



oteleo

Observatoire Terre Environnement Lorraine

RAPPORT D'ACTIVITÉ 2014



SOMMAIRE

- 02 MOT DE LA DIRECTRICE
- 03 AVANCEMENT DES PROJETS
MULTIDISCIPLINAIRES 2013
- 12 AVANCEMENT DES
PROJETS EXPLORATOIRES
PREMIER SOUTIEN 2014
- 15 LE SERVICE D'ANALYSE DES
ROCHES ET DES MINÉRAUX
- 16 NOUVEAUX ÉQUIPEMENTS
- 16 BILAN FINANCIER
- 17 RESSOURCES HUMAINES
- 17 DISTINCTIONS
- 18 BILAN SCIENTIFIQUE
- 19 FAITS MARQUANTS
- 21 SÉMINAIRES SCIENTIFIQUES
- 22 ORGANIGRAMME
- 23 GÉOLOGIA
- 24 FAITS MARQUANTS
- 26 REVUE DE PRESSE

Date de parution : Juillet 2015



L'année 2014 a vu la poursuite d'actions engagées lors des années précédentes, mais a aussi été une année de changement. Ce rapport d'activité présente notamment les actions transversales entre unités soutenues par OTELO en 2013-2014 et les projets inter-pôles (PEPS) impliquant OTELO.

Cette année 2014 a vu la préparation du nouveau contrat de projet État Région 2015-2020. OTELO a répondu à cet appel d'offres par un projet unique aux contours de notre Pôle, avec quelques laboratoires et chercheurs d'autres Pôles, et regroupant les anciens projets : Plate-forme géochimique, Transter, GISFI, ZAM, Santé-Environnement. Ce projet, intitulé OTELO : Biogéochimie, Ressources du Sol et du Sous-sol, a pour objectifs la connaissance et la gestion de la Planète Terre et des ressources naturelles primaires, et la gestion et l'intervention environnementale, pour assurer et pérenniser la qualité de la vie sur Terre. Parmi la dizaine de projets déposés par l'Université de Lorraine, le projet d'OTELo a été retenu parmi les projets prioritaires et a obtenu aussi un soutien du CNRS. Même si le budget n'est pas à la hauteur de la demande initiale, l'ajout de fonds FEDER permettra d'augmenter ce budget, de soutenir les demandes prioritaires des unités, et d'augmenter ainsi le rayonnement et l'attractivité d'OTELo et de ses unités.

L'observation est une des missions d'un OSU, à côté de la recherche et de la formation. Suite à l'appel d'offres dédié à l'observation dans OTELO fin 2013, cinq projets ont été retenus et ont démarré en 2014 et pour une période de deux ans. La réflexion sur l'observation a été poursuivie et la gestion des données associées a été abordée notamment en collaboration avec l'INIST.

Depuis octobre 2014, Frédéric Villieras a été appelé à d'autres fonctions, et je l'ai remplacé en novembre à la direction d'OTELo, à la fois de l'UMS CNRS 3562 et du Pôle scientifique de l'Université de Lorraine. Frédéric est à présent Vice-Président du Conseil Scientifique de l'Université de Lorraine, mais reste à la direction du Labex Ressources 21. Je tiens ici à le remercier au nom de tous pour avoir créé et fait d'OTELo ce qu'il est aujourd'hui, un Pôle et un OSU reconnu, structurant et fédérateur de la communauté en géosciences en Lorraine.

Cette année a enfin mis à l'honneur quatre doctorants d'OTELo : Jeanne Pellerin (GeoRessources), Lauréate de l'International Association for Mathematical Geosciences, Quentin Dehaine (GeoRessources) pour le prix de la Société de l'Industrie Minérale, Hermine Huot (LSE) pour le Prix de Thèse de la Région Lorraine, et Laure Pasquini (LIEC) pour la Mention spéciale du Prix Région des doctorants.

Corinne LEYVAL, Directrice d'OTELo



Observatoire Terre Environnement Lorraine

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

AVANCEMENT DES PROJETS MULTIDISCIPLINAIRES 2013

RECYCLAGE BIOGÉOCHIMIQUE DU NI PAR LES PLANTES HYPERACCUMULATRICES EN MILIEU ULTRAMAIFIQUE (CYCLONICK)

Porteurs : Guillaume ECHEVARRIA,
Emmanuelle MONTARGES-PELLETIER, Fabrice FRAYSSE
Laurence MANSUY-HUAULT, Jean Louis MOREL
(Liane-Clarisse MOUCHON : a démissionné de son contrat
doctoral en octobre 2013)

UMR : LSE et LIEC

Montant du financement OTELo : 7 500 €

Résumé :

À l'instar des couverts forestiers pour les éléments majeurs (e.g. potassium), il apparaît que les plantes hyperaccumulatrices de Ni permettent le recyclage biogéochimique du Ni, du K et du Ca et contribuent à entretenir leur disponibilité à la surface des sols ultramafiques. L'objectif premier du projet proposé est de mieux qualifier et quantifier le retour au sol qualitativement et quantitativement de ces éléments via le recyclage des parties sénescentes de plantes hyperaccumulatrices. Le projet Cyclonick se compose de trois parties :

1. Suivi qualitatif de la dégradation des matrices végétales, spéciation du Ni et identification des complexes macromoléculaires (Laurence MANSUY-HUAULT) – identification des complexes formés entre le Ni et la matière organique – étude de la labilité des complexes. Statut : en cours de réalisation.
2. Tests de dégradation des feuilles : tests cinétiques et flux de Ni sortant en réacteur. Le Ca sera suivi comme témoin et élément de comparaison. Le principe est de collecter des feuilles de composition standard et d'étudier en système ouvert (réacteurs à flux continu) ou bien fermé (réacteurs « batch ») la cinétique de relargage du Ni (Figure 1). Ce dispositif permettra d'accéder expérimentalement aux lois cinétiques et à la quantification des flux de Ni issus du lessivage des litières.
3. Suivi de libération de Ni par des litières installées in situ dans des sachets de nylon au sein de sols ultramafiques (Vertisols dans la région de Pogradec, Albanie) avec suivi des structures végétales des litières au cours du temps (MET), de la localisation du Ni et du Ca simultanées et réalisation d'un bilan quantitatif du Ni et du Ca au cours du temps. Les sachets seront disposés à l'automne 2013 à partir de feuilles fraîches de *Leptoplax emarginata* ou *Alyssum murale* produites en conditions contrôlées et calibrées. Statut : en cours de réalisation.

