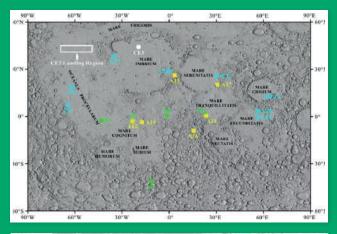


RAPPORT D'ACTIVITÉ 2020















SOMMAIRE

02 MOT DU DIRECTEUR 03 LES PROJETS **INTERDISCIPLINAIRES** 10 LES PROJETS JEUNES **CHERCHEURS** 15 LABELLISATION PEPLOR 16 CHANGEMENT DE DIRECTION GEORESSOURCES ET CRPG 17 GISFI 18 BILAN OTELO **ECORESPONSABILITE** 19 BILAN FINANCIER 20 RESSOURCES HUMAINES 21 PUBLICATIONS ET THÈSES 22 NOUVEAUX ÉQUIPEMENTS 23 FAITS MARQUANTS 27 IUF DE JULEIN CHARREAU

Photos 1ere de couverture

1 Le barrage de Beth à Moyeuvre Grande avant que les vannes ne soient relevées prise par l'un des drone du LIEC - C. Gauthier

2 Site lunaire de 600 km x 150 km pour permettre à Chang'e5 de se poser • J.Flahaut

3 Macro d'une carotte de charbon, Folschviller .L. Vançon

4 Photo qui illustre la nécessaire désimperméabilisation des sols dans le cadre du démarrage, fin 2020, du projet national DESSERT

L'année 2020 a été marquée par un contexte extrêmement compliqué dû à la pandémie du COVID pour tout le personnel d'OTELO et de ses UMR que soit sur un plan professionnel ou que ce soit vis-à-vis de la vie et l'organisation de tous les jours. Nous avons dû tous, nous adapter et faire preuve de flexibilité pour pouvoir continuer nos missions de



mise en œuvre ou de soutien à la recherche, et je crois qu'au vu des conditions, ces efforts collectifs ont permis de limiter fortement l'impact de ces perturbations. Bien sûr, certaines de nos activités qui n'étaient pas compatibles avec le travail à distance pendant les périodes de confinement ont été impactées plus que les autres. Je pense notamment aux activités analytiques et expérimentales, et je remercie ici tous les personnels qui ont œuvré pour en assurer malgré toute la continuité et limiter les conséquences de ces périodes d'arrêt ou de fonctionnement ralenti. Peut-être encore plus, les missions d'échantillonnage et de documentation sur le terrain ont été affectées par les restrictions de déplacements sur l'année 2020, et ont entrainé des dommages non rattrapables pour beaucoup de nos jeunes collègues doctorants ou post-doctorants qui mettent en œuvre leur activité de recherche sur des périodes courtes.

Ce rapport d'activité pour l'année 2020 présente malgré tout un bilan très intéressant et dynamique des actions menées autour des grands axes classique de l'activité d'OTELo, avec notamment ses projets interdisciplinaires et jeunes chercheurs, piliers de notre animation scientifique commune à l'interface entre les quatre UMRs. Après celle du GISFI l'année dernière, il présente aussi la labellisation de PEPLor par le dispositif INFRA+ de LUE. Il s'agit là d'un positionnement très important de nos infrastructures expérimentales et analytiques, et les candidatures de plusieurs autres suivront bientôt (ANATELo, LiecOscope, STEVAL). Il faut noter sur cette année 2020 le très bon maintien de notre rayonnement avec de nombreuses récompenses, notamment pour nos brillants jeunes scientifiques.

L'année 2020 a été aussi marquée par le renouvellement de plusieurs directions d'UMR, avec deux nouvelles directrices qui ont pris leurs fonctions à GeoRessources et au CRPG. Je leur souhaite bonne chance dans cette rude tâche au service de la communauté.

Raphael PIK, directeur d'OTELo



http://otelo.univ-lorraine.fr

date de parution : décembre 2021

LES PROJETS INTERDISCIPLINAIRES

DYNAMIQUE DES TRES GRANDS GLISSEMENTS DE VERSANT

Etude de cas en Himalaya et modélisation par la méthode des éléments discrets

Porteurs: Jérôme Lavé (CRPG)

Luc Scholtès (GeoRessources)

Financement OTELo: 8 000 euros

Résumé:

Les chaînes de montagne sont le lieu d'une activité érosive intense et sont affectées par de nombreux mouvements et glissements de terrain, de tailles extrêmement variables, pouvant impliquer jusqu'à plusieurs kilomètres cubes de roche. De tels mégaglissements, parce qu'assez rares, ont été assez peu étudiés dans le détail notamment en Himalaya, en dépit de leur caractère potentiellement dévastateur.

L'objectif du projet est double : 1. Comprendre le comportement et l'évolution des versants suivant leurs contextes topographiques ou lithologiques par de la modélisation numérique, et identifier les facteurs qui favorisent le développement des Deep Seated Gravitational Slope Deformation (DSGSD), et leur évolution potentielle vers des glissements catastrophiques. 2. Définir et comprendre la distribution apparente des mégaglissements au travers de la chaîne himalayenne en fonction des contextes lithologiques et climatiques, notamment à la lumière des conclusions issues des modélisations.

Résultats scientifiques obtenus :

Pour la partie du projet dédiée à la caractérisation de grandes zones fracturées de DSGSD et de glissements catastrophiques en Himalaya, l'examen détaillé des images satellitaires au Népal central a déjà permis d'identifier de nombreux escarpements et fractures dans la haute chaîne. La construction de topographies numériques haute résolution à partir d'images Pléiades et SPOT-6 (master de R. Vautier en 2019) a permis de mener une pré-étude sur l'amplitude verticale des escarpements identifiés en images satellitaires, qui servira à définir la stratégie des futures missions de terrain. Une première mission devait avoir

lieu en octobre 2020, mais les circonstances sanitaires ont fait que nous avons dû reporter cette mission à 2021.

La partie modélisation a débuté conjointement à la thèse de Marius Huber. La première étape a consisté à étudier la stabilité d'un escarpement topographique simple en confrontant les résultats du code aux éléments discrets, YADE Open-DEM (Scholtès et Donzé, 2012), à une solution semi-analytique, à faire le lien entre les critères de rupture classiques (Mohr-Coulomb) et les paramètres constitutifs du modèle numérique discret, et enfin à tester l'influence de différentes caractéristiques géométriques de l'escarpement (e.g., inclinaison, hauteur, extension latérale) sur sa stabilité. Les résultats sont très probants (cf. figure) et vont permettre, sur cette base, d'aborder des questions relatives aux conditions d'apparition et à la distribution des fractures dans les versants, de déterminer le rôle de la morphologie des versants, de la foliation ou des structures géologiques préexistantes sur la dynamique des glissements.

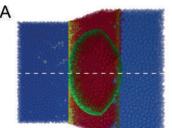
Valorisation du projet : Marius Huber devait présenter ses premiers résultats de modélisation à la RST de Lyon en septembre dernier mais le congrès a été annulé pour cause de pandémie.

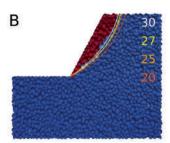
Autre(s) subvention(s) obtenue(s):

Une bourse de thèse financée pour une moitié par la Région et pour l'autre par le CRPG a été obtenue en 2019, et la thèse a démarré le 1^{er} janvier 2020. Une demande de financement complémentaire pour le terrain a été faite à l'INSU (Tellus – ALEA) en 2020.

Figures A et B:

Modélisation par éléments discrets d'un versant homogène (A = vue de dessus; B = coupe verticale médiane), avec les éléments en rouge correspondant à ceux qui sont mobilisés lors de l'effondrement. Ce cas simple permet de vérifier la pertinence du modèle discret vis-à-vis de la solution semi-analytique du problème





[Leshchinsky et al., 1985] ainsi que l'adéquation entre les paramètres numériques calibrés et les propriétés macroscopiques de type Mohr Coulomb correspondants. En A et B, la surface de la solution analytique 2D est représentée en jaune, et correspond à un angle de frottement interne de 27°.

DIADHEPS

Caractérisation multi-échelle du lien entre qualité et quantité des substances polymériques extracellulaires (EPS) et propriétés d'adhésion des biofilms de diatomées

Porteurs: Martin Laviale (LIEC) Audrey Beaussart (LIEC)

Catherine Lorgeoux (OTELo/GeoRessources)

Financement OTELo: 7 500 euros

Résumé :

Les biofilms phototrophes constituent un élément essentiel des écosystèmes aquatiques. Ce sont des communautés de microorganismes (microalgues, bactéries, champignons, protozoaires) vivant au sein d'une matrice de substances polymériques extracellulaires (EPS) qui remplit des fonctions importantes pour le biofilm (structuration, adhésion...) mais aussi pour l'écosystème (stabilisation des sédiments...). Il est donc nécessaire de disposer de méthodes robustes et fiables permettant de caractériser la diversité biochimique de ces molécules et de faire le lien avec les différentes fonctions écologiques assurées. Ce projet proposait de caractériser les EPS produits par les biofilms de diatomées via une approche de géochimie organique (tâches 1 et 2). En parallèle, nous avons mis en relation, à l'échelle de la cellule, la composition de ces EPS avec les propriétés d'adhésion des diatomées par une approche d'imagerie à haute résolution spatiale (tâche 3).

Résultats scientifiques obtenus :

Une première étude a été menée pour caractériser de manière non ciblée l'ensemble de la matière organique (MO) de biofilms collectés le long d'un gradient de contamination (site observatoire de la Cleurie, Vosges). Une analyse de la phase solide par thermochimiolyse couplée à de la chromatographie en phase gazeuse-spectrométrie de masse (THM-GC-MS) a révélé plusieurs familles de fragments pyrolytiques (acides gras, polysaccharides, dérivés de lignine, stérols) dont certains marqueurs chémotaxonomiques et de l'origine de la MO.

Ces premiers résultats encourageants, en cours d'analyse, seront complétés par l'identification d'un panel plus large de molécules en fonction de leur taille (GPC) et polarité (QToF). L'approche analytique testée ici, innovante pour les biofilms, sera utile pour mieux comprendre le rôle de ces composés (dont les EPS) et d'explorer l'influence de l'environnement sur leur production et régulation.

Une deuxième étude avait pour objectif de quantifier, à l'échelle nanométrique, la topographie et les propriétés adhésives d'une diatomée modèle (Nitzschia palea) via la microscopie à force atomique (AFM) tout en reliant ces propriétés à la composition des EPS révélée par spectroscopie Raman. Nos résultats montrent que les cellules de N. palea adhèrent préférentiellement à des substrats hydrophobes, grâce à la présence d'EPS principalement (glyco)-lipidiques distribués de manière non-homogène à la surface des cellules. Ces résultats permettront de mieux comprendre la formation du biofilm de diatomées à l'échelle d'un microhabitat, qui peut affecter son fonctionnement à plus grande échelle.

Valorisation du projet :

Laviale M., Beaussart A. et al. 2019. ACS Applied Materials & Interfaces (hal-02396296). Laviale Met al. 2019. Characterization of diatom adhesion properties on different substrates: from population to individual scale. 11th SEFS, Zagreb, Croatia. Poster. Laviale M, Beaussart A et al. 2019. Caractérisation des propriétés d'adhésion d'une diatomée benthique (Nitzschia palea) à l'échelle nanométrique. ADLaf 2019, Metz, France. Oral

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

Cette approche a été intégrée dans le cadre du suivi des biofilms de 2 sites observatoires de la Zone Atelier Moselle (Cleurie : PESTINTER- projet ANSES 2021-2024, resp. M. Laviale ; Orne : QUALI-ORNE3 – projet AERM resp. E. Pelletier).



Figures: Images AFM révélant la structure à une échelle nanométrique de l'exosquelette siliceux de la diatomée modèle Nitzschia palea.qui mérite de recevoir un nouveau nom.

LES ISOTOPES DU CUIVRE ET DU ZINC AU SERVICE DU DIAGNOSTIC EN SANTÉ ENVIRONNEMENTALE

Porteurs : Laure Giambérini (LIEC) Christophe Cloquet (CRPG) Financement OTELo : 8 000 euros

Résumé:

L'approche de métallomique de l'isotopie du cuivre et du zinc a été utilisée particulièrement en médecine pour le diagnostic de différents types de pathologies en montrant sa capacité explicative du dérèglement de l'homéostasie de ces éléments à l'origine des pathologies. En démarrant ce projet en santé environnementale, nous voulons tester la capacité de cette approche à expliquer les liens entre exposome des organismes en milieux anthropisés et le réactome de ceux-ci depuis leurs mécanismes d'accumulation, l'activité de leurs systèmes de détoxification cellulaires et leurs effets biologiques. La présente étude propose de mieux comprendre chez la truite du lac Ohrid Salmo. letnica les liens entre concentrations environnementales de Cu et Zn, bioaccumulation, métabolisme de détoxification et de compartimentalisation cellulaire, effets toxiques et pathologies en utilisant l'approche de métallomique de l'isotopie du Cu, du Zn et du S.

Les premières étapes de validation de la méthode pour la mesure des isotopes du cuivre ont été réalisées. Les approches écotoxicologiques montrent une hyperaccumulation de Cu chez S. letnica associée à un stress oxydant et un dysfonctionnement des systèmes de défense et une histopathologie hépatique.

Résultats scientifiques obtenus :

1. Analyse isotopique

Les premières étapes de validation de la méthode pour la mesure des isotopes du cuivre ont été réalisées. La stabilité des mesures a été vérifiée garantissant la certitude d'une précision suffisante. En effet, la moyenne obtenue en mesurant un standard en solution sur lui-même nous a permis d'obtenir une précision de 0.04 ‰ (2 écarts-types, figure 1). Nous avons également cherché des standards secondaires pour s'assurer de la reproductibilité et de la justesse de la méthode. Parmi les trois mesurés, deux montrent une variation par rapport à notre référence avec un écart de 0,3 ‰, le troisième montrant une valeur similaire à celle de notre référence. Ces valeurs nous permettront de suivre dans le temps l'évolution de la justesse des mesures.

2. Approches écotoxicologiques

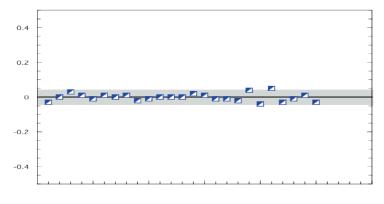
L'accumulation de 35 éléments métalliques mineurs et 10 majeurs a été mesurée dans le foie, les branchies et les muscles des deux espèces de poissons étudiées, Rutilus ohridanus (Ro) et Salmo letnica (SI).

Nous confirmons pour la troisième fois chez S. letnica l'hyperaccumulaton du cuivre dans le foie indiquant un métabolisme perturbé de ce métal en tout cas très particulier qui pourrait être assimilé à la maladie de Wilson.

