and Co
- Geometallurgy of Ni ores, including floTation and hydrometallurgy
- Ni in soils and plants : phytomining, agromining, including advances in Ni isotope geochemistry, Ni hyperaccumulators, remediation of soils on ultrabasic rocks
- Ni ecotoxicity and the hydrosphere

This workshop hosted more than 110 researchers and students. A book of abstract with all communications is available on the Ressources 21 website.

It has benefited from the help of the Faculty of Sciences and Technology (Amphitheater 8) , and from funds from Labex Ressources21. This has been one of the highlight of the year, and has been the occasion to Lorraine University people to show the extension of their field of know-how. The compilation of the abstracts with illustrations in the Report 2017 provide a general overview of the results obtained thanks to the 3 years Programme on Ni deposits carried out thanks to the Labex Ressources21 funds , and cofunding by a variety of projects. A special issue of the Journal of geochemical exploration (B. Orberger, M. Cathelineau eds) is currently open to the reception of papers until the end of January 2018.



BILAN FINANCIER OTELO 2017



BILAN SCIENTIFIQUE OTELO

1. RESSOURCES HUMAINES

Personnels titulaires recrutés

Pierre BOUILHOL, Maître de conférences UL, FST/CRPG
 Camille CARTIER, Maître de conférences UL, FST/CRPG
 Long CHENG, Maître de conférences UL, ENSG/GeoRessources
 Matthieu GEIST, Professeur UL, IUT Metz/LIEC
 Laëtitia MINGUEZ, Chargée de recherche CNRS, LIEC
 Isabella PIGNATELLI, Maître de conférences UL, FST/GeoRessources
 Maryse VILLENEUVE, Responsable administrative et financière ASGA
 Mustapha ZAKARI, Ingénieur de recherche CNRS, OTELO-GeoRessources/CRPG
 Jodie THENARD, Technicienne de recherche INRA, LES/LAE (60%)

Départs de personnels titulaires

Pascal HILD, Ingénieur d'études CNRS, CRPG, Ingénieur Responsable technique du SARM - départ en retraite
 Barbara MARIE, Ingénieure d'études CNRS, CRPG, Ingénieur Responsable de l'Unité Chimie Minérale du SARM - mobilité en NOEMI CNRS
 Rachida EL OUARDANI, Gestionnaire CNRS, GeoRessources - réussite au concours d'assistante-ingénieure au LEMTA
 Mukendi KONGOLO, Ingénieur de recherche UL, GeoRessources - retraite
 El Aid JDID, Ingénieur ASGA - retraite
 GOERGEN Maryline, Gestionnaire UL, LIEC - retraite

Distinctions

Evelyn FÜRI : Médaille de bronze du CNRS.



Evelyn Furi. Photo DR

MEURTHE-ET-MOSELLE
 Evelyn Furi a reçu la médaille de bronze du CNRS
 Spécialiste de la cosmochimie et de la géochimie des éléments volatils comme l'eau, l'azote ou les gaz rares, Evelyn Furi a reçu jeudi la médaille de bronze du CNRS. Après un doctorat à l'université de Californie, à San Diego, la jeune femme d'origine suisse allemande effectue son stage postdoctoral au Centre de recherches pétrographiques et géochimiques à Vandœuvre-lès-Nancy. Elle se consacre à l'étude des éléments volatils présents dans le manteau terrestre, puis étend son expertise à l'étude de matières extraterrestres, telles que des échantillons de Lune provenant des missions spatiales Apollo et Luna.

Fengjuan CHEN : Prix de thèse de l'Université de Lorraine pour sa thèse intitulée « Modélisation microporomécanique de roches poreuses hétérogènes et applications aux roches oolithiques ».

Michaël DANGER : IUF 2017-2022 «SPACE : les traits Stoechiométriques pour Prédire la réponse des Communautés Aquatiques et des Ecosystèmes aux changements globaux».

Etienne DELOULE : Nomination au grade de Chevalier dans l'ordre des Palmes académiques.

Cédric DEMEURIE : Nommé personne compétente en radioprotection pour la gestion et le transport des matières dangereuses à l'Université de Lorraine.

Francesca DE SANTIS : Premier prix de thèse reçu à Davos (suisse) par l'ETH Zürich sur la sismicité anthropique ; Prix de thèse reçu à Santiago du Chili à l'occasion de la conférence internationale RaSIM9 sur la sismicité induite et la réponse des massifs rocheux à l'activité minière et aux travaux souterrains.

Vincent HUAULT : Nommé Vice-président de l'immobilier et de la transition énergétique auprès du Président de l'Université de Lorraine ; Nomination au grade de Chevalier dans l'ordre des Palmes académiques.

Bernard LATHUILIERE : Nomination au grade de Chevalier dans l'ordre des Palmes académiques.

Corinne LEYVAL : Nomination au grade de Chevalier dans l'ordre des Palmes académiques.