Ces trois parties devaient être centrées sur la thèse de Liane-Clarisse MOUCHON (2012-2015). La thèse a été interrompue en octobre 2013 et seule le troisième volet a pu être partiellement réalisé jusqu'à présent. Les deux autres volets vont être réalisés dans le cadre du post-doctorat de Isabella ZELANO (post-doc

ANR Agromine) d'ici la fin 2015 sachant que le premier volet est en cours.

Résultats scientifiques obtenus :

Le projet a commencé par la dernière partie et par des échantillonnages de terrain sur des systèmes simples sur Vertisol hypermagnésique hypereutrique en Albanie. 5 placettes ont été échantillonnées avec couverture unique d'*Alyssum murale* et 5 placettes sans plantes lors de la floraison en mai 2013. Sur les placettes avec plantes, les feuilles ont été échantillonnées. Sur toutes les parcelles, la litière de l'année a été récoltée et la terre des trois premiers centimètres de l'horizon cultivé sous-jacent. Les concentrations en Ca, K et Ni dans chacun des compartiments permettent de faire un rapide bilan des flux d'éléments dans le système sol-plante hyperaccumulatrice

	Calcium (Ca)	Potassium (K)	Magnesium (Mg)	Nickel (Ni)
Compartiment	g kg ⁻¹			
Feuilles	35,7	15,0	6,6	19,0
Litière fraîche accumulée	20,6	5,3	4,2	9,2
Sol sous <i>Alyssum murale</i>	7,2 a	3,4 a	3,0	3,0 a
Sol nu	6,9 a	3,2 a		2,8 b

Les résultats montrent que 60 % du potassium, 40 % du calcium, 33 % du magnésium et 50 % du nickel contenus dans les feuilles est rapidement lixivié au niveau de la litière en quelques mois. Il n'y a pas d'effet significatif sur la teneur totale des éléments majeurs (Ca, K, Mg) dans les trois premiers centimètres du sol entre les sols ayant reçu de la litière entre l'automne 2012 et le printemps 2013, en revanche les teneurs de ces trois éléments sous les plantes sont toujours plus élevées que sans plante. Enfin, la concentration en Ni est significativement plus élevée sous la litière que sans plante. Ces résultats confirment des données récentes (Figure 2) sur les mêmes sols obtenues par mesure du fractionnement isotopique du Ni entre ces différents compartiments (Estrade et al., 2015) : Le Ni déposé par les litières des plantes d'hyperaccumulatrices a une composition isotopique intermédiaire entre les feuilles et le sol de surface. De plus la composition isotopique du Ni dans les horizons de surface est plus lourde que celle des horizons minéraux des sols, probablement grâce à la contribution significative du Ni des litières au Ni total de l'horizon organo-minéral. Les plantes hyperaccumulatrices contribuent donc à l'enrichissement en Ca, K, Mg et en Ni de la surface des sols. Cet effet est même significativement mesurable sur un an pour le Ni.

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

Pour l'instant, un article est en préparation :

Les données des plantes ont été présentées comme communication orale à La conférence internationale sur les écosystèmes de serpentine :

In 'Official Programme Book (oral presentations), 8th International Conference on Serpentine Ecology (9–13 June 2014)'. (Eds AJM B »ker, RD Reeves, G Echevarria, L L'Huillier, RS Boyd, S Strauss, NR Rajakaruna, AJ Pollard, M Lakim, A van der Ent, M Suleiman, JB Sugau) p. 27. (Sabah Parks: Kota Kinabalu, Malaysia) Available from: <http://www.icse2014.com/icse2014/abstract-bookletoral>

Cette communication orale a donné lieu à un article :

Bani A., Echevarria G., Zhang X., Laubie B., Benizri E., Morel J.L., Simonnot M.-O. 2015. The effect of plant density in nickel phytomining field experiments with *Alyssum murale* in Albania. *Australian Journal of Botany*, 63 (2), 72-77.

Un autre article est en cours de préparation :

Echevarria G., Montargès-Pelletier, E., Mouchon L.C., Estrade N., Cloquet, Morel J.L., Bani A. Hyperaccumulator plants contribute to recycle metals and major nutrients in ultramafic topsoils. Pour soumission à *Journal of Soils and Sediments*.

Réponse(s) obtenue(s) à un ou plusieurs appel(s) à projet(s) et subvention(s) obtenue(s) :

Les projets ANR « Agromine » (démarrage 1/11/2014) et UE - « LIFE Agromine » (accepté, mais sur liste d'attente) permettront de prendre le relais pour financer ces recherches à caractère fondamental pour la signification écologique (écologie fonctionnelle), mais aussi pour l'optimisation d'agrosytèmes d'hyperaccumulateurs. Le post-doc d'I. ZELANO est actuellement financé par l'ANR « Agromine ».

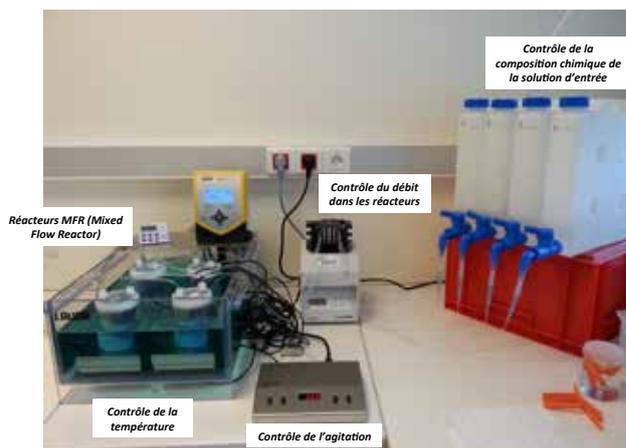


Figure 1 : Dispositif de Réacteurs à flux continu (« Mixed Flow Reactors ») qui seront utilisés pour les tests de dégradation des feuilles.