On peut noter chez S. letnica des taux deux fois plus importants de LOOH indiquant une péroxydation lipidique des membranes cellulaires malgré un taux deux fois plus élevé de l'enzyme antioxidante SOD. De plus nous observons un taux d'enzyme lysosomale trois fois moins important indiquant un dysfonctionnement du système lysosomal et donc des systèmes de défense. Ces biomarqueurs mettent bien en évidence les effets biologiques et les réponses différents que mettent en place les deux espèces de poissons ayant accumulés fortement ou pas le cuivre (figure. 2).Ces résultats biochimiques sont en accord avec les observations microscopiques réalisées chez cette espèce de salmonidés qui indiquent des altérations histologiques hépatiques et particulièrement une stéatose.

Compte tenu des conditions difficiles de cette année, nous n'avons pas pu progresser plus amplement. Durant le premier trimestre 2021, les premiers échantillons devraient être analysés en ce qui concerne les mesures isotopiques et l'approche métallomique qui n'a pas pu être entreprise avec les partenaires canadiens sera développée avec des collègues chimistes de l'Université de Lorraine.

Autre(s) subvention(s) obtenue(s) : Un projet incluant cette problématique avait été soumis fin 2019 à l'appel d'offre Isotop de la MITI mais n'a pas été retenu. En 2021 nous comptons proposer une partie de ces approches à un autre AO de la MITI, Metallo-MIX et continuer ensuite vers une ANR.



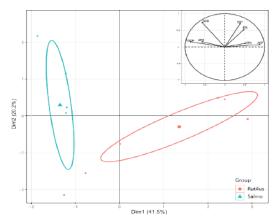


Figure 1 : Validation de la méthode pour la mesure des isotopes du cuivre.

Figure 2 : Analyse en Composante Principale réalisée avec la batterie de biomarqueurs biochimiques montrant des effets différents sur les deux espèces de poissons ayant accumulés du cuivre ou non. L'espèce de salmonidé, à gauche, est affectée par un stress oxydant, des dégradations des membranes cellulaires et un affaiblissement des systèmes de défense.

MATRIX

Des matrices organiques aux matrices numériques : Analyses multivariées pour l'identification des sources de pollution par Fluorescence 3D.

Porteurs : Coralie Biache (LIEC) Marc Offroy (LIEC) Financement OTELo : 5 055 euros

Résumé:

Parmi les 2,5 millions de sites contaminés identifiés en Europe [1], 332 500 sites sont impactés par des contaminations aux composés aromatiques polycycliques (CAP) et plus spécifiquement aux hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP). Ces HAP sont des molécules constituées d'au moins deux noyaux benzéniques, présentant des propriétés hydrophobes. Il en existe des centaines mais seules seize d'entre elles sont listées comme polluants prioritaires par l'US-EPA du fait de leur propriétés toxiques, mutagènes et cancérigènes [2]. Les HAP sont issus de différentes sources, principalement du fait des activités anthropiques [3]. De par leur large diffusion dans l'environnement, il est difficile de leur attribuer une origine précise. Dans certains cas, les teneurs et surtout les distributions des HAP peuvent renseigner sur l'origine de ces HAP [4] certaines sources de contaminations présentant une signature particulière. A l'heure actuelle, la caractérisation de ces sources de contaminations nécessite de réaliser une extraction par solvants organiques (classiquement dichlorométhane [5]) puis l'identification et le dosage des composés présents par des techniques chromatographiques (GC-MS, HPLC-DAD, LC-MS). Cependant, ces analyses sont longues et coûteuses ce qui limite l'acquisition et l'étude d'importantes séries de données.

La spectroscopie de fluorescence est une autre technique analytique permettant de concilier rapidité d'analyse et signature de source. De par leurs structures moléculaires, les HAP présentent, en effet, la propriété de fluorescer. Initialement utilisée en mode Emission-Excitation synchrone, elle a été appliquée pour étudier les matrices organiques complexes comme les charbons et les bitumes routier [6] afin de déterminer le degré de condensation des structures aromatiques. Ce mode d'analyse, développé dans les années 90, permettait de réaliser des analyses sur des durées acceptables (15 minutes) alors qu'une analyse sur l'ensemble du spectre d'Emission-Excitation (Fluorescence 3D : excitation [nm] x émission [nm] x intensité [u.a.]) à cette époque prenait plusieurs heures. Cette technique a fortement évolué grâce aux perfectionnements de l'optique et de l'électronique permettant d'acquérir en un minimum de temps un très grand nombre de données (e.g. 10-20 minutes d'analyse par échantillon). La fluorescence 3D est aujourd'hui principalement utilisée pour l'analyse des échantillons aqueux (eaux de rivière et de mer) afin d'identifier les sources de matière organique dissoute d'origine naturelle [7]. En revanche, elle est peu utilisée pour l'analyse d'extraits organiques (solvants organiques) et dans un contexte de contamination anthropique. Pourtant, la grande quantité d'information contenue dans une matrice de fluorescence 3D doit permettre de compléter les informations structurales pour conduire à l'identification de source de HAP. Des outils de post-processing doivent donc être développés pour extraire les informations les plus pertinentes contenues dans ces matrices de fluorescence. Dans les études physico-chimiques, une discipline appelée chemometric a été développée pour justement acquérir par des outils mathématiques et statistiques [8] une connaissance plus approfondie et une interprétation plus complète des échantillons analysés. Ces approches emploient l'analyse multivariée (MCR) et le data mining en chimie analytique.

Malgré la situation sanitaire de 2020, les premiers résultats de MATRIX ont été très encourageants. L'exploitation de données d'échantillons simples (i.e. mélanges de quatre HAP, à savoir le naphtalène, l'anthracène, le pyrène et le benzo(a)anthracène) par fluorescence 3D couplé à une méthode de chimiométrie (PARAFAC) a permis d'extraire sans à priori leurs différentes signatures spectrales. Ce premier travail a également permis de tester différentes approches propres à la méthode PARAFAC (e.g. recherche du rang de la matrice à analyser, etc.).

Références:

[1] European Environment Agency, (2012).

[2] L.H. Keith, W.A. Telliard. Environ. Sci. Technol. 13 (1979) 416-423.

[3] G. Witt. Mar. Pollut. Bull. 31 (1995) 237-248.

[4] M.B. Yunker, R.W. Macdonald, R. Vingarzan, R.H. Mitchell, D. Goyette, S.

Sylveste. Org. Geochem. 33 (2002) 489-515.

[5] Y. Li, R. Michels, L. Mansuy, S. Fleck, P. Faure. Fuel. 81 (2002) 747-755.

[6] J. Kister, N. Pieri, R. Alvarez, M. A. Diez, J.J. Pis. Energy Fuels. 10 (1996) 948-957.

[7] P.G. Coble. Mar. Chem. 51 (1996) 325-346.

[8] M. Bosco, M.P. Callao and M.S. Larrechi. Talanta 72 (20017) 800-807.

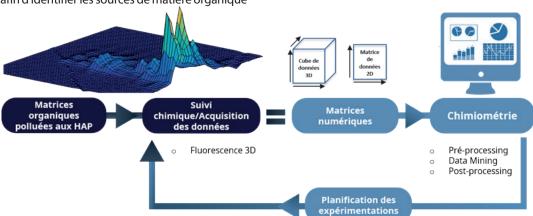
[9] S. Piqueras, L. Duponchel, R. Tauler, A. de Juan. Anal. Chim. Acta 705 (2011) 182-192.

[10] S. Piqueras, L. Duponchel, M. Offroy, F. Jamme, R. Tauler, A. de Juan, Anal. Chem. 85 (2013) 6303-6311.

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

Thèse ministérielle de Merzouk Haouchine arrivé en septembre 2020.

Figure : Projet MATRIX



DISTRIBUTION DES ÉLÉMENTS TRACES DANS LES CHONDRES - IMPLICATIONS POUR LES CONDITIONS REDOX ET THERMIQUES DE CES OBJETS ET DE LEURS PRÉCURSEURS

Porteurs:: Yves Marrocchi (CRPG)

Julien Mercadier (GeoRessources)

Financement OTELo: 8 000 euros

Résumé:

Les spectres en terres rares obtenus dans différentes générations d'olivines confirment que les chondres résultent de la fusion de précurseurs préalablement condensés à partir du gaz du disque d'accrétion.

Résultats scientifiques obtenus :

Nous avons déterminé les spectres en terres rares d'olivines isolées dans la matrice de chondrites carbonées mais également dans deux types d'olivine de chondres : (i) olivines reliques héritées des précurseurs des chondres et (ii) des olivines hôtes formées lors de l'interaction avec le gaz. Nos résultats montrent que les olivines reliques sont enrichies en terres rares par rapport aux olivines hôtes et isolées (figure). De plus, elles montrent un spectre relativement plat, typique des processus de condensation depuis la phase gazeuse. Au contraire, les olivines isolées et hôtes sont fractionnées avec un appauvrissement en terres rares légères typiques des processus magmatiques. Ces données sont donc intéressantes et confirment que les précurseurs des chondres se sont formés par condensation (Marrocchi et al., 2018, 2019). Ces précurseurs ont ensuite subi un double processus de fusion et d'interaction avec le gaz, résultant en la formation des olivines hôtes. Les spectres en

terre rares des olivines isolés sont également en accord avec une origine magmatique et représentent des fragments de chondres, cassés à chaud lors de collisions dans le disque protoplanétaires (Jacquet et al., 2020).

Nous allons maintenant poursuivre cette étude afin de tester si les chondres de différentes chondrites montrent les mêmes signatures en terres rares. Une attention toute particulière sera apportée à caractériser des chondres de chondrites non-carbonées, formées dans le disque interne. La comparaison avec les chondrites carbonées, formées dans le disque externe, nous permettra de tester sur les conditions de formation des chondres sont les mêmes dans les différents réservoirs du disque protoplanétaire.

Valorisation du projet :

Le projet est encore en cours est de nouvelles mesures vont être effectuées.

A terme, elles devraient déboucher sur une publication.

Autre subvention obtenue:

ANR CASSYSS (Yves Marrocchi CO-PI)

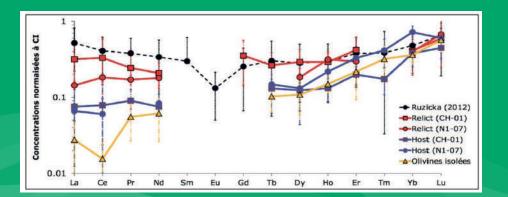


Figure :

Distribution des terres rares dans les olivines isolées dans la matrice ainsi que dans les olivines reliques et hôtes des chondres. Le spectre de terres rares des olivines des inclusions réfractaires (AOAs) est montré pour comparaison (Ruzicka et al., 2012).

MÉTHODOLOGIE COUPLÉE M-XRF ET ISOTOPIE DU GERMANIUM POUR L'ÉTUDE DE LA FORMATION DE SPHÉRULES D'IMPACT PAR CONDENSATIONS

Porteurs : Béatrice Luais (CRPG)

Jean Cauzid (GeoRessources)

Financement OTELo: 7 000 euros

Résumé:

Ce projet a pour but de caractériser le comportement du germanium durant les processus de formation de sphérules d'impact par condensation en utilisant deux techniques : 1) l'identification des phases porteuses de Ge par cartographie µ-fluorescence XRF in situ à haute résolution, 2) la mesure des concentrations et des compositions isotopiques du germanium dans ces sphérules. Les échantillons étudiés proviennent du forage ICDP (Barberton Drilling Project) des terrains archéens de Barberton (3.2 Ga, Afrique du Sud) où des niveaux de sphérules d'impact produits par la chute de météorites ont été identifiés.

Résultats scientifiques obtenus :

L'échantillon de carotte de 22 cm se caractérise par 4 niveaux de sphérules de \approx 4 cm d'épaisseur chacun, séparés par des niveaux d'argiles. Le premier niveau de sphérules est très hétérogène du point de vue texture (Figure B). Cet échantillon a été scié en 23 subéchantillons respectant la lithologie et les variations de textures des sphérules.

Les mesures préliminaires de cartographie μ-XRF à haute résolution (20µm, Bruker M4 Tornado, SCMEM-Nancy) de Ge sur ces échantillons étaient très encourageantes (Figure A), mais les résultats acquis en nombre plus important ont soulevé de grandes difficultés techniques. Trois verrous techniques ont été identifiés. Le premier est de supprimer les pics de diffraction : soit en sortant de la position de Bragg grâce à l'ajout d'un moteur de rotation, soit en traitant séparément les signaux des deux détecteurs disponibles (demande INSU). Le second verrou est l'amélioration du rapport signal/bruit. Deux solutions ont été identifiées : augmenter le temps de comptage en programmant l'acquisition point par point et optimiser les conditions d'acquisitions en combinant plusieurs cartes acquises avec des conditions d'irradiation différentes. Ces deux pistes font l'objet d'un effort de programmation. Le troisième verrou est la construction d'une carte quantitative à partir de points de calibrage. Cette piste est explorée avec le code XMapTools dans le cadre d'un projet étudiant (M. Boutrelle, EMN 2020-2021) après que

deux outils préalables ont été développés dans un projet précédent (A. Meyer, ENSG 2019-2020, findcoord et MARCIA). Ce vaste travail de développement méthodologique est riche en retombées potentielles en amont des mesures de datation ou de chimie isotopique.

L'étude géochimique de ces sub-échantillons permet d'établir un profil élémentaire et isotopique du germanium. Le profil géochimique montre que les 4 niveaux de sphérules, anormalement enrichis en Ir (600ppb), Ni (3800 ppm), Co (250 ppm), Cr (3500 ppm), se distinguent par un enrichissement très important en Ge (4-7 ppm) alors que les niveaux d'argiles ont des concentrations en Ge (≈ 2 ppm) similaires à la croûte terrestre (Figure B). Les mesures isotopiques du germanium ont été effectuées sur 8 échantillons actuellement, sur le spectromètre de masse MC-ICPMS NeptunePlus au CRPG (Luais, 2012). Cependant, dû à la teneur importante en carbone de ces échantillons, une étape supplémentaire de chimie a dû être développée. Le premier niveau de sphérules (#1) est très hétérogène tant du point de vue concentrations que compositions isotopiques (Figure B). Dans l'espace δ^{74} Ge vs [Ge ppm], une majorité d'échantillons définit une corrélation positive, cohérent avec un modèle de condensation cinétique du germanium. A partir d'un gaz produit par évaporation lors d'un impact très énergétique, la condensation progressive du Ge lors du refroidissement du gaz résulte en une augmentation de la concentration dans les gouttelettes condensées et un enrichissement progressif en isotopes lourds. Les mesures isotopiques des autres échantillons permettront de préciser un profil isotopique en Ge et de contraindre les paramètres de condensation.

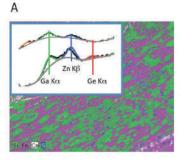
Valorisation du projet :

Demande INSU.