Alain MAILFERT : Prix 2017 «Engineering Sciences Book Award» de l'International Academy of Astronautics (IAA)

Bernard MARTY : Nomination au grade d'Officier dans l'ordre des Palmes académiques ; Médaille Bowen de l'AGU (American Geophysical Union, division Volcanology, Geochemistry, Petrology).

Marion PARQUER : Prix de la meilleure présentation orale des étudiants au congrès international RING meeting 2017.

Judith SAUSSE : Nomination au grade Chevalier dans l'ordre des Palmes académiques.

Lionel VACHER : Willey Award 2017 pour sa présentation, à la MetSoc à Santa Fe (USA).

2. PUBLICATIONS ET THÈSES SOUTENUES

272 publications de rang A

Thèses soutenues

AHARCHAOU Imad - LIEC - Écotoxicité et bioaccumulation du Cr(III) et du Cr(VI) : Spéciation, biodisponibilité et effets biologiques - Davide Vignati, Éric Battaglia - 21/02/ 2017

AJJAR Ahmad - GeoRessources - Etudes analytique, numérique et expérimentale du transport de particules dans des fractures à parois planes et ondulées - Michel Buès, Luc Scholtes - 6/12/2017

ANGRAND Paul - CRPG - Évolution 3D d'un rétro-bassin d'avant-pays : le Bassin Aquitain, France - Mary Ford, Anne-Gaëlle Bader, Cédric Carpentier - 5/12/2017

- BARRE Guillaume - GeoRessources - Rôle de la spéciation du soufre dans les fluides géologiques en contexte orogénique : application aux processus d'oxydo-réduction affectant la Nappe des Gypses (Alpes françaises) - Raymond Michels, Laurent Truche - 20/10/2017
- BERTHELOT Charlotte - LIEC - Les endophytes bruns septés dans les sols pollués aux éléments traces métalliques (ETM) : Caractérisation, effet sur les plantes et mécanismes de tolérance aux ETM - Corinne Leyval, Damien Blaudez - 14/02/2017
- BERTRAND Lionel - GeoRessources - Etude des réservoirs géothermiques développés dans le socle et à l'interface avec les formations sédimentaires - Yves Géraud - 10/04/2017
- BOUCHER Christine - CRPG - Étude isotopique de l'hélium atmosphérique à haute précision : applications environnementales et volcaniques - Bernard Marty - 15/09/2017
- BOULANGE Marine - GeoRessources/LIEC - Mobilisation et Transfert des Composés Aromatiques Polycycliques (HAP et CAP polaires) dans les Sols Historiquement Contaminés par des Goudrons de Houille. Expérimentations au laboratoire et in situ - Pierre Faure, Raymond Michels - 19/05/2017
- BRIMO Khaled - LSE - Modélisation de la dynamique des contaminants organiques dans les sols péri-urbains - Patricia Garnier (Inra-AgroParisTech), Stéphanie Ouvrard - 5/05/2017
- CHAUVIN Benjamin - GeoRessources - Applicabilité de la restauration géomécanique : conditions aux limites, réseau de failles et comparaison avec une méthode géométrique - Guillaume Caumon, John H. Shaw (Université Harvard) - 8/06/2017
- CENNERAZZO Johanne - LIEC - Dynamique des HAP et des composés organiques issus de leur transformation dans les compartiments du sol et de la rhizosphère - Corinne Leyval, Alexis De Juniet - 10/04/2017
- CRENIER Clément - LIEC - Vers une réévaluation des facteurs limitant la production biologique dans les écosystèmes aquatiques basés sur les détritiques : nutriments, acides gras ou qualité du carbone détritique ? - François Guérold, Michael Danger - 22/12/2017
- DELON Rémi - CRPG - Incorporation et diffusion de l'hélium et de l'argon dans l'olivine polycristalline - Bernard Marty, Yves Marrocchi - 1/12/2017
- EDWARDS Jonathan - GeoRessources - Construction de modèles stratigraphiques à partir de données éparées - Guillaume Caumon, Cédric Carpentier, Florent Lallier (Total E&P UK) - 27/10/2017
- ERDMANN Martin - CRPG - Magmas felsiques dans la croûte océanique : Etude expérimentale de leur genèse, des équilibres de phases, et du partage des éléments trace - Etienne Deloule, Lydéric France et Jürgen Koepke (Université Hanovre) - 3/03/2017
- FLORENTIN Léa - CRPG - Etude d'inclusions vitreuses dans les olivines des chondres de type I : apport sur la formation de leurs olivines hôtes - Etienne Deloule, François Faure - 10/04/2017
- HAJJ Fadi - LIEC - Utilisation des isotopes stables et radiogéniques du strontium pour tracer la provenance des bois : application à des épaves sous-marines - Anne Poszwa, François Guérold - 14/11/2017
- HAMDI Jabrane - GeoRessources - Modélisation explicite de l'initiation et la propagation de fractures - Mountanka Souley (Ineris), Marwan Al Heib (Ineris) - 18/12/2017
- HOUMMADY Emerence - GeoRessources - Etude multi-échelle de l'agglomération pour la lixiviation en tas de minerais uranifères - Fabrice Golfier, Michel Cathelineau - 6/12/2017
- KABA Oumar Barou - GeoRessources - Etude des mécanismes et microprocessus régissant les interactions entre les espèces minérales et les modulateurs de flottation en vue de la valorisation minerais de phosphates complexes - Lev Filippov - 13/04/2017
- KALO Kassem - GeoRessources - Caractérisation microstructurale et modélisation micromécanique de roches poreuses oolithiques - Dragan Grgic, Christophe Auvray - 16/10/2017
- KANBAR Hussein - LIEC - Sur les traces de l'ancienne activité sidérurgique en Lorraine: chimie et minéralogie des sédiments de l'Orne - Emmanuelle Montargès-Pelletier, Frédéric Villières - 4/07/2017
- LAFHAJ Zineb - GeoRessources - Augmentation du contraste de séparation des minéraux calciques semi-solubles à l'aide de combinaison de réactifs carboxyliques et non-ionique - Lev Filippov - 7/04/2017
- LEGROS Hélène - GeoRessources - Les systèmes métallo-géniques hydrothermaux à tungstène et métaux rares (Nb-Ta-Li-Sn) de la période Jurassique-Crétacé au sud de la province de Jiangxi (Chine) - Marc-Yves Lespinasse - 14/12/2017
- LIU Shaochen - CRPG - La teneur en eau des basaltes du Cénozoïque de Chine du Sud : contraintes de phénocristaux et magmatiques - Etienne Deloule, Qunke Xia (Université Chine) - 22/03/2017
- MARTZ Pierre - GeoRessources - Caractéristiques, chronologie et rôles des circulations fluides dans le bassin d'Athabasca et son socle : Implications dans la formation et l'évolution du gisement d'uranium de Cigar Lake - Michel Cathelineau, Julien Mercadier - 13/12/2017
- MAZZIOTTI Mélanie - LIEC - Impact des exsudats racinaires de *Miscanthus x giganteus* sur les microorganismes impliqués dans la bioremédiation d'un sol contaminé au benzo(a)anthracène - Jairo Falla, Sonia Henry - 3/05/2017
- MEHENNAOUI Kahina - LIEC - Understanding the impact of engineered nanoparticles - *Gammarus* sp. as a valuable non-vertebrate model? - Laure Giamberini, Arno Christian Gutleb (LIST, Luxembourg) - 20/12/2017
- MOLLEX Gaëlle - CRPG - Architecture de la plomberie du volcan carbonatitique Oldoinyo Lengai : nouvelles contraintes sur la source, les transferts hydrothermaux, et la différenciation magmatique dans la chambre active - Lydéric France, Evelyn Furi, Bernard Marty - 12/07/2017
- MORINO Précillia - CRPG - L'enregistrement Eoarchéen des systèmes $^{146,147}\text{Sm}$ - $^{142,143}\text{Nd}$ et ^{176}Lu - ^{176}Hf : Implications pour les mécanismes de différenciation et l'évolution géodynamique de la Terre - Laurie Reisberg, Guillaume Caro - 29/11/2017