DYNAMIQUE DU NICKEL DANS UN SYSTEME SOL-PLANTE IN SITU

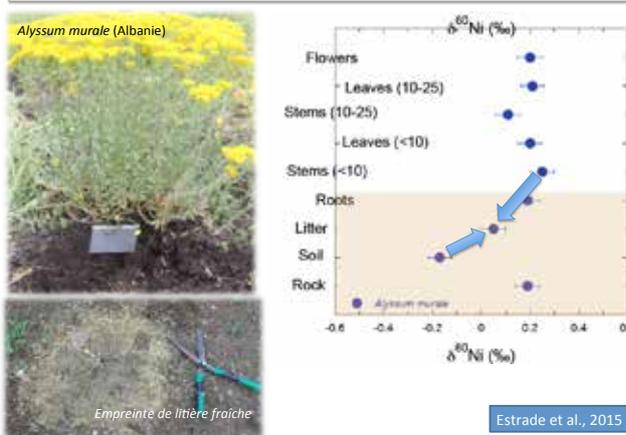


Figure 2 : Mise en évidence des flux de Ni à travers la litière entre le sol et la plante. A. En haut à gauche : *Alyssum murale* récolté au moment de la floraison en mai 2012. B. En bas à gauche : empreinte de litière déposée entre 2011 et mai 2012 par un spécimen d'*Alyssum murale*. C. Signature isotopique du nickel des différents compartiments du système sol-plante (d'après Estrade et al., 2015 EPSL).

LI, B AND GE DISTRIBUTION AND ISOTOPE FRACTIONATION IN METAMORPHIC ROCKS: IMPLICATION FOR FLUID-ROCK INTERACTIONS SIGNATURES AND CONCENTRATION PROCESSES IN CONVERGENT MARGIN SETTINGS

Porteurs : Afifé EL KORH, Etienne DELOULE, Béatrice LUAIS, Marie-Christine BOIRON

UMR : CRPG et GeoRessources

Montant du financement OTELo : 9 960 €

Résumé :

Characterisation of trace element budgets and fluid-mediated mass transfers from oceanic crust to mantle in subduction zones is currently a matter of debate. Devolatilisation reactions related to high-pressure/low-temperature (HP-LT) metamorphism of the subducted oceanic lithosphere release fluids and volatiles. This project examines Ge, Li and B elements, as geochemical tracers of fluid-rock interactions within ancient subduction zones. This study aims at understanding: 1) Ge mobility and isotopic fractionation, and 2) Li (and B) partition and isotopic

fractionation during dehydration and rehydration reactions. This study focuses on metabasites (blueschists, eclogites and greenschists) from the Ile de Groix, a Variscan HP terrain (1.6–2.5 GPa and 500–600°C; El Korh et al, 2009).

Résultats scientifiques obtenus :

Whole rock Ga and Ge contents were analysed by ICPMS at the SARM (CRPG). Mineral Ga and Ge contents were performed by laser ablation ICPMS at GeoRessources. The metabasites have Ga (17–22 ppm) and Ge (1.2–2.1 ppm) contents typical of tholeiitic basalts (18–22 and 1.4–1.5 ppm, respectively; De Argollo & Schilling, 1978). Owing to the large stability field of Ge- and Ga-bearing minerals (epidote, garnet, amphiboles, omphacite) under HP conditions, Ge and Ga are exchanged between the mineral phases during dehydration reactions.

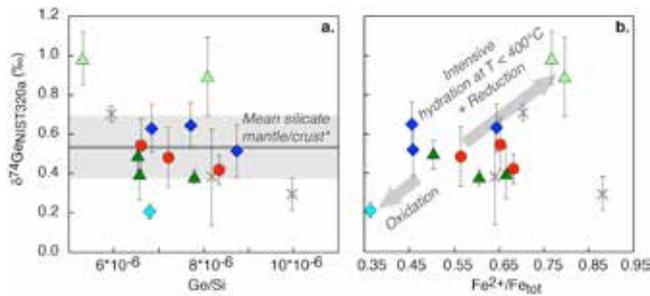


Figure 1. (a) $\delta^{74}\text{Ge}_{\text{NIST3120}}$, vs. Ge/Si diagram for the rocks from the Ile de Groix. *The grey line and field correspond the mean value for silicate mantle and basic crust and its 2σ uncertainty (Luais, 2012). (b) $\delta^{74}\text{Ge}_{\text{NIST3120}}$, vs. $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}_{\text{tot}}$ diagram. Error bars at 2σ SE.

Ge isotopes were measured using a NeptunePlus multi-collector ICPMS at the CRPG. Eclogites and blueschists have $\delta^{74}\text{Ge}$ values (+0.42–0.65‰) similar within error to the value for silicate mantle and basic crust ($\delta^{74}\text{Ge} = 0.53 \pm 0.16$ ‰; Luais, 2012) (Fig. 1). The $\delta^{74}\text{Ge}$ values weakly decrease in the greenschists with evidences of restricted fluid-rock interactions (early stages of retrogression), but remain similar within error to HP rocks ($\delta^{74}\text{Ge} = +0.39$ –0.49‰). Greenschists that underwent intensive interactions with fluids in a reduced context ($\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}_{\text{tot}}$ ratio = 0.77–0.80) have higher $\delta^{74}\text{Ge}$ values (+0.84–0.98‰). Heavy-Ge fluid migration along the subduction channel may be locally responsible for a heavy-Ge signature of the fore-arc mantle wedge.

Li isotopes were measured in glaucophane and omphacite by ion probe using the Cameca ims1280 at the CRPG. $\delta^7\text{Li}$ variations are small within each mineral but vary between samples (Fig. 2). Those HP minerals conserved their primary isotopic signature and were not affected by diffusion processes. Whole rock $\delta^7\text{Li}$ will be soon measured.

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

Un article sur le cycle du Ge dans les zones de subduction a été soumis à GCA. 3 futurs manuscrits auront pour sujet:

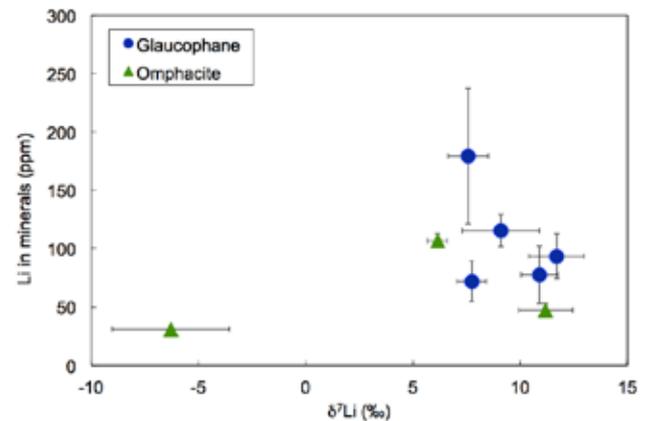


Figure 2. Li abundances vs. $\delta^7\text{Li}$ in high-pressure minerals (glaucophane, omphacite). Error bars at 2σ SE.