Findcoord : repositionnement d'échantillons entre deux séries de mesures. Licence GPL. H. Meyer, & J. Cauzid. (2020a). hameye/findcoord https://github.com/hameye/findcoord MARCIA : établissement de cartes minéralogiques à partir

d'images variées. Licence GPL. H. Meyer, & J. Cauzid. (2020b). hameye/MARCIA: MARCIA v 0.1.0 (Version 0.1.0). Zenodo. http://doi.org/10.5281/zenodo.3929745

Collaboration avec R. Schöenberg (Université de Cologne) pour les mesures isotopiques du Zn, et E. Thomassot pour les mesures isotopiques in situ de soufre.



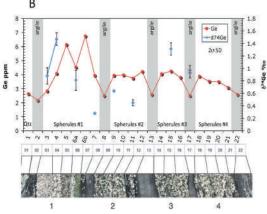


Figure A : Premières données de cartographie μ-XRF d'un échantillon de sphérules. Les zones riches en Ge apparaissent en vert.

Figure B : Profil des variations élémentaires (Ge ppm $\pm 5\%$) et isotopiques de Ge (δ^{74} Ge‰) dans les nveaux de sphérules et d'argiles du forage de Barberton (Afrique du Sud).

IMPACTS DE LA STRUCTURATION PYRÉNÉENNE ET ALPINE SUR LA TRANSGRESSION ET LA SÉDIMENTATION CARBONATÉE NUMMULITIQUE EN CONTEXTE D'AVANT PAYS

Porteurs: Cédric Carpentier (GeoRessources)
Mary Ford (CRPG)
Financement OTELo: 7 000 euros

Résumé:

Pour de nombreux géologues, le bassin d'avant pays alpin occidental est un exemple classique de bassin flexural synorogénique et un laboratoire naturel clé pour l'étude de la dynamique de bassin et les relations « source to sink ». Cependant beaucoup de points restent à éclaircir en ce qui concerne de la réponse flexurale 3D précoce de la marge européenne jusqu'au début de la collision avec la plaque adriatique. L'initiation du bassin et son évolution précoce sont enregistrées par la trilogie nummulitique (calcaires nummulitiques, marnes à globigérines et turbidites). Dans le SE de la France métropolitaine et en Corse, l'onlap progressif des calcaires nummulitiques montre une organisation particulièrement complexe surimposée à une migration globale vers la bordure ouest et nord du bassin. Qu'est-ce qui a contrôlé cette évolution ? Ajoutée aux caractéristiques rhéologiques et structurales à grande échelle des plaques européenne et adriatique, l'influence de la limite orientale de la déformation pyrénéenne doit être examinée à l'échelle locale et régionale. Cette structuration a pu être responsable de la création d'un paléorelief sur lequel la transgression nummulitique s'est mise en place. De plus, des arguments semblent indiquer qu'une tectonique salifère enracinée dans les évaporites triasiques a été active dans la région pendant le rifting et l'orogenèse. Est-ce que ces phénomènes ont influencé la répartition géographique de la transgression?

Résultats scientifiques obtenus :

Une mission de terrain d'une semaine a été effectuée au mois de novembre 2019 dans le secteur de Palasca en Corse. Les levés de terrain ont permis de construire plusieurs coupes structurales et sédimentaire du secteur montrant les impacts successifs des chevauchements éocènes à vergence ouest d'origine alpine et des décrochements N-S d'âge oligo-miocène. Les lames minces effectuées ont permis une étude fine des microfaciès terrigènes et carbonatés, ainsi qu'une quantification des sources du matériel terrigènes à partir des compositions minéralogiques. Les principaux résultats montrent que les calcaires nummulitiques sont précédés par une épaisse série conglomératique d'environ 80 m déposées en contexte de cône alluvial proximal à médian. Ces dépôts reposent directement sur le socle hercynien et renferment une discordance angulaire synchrone d'une transition verticale entre des faciès de

Conglumérate écolnes

Conglumérate écolnes

Conglumérate écolnes

Cieta marins
Ciet

cône proximal et de cône médian. Cette discordance marque très certainement la mise en place de la flexuration du bassin d'avant pays et un retrait des sources de matériel terrigène vers l'ouest. Les calcaires sus-jacents sont très peu développés avec une épaisseur d'environ 6 m et sont précédés par des grès présentant déjà des traces d'influence marine. Les calcaires présentent peu de faciès de haute énergie associés à des morphologies de nummulites indicatrices des conditions photiques optimales. Au contraire, les environnements de dépôt au sein des calcaires indiquent principalement une tranche d'eau importante avec des faciès argilo-carbonatés et des nummulites larges et aplaties indicatrices d'un stress photique. Cela signifie que, dans le secteur de Palasca, l'importante quantité de matériel terrigène fournie probablement au niveau des cônes alluviaux et liée à l'érosion du socle hercynien déjà à l'affleurement au début de l'Eocène a grandement inhibé la production carbonatée. Les premiers sédiments transgressifs sont gréseux et les conditions propices à la mise en place d'une sédimentation carbonatées n'ont été remplies que bien après le début de la transgression lorsque le milieu s'est trouvé éloigné des sources terrigènes et en conditions mésophotiques.

Les analyses pétrographiques sur les sédiments terrigènes ont permis de montrer que la totalité du matériel a été fourni par l'érosion du socle hercynien situé au niveau du forebulge à l'ouest du bassin. Ces données semblent démontrer la maturité croissante des lithologies en remontant au sein de la séquence. La diminution des silicoclastes feldspathiques et phyllosilicatés, associée à la diminution de la taille des grains indiquent un éloignement de la source cohérente avec la migration de la progressive du bassin flexural vers l'ouest. Le modèle de Malusa et al. (2016) propose que le socle sarde et sa couverture mésozoïque ont été exhumés et soumis à l'érosion avant la Corse. L'auteur propose que les produits d'érosion de ces séries sédimentaires ont permis d'approvisionner en sédiments les bassins flexuraux corses. L'origine purement hercynienne des sédiments silicoclastiques mise en évidence lors de notre étude semble remettre en question ce modèle.

Les datations précises à partir des nummulites qui devaient être effectuées à l'Université de Rome n'ont pour l'instant pas pu être faites en raison de la crise sanitaire et des restrictions d'accès aux laboratoires aussi bien en France qu'en Italie.

Valorisation du projet : Rapport de Master 1. Un article est en cours de rédaction pour la Société géologique de France.

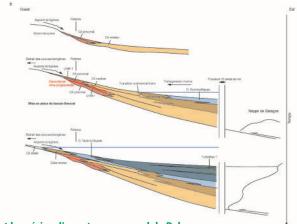


Figure A : Coupe structurale est-ouest traversant les séries d'avant-pays au sud de Palasca. Figure B : Evolution sédimentaire au cours de la flexuration d'avant-pays au nord de la Corse.

PROJETS 'JEUNES CHERCHEURS'

CHRONOLOGIE 26AL-26MG IN SITU DE FORMATION DES ANGRITES - IMPLICATIONS SUR LA FORMATION DU CORPS PARENT DE CES MÉTÉORITE

Porteur: Johan Villeneuve

UMR: CRPG

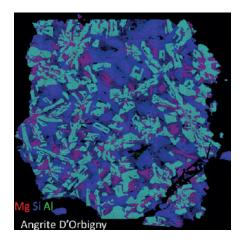
Financement OTELo: 9 000 euros

Résumé:

Les angrites sont des roches ignées de compositions mafiques à basaltiques provenant d'un astéroïde différencié, formé il y a environ 4.564 Ga, soit environ 3-4 Ma après le début de la formation du Système solaire. Elles présentent des textures soit plutoniques soit volcaniques induites par des différences de vitesses de refroidissement. Ce groupe de météorites nous donne accès à des informations fondamentales pour notre compréhension de l'évolution précoce des astéroïdes différenciés au sein du jeune Système solaire. Jusqu'à présent la chronologie de formation des angrites a été obtenue en roche totale ou sur minéraux séparés soit avec des chronomètres à longue demi-vie (U-Pb, Rb-Sr...), soit des chronomètres à courte demi-vie (26Al-26Mg, 182Hf-182W, 53Mn-53Cr). Cependant, il existe des discordances entre les âges obtenus au sein d'une même angrite entre les différents chronomètres et qui restent incomprises à l'heure actuelle (par exemple entre U-Pb et 26Al-26Mg). Une explication possible pour ces discordances entre chronomètres serait les différences de températures de fermetures entre éléments et entre minéraux. L'objectif de ce projet est de coupler la datation 26Al-26Mg in situ par microsonde ionique avec une caractérisation chimique par microsonde électronique d'angrites afin d'étudier les événements thermiques survenus sur le corps parent, tels que le refroidissement lent du magma ou une rééquilibration métamorphique, à même d'expliquer ces discordances.

Résultats scientifiques obtenus :

La datation 26Al-26Mg in situ par sonde ionique dans les minéraux des angrites a été rendue envisageable par le développement de détecteurs à la sensibilité accrue (cages de Faraday équipées d'amplificateur 1012 ohm). Ceux installés actuellement sur les sondes ioniques du CRPG et qui devaient permettre de réaliser ces mesures sont des prototypes perfectibles développés en collaboration avec la société CAMECA-AMETEK et qui n'ont pas permis d'atteindre le degré de précision nécessaire. Les cartes définitives sont actuellement en cours de fabrication et leur livraison est prévue en janvier 2021



DBP-DOSE - INFLUENCE DE LA DOSE DANS L'ÉTUDE DES MÉCANISMES À L'ORIGINE DES IMPACTS DU DI-N-BUTYL PHTALATE (DBP) SUR LE DÉVELOPPEMENT EMBRYOLARVAIRE DU POISSON ZÈBRE DANIO RERIO

Porteur: Sophie Prud'homme

UMR: LIEC

Financement OTELo: 12 000 euros

Résumé:

La question des doses d'exposition auxquelles les contaminants influencent le fonctionnement des organismes

et affectent leur physiologie est centrale en écotoxicologie et en toxicologie. Le projet DBP-Dose étudie les conséquences de l'exposition au di-n-butylphtalate (DBP) sur le développement embryolarvaire du poisson zèbre le long d'un gradient de contamination. Le suivi morphologique du développement, l'étude histologique des tissus et l'étude du stockage des réserves lipidiques sont associés à une approche transcriptomique. Ces données seront analysées selon une approche dose-réponse permettant d'évaluer les doses d'exposition auxquelles les différents niveaux d'organisation biologique apparaissent affectés.

Les données obtenues permettront (1) d'identifier la diversité des processus physiologiques affectés par le DBP, (2) d'explorer les mécanismes d'action du DBP sur le poisson zèbre et (3) d'établir la relation entre la dose d'exposition et les mécanismes mis en jeux et effets engendrés. Le projet permettra ainsi d'apporter des arguments solides dans le débat scientifique portant sur les doses d'exposition à considérer dans le cadre d'études mécanistiques : est-il pertinent d'extrapoler des mécanismes identifiés à de fortes doses d'exposition à des doses plus faibles, telles que retrouvées dans l'environnement?

Résultats scientifiques obtenus :

Les premiers mois du projet (septembre-décembre 2019) ont été consacrés à la mise au point du dispositif d'exposition, ainsi que du panel d'outils utilisés pour l'étude des effets morphologiques et tissulaires du contaminant.

Suite à la mise au point du dosage du DBP par le pôle chimie du LIEC, nous avons pu mettre en évidence la stabilité du DBP au cours du temps au sein de notre dispositif d'exposition des embryons. Ces premières analyses ont également montré une contamination parfois très importante du milieu témoin , jusqu'à 80 µg/L de DBP, alors que les concentrations d'exposition visées vont de 5 à 100 µg/L. Les tests complémentaires effectués ont mis en évidence qu'un simple pipetage avec un cône de micropipette automatique, induit le relargage de DBP au sein des volumes prélevés. Nous avons ainsi développé des stratégies pour éliminer toute source de contamination involontaire de nos milieux d'élevage.

L'intérêt majeur du microscope numérique récemment acquis par le laboratoire a été mis en évidence pour l'étude morphologique et morphométrique des larves et l'observation dynamique du flux sanguin et du rythme cardiaque (figure 1).

Le protocole de réalisation des coupes histologiques de larves a été mis au point. L'étude des coupes montre que cela permet notamment d'étudier l'intégrité de la structure du foie, du pancréas, du tube nerveux, du cerveau et des tissus musculaires (figure 2).

Le dispositif d'exposition d'embryons permettant de générer les échantillons nécessaires à l'analyse transcriptomique, l'étude histologique, et l'étude des ressources lipidiques était initialement prévu en janvier-février 2020. Cependant, une panne matérielle suivie du confinement lié à la pandémie due au SARS-COV2 qui a entrainé l'arrêt complet de l'animalerie du LIEC a empêché toute expérimentation sur Danio rerio jusqu'à ce jour. Une opportunité démarrer un dispositif d'exposition dans la première semaine de décembre nous permet néanmoins d'espérer acquérir sous peu les échantillons biologiques nécessaires à l'avancée du projet et laisse entrevoir l'espoir de pouvoir sous peu enfin obtenir les données biologiques tant attendues.

Valorisation du projet : Du fait du grand retard pris par le projet, aucune valorisation n'a encore été réalisée.

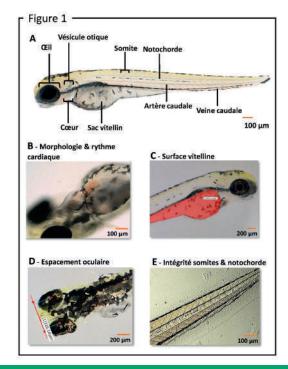
Autre(s) subvention(s) obtenue(s) : Les données initialement attendues n'ayant pas encore pu être générées, elles n'ont pas permis d'appuyer des demandes de financement en 2020.

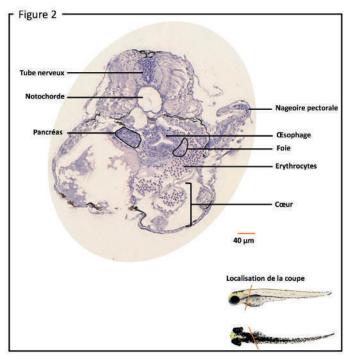
Figure 1 : Prise de vue d'une larve de Danio rerio (5 jours postfécondation) observée en vue latérale gauche au microscope numérique.

A - Larve entière observée en éclairage annulaire, permettant une étude morphologie et du patron de coloration général ainsi que plusieurs structures internes, dont les principales sont données en exemple.

- B Capture de l'observation dynamique de la morphologie et du rythme cardiaque.
- C Mesure de la surface vitelline.
- D Mesure de l'espacement oculaire en vue dorsale.
- E Observation de l'intégrité des somites, de la notochorde et de la nageoire caudale en éclairage coaxial.

Figure 2 : Exemple de coupe transversale de larve de Danio rerio (6 jours post-fécondation) colorée à l'hématoxyline/éosine.