- MOUSSA Mariam - LIEC - Loading of dendrimer nanoparticles into layer-by-layer assembled (poly(diallyl dimethyl ammonium) chloride- (poly(acrylic acid))_n multilayer films: Particle electrokinetics, film Structure dynamics and elasticity - Jérôme Duval - 4/12/2017
- MYAGKIY Andrey - GeoRessources - Mineralization of Nickel in saprolitic ore of New Caledonia: Dynamics of metal transfer and modeling of coupled geochemical and hydrodynamic processes - Fabrice Golfier, Laurent Truche, Michel Cathelineau - 8/12/2017
- PAYRE Valérie - GeoRessources - Contribution de l'Instrument ChemCam à la compréhension de la croûte primitive martienne et des mécanismes d'altération de la surface de Mars - Quantification LIBS des éléments traces Li, Rb, Sr, Ba et Cu - Cécile Fabre, Violaine Sautter - 1/12/ 2017
- PERRAT Emilie - LIEC - Impacts environnementaux des agents de contraste à base de Gadolinium : situation locale, approche cellulaire et in vivo - Carole Cossu-Leguille, Marc Parant - 13/12/2017
- POTET Marine - LIEC - De l'acclimatation à l'adaptation : mécanismes évolutifs, conséquences populationnelles et implication en biosurveillance - Simon Devin, Laure Giamberini - 21/12/2017
- RUE Marie- LSE - Hyperaccumulation du nickel sur des substrats élaborés pour l'agromine - Jean-Louis Morel, Marie-Odile Simonnot (LRGP) - 1/06/ 2017
- SAAD Ramez - LSE - Agromine associant plantes hyperaccumulatrice et légumineuse, comme service écosystémique des sols naturellement riches en nickel - Emile Benizri, Ahmad Kobaissi (Université du Liban) - 3/11/2017
- SANCHEZ-THIRION Kevin - LIEC - Effet de stress multiples (parasitisme, contaminants métalliques et qualité de la ressource) sur les traits d'histoire de vie et l'écologie trophique du gammare - Michael Danger, Jean-Nicolas Beisel (ENGEES) - 22/12/2017
- TURLIN François - GeoRessources - Les granites pegmatiques enrichis en éléments de terres rares légères marqueurs des processus de croissance et de différenciation crustale : Exemple de la Province Protérozoïque de Grenville, Québec - Anne-Sylvie André-Mayer, Olivier Vendehaeghe - 15/12/2017