- 1) le comportement du Li au cours du métamorphisme de haute-pression/basse-température;
- 2) le fractionnement des isotopes de Fe dans les metabasites de Groix;
- 3) les échanges des éléments en trace métallique dans les roches du Limousin.

Les résultats ont été présentés à 4 conférences (EGU 2014, 1^{ères} journées francophones des utilisateurs de sondes ioniques 2014, Swiss Geoscience Meeting 2014, European Winter Conference on Plasma Spectrochemistry 2015).

Réponse(s) obtenue(s) à un ou plusieurs appel(s) à projet(s) et subvention(s) obtenue(s) :

Un financement de post-doc d'une durée de 5 mois soutenu par E. Deloule, B. Luais and M.-C. Boiron a été accordé à A. El Korh par le LabEx RESSOURCES 21 (projet « Mobility of metallic trace elements in the Limousin ophiolite massifs: implication for fluid-rock interactions signatures and concentration processes »).

PRODUCTION DE GOUDRON À PARTIR DE VÉGÉTAUX – BIOTAR

Porteurs : Pierre FAURE, Raymond MICHELS, Catherine LORGEUX, Aurélien RANDI, Delphine CATTELOIN

UMR : LIEC et GeoRessources

Montant du financement OTELO : 8 000 €

Résumé :

De nombreux questionnements scientifiques portant sur l'étude de l'évolution des polluants dans les sols contaminés et de leur remédiation (notamment dans le cas de contamination par le goudron de houille), reposent sur la compréhension des processus et des paramètres contrôlant la réactivité des contaminants. La majorité des études réalisées actuellement repose sur l'utilisation de contaminants « modèles » beaucoup plus simples que les mélanges réels complexes rencontrés dans l'environnement. L'utilisation de ces modèles simplifiés induit des interprétations parfois éloignées de la réalité. L'obtention d'une contamination marquée au ^{13}C , dont la composition se rapproche du cortège de contaminants réels, permettrait de lever un certain nombre de verrous sur le comportement et le devenir de la pollution. Cela permettrait aussi de valider les

techniques appropriées au diagnostic de cette contamination en vue d'y adapter le traitement le plus adapté.

La solution proposée dans le projet BIOTAR est de développer une méthode afin de produire un goudron de houille marqué ^{13}C en réalisant une maturation artificielle de plantes marquées ^{13}C . Pour ce faire, une combinaison de pyrolyse a été utilisée : (i) la pyrolyse confinée (en capsule d'or, haute pression) afin de produire du charbon à partir de la biomasse fraîche. Ce charbon pouvant ensuite être transformé en goudron de houille par cokéfaction, (ii) la cokéfaction (en tubes en acier, haute température) afin de produire du goudron de houille à partir du charbon formé préalablement ou directement de la biomasse fraîche.

Après optimisation, les conditions de cokéfaction sont satisfaisantes, mais ne permettent pas l'accès direct au goudron de houille à partir de biomasse fraîche. L'étape de production du charbon semble indispensable et reste à optimiser en termes de formation des bons profils moléculaires, mais aussi en termes de rendement c'est-à-dire en limitant la formation de gaz.

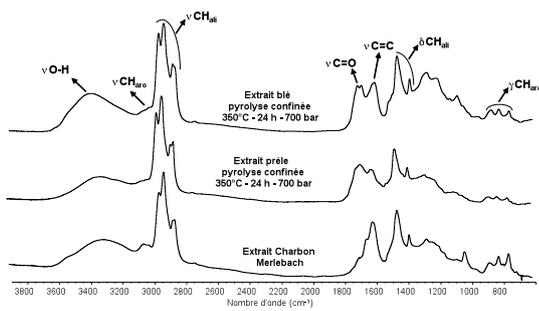


Figure 1 : Spectres infrarouges de l'extrait organique isolé par extraction au dichlorométhane du blé et de la prêle après pyrolyse confinée et du charbon lorrain brut.

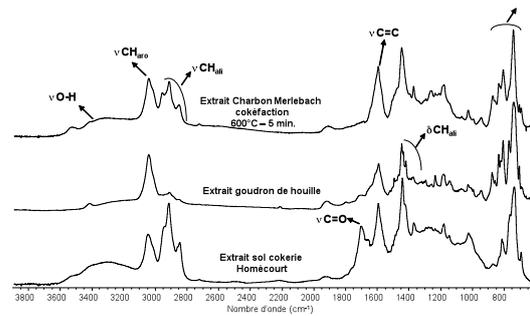


Figure 2 : Spectres infrarouges de l'extrait organique isolé par extraction au dichlorométhane du charbon lorrain après cokéfaction, d'un goudron de houille et d'un sol de cokerie

Résultats scientifiques obtenus :

Matériel et Méthode : Pour ces expériences de pyrolyse et de cokéfaction, la prêle, constituant originel important du charbon lorrain, et le blé, plante classiquement cultivée pour l'enrichissement ^{13}C , ont été utilisés. L'utilisation de ces deux plantes a pour but de vérifier si les conditions de production du goudron sont pilotées par la nature du précurseur ou par les conditions de pyrolyse. Un charbon lorrain, de Freyming-Merlebach, ne subissant que la cokéfaction a été utilisé afin de valider les conditions de production du goudron de houille. Les résidus organiques obtenus ont été analysés à l'échelle moléculaire (pyrolyse-GC/MS pour les solides et GC/MS et spectroscopie IRTF pour les extraits organiques).

Pyrolyses : Les conditions testées (700bars, 350 °C, 24h) ont conduit à un dégagement de plus de 70 % de gaz pour les deux plantes. D'un point de vue moléculaire, les fractions extractible et non extractible au solvant, sont riches en alcanes et en alcènes et contiennent, en proportion non négligeable, des phénols et alkylphénols. Leur profil est différent d'un charbon lorrain qui contient une plus grande proportion de composés aromatiques et moins de composés oxygénés comme le montrent les spectres infrarouges (Figure 1).