MODÉLISATION PAR CHAMP DE PHASE DE LA FISSURATION DE GÉOMATÉRIAUX HÉTÉROGÈNES EN PRENANT EN COMPTE L'ENDOMMAGEMENT MICROMÉCANIQUE

Porteur: Long Cheng **UMR**: GeoRessources

Financement OTELo: 9 000 euros

Résumé:

Les géomatériaux ciblés dans ce projet sont en particulier les roches argileuses (marnes et argilites). A l'échelle de la Région Grand Est, ces roches sont présentées comme roches de stockage dans le cas des recherches liées au projet de stockage profond de déchets radioactifs ou roches de couvertures de cavités de stockage. La compréhension fine du comportement mécanique et de la fissuration de ces roches anisotropes, en relation avec leur perméabilité, est de manière générale cruciale dans le contexte du stockage souterrain. Dans le cas de l'argilite, la microstructure a été étudiée à différentes échelles depuis les mesures en forage et en laboratoire, de l'échelle centimétrique à celle de la microstructure. D'un point de vue mécanique, l'endommagement induit par la fissuration et/ ou par la microfissuration sous sollicitation hydromécanique affecte fortement le comportement de géomatériaux étudiés à l'échelle macroscopique. Nous nous intéressons donc dans un premier temps au problème poroélastique dans le but d'estimer les propriétés effectives. La deuxième partie consiste à un développement d'outils numériques basés sur la méthode de champ de phase dédiés donc à la prédiction de l'initiation et de la propagation de fissures.

Résultats scientifiques obtenus :

- 1) Propriétés effectives obtenues par la méthode semianalytique d'homogénéisation linéaire pour des géomatériaux avec microstructures complexes.
- 2) Modélisation micromécanique d'endommagement de géomatériaux ductiles ayant une matrice plastique générale.
- 3) Développements théorique et numérique d'un outil de champ de phase.

Figure 1 : Microstructure d'un Volume Élémentaire Représentatif (VER) généré par des outils numériques de l'équipe HGM – GeoRessources & Prédiction numérique du tenseur de contribution en fonction du paramètre de concavité.

Valorisation du projet :

Publications:

K. Du, L. Cheng, J.F. Barthélémy, I. Sevostianov, A. Giraud, A. Adessina. Effective elastic properties of transversely isotropic materials with concave pores. Mechanics of materials, Volume 153, February 2021, 103665. https://doi.org/10.1016/j.mechmat.2020.103665

K. Du, L. Cheng, J.F. Barthélémy, I. Sevostianov, A. Giraud, A. Adessina. Numerical computation of compliance contribution tensor of a concave pore embedded in a transversely isotropic matrix. International Journal of Engineering Science, Volume 152, July 2020, 103306. https://doi.org/10.1016/j.ijengsci.2020.103306

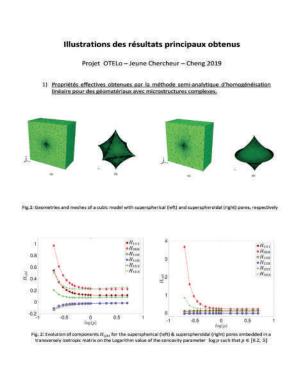
L. Cheng, S. Brach, D. Kondo. Micromechanical modeling of porous material with a general isotropic plastic matrix by numerical method. Soumis.

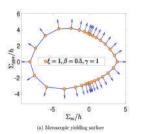
K. Du, L. Cheng, J.F. Barthélémy, I. Sevostianov, A. Giraud, A. Adessina. Numerical estimation of resistivity contribution tensor of a concave pore embedded in a transversely isotropic matrix. En préparation.

Conférence: L. Cheng, S. Brach, A. Giraud, D. Kondo. Numerical modeling of ductile porous material with a general

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

Une partie de ces travaux ont été réalisés dans le cadre de la thèse de Kou DU (financement MENESR).





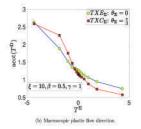


Fig.3: Macroscopic yielding surfaces and plastic flow directions with respect to different macroscopic load angle effect.

Figure 2 : Etude de la propagation de fissure (e.g. Mode I et II) par la méthode de champ de phase.

3) Développements théorique et numérique d'un outil de champ de phase

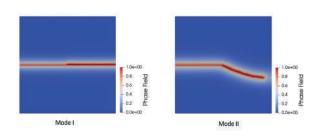


Fig.4: Prediction of crack propagation (Mode I et II) by the phase field

UP AND DOWN: ANALYSE COMPARATIVE DE DIFFÉRENTS SIGNAUX PALÉO-ENVIRONNEMENTAUX DE LORRAINE POUR L'IDENTIFICATION D'UN SIGNAL RÉGIONAL DE RÉFÉRENCE

Porteur: Vincent Robin

UMR: LIEC

Financement OTELo: 12 000 euros

Résumé:

Les données paléo-environnementales de référence sont très majoritairement issues de longues séquences temporelles présentant des signaux à de larges échelles. Mais il apparaît actuellement important d'affiner la résolution d'analyse des enregistrements paléoenvironnementaux pour positionner au plus proche de la continuité spatiotemporelle des trajectoires écologiques. Pour autant ceci constitue encore souvent un verrou analytique important. Une des solutions pour répondre à ce challenge consiste à développer des approches upscaling/downscaling à partir de données quantitatives dans l'identification d'un signal composite de référence. Dans le cadre du projet Up and down, nous avons compilé, standardisé et indexé différents enregistrements paléoécologiques issus de différentes archives naturelles de basse altitude en Lorraine. Cette approche multiindicateurs normalisés (voir ci-après) nous permet de faire remonter des informations paléoécologiques locales à l'échelle supra-locale. Des patrons de changements environnementaux sont ensuite identifiés et comparés à une échelle suprarégionale,

Résultats scientifiques obtenus :

Les données paléoécologiques utilisées dans le cadre de ce projet sont issues de deux types d'indicateurs ayant différentes résolutions spatiales. D'une part, il a été utilisé des enregistrements en charbon de bois dans les sols du plateau lorrain (enregistrements pédoanthracologiques). Ces données proviennent de 18 sites, répartis sur le plateau lorrain. Cet inducteur charbon de bois a une résolution spatiale de l'ordre du peuplement forestier. De ces 18 sites il a été sélectionné et daté au radiocarbone 75 fragments de charbon de bois, identifiés taxonomiquement. D'autre part, il a été utilisé des données de pollens (enregistrements palynologiques) de deux sites de tourbières. Le premier site échantillonné est une zone tourbeuse de mardelle typique du plateau lorrain. Le deuxième site est une tourbière du Pays de Bitche, à la limite est du plateau lorrain, en transition géologique vers les Vosges du Nord gréseuses. Les enregistrements en pollens ont une résolution spatiale potentiellement importante (jusqu'à régionale). Donc pour définir un signal de référence le plus complet et solide possible, il est important d'inclure les enregistrements influencés par des mécanismes locaux. De plus, les séquences organiques issues des deux sites de tourbières ont fait l'objet d'analyses XFR pour déterminer les profils élémentaires.

Pour rendre comparables et compilables les données paléoécologiques obtenues et analysées, elles ont été indexées le long d'un axe temps de 8 000 ans avant aujourd'hui (avant 1950), par fenêtres temporelles fixes de 250 ans. Cette résolution temporelle d'indexation correspond au meilleur compris atteignable entre la résolution des données obtenues et l'échelle de temps pertinente pour appréhender des changements de végétations. Les informations temporelles sont obtenues à partir des données de datations directes des fragments de charbons de bois et de modèles d'âges-profondeurs pour les séquences organiques des tourbières. Les données pédoanthracologiques sont compilées en représentant le nombre de dates par fenêtres de temps selon la valeur médiane de la probabilité de calibration. Les données palynologiques sont compilées par fenêtre de temps après avoir été standardisées par normalisation. Les données géochimiques sont compilées en moyennant les valeurs données par les mesures XRF.

Les résultats indexés nous permettent d'observer des patrons de végétation et les trajectoires écosystémiques à l'échelle du plateau lorrain à partir de données pertinentes depuis l'échelle locale. On observe des fluctuations à long terme des fréquences des charbons de bois et pollens pour les taxons forestiers structurants sur le plateau lorrain que sont le hêtre et les chênes. Ces taxons sont présents de façon très ancienne localement. A l'échelle régionale, leurs fréquences s'inversent entre 4 000 à 3 500 ans cal. depuis une dominance des chênes vers une dominance du hêtre. Sur cette même période, il apparaît à l'échelle régionale que les écosystèmes basculent d'états forestiers à des états plus ouverts, c'est-à-dire que la biomasse ligneuse diminue. Ce basculement écosystémique s'accentue à partir de 2 000 cal. BP. avec un développement net des indicateurs anthropologiques.

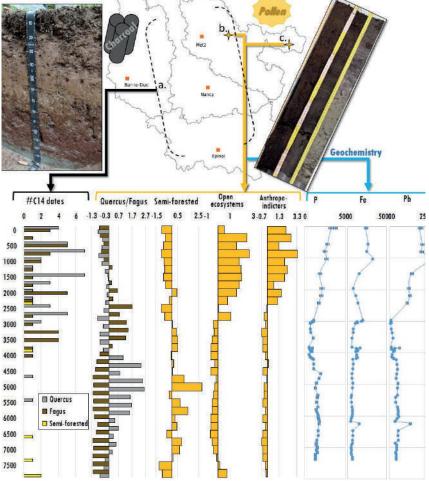
Ainsi, l'âge du bronze est une période charnière de franchissement de seuil de résistance écosystémique dû au développement des anthropoécosystèmes, qui contraint la résilience des systèmes localement comme régionalement sur le long terme. Ce patron d'histoire environnementale correspond bien aux patrons déjà identifiés pour les biomes avoisinants. Ceci prouve que le signal de référence obtenu pour le plateau lorrain est pertinent. Il reste maintenant à préciser certaines périodes de temps où le signal présente plus d'hétérogénéité, comme par exemple néolithique.

Valorisation du projet :

Inscription pour une communication orale dans la session H01 Quantitative reconstruction of Holocene landuse and land-cover change: advances and applications, au XV International Palynological Congress, prévu en mai 2021 à Prague (https://www.prague2020.cz/symposia.php).



Sur la carte de Lorraine sont positionnées les archives échantillonnées pour obtenir les enregistrements paléoécologiques (a. 18 sites forestiers sur le plateau Lorrain, b. mardelle de la forêt domaniale d'Hémilly, c. tourbière de la Horn, commune de Bitche).



RENOUVELLEMENT PROJETS D'OBSERVATION

Depuis 2014, OTELo lance un appel d'offres observation bisannuel pour soutenir des projets d'observation sur le long terme et les finance à hauteur de 4 k€ à 10 k€ par an sur duex ans. Les projets présentés s'engagent sur l'acquisition pluriannuelle d'observables en réponse à une ou des questions scientifiques structurantes. Les projets s'intègrent dans au moins une des quatre thématiques transversales d'OTELo.

Dans le cadre de l'appels d'offres 2020-2021, OTELo soutient 7 projets d'observation :

- l'Observatoire Régional des Affleurements Géologiques (ORAGE) porté par Bernard Lathuilière ;
- l'Observatoire de l'acidification des cours d'eau dans les Vosges porté par Anne Poszwa et François Guérold;
- Orne Observation (O²) porté par Emmanuelle Montargès-Pelletier et Laurence Mansuy-Huault;
- l'Observatoire des Invasions Biologiques dans la Moselle (MoRIS) porté par Sandrine Pain-Devin ;
- le Réseau de Mesure de la Qualité des Sols Urbains (RMQSU) porté par Christophe Schwartz et Christophe Cloquet ;
- l'Observation sur le long terme des milieux anthropisés au GISFI porté par Pierre Faure-Catteloin et Noële Enjelvin;
- le Suivi isotopique de rivières au Népal Central : Evolution des bilans hydrologiques et de l'érosion à l'échelle d'un bassin himalayen, porté par Thomas Rigaudier.

LABELLISATION DE PEPLOR

La Plateforme Expérimentale Phytotronique de Lorraine PEPLor est une infrastructure de recherche labélisée StAR-LUE depuis le 2 décembre 2020 (programme INFRA+ de Lorraine Université d'Excellence). Cette plateforme est intégrée aux pôles scientifiques OTELo et A2F et est soutenue en particulier par 5 laboratoires partenaires que sont IAM, LAE, LSE, LIEC et SILVA. Les ressources humaines (14 personnels) et les dispositifs expérimentaux (25 phytotrons, 45 armoires de culture) occupant une surface de 120 m² sont mis à disposition des laboratoires de recherche publics et des entreprises privées. Les dispositifs sont situés sur 3 sites de l'Université: Ecole Nationale Supérieur d'Agronomie et des Industries Alimentaires (ENSAIA), Faculté des Sciences et Technologies (FST) et Campus Bridoux.

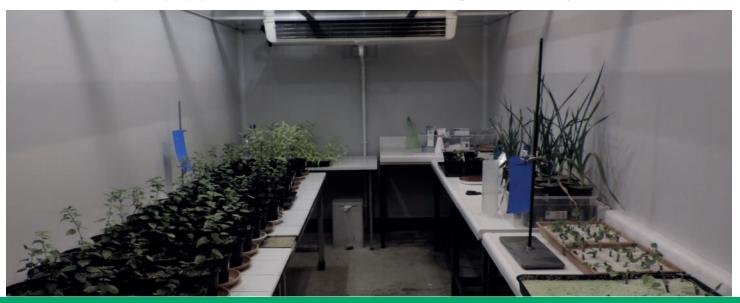
Les travaux mis en œuvre sur la plateforme PEPLor contribuent à la compréhension des phénomènes d'adaptation des plantes à leur environnement pour favoriser la production végétale, la production de molécules d'intérêt (biomolécules) pour la plante elle-même (défense, bio contrôle) ou pour l'Homme (valeur santé, cosmétique, pharmacologie). Ils supportent également la mise au point des outils d'évaluation de la bio disponibilité des polluants, de prévision de leur transfert vers les plantes, ainsi que des modèles pour la conception et le pilotage des cultures dans les sols contaminés par des éléments en traces ou des molécules organiques.

Le savoir-faire de la plateforme permet notamment :

- des cultures de végétaux dans des conditions climatiques contrôlées (température, éclairement et hygrométrie) en vase de végétation, in vitro, sous conditions confinées S2, permettant de réaliser des expériences sensibles avec OGM ou pathogènes et sous atmosphère enrichie en CO2 et/ou O3;
 - la production de biomolécules pour la plante ou pour l'Homme ;
 - des expérimentations sur des sols contaminés plus ou moins anthropisés ;
 - la culture d'algues ;
 - la réalisation de tests écotoxicologiques (normalisés ou non).

Pour en savoir plus : http://peplor.univ-lorraine.fr/

Figure: Photo du Phytotron situé à la FST LIEC



CHANGEMENT DE DIRECTIONS



MARY FORD DIRECTRICE DU CRPG

Mary Ford, professeur des universités à l'ENSG, est la nouvelle directrice du Centre de Recherches Pétrographiques et Géologiques depuis le 1^{er} septembre 2020. Mary Ford, qui succède à Raphaël Pik, est épaulé par Yves Marrocchi, chargé de recherche CNRS, qui assure la fonction de directeur adjoint.