HDR soutenues

- BATTAGLIA Éric - LIEC - Approche chémo-protéomique pour l'identification des cibles des perturbateurs endocriniens. Cas des phtalates - 15/09/2017
- CEBRON Aurélie - LIEC - Diversité taxonomique et fonctionnelle des communautés microbiennes de sols historiquement contaminés : impact des plantes et de la rhizosphère - 27/11/2017
- CHARREAU Julien - CRPG - Quantifications des interactions entre tectonique, climat et processus de surface lors d'une collision continentale - 7/04/2017

3 . NOUVEAUX EQUIPEMENTS MAJEURS ACQUIS

Source RF sonde ionique 1280

Il s'agissait de remplacer sur la sonde ionique Cameca 1280 une source d'ions de type duoplasmatron par une

source RF Plasma, plus brillante et plus stable. Le développement et l'installation d'une nouvelle source d'ion primaire O-pour l'IMS 1280 HR2 a été développé comme prototype à très haute résolution par la société CAMECA d'après les spécifications établies par les chercheurs du CRPG. Les tests réalisés sur un NanoSIMS 50L CAMECA NanoSIMS 50L ont démontré un facteur d'amélioration x10 sur la densité d'ions primaires O-(en mA/cm²) comparé à la source duoplasmatron, une stabilité de courant (dI/I min-Max mesuré en FC primaire) mieux que 2 % sur 20 minutes, et une durée de vie standard entre nettoyages de plus de 6 mois.

Les développements des mesures à très haute résolution de masse ($M/\Delta M > 32\,000$) réalisés sur l'IMS 1280 HR2 du CRPG à Nancy ont montré que la focalisation du faisceau primaire sur une surface inférieure à 10µm de diamètre sur l'échantillon analysé était un prérequis important pour la bonne qualité des mesures. Le gain en densité d'ion primaires améliorera donc directement la sensibilité de l'instrument pour ces analyses, et pourront ainsi améliorer grandement la qualité des mesures et leur champ d'application.

Cette source a été achetée chez CAMECA pour un montant de 356 k€ HT et co-financée par le CPER OTELO (Région Grand-Est, FEDER), le CNRS et les ressources propres du CRPG. Elle est installée au service des sondes ioniques du CRPG.

Spectromètre de masse à gaz

Le spectromètre de masse (IRMS) Thermo Delta V est couplé à un analyseur élémentaire (EA) EA IsoLink.

En mode « combustion », il permet la mesure simultanée des isotopes stables de C, N et S de produits solides. Sous flux d'hélium, les échantillons sont brûlés dans l'EA en présence de réactifs spécifiques pour produire des gaz (N₂, CO₂ et SO₂). Ces gaz sont ensuite séparés dans une colonne chromatographique puis transférés dans le spectromètre grâce au flux d'hélium pour la mesure isotopique.

En mode « pyrolyse », il permet la mesure simultanée des isotopes stables de H et O selon le même procédé mais à plus haute température. Les gaz produits sont H₂ et CO.

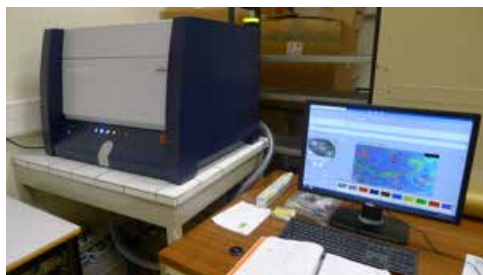
Dans le cadre de l'ERC PHOTONIS, ce système d'EA-IRMS est utilisé pour les mesures isotopiques des composés organiques produits expérimentalement par ionisation (plasma) de mélanges de gaz analogues à ceux présents dans le disque d'accrétion ayant formé le système solaire. Ces résultats sont ensuite comparés à ceux obtenus sur la matière organique des météorites.

La possibilité de mesurer simultanément les isotopes C, N et S est un point important en regard aux très faibles quantités de composés organiques produites expérimentalement.

Ce spectromètre a été acheté chez THERMO ELECTRON SAS pour un montant de 165 k€ HT et financé par l'ERC PHOTONIS. Il est installé au laboratoire des Isotopes Stables du CRPG.