Cokéfaction : Les conditions étaient de 600 °C à pression atmosphérique pendant 5 min. Lors de la cokéfaction directe de la biomasse fraîche, le pourcentage de gaz généré est le même que celui obtenu pour la pyrolyse confinée (~70 %). La caractérisation moléculaire montre un profil de distribution

proche de celui obtenu par pyrolyse confinée. En parallèle, la cokéfaction du charbon lorrain selon le même protocole a généré 90 % de gaz. La caractérisation moléculaire de la fraction organique liquide montre une forte présence de composés aromatiques. Les caractéristiques moléculaires du produit obtenu sont proches de celui d'un goudron de houille ou d'un sol de cokerie (Figure 2).

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

Présentation au séminaire OTELo du 8 Janvier 2015. Des expériences supplémentaires seront prochainement lancées pour permettre la valorisation de ce travail sous forme d'un article scientifique.

Réponse(s) obtenue(s) à un ou plusieurs appel(s) à projet(s) et subvention(s) obtenue(s) :

Le projet DISCO (porteur : LIEC, collaboration : GéoRessources, LSE) a été proposé à l'ANR suite au projet OTELo Biotar. Il a pour objectif d'évaluer différentes techniques de mesure de la (bio)disponibilité, dans le cadre de contaminations réelles, de préciser les paramètres du sol contrôlant cette (bio) disponibilité et d'en suivre l'évolution. L'originalité de ce projet réside dans la production et l'utilisation d'un goudron de houille marqué au ^{13}C afin de prendre en compte la diversité de polluants organiques présents dans un sol pollué et d'en suivre l'évolution.

Soumissions du projet DISCO à l'appel générique ANR Défi 1 en 2013-2014 et 2014-15 sans succès.

ÉVOLUTION SPATIO-TEMPORELLE DU COUPLAGE DYNAMIQUE ENTRE SYSTÈMES FLUVIATILES ET RIFTING PRÉCOCE. ÉTUDE DU RIFT DE CORINTE (GRÈCE)

Porteurs : Mary FORD, Fabrice MALARTRE, Pierre-Henri BLARD, Julien CHARREAU, Romain HEMELSDAEL

UMR : CRPG et GeoRessources

Montant du financement OTELo : 8 000 €

Résumé :

Le projet fait partie des travaux de thèse de Romain Hemelsdaël entre 2012 et 2015. Ce projet permet d'étudier les interactions tectono-sédimentaires pendant la phase d'initiation du rift de Corinthe en Grèce. L'initiation des rifts continentaux est caractérisée par la nucléation et la croissance de failles normales permettant la formation de dépocentres

isolés puis connectés au cours du temps (après quelques millions d'années). Les premiers dépôts accommodant le jeu des failles normales sont alluviaux et fluviaux et proviennent de l'érosion des bassins versants sur les murs de failles en soulèvement. Ces modèles considèrent une pénélplanation totale des terrains à l'initiation du rift, vision simplifiée et peu réaliste dans le cas des rifts intramontagneux. La présence d'une paléotopographie et l'existence d'un système de rivières antécédent au rift doivent être considérées. Les implications sont (i) un flux sédimentaire important à l'initiation du rift, (ii) une répartition spatiale complexe des dépôts syn-rift (iii) le contrôle prédominant de la sédimentation par rapport

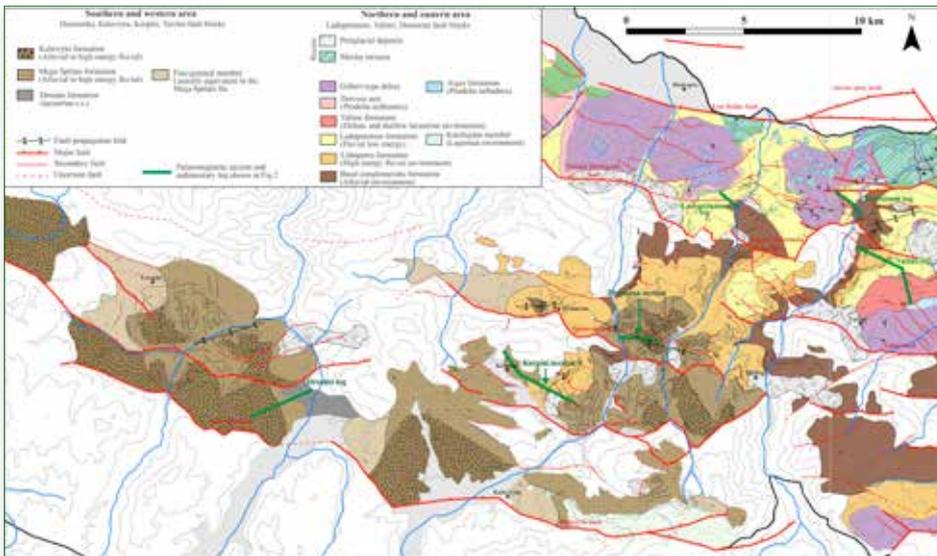


Fig. 1: Carte géologique de la zone d'étude le long de la marge sud du rift de Corinthe, illustrant les différentes unités syn-rift dans les blocs de failles normales. Les sections paléomagnétiques et les logs sédimentaires de la Fig. 2 sont aussi représentés (tracés en vert).

la sédimentation surpasse la signature tectonique. En effet, les zones de subsidence maximales sont alignées selon l'axe principal du système fluviatile, où sont concentrés les faciès les plus grossiers. L'apport sédimentaire depuis le mur des failles n'est pas significatif et la source de sédiments au sud-ouest du secteur semble fixe depuis l'initiation du rift jusqu'à la phase d'approfondissement du bassin dans la partie centrale du rift (non documenté ici). Les corrélations magnétostratigraphiques (Fig. 2) dans les blocs de failles normales permet de dater l'initiation du rift centrale entre 3,8 et 4,5 Ma.

à l'activité tectonique. L'originalité du projet est la mise en évidence de la rétroaction positive entre sédimentation et tectonique extensive.