Mini-CV

1985: Thèse de doctorat, National University of Ireland, Cork, Irlande

1985-1986 : Contrat postdoctoral, département de géologie, Université de Liverpool, GB 1986-1990 : Maître de conférences, département de Géologie, Université de Plymouth, GB

1990-1998: Maître de conférences, Geologisches Institut, ETH-Zurich, Suisse

1998: Habilitation, ETH, Zurich, Suisse

Depuis 1998 : Professeur, Université de Lorraine, ENSG, CRPG, Nancy, France

2015 : Chevalier des Palmes académiques, France

ANNE-SYLVIE ANDRE MAYER DIRECTRICE DE GEORESSOUCES



Le 1^{er} juillet 2020, Anne-Sylvie André-Mayer a pris la direction du laboratoire GeoRessources. Elle succède ainsi à Jacques Pironon, qui a créé le laboratoire en 2013 et qui en a assuré la direction jusqu'alors entouré d'Anne-Sylvie André-Mayer et de Philippe de Donato en tant que directeurs adjoints. Anne-Sylvie André-Mayer est professeur des universités en métallogénie et elle enseigne à l'ENSG. Fabrice Golfier, professeur des universités à l'ENSG, a été nommé directeur adjoint.

Mini-CV

- 2000 : Thèse de doctorat Université Henri Poincaré
- 2001 : Maître de conférences à l'Institut Universitaire des Maîtres, Maxéville
- 2008 : Habilitation à Diriger des Recherches
- 2011 : C.R.C.T. Direction R&D AREVA, La Défense
- 2011 : Professeur à l'Université Henri Poincaré, affectée à l'IUFM (enseignement) et G2R (Recherche)
- 2013 : Professeur à l'Université de Lorraine, affectée à l'ENSG et au laboratoire GeoRessources
- 2013 : Directrice adjointe du laboratoire GeoRessources
- 2015 : Chercheuse invitée University of Western Australia, Centre for Exploration Targeting

CHANGEMENT DE PRESIDENCE DU GISFI

Depuis maintenant plus de 20 ans, le Groupement d'Intérêt Scientifique sur les Friches Industrielles (GISFI - https://gisfi.univ-lorraine.fr) associe les acteurs de la recherche académique, les bureaux d'études et les opérateurs de la dépollution, les propriétaires/gestionnaires de friches industrielles et les pouvoirs publics pour répondre aux questions scientifiques et technologiques posées par les territoires dégradés et pollués. En s'appuyant sur une approche pluridisciplinaire, le GISFI a contribué à de nombreux programmes scientifiques partagés, orientés sur la remédiation des sites et sols dégradés issus d'anciennes activités industrielles et urbaines. Des actions ont été menées qui ont contribué à redonner de la valeur à ces territoires qui doivent être considérés comme ressources (foncière, énergétique, matériaux, biodiversité).

Outre les compétences reconnues de chacun de ses acteurs, le GISFI dispose d'une station expérimentale unique, installée sur la friche d'une ancienne cokerie (Homécourt), qui permet de conduire des essais in situ, notamment à l'aide de dispositifs lysimétriques de grande taille. Des actions pluridisciplinaires peuvent être ainsi engagées en associant les partenaires académiques et les partenaires industriels.

Le GISFI a mis fortement l'accent sur la démonstration de procédés et de filières, la valorisation et l'innovation. Le groupement s'appuie sur GISFITech (département au sein de PROGEPI), une interface qu'il a créée, dédiée à des actions de prestation pour le compte des entreprises ou acteurs publics, afin de favoriser le développement de technologies innovantes.

Aujourd'hui, le contexte environnemental est très tendu. Changement climatique, accroissement démographique, épuisement des ressources, effondrement de la biodiversité sont autant de phénomènes qui ont bouleversé les équilibres de la Planète. Tous les territoires sont concernés et pour alléger ces pressions, les friches constituent un enjeu de premier plan pour une gestion durable de l'espace, et en particulier, pour limiter l'artificialisation des zones productives. Le projet du GISFI est donc de première importance pour contribuer à augmenter les connaissances scientifiques sur la dynamique des territoires dégradés et à développer des solutions qui préservent les ressources pour l'avenir.

Dans ce contexte, les objectifs du GISFI sont de maintenir les recherches pluridisciplinaires en développant des projets de recherche fédérateurs avec un ancrage territorial fort.

L'année 2020 a été marquée par le changement de l'équipe dirigeante du GISFI. Avec l'aide de deux comités (bureau exécutif et COPIL-Ho) et une animation scientifique renforcée (séances plénières et ateliers scientifiques), le GISFI vise à maintenir son positionnement sur la thématique des sites et sols dégradés, dans la continuité des actions conduites sous la présidence de Jean-Louis MOREL qui ont permis au GISFI de devenir une organisation incontournable.

Au cours de l'année 2020, de nouveaux dispositifs expérimentaux (colonnes lysimétriques de laboratoire et de grande taille) ont été installés sur la station expérimentale de Homécourt afin d'étudier le comportement des contaminants dans les zones saturée et insaturée des sols dans le contexte du changement climatique (évènements extrêmes : battement de nappe, sécheresse, pluies intenses...).

L'année 2020 a été fortement perturbée, pour toute la société, par les restrictions sanitaires liées à la COVID19. Ainsi GISFIday, journée prospective « Quelles perspectives pour la reconversion des friches industrielles à l'horizon 2040 ?» initialement prévue en mai 2020, reportée en septembre 2020 a dû être transformée sous forme de trois webinaires d'une demi-journée les 17 mai, 1er juin et 15 juin 2021 (cf. https://gisfi.univ-lorraine.fr/fr/gisfiday/). En s'appuyant sur les travaux de ces vingt dernières années et sur une réflexion pluridisciplinaire et pluriacteurs, ces webinaires ont pour objectif de définir les grandes orientations scientifiques et technologiques des prochaines décennies. Car c'est en anticipant les questions scientifiques, que le GISFI a conduit à des avancées majeures de connaissances fondamentales et à des développements technologiques qui contribuent au soutien de l'activité socio-économique. Ce positionnement unique reste l'ambition primordiale des acteurs du GISFI.



ÉCORESPONSABILITÉ

Le lien entre activités humaines et changement climatique est aujourd'hui clairement établi et documenté. Le monde de la recherche réfléchit aussi à l'impact de ses activités sur l'environnement, comme l'illustre la création en 2019 du collectif Labos1point5, un réseau regroupant à ce jour plus de 2 000 personnels de l'enseignement supérieur et de la recherche.

L'objectif du collectif est d'inciter l'ensemble des personnels et les différentes tutelles à réfléchir à l'impact de ses activités en matière d'émissions de gaz à effet de serre (GES). La création de ce collectif national a eu pour effet de structurer au niveau local les discussions plus ou moins avancées qui avaient cours jusque-là au sein des différents laboratoires d'OTELo.

Courant 2020, un premier bilan GES a été réalisé au LIEC en collaboration avec la mission Développement Durable de l'UL ainsi que Metz Métropole afin de s'approprier la méthodologie (figure ci-dessous).

En parallèle, le CRPG a initié un audit énergétique de son bâti afin de pouvoir mettre des actions en place pour réduire son empreinte carbone.

En plus des actions propres à différents laboratoires, OTELo a décidé la mise en place d'une action commune afin de coordonner les approches. Dans ce but, un groupe de travail coanimé par Yves Marrocchi (CRPG) et Martin Laviale (LIEC) a été mis en place durant le second semestre 2020 afin de développer une approche commune sur l'écoresponsabilité. Ceci s'est traduit par le financement de 4 stages de Master dont l'objectif principal sera d'estimer le bilan GES des 4 laboratoires. La réalisation de ces bilans permettra tout d'abord de contribuer à l'évaluation de l'impact de la recherche à l'échelle nationale dans le cadre de la démarche portée par Labos1point5.

Ces bilans serviront également à identifier des actions concrètes susceptibles de limiter voire réduire cet impact à l'échelle d'OTELo, par exemple via la réduction des déchets, la rénovation des bâtiments, l'organisation de colloques plus durables etc. Le bilan de ces stages et de ces actions potentielles fera l'objet d'une présentation à l'occasion du prochain séminaire d'OTELo. Il permettra également de faire un retour aux tutelles des différents laboratoires et de mettre en place une stratégie au niveau local et national.

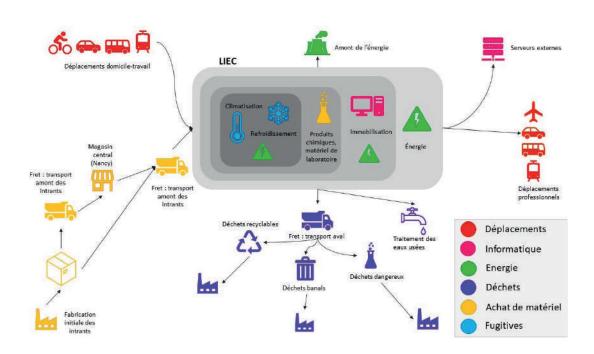
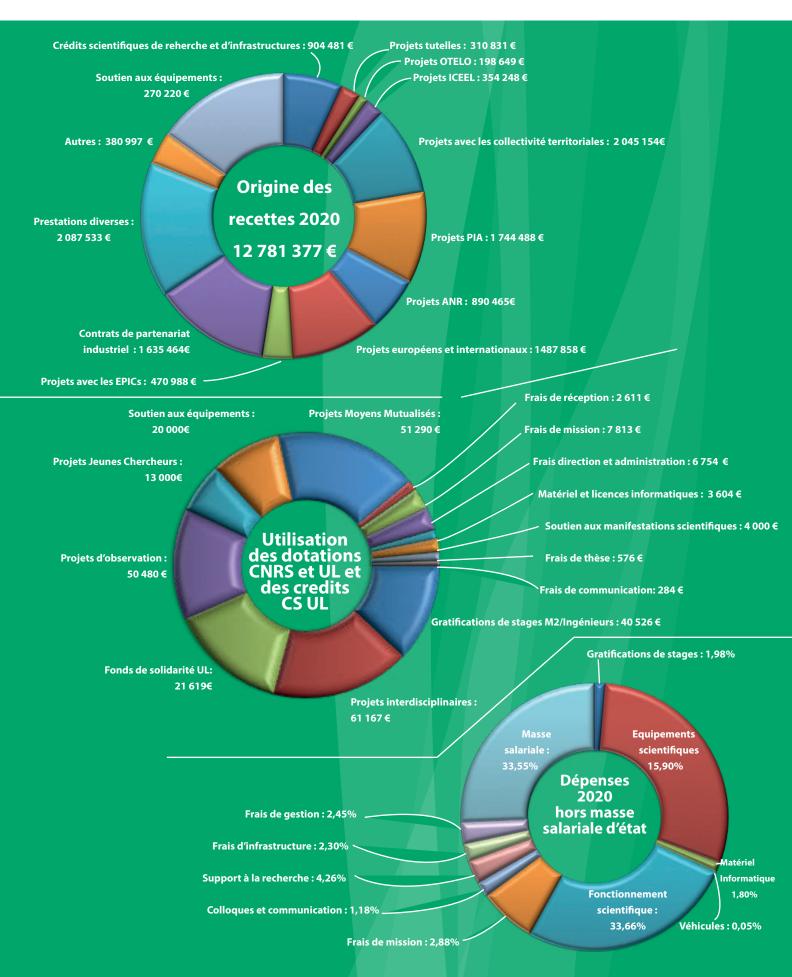


Figure : Cartographie des flux d'un laboratoire de recherche (LIEC, site Bridoux). Source : Prieur A, rapport de stage, Master GESTE, 2019-2020, Université de Lorraine.

BILAN FINANCIER OTELo 2020



BILAN SCIENTIFIQUE OTELO

1. RESSOURCES HUMAINES

Personnels permanents recrutés

Séverine BIENAIME, Assistante-ingénieure INRAE, LSE, mobilité depuis l'unité BEF
Nacim BOUTADJINE, Technicien UL, LIEC, Service Gestion, concours
Cécilia KLESPERT, Assistante ingénieure CNRS, OTELo,
Assistante de communication, mobilité
Jean-Yves MOUGEL, Ingénieur d'études CNRS, CRPG,
Ingénieur projet infrastructure RéGEF, mobilité
Vincent NORMANT, Maître de conférences UL,
INSPE – LIEC, concours

Céline SIMON, Technicienne UL, LIEC, Pôle Biologie Environnementale, concours

Départs de personnels permanents

Marc LESPINASSE, Professeur des universités UL, Faculté des Sciences et Technologies – GeoRessources, retraite Annick SCHNITZLER, Professeur des universités UL, UFR SciFA - LIEC, retraite

Distinctions

Lionel BERTRAND - Le prix de thèse « Docteur-Entrepreneur » a été attribué par **la Métropole du Grand Nancy** à Lionel BERTRAND.



Il s'agit d'une belle reconnaissance de ses recherches sur l'étude des réservoirs géothermiques qui lui auront permis de créer la start-up ENEREX.

Claire BOSSENEC - Elle a reçu le Prix Van Straelen 2020 de la Socièté Géologique de France pour sa thèse intitulée « «Évolution des propriétés de transfert des grès par diagenèse et déformation : application aux formations du Buntsandstein Gp., Graben du Rhin » effectuée sous la direction d'Y. Géraud (GeoRessources) et l. Moretti.



Jade DUTILLEUL - Le jury de l'AFFDU Lorraine (Association Française des Femmes Diplômées d'Université) et son partenaire l'AMESTE ont remis une bourse doctorante à Jade DUTILLEUL pour sa thèse. Elle mène ses travaux dans le cadre de l'expédition IODP 362.

Guillaume CAUMON - Professeur à l'EN-SG et animateur de l'équipe RING (géologie numérique intégrative) du laboratoire GeoRessources, a été promu Chevalier dans l'ordre des Palmes académiques pour services rendus à l'éducation nationale.



Yann FOUCAUD - La Société Française de Minéralogie et de Cristallographie a attribué le prix Haüy-Lacroix 2020 à Yann FOUCAUD pour ses travaux de thèse effectués au sein de l'équipe Valorisation des ressources et des résidus au laboratoire GeoRessources et portant sur la récupération du tungstène à partir d'un skarn à faible contraste de séparation. Yann FOUCAUD à également reçu le Prix Jeunes

de la Société de l'Industrie Minérale 2019. Le pôle scientifique OTELo de l'Université de Lorraine a décidé d'attribuer son prix de thèse 2020 à Yann FOUCAUD (voir focus).

Jessica FLAHAUT, chargée de recherche CNRS au CRPG, a été honorée du **prix** Suzanne Zivi de l'Académie Stanislas au titre de l'année 2019 le dimanche 19 janvier 2020 à l'Hôtel de Ville de Nancy.





Audrey BEAUSSART, chargée de recherche CNRS au LIEC, a obtenu le prix Suzanne Zivi de l'Académie Stanislas au titre de l'année 2020.

Christian FRANCE-LANORD, directeur de recherche CNRS au CRPG, a été honoré F. Earl Ingerson Lecture 2020 de la Geochemical Society pour la Goldschmidt 2020.