Microfluorescence X

Le micro-XRF Bruker M4 Tornado a été installé au Service Commun de Microscopie Electronique et de Microanalyses en fin d'année 2017 et il est actuellement en cours de test. Cet équipement permet la caractérisation des échantillons en procédant à une analyse par micro fluorescence à rayons X (Micro-XRF) sur un petit point (pixel de 20x20 microns),



de cartographier chimiquement (du Na à l'U) des échantillons d'une grande variété (taille, forme). Il permet ainsi l'analyse bidimensionnelle de pratiquement n'importe quel type d'échantillon (inorganique, organique et même liquide).

Cet outil a été financé par le Carnot ICEEL, le LabEx RESSOURCES21 et le CREGU pour un coût total de 170 k€. Il sera bientôt mis à disposition de la communauté OTELO. Les utilisateurs seront formés et un manuel est en cours de rédaction.

Microspectromètre Hyperspectral, Cytoviva

Depuis plusieurs années de nombreux systèmes d'imagerie hyperspectrale ou de spectro-imagerie ont vu le jour en télédétection pour l'observation de la Terre. Ils sont déployés sur des plateformes satellitaires ou aéroportées pour des applications en géosciences, géographie, agronomie, climatologie et sciences de l'environnement. Ces spectro-imageurs acquièrent sur un même objet des images dans différents domaines spectraux allant du proche UV au proche IR (NIR).



En fonction des technologies des détecteurs utilisés et des limitations des optiques, les bandes spectrales sont contiguës ou non et plus ou moins larges, on parle ainsi d'imagerie hyperspectrale (spectres continus) ou multispectrale (bandes disjointes).

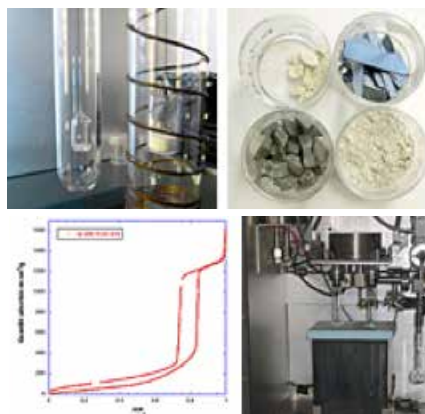
Au cours des dernières années, l'imagerie hyperspectrale in vivo sous microscope a été développée pour soutenir les recherches en nanotoxicologie, afin d'évaluer les conséquences sanitaires de l'exposition de cellules animales à des nanomatériaux manufacturés. Ce sont des méthodes d'imagerie à l'échelle nanométrique plus rapides et moins invasives que les techniques traditionnelles d'identification utilisant les microscopies électroniques.

Le coût de cet équipement est de 138 k€ financé par le Pacte Lorraine.

Microgravimètre d'absorption d'eau basse pression

Les grands domaines d'application sont la caractérisation des matériaux naturels ou synthétiques, l'agroalimentaire et la pharmacologie. L'expérience peut être menée sur tout type d'échantillon qui présente un minimum d'affinité pour l'eau. Les quantités analysées peuvent varier de la dizaine de milligramme à 3 grammes. Les échantillons étudiés sont généralement des minéraux naturels ou synthétiques, des matériaux inorganiques manufacturés, mais aussi des poudres organiques.

Principe : La gravimétrie continue d'adsorption/désorption de vapeur d'eau à 30°C permet la réalisation d'une isotherme d'adsorption/désorption d'eau sur un échantillon



placé dans une nacelle en pyrex, suspendue à une microbalance de précision. Les dispositifs expérimentaux sont construits autour d'une microbalance à double fléaux, qui peut être mise sous vide, et dont la

pression relative en vapeur d'eau peut être contrôlée de 0 à 100%. Après un dégazage de l'échantillon sous un vide secondaire et à une température comprise entre 30 et 200 °C, la masse de l'échantillon est enregistrée en continue avec l'augmentation, puis la diminution de la pression en vapeur d'eau en équilibre avec l'échantillon.

Le coût de cet équipement est de 63 800 € financé par le CPER OTELO-ZAM.

Spectromètre de fluorescence atomique après séparation par HPLC pour l'analyse des petites molécules (ammoniac, dioxydes, ...)

La spectroscopie de fluorescence, ou encore fluorométrie ou spectrofluorométrie, est un type de spectroscopie électromagnétique qui analyse la fluorescence d'un échantillon. Elle implique l'utilisation d'un rayon de lumière (habituellement dans l'ultraviolet) qui va exciter les électrons des molécules de certains composés et les fait émettre de la lumière de plus basse énergie, typiquement de la lumière visible, mais pas nécessairement. La spectroscopie de fluorescence peut être une spectroscopie atomique ou une spectroscopie moléculaire.



laire. Pour le dosage d'ultra-traces (gamme du µg/L) l'excitation peut être effectuée par Laser, dans ce cas il peut être réalisé une fluorescence atomique. La fluorescence (absorption puis émission de radiation) d'un échantillon a lieu quand il est excité par une source d'ondes électromagnétiques, on parle de spectroscopie de fluorescence atomique.