Les sédiments syn-rift étudiés sont exposés le long de la marge sud du rift de Corinthe (Pliocène à actuel) et les rivières actuelles incisent les blocs de failles normales soulevés. La sédimentologie de faciès et l'étude de la stratigraphie syn-rift permettent de comprendre l'architecture du système fluviatile depuis la source des sédiments jusqu'à la marge du proto-bassin et à travers un réseau de failles normales (à pendage nord et orienté ouest-est) synchrone. Les méthodes de datations utilisées ici sont la magnétostratigraphie couplée aux marqueurs biostratigraphiques (palynologie, dents de mammifères). Par corrélations nous proposons un modèle tectono-sédimentaire à l'initiation du rift décrivant les potentielles géométries des réservoirs d'hydrocarbures et aquifères.

Résultats scientifiques obtenus :

À partir des observations de terrain (cartographie détaillée, levé de logs), le découpage stratigraphique met en évidence la concentration des faciès grossiers au centre des blocs où le déplacement créé par les failles est maximal. Ces faciès correspondent à des dépôts alluviaux fluviatiles haute énergie (rivière en tresse de plaine alluviale). L'extrémité des blocs, où l'espace d'accommodation créée par les failles est minimal, correspond à des zones de forte préservation des faciès fins de plaines d'inondation. La variabilité spatiale des faciès reflète donc le gradient de déplacement le long des failles. Le contrôle de l'activité tectonique est alors important à l'échelle du bloc de faille normale.

Une unité conglomératique basale (environnement fluviatile haute énergie, rivière en tresse faiblement sinueuse) remplit la topographie pré-rift et forme des dépocentres isolés, contrôlés par de failles qui sont scellées par des dépôts plus jeunes. Les failles majeures contrôlant les principaux dépocentres fluviatiles sont représentées sur le Fig.1. Le système fluviatile s'organise du sud-ouest vers le nord-est (données de paléocourants) et est superposé au réseau de failles. La granulométrie des dépôts diminue et on passe d'un environnement fluviatile à fluvio-deltaïque et plaine côtière vers l'aval. À l'échelle du réseau de failles normales,

Le système fluviatile étudié se développe jusqu'à environ 1,8 Ma. Le taux de sédimentation varie en entre 310 et 570 m/Ma selon les blocs.

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

- Hemelsdaël et al., in prep. Alluvial stratigraphy and sedimentology at the rift initiation of the Corinth rift (Greece): Implications of antecedent drainage system and high sediment supply (**PUBLICATION EN PRÉPARATION**)
- Hemelsdaël, R. and Ford, M. 2015 Relay zone evolution: A history of repeated fault propagation and linkage, central Corinth rift, Greece, Basin Research, vol 27, DOI: 10.1111/bre.12101 (**PUBLICATION**)
- Hemelsdaël, R., Ford, M., Malartre, F., Gawthorpe, R., Evolution of fluvial system during the rift initiation, Central Corinth rift (Greece). AAPG conference, Denver, Colorado, USA, june 2015 (**PRÉSENTATION ORALE**)

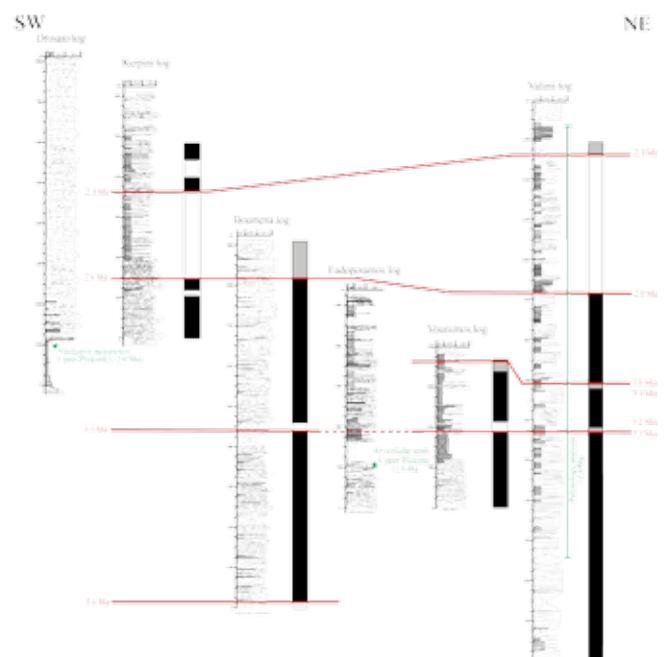


Fig.2: Corrélations magnétostratigraphiques depuis le sud-ouest vers le nord-est du secteur. Les étoiles vertes correspondent aux contraintes temporelles fournies par des marqueurs biostratigraphiques. Les lignes rouges sont les lignes isochrones corrélées à l'échelle du secteur d'étude.

RÔLE DE LA STRUCTURE ET DE L'AGRÉGATION SUR LA DISTRIBUTION DU CALCIUM ET LA VARIATION DE SA SIGNATURE ISOTOPIQUE DANS DES SOLS FORESTIERS LORRAINS

Porteurs : Anne POSZWA, Guillaume CARO, Jacques RANGER, Emmanuelle MONTARGES-PELLETIER

UMR : LIEC, CRPG et BEF

Montant du financement OTELo : 6 000 €

Résumé :

Notre étude démontre le rôle de la structure sur la distribution et la disponibilité du Ca dans les horizons contrastés de deux sols forestiers lorrains. La pauvreté des agrégats en matières organiques et argiles est notamment corrélée à une fertilité plus faible des sols en surface sur l'un des sites. L'utilisation des isotopes du Sr, Ca et Mg permet de mettre en évidence la recharge du pool d'éléments échangeables en profondeur par une nappe souterraine. Le prélèvement profond des arbres permet alors de pallier à la pauvreté de surface des sols et de conduire à une bonne productivité des peuplements sur les deux sites.