David BEKAERT a reçu le **prix de thèse de l'Université de Lorraine 2020.** Il a soutenu sa thèse « Contraintes isotopiques sur l'origine et la nature de la matière primitive dans le système solaire et sur la Terre jeune » le 24 janvier 2020 (voir focus)

2. PUBLICATIONS ET THÈSES SOUTENUES

Nombre de publications de rang A:

CRPG: 113

GeoRessources: 129

LIEC: 92 LSE: 49

Total: 361 dont 21 interlaboratoires

Thèses soutenues

- Assohoun Wilfried Arnaud AHOULOU. Transport réactif en milieu poreux, de l'échelle locale à l'échelle du volume élémentaire représentatif (V.E.R): application à la dissolution/précipitation couplée à des gradients de masse volumique. Sous la direction de Constantin OLTEAN (GeoRessources) et Anne-Julie TINET (GeoRessources). Soutenue le 10 décembre 2020.
- **David BEKAERT.** Contraintes isotopiques sur l'origine et la nature de la matière primitive dans le Système Solaire et sur la Terre jeune. Sous la direction de Bernard MARTY (CRPG) et Laurent TISSANDIER (CRPG). Soutenue le 24 janvier 2020.
- Nina BOTHAMY. Fractionnement anthropique et naturel des isotopes stables du néodyme (Nd) dans l'environnement. Sous la direction de Raphaël PIK (CRPG). Soutenue le 1er octobre 2020.
- Marine BOULANGER. Le devenir des liquides au sein de la croûte océanique des dorsales à expansion lente : Nouveaux apports de l'étude d'Atlantis Bank (dorsale Sud-Ouest Indienne). Sous la direction de Lydéric FRANCE (CRPG), Jürgen KOEPKE (Université Leibniz de Hanovre, Allemagne) et Raphaël PIK (CRPG). Soutenue le 21 février 2020.
- Julien BOULLIUNG. Solubilité, spéciation et diffusion de l'azote dans les verres et silicates fondus. Sous la direction de Evelyn FÜRI (CRPG) et Yves MARROCCHI (CRPG). Soutenue le 18 décembre 2020.
- **Nicolas CLAUSOLLES.** Stochastic seismic interpretation of salt bodies: detection, sampling and impact on seismic imaging. Sous la direction de Pauline COLLON (GeoRessources) et Guillaume CAUMON (GeoRessources). Soutenue le 5 mars 2020.
- **Ever-Dennys COARITA-TINTANYA**. Modélisation du comportement hydromécanique des argilites : anisotropies structurale et induite, relation endommagement / perméabilité. Sous la direction de Mountaka SOULEY (INERIS) et Fabrice Golfier (GeoRessources). Soutenue le 6 octobre 2020.
- **Gabin COLOMBINI**. Étude multi-échelle des interactions saprophages-matières organiques et de leurs implications dans le fonctionnement des humipedons de Technosols - Approche fondamentale vers l'ingénierie écologique. Sous la direction de Françoise WATTEAU (LSE) et Apolline AUCLERC (LSE). Soutenue le 18 décembre 2020.
- Vincent COMBES. Les minéralisations aurifères de Yaou et Couriège (Bouclier Guyanais) : des modalités de l'enrichissement primaire aux processus secondaires. Sous la direction d'Anne-Sylvie ANDRE-MAYER (GeoRessources) et Aurélien EGLINGER (GeoRessources). Soutenue le 16 décembre 2020.
- **Elio EL KAHI.** Comportement des ouvrages soumis à des tassements différentiels Prise en compte des incertitudes. Sous la direction de Olivier DECK (GeoRessoures), Rasool MEHDI-

- ZADEH (GeoRessources), Michel KHOURI (Université Libanaise) et Pierre RAHME (Université Libanaise). Soutenue le 23 janvier 2020.
- Guillaume FLORIN. Condensation et évolution du métal Fe-Ni dans le Système Solaire jeune : systématiques des isotopes du germanium et des éléments sidérophiles dans les chondrites primitives (chondrites Ordinaires et Bencubbinites). Sous la direction de Béatrice LUAIS (CRPG), Tracy RUSHMER (Université de Macquarie, Sydney, Australie) et Olivier ALARD (Géoscience Montpellier). Soutenue le 30 juin 2020.
- **David GOCEL-CHALTE**. Déterminants spatio-temporels de la qualité des cours d'eau dans un contexte de déprise des activités et d'évolution des paysages : rôle possible des facteurs du passé. Sous la direction de François GUEROLD (LIEC) et Vincent ROBIN (LIEC). Soutenue le 17 juillet 2020.
- Jana JABER. Application de la fabrication additive à la modélisation physique des joints et des massifs rocheux, par approches expérimentales et numériques. Sous la direction de Olivier DECK (GeoRessources) et Marianne CONIN (Geo-Ressources). Soutenue le 8 juillet 2020.
- Van-Hoan LE. Analyses de microvolumes de gaz par spectroscopie Raman : expériences quantitatives et modélisation des mélanges CO2-CH4-N2. Sous la direction d'Alexandre TARANTOLA (GeoRessources) et Marie-Camille CAUMON (GeoRessources). Soutenue le 14 décembre 2020.
- **Apolline MARIOTTI.** Impact du dernier cycle glaciaire interglaciaire sur la dénudation dans les Alpes Maritimes Françaises. Sous la direction de Pierre-Henri BLARD (CRPG) et Julien CHARREAU (CRPG). Soutenue le 21 janvier 2020.
- **Nicolas MASTIO**. Improving the global coherency of the Shared Earth Model using static, dynamic and geomechanics data. Sous la direction de Marianne CONIN (GeoRessources), Guillaume CAUMON (GeoRessources) et Pierre THORE (TOTAL). Soutenue le 21 avril 2020.
- **Dulce Montserrat NAVARRETE GUTIERRE**Z. Plant metal hyperaccumulation in Mexico: agromining perspectives. Sous la direction de Guillaume ECHEVARRIA (LSE) et Jesus A. CUEVAS SANCHEZ (Universidad Autónoma Chapingo, Mexico). Soutenue le 30 novembre 2020.
- Ahmed NAYLO. Variabilité spatiale de la qualité biologique et physicochimique des sols urbains en fonction des degrés d'anthropisation et des types d'usages sous climat semi-aride de Marrakech: conséquences sur les services écosystémiques. Sous la direction d'Ali BOULARBAH (Laboratoire Aliments, Environnement et Santé, Université Cadi Ayyad, Marrakech) et Christophe SCHWARTZ (LSE) Soutenue le 6 mars 2020.
- **Ottone SCAMMACCA**. How to assess mining risks at the territory scale? The example of gold mining in French Guiana. Sous la direction de Yann GUNZBURGER (GeoRessources) et Rasool MEHDIZADEH. Soutenue le 3 décembre 2020.
- Héloïse VERRON. Etude expérimentale des interactions matériau cimento-bentonitique / argilite / fer et acier (MREA/COx/Fe ou acier) à 90°C en conditions de stockage géologique profond des déchets radioactifs (CIGEO). Sous la direction de Jérôme STERPENICH (GeoRessources) et Franck BOURDELLE (Université de Lille). Soutenue le 2 décembre 2020.

Laura WECHTLER. Amélioration de la phytoremédiation par Miscanthus x giganteus d'un technosol contaminé construit à partir de sédiments : co-culture avec Trifolium repens L. et bioaugmentation avec des microorganismes endémiques. Sous la direction de Philippe LAVAL-GILLY (LSE) et Sonia HENRY (LSE). Soutenue le 17 décembre 2020.

Habilitation à diriger des recherches (HDR) soutenues

Vincent ROBIN. Etude des trajectoires écologiques des socioécosystèmes : vers des approches rétro-fonctionnelles intégrées. Soutenue le 8 juillet 2020.

Damien BLAUDEZ. Approches multi-échelles de la réponse des plantes et de leurs champignons symbiotiques aux métaux : du phytomanagement des sites contaminés à la caractérisation fonctionnelle de gènes. Soutenue le 18 décembre 2020.

3. NOUVEAUX EQUIPEMENTS MAJEURS

Une nouvelle microsonde (SXFiveTactis LaB6) installée au SCMEM

En sciences de la Terre et de l'Univers, la microsonde électronique reste la technique de référence pour les analyses quantitatives et l'imagerie chimique des échantillons solides à l'échelle du micromètre pour les éléments allant du bore à l'uranium. Le Service Commun de Microscopie Electronique et de Micro-analyses (SCMEM) a reçu en septembre 2020 une nouvelle microsonde électronique CAMECA SX5 Tactis. Il s'agit d'un canon traditionnel équipé d'une pointe LaB6. Le jeu de cristaux associés fait la part belle aux cristaux larges. Ces deux carac-

téristiques permettront d'améliorer les limites de détection par rapport à l'ancienne SX100 tout en bénéficiant de la régulation du canon traditionnel. Les données obtenues avec ce nouvel équipement seront utilisées pour le calcul de formules structurales, la quantification des éléments majeurs, mineurs ou en traces dans les minéraux, l'observation de profils de diffusion ou de zones de croissance. Ces données seront aussi celles



qui calibreront toutes les analyses ultérieures nécessitant un standard interne : ablations laser, sondes ioniques ... Cet équipement dont le coût s'élève à 1 100 k€ a été financé par le CPER, la Métropole du Grand Nancy, l'ASGA et le laboratoire GeoRessources.

Cytomètre en flux

En complément des équipements de mesures de fluores-

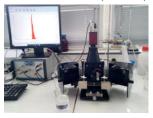


cence stationnaire disponible au LIEC (spectromètres et lecteur de microplaque Xenius SAFAS, microscopes à épifluorescence et microscope confocal à balayage laser Zeiss), le nouveau cytomètre dont le coût s'élève à

120 k€ fournit une analyse qualitative et quantitative et à haut débit de la fluorescence de particules minérales, organiques ou biologiques en suspension. Cet équipement a été financé par le CPER et le LIEC.

Zêtaphorémètre

Le LIEC s'est doté en 2020 d'un nouvel appareil (CAD instrument) de détermination du potentiel Zêta et la mesure de la mobilité électrophorétique par analyse d'images. Cette der-



nière est essentielle à la compréhension des mécanismes de dispersion, d'agrégation ou de floculation de colloïdes naturels ou de synthèses ou de caractérisation des charges de surface exprimées par des microorganismes (bactéries, mi-

cro-algues) ou des virus. La détermination du potentiel Zêta en fonction du pH, de la force ionique et la composition chimique de l'électrolyte fournit des informations précieuses sur l'intensité de répulsion ou d'attraction électrostatique entre particules biologiques et/ou minérales. Cette mesure est également utilisée par d'autres laboratoires d'OTELo (e.g. GeoRessources) pour la qualification de procédés industriels de traitement des eaux ou de valorisation des matières premières (flottation). Cet équipement financé par le CPER et le LIEC a coûté 24,5 k€.

NanoZS

En complément du Zêtaphorémètre (CAD instrument) et du granulomètre laser (Malvern Mastersizer 3000) acheté en 2019, le LIEC s'est doté en 2020 d'un nouvel équipement NanoZs adapté aux mesures de tailles de particules sur de petits échantillons ou des échantillons très faiblement concentrés par diffusion dynamique de lumière. Il vient compléter les équipements de mesures de taille par granulométrie laser et de mesure de la mobilité électrophorétique pour l'étude des mécanismes de formation/dispersion des agrégats organo-minéraux contenant des colloïdes naturels (e.g. argiles) ou des nanoparticules métalliques. Doté d'un mode de mesure par effet Doppler de la vitesse déplacements de colloïdes dispersés sous champ électrique, le NanoZS sert ainsi à déterminer conjointement la taille et la mobilité de particules nano- à micrométriques (Potentiel

Zêta). Cet équipement dont le montant s'élève 45 k€ a été financé par le CPER et le LIEC.



Nouveau sas d'introduction d'échantillons installé sur la sonde ionique IMS 1270 E7

En octobre 2020, un nouveau sas d'introduction d'échantillons a été installé sur la sonde ionique IMS 1270 E7 au CRPG. Ce sas à 6 positions, similaire à celui de la sonde ionique IMS 1280 HR2, remplace le sas originel pour 2 échantillons. Cette installation est fondamentale car elle permet de pouvoir garder les échantillons en ultravide plusieurs jours et de gagner un ordre de grandeur sur la qualité du vide dans la chambre. Cette amélioration va permettre d'améliorer la précision des mesures



CNRS INSU.

isotopiques et la détermination des abondances des éléments volatils. Ce changement a été réalisé en une semaine et a été associée à la mise en place de la nouvelle version du logiciel de pilotage des LG-SIMS. Cet équipement qui s'élève à 201,4

k€ a été financé par le FEDER et le

4. FAITS MARQUANTS DES LABORATOIRES

L'origine de l'eau sur Terre

L'origine de l'eau sur Terre est encore largement discutée et sujette à débat. Des scientifiques du Centre de recherches pétrographiques et géochimiques ont démontré dans un article publié à Science que la majorité de l'eau aujourd'hui présente sur Terre y est sans doute depuis l'origine. La Terre s'est pourtant formée dans une région du Système solaire où régnaient des températures trop élevées pour que l'eau condense et s'agglomère aux autres solides sous forme de glace, ce qui a longtemps favorisé l'hypothèse d'un apport tardif de l'eau. Cependant, la quantité d'eau présente dans les roches ayant formé la Terre n'avait jamais été précisément estimée. Les scientifiques nancéiens se sont intéressés à des météorites de composition analogue à celle de la Terre, les chondrites à enstatite. Grâce à deux techniques complémentaires, ils ont mesuré leur teneur en hydrogène et localisé précisément une partie de celui-ci. Résultat : les roches primitives de la Terre auraient contenu l'équivalent en eau d'au moins trois fois les océans, et peut-être beaucoup plus! La Terre pourrait donc bien avoir hérité de ses matériaux constitu-

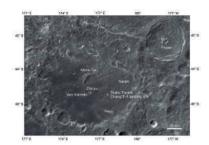
tifs l'immense majorité de son eau.

Photographie d'un morceau d'environ 10 cm de la météorite Sahara 97096, l'une des chondrites à enstatite étudiées



Mission lunaire chinoise

Le CRPG est de longue date un acteur des missions spatiales internationales, et particulièrement reconnu pour son expertise en géologie lunaire, après des décennies de travaux sur les échantillons rapportés par les missions Apollo et Luna. Depuis 2018, les activités du laboratoire s'étendent aux missions lunaires chinoises, notamment par l'étude des sites d'alunissage des missions Chang'E-4 et Chang'E-5, mais aussi l'analyse des données récoltées in situ par le robot Yutu-2 de la mission Chang'E-4. Posé sur la face cachée de la Lune (une première historique!) en 2019, ce robot est équipé d'un spectromètre en réflectance et d'un radar, et continue de fonctionner et d'acquérir des données aujourd'hui. Nos travaux, conjoints avec les équipes chinoises, ont mené à la signature d'un MoU entre l'Université de Lorraine et l'Université des Géosciences de Wuhan en 2020, et d'un LIA entre le CRPG et l'institut de géologie et géophysique de l'Académie des Sciences de Pékin.