Applications : La spectroscopie de fluorescence est une technique courante d'analyse en chimie organique et biochimie. Elle est également utilisée depuis quelques années dans le domaine du traitement de l'eau pour suivre le traitement des eaux potables et des eaux usées. En effet, la présence de matière organique portant des fluorophores permet d'obtenir des spectres 3D qui permet de caractériser la qualité d'une eau.

Le coût de cet équipement est de 60 000 € financé par le Pacte Lorraine.

4. FAITS MARQUANTS

Evelyn Füre (CRPG) reçoit la médaille de Bronze du CNRS (INSU)



Spécialiste de la cosmochimie et de la géochimie des éléments volatils comme l'eau, l'azote ou les gaz rares, Evelyn Füre travaille notamment sur le traçage et l'origine de l'eau sur la Lune. Après un doctorat à l'université de Californie, à San Diego, elle effectue son stage postdoctoral au Centre de recherches pétrographiques et géochimiques (CRPG), à Nancy. Elle se consacre, en partie, à l'étude des éléments volatils présents dans le manteau terrestre, grâce à l'analyse isotopique, basée sur la mesure de leur masse. Par ailleurs, depuis son arrivée au CRPG en 2010, Evelyn Füre transfère son expertise à l'étude de matières, non plus terrestres, mais extraterrestres, telles que des échantillons de Lune provenant des missions spatiales Apollo et Luna. Ses travaux ont été publiés dans des revues de haut niveau, comme Nature Geoscience en 2015, où Evelyn Füre dresse un schéma global de l'origine de l'azote dans le système solaire. En 2016, elle obtient la bourse ERC Starting Grant du Conseil européen de la recherche : un nouvel élan pour les travaux de cette jeune chercheuse qui a d'ores et déjà acquis une reconnaissance internationale dans son domaine.

Congrès ECROFI 2017, des bulles et du champagne !



Congrès international sur les inclusions fluides organisé par les laboratoires GeoRessources et CRPG du 23 au 29 juin 2017 sur le Campus ARTEM à Nancy. 120 chercheurs

venus d'Australie, de Chine, des Etats-Unis et de toute l'Europe ont participé au 24e congrès ECROFI.

Commencé par une excursion au Parc minier Tellure, puis à la bourse internationale aux minéraux de Sainte-Marie-aux-Mines en Alsace, le colloque s'est poursuivi par un workshop donné par Larry Diamond (Université de Berne, Suisse) à de nombreux jeunes chercheurs venus se former aux notions fondamentales en inclusions fluides.

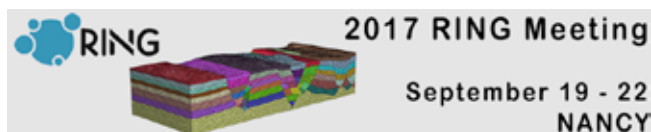
La journée du dimanche fut consacrée aux méthodes et outils utilisés dans nos laboratoires (Raman, infra-rouge, LA-ICPMS, etc.). Ont suivi trois journées de sessions de présentations orales ou posters entrecoupées d'une excursion en Champagne, non seulement pour visiter les caves, mais aussi pour rencontrer des spécialistes de l'effervescence du Champagne.

Un hommage fut rendu aux carrières de deux chercheurs du laboratoire GeoRessources : Bernard Poty, promoteur de l'étude des inclusions fluides en France dans les années soixante et Jean Dubessy, tout juste retraité et spécialiste international de l'analyse des fluides géologiques.



RING meeting 2017

L'équipe RING de GeoRessources – Géologie numérique et intégrative – a organisé le congrès RING meeting à Nancy du 19 au 22 septembre 2017. Les membres du consortium RING (ex GOCAD) sont venus présenter leurs derniers travaux.



MINPRO



Ces journées scientifiques ont été organisées les 6 et 7 juin 2017 à Nancy par l'équipe Valorisation des ressources et des résidus de GeoRessources et l'Université de Lorraine, ces journées scientifiques étaient consacrées aux innovations technologiques visant à répondre aux enjeux actuels de l'industrie minière.

MANIFESTATIONS

MA THÈSE EN 180s

(<http://mt180.fr>)

«Chroniques de l'asphalte» (GéoRessources)

Auteur



Marie-Astrid Dutoit



«L'agronome des villes» (LSE)



Auteur



Anne Bianchart

Auteur



Marine Potet



«Moules en eaux troubles» (LIEC)



FÊTE DE LA SCIENCE...

... sur le campus «Bridoux» à Metz

... sur le campus «ARTEM» à Nancy

La vie dans les Rivières

UNIVERSITÉ DE LORRAINE

UFR SCIENCES FONDAMENTALES ET APPLIQUÉES

REVUE DE PRESSE

THE CONVERSATION

L'expertise universitaire, l'exigence journalistique

L'agromine ou comment produire du métal à partir des plantes

17 octobre 2016, 22:10 CEST • Mis à jour le 3 septembre 2017, 23:42 CEST



La sève bleue du *Fyrosandra acuminata*, une espèce d'arbre qui peut accumuler des quantités de nickel voisines de 20 % du poids sec de sa sève. Antony van der Ent, Auteur providé

Auteurs



Guillaume Echevarria
Professeur en biogéochimie des sols, expert en agromine, Laboratoire Sols et Environnement NITA - Université de Lorraine

NANCY Biodiversité

Cherchez la petite bête



Observées en laboratoire de la récolte.