Résultats scientifiques obtenus :

Le rôle de la structure sur la distribution et la disponibilité du Ca a été étudiée dans les horizons contrastés des sols de deux peuplements forestiers matures à Azerailles « AZ » (54) et Clermont en Argonne « CA » (55). Les sols des deux sites sont argileux en profondeur, à teneurs en calcium (Ca) totales et échangeables élevées. Cependant, les horizons limoneux en surface sont carencés en Ca échangeable, surtout à CA. La plus faible fertilité minérale de surface à CA s'explique en partie par une agrégation moins bonne qu'à AZ. Les agrégats les plus abondants en surface à CA sont des agrégats pauvres en matières organiques et en minéraux argileux, ils ne possèdent donc pas une forte capacité d'échange cationique (CEC). Ainsi, le sol de surface à CA retient moins bien Ca et Mg que celui d'AZ. Le sol d'AZ possède une meilleure structure avec des agrégats ayant une plus forte CEC, s'opposant à la lixiviation. La richesse en Ca et Mg échangeables du sol profond des deux sites ne peut pas s'expliquer par les entrées classiques seules (dépôts atmosphériques et altération des minéraux). Les isotopes du Sr ont permis de montrer que la contribution de l'altération est faible dans les sols des deux sites, surtout pour Ca (analogue de Sr) pour lequel les minéraux porteurs sont très peu abondants. L'utilisation des isotopes du Sr, Ca et Mg permet de démontrer l'existence d'une nappe souterraine minéralisée qui envahit les horizons profonds du sol. Cette source infinie d'éléments par rapport au stockage potentiel sur la CEC, permet la recharge par simple échange d'ions, du complexe d'échange des horizons profonds du sol. Sur les deux sites, les arbres ont mis en place une stratégie de prélèvement profond, dont la contribution est importante, pour pallier la pauvreté des niveaux de surface. Cependant les conséquences d'une carence en Mg sont traduites par une translocation interne de Mg avant la sénescence sur le site de CA.

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

Travaux présentés dans le cadre de deux communications orales lors des Ateliers REGEFOR (INRA Champenoux) en 2013, publiés

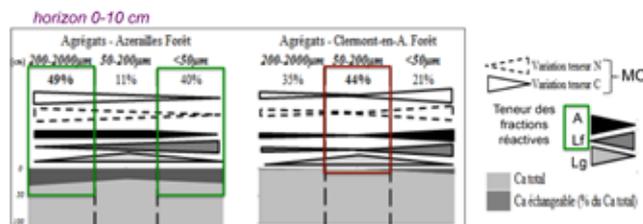


Figure 1 : Répartition des agrégats, du pourcentage de Ca échangeable par rapport au Ca total au sein des classes d'agrégats, abondance des fractions argileuses et limoneuses et variations des teneurs en C et N dans l'horizon 0-10 cm des sols sous forêt à Azerailles (gauche) et à Clermont en Argonne (droite).

dans un numéro spécial de la Revue Forestière Française :

- Poszwa A., Legout A., Laclau J-P, Vennetier M., Hatton, P.J., Achat D.L., Bédel L., Ranger, J. 2014. Isotopic approach to trace water and nutrient dynamics in forest soils Revue Forestière Française, Special Issue, «REGEFOR 2013 WORKSHOPS - Is the management of forest soil fertility at a turning point?» 13pp., <http://hdl.handle.net/2042/56265>
- Bedel Léa 2014. The dynamics of cations in two forest ecosystems located on the Lorraine plateau on soils susceptible to physical degradation - Conventional and isotopic approaches Revue Forestière Française, Special Issue, «REGEFOR 2013 WORKSHOPS - Is the management of forest soil fertility at a turning point?» 1pp., <http://hdl.handle.net/2042/56276>

Une publication en cours de correction après première soumission à Géoderma : Bedel Léa ; Poszwa Anne ; Aquilina Luc ; Legout Arnaud ; Ranger Jacques. 2015. Unexpected calcium and magnesium sources in low-fertility forest soils identified by strontium isotopes (Lorraine plateau, eastern France)

2 publications en cours de rédaction, l'une presque finalisée, sur les isotopes du Ca et Mg (qui sera soumise à GCA, la seconde sur la distribution des éléments, des phases granulométriques et des minéraux argileux en fonction de l'agrégation des sols de ces deux sites.

Thèse de Léa Bédel « Approche isotopique pour tracer la dynamique des éléments dans deux écosystèmes forestiers de plaine développés sur des sols polycycliques » Inra Champenoux - LIEC CNRS-UL. Soutenance le 7 juillet 2015.

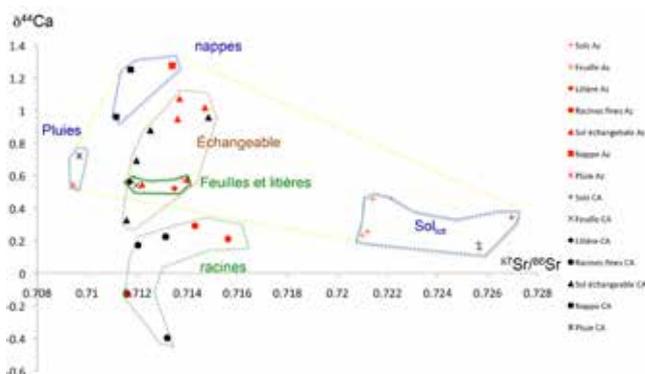


Figure 2. Signature isotopique en Sr et Ca dans les compartiments sols, eaux et arbres des écosystèmes forestiers de Azerailles (symboles rouges) et Clermont en Argonne (symboles noirs)

POSITION STRUCTURALE ET GÉOCHIMIE DES FLUIDES LIÉS AUX MINÉRALISATIONS CU-PB-ZN-FE-AG-AU DANS LA RÉGION LAURION-EUBÉE-MAKRONISOS (GRÈCE)

Porteurs : Alexandre TARANTOLA, Olivier VANDERHAEGHE, Marie-Christine BOIRON, Christian France-LANORD, Thomas RIGAUDIER

UMR : GeoRessources et CRPG

Montant du financement OTELo : 5 000 €

Résumé :

Ce projet financé par OTELO en 2013 a permis de financer les premières analyses réalisées dans le cadre de la thèse de Christophe Scheffer qui vise à caractériser l'histoire des circulations fluides et des minéralisations associées au cours du cycle orogénique, depuis les premières phases de subduction jusqu'à l'exhumation. La cible choisie est la bordure Ouest du complexe métamorphique Attico-Cycladique et plus particulièrement la péninsule du Laurion (Grèce), d'une part pour sa position stratégique au sein du complexe métamorphique égéen et d'autre part pour ses richesses métallifères en Cu-Pb-Zn-Fe-Ag-Au.