Le site d'atterrissage de
Chang'E-4 se
situe dans le
cratère de Von
Karman, sur la
face cachée de la
Lune

Yutu-2 pris en photo par l'atterrisseur de la mission Chang'E-4 (Crédits : Li

Chunlai et al., CNSA).





Un morceau d'une carotte de charbon

Classement de Shangai

La recherche en génie minier place l'Université de Lorraine au 11e rang mondial. C'est grâce à l'activité du LabEx RES-SOURCES21 et des laboratoires d'OTELo que l'Université de Lorraine est la seule université européenne classée dans le top 20

Du gaz dans le charbon

Créée dans le cadre du projet de recherche REGALOR, l'exposition « Du gaz dans le charbon » a été conçue par Geo-Ressources et le scénographe Alexandre Früh de l'atelier Caravane.

Elle permet de présenter au grand public un état des recherches concernant l'exploitabilité du gaz de charbon en Lorraine, en revenant sur l'origine du charbon, la formation des gisements, les techniques



d'exploitation et de mesures environnementales, grâce à des photographies, des maquettes, des schémas. Après avoir été empêchée d'être présentée au public comme prévu, l'exposition « Du gaz dans le charbon » a été déclinée en version virtuelle.

Visite: https://regalor.univ-lorraine.fr/du-gaz-dansle-charbon/

Contact: regalor-contact@univ-lorraine.fr

Exposition internationale « Les minéraux ont du talent »

Après l'Estonie, l'exposition « Minerals got talent » s'est installée au musée des sciences Tietomaa d'Oulu en Finlande, où elle sera visible jusqu'au 30 septembre 2021. L'exposition « Les minéraux ont du talent » vise à présenter au grand public l'omniprésence des métaux dans la vie quotidienne, mais aussi à expliquer l'origine des métaux dans l'Univers et leur présence sur Terre. Une visite virtuelle est d'ores et déjà accessible sur le site web de l'exposition via http://minerals-gottalent.eu/metals.html

Ce projet européen financé par l'EIT Raw Materials est dirigé par l'UL et réalisé en collaboration avec l'université de TalTech en Estonie, University of Oulu en Finlande, FCT Universidade Nova de Lisboa au Portugal, le BRGM et le Czech Geological Survey en République Tchèque.

https://factuel.univ-lorraine.fr/node/14779



Création d'une nouvelle start-up : ENEREX

Après avoir sa soutenu sa thèse à GeoRessources, Lionel Bertrand, accompagné par l'Incubateur Lorrain et associé à Yves Géraud et Marc Diraison, chercheurs à GeoRessources, a créé une start-up pour développer le mix énergétique fondé sur la géothermie.

ENEREX: https://enerex.fr

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

Brève de l'INSU : L'origine des métaux des mines géantes

Ou comment découvrir de nouveaux gisements de métaux. C'est le sujet des travaux de recherche de Joséphine Gigon, première auteure d'une publication parue dans la revue Geology et remarquée par l'INSU-CNRS.



Joséphine Gigon a soutenu sa thèse de doctorat en 2019 au laboratoire GeoRessources. Spécialisée en métallogénie, elle est experte en forma-

tion des gisements. Les recherches qu'elle a menées avec des chercheurs de GeoRessources, une équipe australienne et en collaboration avec le CRPG pourraient impacter fortement les stratégies d'exploration dans les provinces métallifères.

Tracing metal sources for the giant McArthur River Zn-Pb deposit (Australia) using lead isotopes - Geology, 48, 478-482 Joséphine Gigon, Etienne Deloule, Julien Mercadier, David L. Huston, Antonin Richard, Irvine R. Annesley, Andrew S. Wygralak, Roger G. Skirrow, Terrence P. Mernagh and Kristian Masterman - https://doi.org/10.1130/G47001.1

Héritages actuels des activités industrielles du charbon de bois du Moyen-âge -

À partir du milieu de l'Holocène, l'accroissement des populations a conduit à une augmentation de l'impact de l'Homme sur l'évolution des sols. Évaluer la part de ces héritages anthropiques est donc indispensable pour bien appréhender les sols actuels et leur fonctionnement au cours du temps. Des projets en cours de réalisation sur l'OHM du Pays de Bitche (Vosges du Nord), portés par plusieurs chercheurs de l'équipe Cyble du LIEC, visent à estimer les conséquences de la production industrielle du charbon de bois du Moyen-âge à l'époque moderne sur la qualité des sols actuels (Figure ci dessous, LabEx DRIIHM, Projet interdisciplinaire OTELo 2018). La combinaison des approches nous a permis de révéler que, malgré des différences notables de caractéristiques géochimigues et physico-chimiques entre le cœur des charbonnières (p. ex. : forte teneur en carbone, faible densité apparente) et les zones amonts et avals (p. ex. : rapport C/N plus élevé), les trois charbonnières étudiées ne semblent pas impacter significativement le fonctionnement biologique des sols (p. ex. : diversité taxonomique et fonctionnelle de la macrofaune, intensité de la minéralisation de la matière organique).

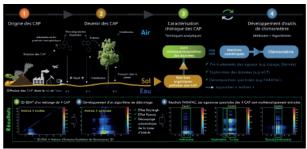
Des matrices organiques aux matrices numériques : Identification des sources de pollution.

Parmi les 2,5 millions de sites contaminés identifiés en Europe, 332 500 sites sont impactés par des contaminations aux composés aromatiques polycycliques (CAP) et plus spécifiquement aux hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP). Ces HAP sont des molécules constituées d'au moins deux noyaux benzéniques, présentant des propriétés hydrophobes. Il en existe des centaines mais seules 16 d'entre elles sont listées comme polluants prioritaires par l'US-EPA du fait de leur propriétés toxiques, mutagènes et cancérigènes. Les HAP sont issus de différentes sources, principalement du fait des activités anthropiques. De par leur large diffusion dans l'environnement il est difficile de leur attribuer une origine précise. Dans certains cas, les teneurs et surtout les distributions des HAP peuvent renseigner sur l'origine de certaines sources de contaminations au HAP présentant une signature particulière. A l'heure actuelle, la caractérisation de ces sources de contaminations nécessite de réaliser une extraction par solvants organiques (classiquement dichlorométhane) puis l'identification et le dosage des composés présents par des techniques chromatographiques (GC-MS, HPLC-DAD, LC-MS). Malheureusement, ces analyses sont longues et coûteuses ce qui en limite l'acquisition et l'étude d'importantes séries de données. Cependant, au LIEC, l'équipe CyBLE et l'équipe PhySI ont commencé à mettre au point une méthode de chimiométrie à partir de données de Fluorescence 3D pour en extraire sans à priori les signatures spectrales de HAP dans des mélanges complexes (matrices environnementales). Les premiers résultats du projet MATRIX (Projet OTELo Des matrices organiques aux matrices numériques : Analyses multivariées pour l'identification des sources de pollution par Fluorescence 3D) ont d'ailleurs montré que l'emploi de méthodes multivariées permettaient d'identifier correctement ces sources de pollution suivant un prétraitement des données adéquat (correction de ligne de base, effet Rayleigh, etc. figureci après). Suite à

ces travaux, la thèse de Merzouk Haouchine a été financée au sein du laboratoire.

(a) Fosse réalisée au cœur de la Charbonnière CHAM 9 (Mars 2019) et (b) mise en place des secteurs destinés à la pose de pièges Barber, de bandes de coton et à la mesure du CO2





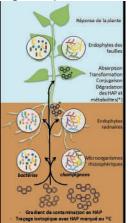
Poster de Merzouk Haouchine présenté lors du séminaire de l'ED SIRENA (2021). Développement d'outils de chimiométrie pour le suivi de contamination aux Composés Aromatiques Polycycliques (CAP) dans des matrices environnementales complexes .

Associations plantes-endophytes et biodégradation des HAP -

Les endophytes bactériens et fongiques sont bien connus pour leurs propriétés de promotion de croissance des plantes (PGP), et certains d'entre eux sont capables de dégrader les HAP, mais les voies de dégradation microbiennes des HAP et les interactions physiologiques avec les plantes n'ont jamais été explorées. Le 1er objectif de l'ANR Endomix (Role of plantendophyte (bacteria and fungi) associations in polycyclic aromatic hydrocarbon biodegradation figure ci-dessous est d'évaluer l'impact d'un gradient de contamination en HAP sur la réponse de la plante et de son microbiote, en utilisant une combinaison d'outils enzymatiques et moléculaires. Le devenir des HAP dans les plantes étant encore mal compris, le 2ème objectif est d'identifier, de suivre et de localiser le HAP et ses produits dérivés dans le sol rhizosphérique, les tissus végétaux et la biomasse microbienne associée en utilisant un HAP marqué au 13C et en combinant une approche métabolomique et de DNA-SIP (« stable isotope probing ») pour identifier les micro-organismes bénéficiant de cette source de carbone. Le 3ème objectif est d'isoler des endophytes, avec une pression de sélection en HAP, et de déterminer leurs caractéristiques fonctionnelles. Cette large banque de souches

bactériennes et fongiques pourra être utilisée en phytoremédiation. Le dernier objectif est de comprendre le rôle des 3 partenaires (bactérie, champignon et plante) et les mécanismes fonctionnels mis en jeu en réalisant une expérimentation dans des conditions simplifiées et contrôlées et en suivant un HAP marqué au 13C.

 ${\it Illustration conceptuelle de l'ANR Endomix}.$



Bioindicateur de la qualité écologique des eaux douces : Intelligence Artificielle et diatomées.

Les diatomées sont utilisées en routine comme bioindicateur de la qualité écologique des eaux douces. L'approche classique pour identifier ces organismes au microscope est chronophage et nécessite un niveau élevé d'expertise. Au LIEC (en collaboration avec GeorgiaTechLorraine), une approche d'apprentissage profond (deep learning) est développée pour proposer un nouvel outil d'identification des diatomées basé sur des algorithmes de reconnaissance automatique de formes. L'entrainement des algorithmes d'identification nécessite un grand nombre d'images dont l'acquisition est prévue sur la plateforme automatisée d'un partenaire du projet (CEREGE, Aix-Marseille). Une première banque simplifiée d'images individuelles de diatomées a permis de générer environ 30 000 images synthétiques simulant des images d'échantillons naturels. Ceci a permis le développement de premiers algorithmes de détection (diatomées vs. débris) et de classification (espèces présentes figure ci-dessous. Ce travail est actuellement développé dans le cadre du projet IMA-DIA (AAP UL 2020 Pré-maturation Scientifique) et de la thèse d'A. Venkataramanan cofinancée par l'ANR (programme doctoral LOR-AI) et la Région Grand Est.

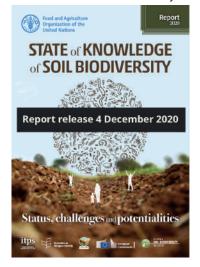


Pipeline du processus d'identification automatique des diatomées.

Participation à l'écriture du « Global Soil Biodiversity Report » de la FAO

Le rapport publié en mai 2019 par la Plateforme Intergouvernementale sur la Biodiversité et les Services Ecosys-

témiques (IPBES) évaluait qu'environ 1 million d'espèces animales et végétales sont aujourd'hui menacées d'extinction ; qu'en est-il concernant la biodiversité du sol ? Cette question avait également été abordée lors de la réunion de la Conférence des Parties COP14 à Sharem El-Sheikh en Egypte en 2018. C'est ainsi qu'un rapport sur l'état des connaissances sur la biodiversité des sols a été mandaté par la



Convention sur la Diversité Biologique des Nations Unies (UN CBD). Le Laboratoire Sols et Environnement (LSE) a participé à la co-écriture de ce premier rapport mondial, intitulé "State of Knowledge on Soil Biodiversity: Status, Challenges, and P o - tentialities" aux côtés de l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) et d'une centaine de spécialistes mondiaux.

Ce rapport a été rendu public à la fin de l'année 2020 en lien avec la journée mondiale des sols célébrée le 5 décembre, et servira de support à la 24^{èm}e rencontre de l'Organe subsidiaire de l'UN CBD chargé de fournir des avis scientifiques, techniques et technologiques (SBSTTA) dans le but d'établir des recommandations pour la prochaine Conférence des Parties COP15 à Kunming en Chine repoussée en 2021.

Les sols en vedette au Jardin Ephémère de Nancy

Tous les ans, un jardin éphémère créé par les jardiniers de la ville de Nancy est un événement culturel majeur attirant des centaines de milliers de visiteurs sur la Place Stanislas. Pendant un mois et demi, ce jardin transforme un lieu minéral en espace vert, fait dialoguer le sol, le végétal avec les arts visuels et invite des scientifiques à débattre avec le public des enjeux écologiques. En 2020, la 17ème édition de ce jardin de ville était intitulée « Terre ou désert ? » avec un dessin en forme d'œil et un regard porté sur notre planète qui a posé une question majeure : L'Homme va-t-il protéger sa terre nourricière en protégeant sa fertilité ou, pire des scénarios, accélérer l'appauvrissement des sols et, in fine, la désertification déjà galopante sur plusieurs continents ? Le LSE a alors contribué à la réflexion préliminaire et à la mise en œuvre de ce jardin. Des membres du LSE ont ainsi pu apporter de multiples éléments à la scénographie du jardin, mettant en avant les sols, leurs fonctions et leur capacité à rendre des services. Des scientifiques du LSE et de la start-up Sol &co (partenaire du LSE) ont donné une série de conférences grand public sur différents thèmes en lien avec les sols (Ville, sols, bien-être et santé ; La vie des intraterrestres ; Diagnostic participatif des sols du Parc Sainte-Marie). Cette valorisation des résultats de la recherche sur les systèmes impliquant sols urbains, plantes, microorganismes et faune du sol a permis de faire prendre conscience au plus grand nombre (e.g., citoyens, élus, opérateurs de la nature en ville) de la nécessité de préserver les sols et de prendre en compte leur qualité dans les stratégies d'aménagment



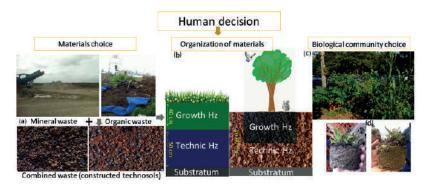


Perspective Essay on Constructed Technosols

Pour faire face aux enjeux environnementaux et sociétaux des milieux urbains, le génie pédologique – gestion des sols dégradés – constitue une solution viable faisant l'objet d'intérêt croissant. La construction de Technosol en est une application qui se base sur la valorisation et le recyclage de déchets et sous-produits pour créer des sols fertiles.

Un perspective essay a été rédigé sur ce thème par un consortium d'auteurs au niveau international (Brooklyn College, New York City Urban Soils Institute, Université Paul-Valéry de Montpellier, RUDN de Moscou) issu du groupe SUITMA. Cet article a en particulier été coordonné par Geoffroy Séré (LSE). Nous pensons que cette publication qui fait le bilan des travaux menés depuis 15 ans et évoque les perspectives de travaux fera date sur cette thématique en émergence forte.