Apolline Auclert, chercheuse à l'Ontario a créé l'application *Jardibiodiv*. Y sont recensées, épiques Apolline, de la biodiversité des sols dans les jardins de ville; à pour objectif de faire avancer la recherche tout en permettant de découvrir des espèces méconnues.

M autre de conférences en biologie des sols et chercheuse spécialiste de la faune aréolaire au laboratoire de l'Université des sols et environnement de l'Ontario, Apolline Auclert a élaboré un outil numérique de sciences participatives sur la biodiversité des sols. Dans son atelier constant de partager ses connaissances, elle a créé *Jardibiodiv*, une application qui va attirer la curiosité et permettre de découvrir, dans les jardins urbains, tout le petit monde des in-

vertébrés qui se terre dans le sol. Cette observatoire participative nationale, et même internationale, épiques Apolline, de la biodiversité des sols dans les jardins de ville; à pour objectif de faire avancer la recherche tout en permettant de découvrir des espèces méconnues. La *Biodiversité*, en préface, a une importance capitale pour la vie des sols. Elle permet la décomposition de la matière organique, la structuration des sols (influence de vie des organismes) et la régulation des populations. Le traitement des données recueillies chez les particuliers, via le site de *Jardibiodiv*, va permettre d'évaluer les pressions sur la biodiversité des jardins en ville et les méthodes et conseils de leur gestion pour la conserver. Cécilia Lacroix

ble travail de « fourmi » car les insectes comptent 29 ordres, 919 familles et 1 M d'espèces. Chaque jardinier a pu voir, dans son espace cultivé, des coléoptères, ou s'apercevoir d'araignées (cas des crevettes), s'allier avec un grand scarabe, Apolline) ainsi qu'un piqueur, piqueur araignées et guêpes. Tous ces arthropodes ont un rôle primordial dans l'évolution, ils sont prédateurs, détritiques, navigateurs ou ingénieurs écologiques. La mobilisation du plus grand nombre est espérée par Apolline et tous les chercheurs du laboratoire « Sols et Environnement » de l'Université de Lorraine.
- <http://egyptia.inra.fr/P/105/jardibiodiv>
- apolline.auclert@univ-lorraine.fr

Vosges matin Nous suivre S'identifier

EPINAL LA PLANE SCHIRMEONT SAINT-É

QUESTIONS À

On confond ressources et réserves

Anne-Sylvie André, directrice adjointe Géoressources, professeur en métallogénie

10/10/2016 | LES 20/10/2017 À 14:00 | 0 RÉACTIONS

Photo DR.

Demain, pourra-t-on se passer d'extraction minière ? Non, je n'y crois pas. On aura toujours besoin de minéraux et matériaux standards. Par exemple, quand on pense aux filonnes, on pense terres rares, mais on oublie les formes de granulats nécessaires pour la base du sol. Nous visualisons deux grandes familles de matériaux : les roches et granulats d'une part et les minéraux en lien avec les oligo-éléments.

LEST Nous suivre S'identifier

NANCY - RECHERCHE

Explorer l'infiniment petit, le monde des inclusions fluides

Les « inclusions fluides » ? Vous pouvez en trouver dans votre cuisine ! Mais c'est aussi un domaine de recherche où Nancy s'est taillé une réputation mondiale. 120 scientifiques de la planète y tiennent congrès.

LE 20/10/2017 À 09:00 | MIS À JOUR À 18:00 | 0 RÉACTIONS

VARSÈVRES - LES-NANCY

Chasse au trésor, à l'hôpital d'enfants

Des scientifiques ont organisé un jeu de piste géologique pour les enfants de l'hôpital de Varsèvres.

Sur le plateau de Varsèvres, dans le département de la Meuse, se trouve un site géologique remarquable. Les géologues ont organisé un jeu de piste géologique pour les enfants de l'hôpital de Varsèvres. Les participants ont découvert les roches et les minéraux qui composent la Terre. Le jeu de piste a été conçu par les géologues de l'Université de Lorraine. Les enfants ont pu découvrir les roches et les minéraux qui composent la Terre. Le jeu de piste a été conçu par les géologues de l'Université de Lorraine. Les enfants ont pu découvrir les roches et les minéraux qui composent la Terre.

Photo DR.

Une pluie de comètes aurait modifié l'atmosphère de la Terre

ASTROPHYSIQUE - D'ultimes mesures de la mission Rosetta suggèrent que ces bolides gelés ont légué des gaz rares à notre planète

La sonde Rosetta a eu beau s'écraser sur la comète 67P/Tchouroumov-Guérassiméno (Tchouri) le 30 septembre 2016, elle continue de faire parler d'elle. L'un de ses « nez » reniflèrent des gaz contenus dans la queue de la comète vient d'apporter la preuve que de tels bolides ont bombardé la Terre, au point même de transformer son atmosphère primitive, sans doute une centaine de millions d'années après la formation du système solaire. « Nos résultats montrent comme un lien génétique entre l'atmosphère terrestre et les comètes. C'est l'un des résultats majeurs de la mission », explique Bernard Marty, principal auteur d'une publication de Science du 9 juin, professeur de géochimie à l'université de Lorraine à Nancy. L'équipe internationale de l'instrument Rosina, menée par Kathrin Altwegg, détaille dans cet article les premières mesures des différentes formes (isotopes) du xénon, un gaz noble piégé dans les glaces de la comète et libéré au fur et à mesure des passages près du Soleil.

Le xénon est une espèce chimique inerte, qui reste donc telle qu'elle était à l'origine de la formation de Tchouri. Il en existe neuf formes, contenant plus ou moins de neutrons, donc plus ou moins lourdes. Surprise : deux des isotopes les plus lourds sont moins présents que ceux détectés précédemment dans le vent solaire ou même dans des météorites primitives, dites chondrites. Cette composition différente montre que le Soleil, les météorites et les comètes n'ont donc pas la même origine. « Avec d'autres indices, cela fait plutôt pescher pour une formation très ancienne des comètes, dans le milieu interstellaire, plutôt que dans le nuage de gaz à partir duquel le système solaire s'est formé », estime Bernard Marty. Mais ce scénario n'est pas encore complètement établi. Il manque notamment les mesures des quantités d'autres gaz rares comme l'argon ou le krypton, qui renseigneraient sur la nature de la glace qui les a piégés et donc sur le moment où les comètes ont pu se former. En revanche, l'article apporte une autre information. Il existe sur Terre un paradoxe du xénon. Non seulement il est moins abondant que les autres gaz nobles, mais surtout notre atmosphère a une composition en isotopes également différente de celle du Soleil et des chondrites, comme viennent de le démontrer Bernard Marty et son étudiant Guillaume Arive, associés à l'université de Manchester (Royaume-Uni), dans Nature communications du 18 mai. Les chercheurs ont mesuré la composition de l'air terrestre. Il y a 3,3 milliards

d'années, en étudiant des inclusions dans des roches d'Afrique du Sud. Il lui ont trouvé une forte parenté avec celle de la comète, notamment pour les proportions en forme lourde de xénon. **Mystère du xénon** D'où la tentation de résoudre le mystère du xénon en expliquant que des bombardements cométaires sur la Terre ont modifié le mélange gazeux de cette époque primitive. Dans Science, les chercheurs estiment que 22 % de xénon cométaire, associé à du xénon chondritique, résout le paradoxe autour de cet atome. Mesurer les différentes parts de ce gaz noble n'a pas été simple car en raison de sa rareté, il faut le renifler longtemps et au plus près de la comète. « On a rendu nerveux les navigateurs de Rosetta », salue Bernard Marty. Ceux-ci ont dû voler entre sept et dix kilomètres d'altitude, entre le 14 et 31 mai 2016. Un rase-mottes risqué. En outre, les poussières éjectées du noyau de la comète brillant au soleil leurent les systèmes de positionnement automatique, pourtant conçus à une perte de contrôle de l'appareil. « Il faut continuer à mesurer les gaz rares des atmosphères des corps du système solaire car ils nous renseignent sur leur mode de formation », insiste Olivier Manzi, du Laboratoire d'Astrophysique de Marseille, coauteur de l'étude. Il est associé à un projet de mission de la NASA vers des lunes de Saturne qui plongera dans l'atmosphère saturnienne et en reniflera les gaz, mieux que n'a pu le faire la sonde Cassini, qui termine son exploration à haute altitude. Son collègue Bernard Marty est lui engagé dans une proposition similaire vers Vénus. Le résultat sur le xénon pourrait sembler contredire des tra-

vaux précédents portant sur l'analyse de l'eau de Tchouri. Dès le début de la mission Rosetta, il avait en effet été démontré que l'eau des océans n'est pas de même nature que celle de la comète, affaiblissant l'idée d'un bombardement de notre planète par ces corps. « Il n'y a pas d'incidence car, en proportion, les comètes contiennent plus de xénon que d'eau. 20 % d'appartient à gaz réappariés à 1 % d'eau environ, ce qui est insuffisant pour changer la composition d'un océan », rappelle Bernard Marty. En outre, comme le reste des comètes est constitué de matière organique dite prébiotique, comme l'a aussi montré Rosetta, il n'en faut pas plus pour relancer l'hypothèse que la vie terrestre ait pu être permise par l'apport de ces briques élémentaires à la suite d'une avalanche cométaire.
DAVID LAMOUSSIER

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