Deeb M., Groffman P.M., Blouin M., Egendorf S.P., Vergnes A., Vasenev V., Cao D.L., Morin T., Séré G., 2020, Using constructed soils for green infrastructure – challenges and limitations, SOIL, https://doi.org/10.5194/soil-6-413-2020



Article Agromine New York Times https://www.nytimes.com/2020/02/26/science/ metal-plants-farm.html

LES PALEO-TAUX DE DENUDATION AU QUATERNAIRE : 70 KA D'HISTOIRE EROSIVE DANS LE VAR ET NOMINATION A L'IUF DE JULIEN CHARREAU

La dénudation est un paramètre clé contrôlant l'évolution de la surface de la Terre. Déterminer « comment, quand et où » les taux de dénudation réagissent aux changements climatiques est donc essentiel.

Parmi les changements climatiques majeurs qui se sont produits dans le passé, le refroidissement global qui s'est produit au cours de la fin du Néogène, et qui se caractérise par le début des glaciations et des oscillations quaternaires, a été l'un des refroidissements les plus rapides et les plus importants.

Or, les volumes de sédiments dans le bassin marins et continentaux semblent montrer une augmentation apparente par 3 au cours des 3 à 4 derniers Ma, suggérant des changements drastiques dans les taux de dénudation. Ces accélérations de volumes ont été observées dans divers contextes tectoniques, climatiques et dans les régions glaciaires et non glaciaires.

L'hypothèse de recherche est donc que cette accélération de la dénudation est liée au début des cycles climatiques Quaternaires à haute fréquence et non à l'érosion des glaciers euxmêmes. Cependant, la réalité de cette accélération des taux de dénudation est encore très controversée et ceci principalement parce que, dans les enregistrements reconstruits, le signal lié uniquement aux oscillations climatiques est oblitéré par ceux liés à la tectonique et/ou à la dynamique des glaciers.

Dans ce cadre deux faits marquants sont à noter. Tout d'abord, au cours de sa thèse, Apolline Mariotti a reconstitué l'histoire de l'érosion des Alpes du Sud (Bassin du Var) à l'aide de deux carottes sédimentaires prélevées en Méditerranée, à 2 000 mètres de profondeur (Figure 1).

Ces échantillons fournissent des informations sur les derniers 75 000 ans, éclairant ainsi la majeure partie de la dernière période glaciaire, de la déglaciation et de l'Holocène, dont le climat tempéré est similaire au climat actuel. Pour déterminer l'érosion passée, les chercheurs ont mesuré les concentrations en 10Be cosmogénique dans les grains de quartz contenus par ces sédiments.

Les résultats montrent que, malgré la présence de glaciers sur les sommets, les taux d'érosion dans le bassin du Var entre 75 000 et 27 000 ans sont similaires aux taux actuels (~0.25 mm.a-1). Après avoir augmenté d'un facteur 3 à 4 lors de la réavancée du dernier maximum glaciaire, ils sont redevenus stables et comparables aux taux que nous connaissons aujourd'hui durant la déglaciation et l'Holocène.

En modélisant l'extension des glaciers au cours du temps, les chercheurs ont montré que l'érosion a été contrôlée par la vitesse des glaciers, qui résulte elle-même de la combinaison entre le climat et le relief. C

es résultats, publiés à Nature Geosciences (Mariotti et al., 2021), suggèrent que l'impact du climat sur l'érosion dans les Alpes est non-linéaire et piloté par la dynamique des glaciers.

Ainsi, la réponse de l'érosion aux glaciations a sans doute été très contrastée au niveau mondial, voire inexistante dans certains massifs.



Julien Charreau a été nommé à l'IUF afin de mener un projet de recherche dont l'objectif principal est de fournir un enregistrement fiable, détaillé et direct de la dénudation de la fin du Néogène à l'actuel dans une région qui n'a été ni recouverte de glace ni significativement active tectoniquement au Quaternaire: l'Afrique tropicale.

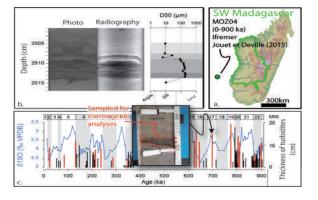
Pour atteindre ces objectifs, le projet reconstruira les taux de dénudation récents à partir des analyses des concentrations de nucléides cosmogéniques de sédiments présents et passés associés à trois bassins principaux avec, du nord au sud, l'Ogooué, le SE du bassin du Congo et SO de Madagascar.

Le projet aura pour objectif de reconstruire les taux de dénudation sur des échelles de temps courtes (0-900 ka) afin d'étudier plus spécifiquement l'influence de la cyclicité Quaternaire.

Il aura aussi objectif de reconstituer les taux de dénudation sur des échelles de temps plus longues (0-10 Ma) afin d'identifier l'impact de l'installation des glaciations. Nous analyserons les sédiments échantillonnés dans des carottes marines forées par SHOM (Ogooué: 0-200 ka) et l'Ifremer (Madagascar: 0-900 ka) (Figure 2).

Nous analyserons également plusieurs archives continentales notamment des affleurements naturels du Néogène, des terrasses fluviales du Pléistocène mais aussi des carottes forées dans des sédiments Néogènes au centre du bassin du Congo. Par ailleurs, les taux de dénudation récents seront déterminés par des analyses du sable de rivière modernes. Le projet comprend également une analyse quantifiée des processus de transport via de la modélisation d'évolution des paysages et en couplant plusieurs nucléides cosmogéniques (14C, 10Be, 21Ne, 26Al). Le projet reconstruira aussi les sources des sédiments et l'histoire du soulèvement. Il s'appuiera pour cela sur une double datation U-Pb/U-Th/He sur les grains de zircon détritiques et sur des mesures géochimiques.

Figure 1 : Paleo-taux de denudation du bassin du Var (bleu) depuis 70 ka. Ces taux sont dérivés des analyses 10Be sur les sédiments des deux carottes marine. En orange est montré l' ε_{Nd} mesurés sur ces mêmes sédiments qui reflète les provenances sédimentaires (Mariotti et al, 2021) du séminaire de l'ED SIRENA (2021).



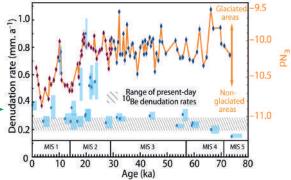


Figure 2 : a. Carte topographique de Madagascar et localisation de la carotte MOZ4-CS24 qui sera analysée afin de reconstruire l'histoire de l'érosion du bassin souligné en vert ; b. Exemple de photo, radiographie et granulométrie d'un turbidite de cette carotte ; c. Evolution du δ^{18} O mesuré sur des foraminifères. Les barres noires indiquent a localisation des turbidites et celles en rouge celles qui ont déjà été prélevées pour analyses cosmogéniques. La photo montre un exemple d'échantillonnage d'une turbidite.

DAVID BEKAERT

David Bekaert est lauréat du prix de thèse 2020 de l'Ecole doctorale SIReNa de l'Université de Lorraine pour ses travaux de recherche réalisés au CRPG, visant à apporter des « Contraintes isotopiques sur l'origine et la nature de la matière primitive dans le Système Solaire et sur la Terre jeune », sous la direction de Bernard Marty et Laurent Tissandier. David Bekaert a soutenu sa thèse le vendredi 24 janvier 2020. En 2019, David Bekaert s'était déjà distingué en remportant le prix des lycéens, celui du public, et le premier prix du jury lors de la finale lorraine de Ma thèse en 180 secondes. Depuis mars 2020, David Bekaert est postdoctorant à la Woods Hole Oceanographic Institute, Massachusetts Institute of Technology.



Résumé de thèse: La Terre s'est formée il y a 4,5 milliards d'années par accumulation de poussières, de roches et de gaz. La composition de ces matériaux primitifs est aujourd'hui enregistrée dans les météorites. Cependant, l'origine des éléments volatils (incluant l'eau, le carbone et l'azote) présents dans l'atmosphère terrestre reste incomprise, bien que ceux-ci aient joué un rôle crucial dans le développement et le maintien de la vie. En combinant des approches expérimentales à l'étude d'échantillons naturels, je me suis intéressé aux objets célestes contenant les ingrédients nécessaires à la formation de l'atmosphère terrestre. Il s'agit principalement des éléments volatils contenus dans la matière organique des météorites et dans la glace des corps cométaires. Pendant ma thèse, j'ai développé deux méthodes expérimentales, l'une permettant de reproduire les conditions de formation des composés organiques primitifs synthétisés dans la nébuleuse proto-solaire (expériences de «Nébulotron»), l'autre permettant de caractériser les conditions d'évolution de la glace cométaire dans le système solaire externe (expériences «EXCITING»). Afin de reconstituer l'histoire de formation de la Terre et de son atmosphère, j'ai utilisé les gaz nobles (He, Ne, Ar, Kr, Xe) comme traceurs des processus physiques ayant eu lieu dans le Système Solaire jeune et sur la Terre primitive. Bien que les comètes aient significativement contribué à l'apport des gaz nobles lourds de l'atmosphère (20%), la majorité des autres éléments volatils terrestres aurait été apportée par des corps dits «chondritiques», similaires aux météorites. Une fois formée, l'atmosphère a évolué au cours des temps géologiques, conduisant à l'établissement des conditions environnementales propices au développement de la vie. Les processus majeurs ayant affecté la masse et la composition de l'atmosphère ancienne se reflètent dans l'évolution isotopique du Xe atmosphérique au cours de l'Archéen. J'ai étudié la possibilité d'apporter des contraintes sur l'âge des matériaux organiques présents dans les roches sédimentaires plus anciennes que 2 milliards d'années, en utilisant la signature isotopique du Xe qu'ils ont piégé au moment de leur formation. Cette méthode pourrait avoir des implications vis-à-vis de l'âge présumé des plus anciennes traces de vie organique.



YANN FOUCAUD

Yann Foucaud a obtenu le prix de thèse OTELo 2020 et le prix Haüy-Lacroix 2020 de la Société Française de Minéralogie et de Cristallographie (SFMC) pour ses travaux effectués sur « La récupération du tungstène à partir d'un skarn à faible contraste de séparation - apport de la modélisation moléculaire dans la flottation des minéraux calciques. ». Cette thèse, soutenue publiquement le 25 octobre 2019, a été menée dans le cadre du projet européen FAME et du Laboratoire d'Excellence RESSOURCES21, au sein de l'équipe Valorisation des ressources et des résidus au laboratoire GeoRessources et sous la direction de Lev Filippov et Inna Filippova. Auparavant, Yann Foucaud avait été récompensé à deux reprises du Prix Jeunes de la Société de l'Industrie Minérale (SIM), dans la catégorie chercheur en 2019 et dans la catégorie étudiant en 2016. Depuis décembre 2019, Yann Foucaud poursuit son chemin dans la recherche sous contrat postdoctoral au Commissariat à l'Energie Atomique et aux Energies Alternatives de Marcoule.

Résumé de thèse: Aujourd'hui, plus de 40 % des ressources mondiales en tungstène sont contenues dans les skarns, dont le gisement de Tabuaço (Portugal) constitue un archétype. Ce minerai contient de fortes teneurs en minéraux calciques (fluorite, apatite et vésuvianite) en association fine avec la scheelite (CaWO4) qui, étant donné leurs propriétés de surface proches, sont difficiles à séparer par flottation aux acides gras. Au cours de cette étude, ancrée dans le projet européen H2020 FAME, un procédé économique, écologique et transférable a été développé sur le minerai de Tabuaço afin de prouver la faisabilité minéralurgique de l'exploitation des skarns à tungstène, classé parmi les métaux critiques en Europe.

En flottation, le système Na2CO3/Na2SiO3 a montré la meilleure efficacité en matière de dépression, obtenue grâce à des effets synergiques considérables. Ces derniers ont été décrits par des méthodes statistiques, spectroscopiques et atomistiques. En parallèle, l'influence des ratios entre différents acides carboxyliques au sein des formulations de collecteurs (huiles de tall) a été évaluée avec pour objectif d'améliorer la sélectivité de la flottation.

La séparation par gravité augmentée (concentrateur centrifuge Falcon) a été examinée, optimisée puis combinée avec la flottation afin de produire un concentré commercialisable de scheelite titrant 63 % WO3 pour 59 % de récupération. Par ailleurs, en vue d'appréhender les mécanismes moléculaires impliqués dans la flottation, les interfaces de la fluorite et de la scheelite ont été modélisées

en utilisant la théorie de la fonctionnelle de la densité. Cette étude a permis de caractériser l'état d'hydratation des deux minéraux, qui présentent des affinités différentes pour les molécules d'eau. En outre, l'adsorption des acides gras sur la fluorite a été étudiée afin de fournir des éléments de réponse, confirmés expérimentalement, au sujet des mécanismes d'adsorption de ces molécules sur les minéraux calciques.

REVUE DE PRESSE

Bienvenue à la station du Gisti à Homécourt, le laboratoire des m du sol





a sonde chinoise a achevé son prélèvement d'échantillons sur la Lune



s Fête de la Science : dix jours pour mieux comprendre le monde

La lête de la Science est un des rares événements grand public à passer à travers les mailles de la Covid-19 et c'est ont mieux. Conférences, expositions, projections, expériences amusantes et extra-ordinaires reviennent du 2 au



Les plantes, la solution pour dépolluer les sols?

NATURE Entretien avec la scientifique Annik Schnitzler

«Laissons la forêt évoluer vers l'état sauvage»

Scientifique spécialiste des farêts naturelles, Annik Schritzler, auteure du beau livre « Forêts sauvages » paru récemment aux sons Glénat, parte un regard actré sur la crise des scolytes qui frappe la forêt voeglenne.

Que vous évoque la crise des scolytes dans la forêt vos-

Que vous évaque la criso des vous contra la commandant de les au juveles de la Bette de part autoritant de la vous de chieva de la commandant de la que de la mêmenta de la que la commandant del que la commandant de la que

Un beau livre pour voyager en terres forestières

Supelmental limeric par ditro. Term De tiaga aus laminjone tanti ndiché de l'apace l'insphon, finde ausages et un lambaghathas en la sinde se l'apace l'insphon, finde la lamin ausages et un l'ambaghathas en la sinde se l'apace l'apace de l'apace de

Laboustoire atteritaceptinates cale icédes de prosecure.

Les chances de continue de la continue quanda s'antilia cateria de la continue de la continue quanda s'antilia cateria de la continue quanda s'antilia cateria de la continue de la continue quanda s'antilia cateria de la continue de la continue quanda s'antilia cateria de la continue de la continue de la continue quanda s'antilia cateria de la continue de la continue de la continue quanda s'antilia cateria de la continue de la continue de la continue quanda s'antilia cateria de la continue de la continue



CRPG

Centre de Recherches Pétrographiques et Géochimiques http://www.crpg.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/