La région du Laurion (Grèce continentale) est localisée à l'intersection entre les chevauchements et détachements syn-orogéniques et post-orogéniques responsables de l'empilement et de l'exhumation des nappes accommodant la formation du Metamorphic Core Complex égéen. Elle est constituée de deux unités tectono-métamorphiques majeures : (i) l'unité des schistes bleus de Lavrion au toit, montrant deux stades de déformations majeurs traduisant une phase d'enfouissement (13-9 kbar, 300 °C) suivie par une phase d'exhumation syn-orogénique sans relaxation thermique (9-6 kbar, 300 °C), et (ii) l'unité de Kamariza, caractérisée par une phase d'enfouissement/exhumation syn-orogénique (11-9 kbar, 300 °C) et par une phase d'exhumation post-orogénique avec relaxation thermique (8-6 kbar, 350 °C) (Scheffer et al., submitted).

Ces deux unités sont séparées par une faille de détachement de très faible pendage ayant joué à la transition ductile-fragile lors de l'exhumation post-orogénique où sont majoritairement localisées les zones minéralisées. L'échantillonnage d'une veine de quartz transposée dans ce niveau de détachement a permis de discuter des fluides générés à la transition ductile-fragile et de leurs rôles sur la formation des minéralisations.

Résultats scientifiques obtenus :

Cette veine a permis de mettre en évidence qu'une famille d'inclusion fluide très riche en CO₂ a été piégée à la transition ductile-fragile dans des bandes de déformations du quartz associés à un régime extensif N-S. Ce piégeage de fluides riches en CO₂ est synchrone de la genèse de calcite hydrothermal orange aux charnières des zones de marbres plissées ductilement. L'analyse isotopique ($\delta^{13}\text{C}$ et $\delta^{18}\text{O}$) des marbres encaissants, des calcites hydrothermal, du quartz de la veine de quartz et des inclusions fluides à CO₂ a permis de discuter de la relation existant entre ces différentes phases. Ces données ont permis de mettre en évidence que les fluides à CO₂ à $\delta^{13}\text{C}$ positif sont issus de la decarbonation des bancs

de marbres suite à un apport de chaleur probablement initié par l'intrusion granodioritique de Plaka. Un mélange de ces fluides métamorphiques avec des fluides magmatiques issus de l'exsolution du magma serait à l'origine de la formation des calcites hydrothermales à faible $\delta^{13}\text{C}$. (Scheffer et al., in prep.)

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

Christophe SCHEFFER (Thèse 2013-) : Université de Lorraine (Tarantola A. et Vanderhaeghe O.). Circulations fluides et transferts à l'échelle lithosphérique : Position structurale et géochimie des fluides liés aux minéralisations Cu-Pb-Zn-Fe-Ag-Au dans la région Laurion-Eubée-Makronisos (Grèce)

Publications

Scheffer C., Vanderhaeghe O., Lanari P., Tarantola A., Ponthus L., Photiades A. and France L. Syn- to post-orogenic exhumation of high-grade nappes: Structure and thermobarometry of the western Attico-Cycladic metamorphic complex (Lavrion, Greece). Submitted to Journal of Geodynamics.

Scheffer C., Tarantola A., Vanderhaeghe O., Photiades A. (en préparation). Genesis of aqueous-carbonic fluids by decarbonation during the brittle-ductile transition in the post orogenic extension of the Hellenic belt (Lavrion, Greece). Chemical Geology.

Conférences

Scheffer C., Vanderhaeghe O., Tarantola A., Lanari P., Ponthus L., France L. and Photiades A. Tectonic evolution of the western boundary of the Attico-Cycladic complex (Lavrion, Greece). EGU, Vienna, Austria, 12-17.04.

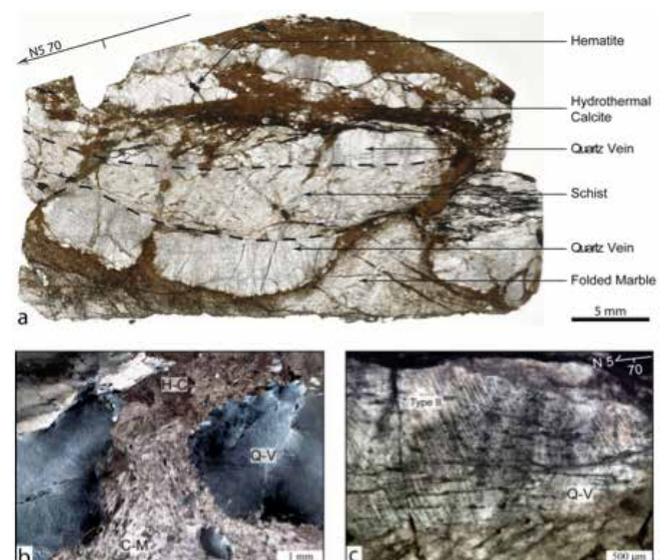


Figure 1. Planche photographique montrant la relation entre les microstructures et le développement de calcite hydrothermale et les fluides à CO₂. a. Relations géométriques à l'échelle de la lame mince. b. Fluage de calcite à la transition fragile-ductile dans une cassure post-ductile du quartz montrant des sous-grains et une extinction ondulante. c. Orientation en bandes parallèles des plans d'inclusions fluides riches en CO₂ piégés dans le quartz.

Scheffer C., Vanderhaeghe O., Tarantola A., Lanari P., Ponthus L., France L. and Photiades A. Transition entre accréation tectonique et effondrement post-orogénique : Enregistrement métamorphique et structural des nappes du Laurion (Grèce). RST 24, Pau, France, 27-31.10.

Scheffer C., Tarantola A. and Vanderhaeghe O. Génération de fluides aquo-carboniques à la transition fragile-ductile durant l'extension post-orogénique de la ceinture des Hellénides (Laurion, Grèce). RST 24, Pau, France, 27-31.10.

Réponse(s) obtenue(s) à un ou plusieurs appel(s) à projet(s) et subvention(s) obtenue(s) :

LABEX Ressources21 (8000 euros)

A. Tarantola, T. Rigaudier, C. Scheffer, C. France-Lanord, O. Vanderhaeghe. Traçage de la source des fluides minéralisateurs à partir de la géochimie isotopique (δD et $\delta^{18} O$) des inclusions fluides dans la fluorite. 2015.

LABEX Ressources21 (1511 euros)

A. Tarantola, C. Scheffer, P. Voudouris, O. Vanderhaeghe. Invitation Panagiotis Voudouris (Université d'Athènes). 2015.

INSU CESSUR (3 000 euros)

A. Tarantola, C. Scheffer, O. Vanderhaeghe, T. Rigaudier, C. France-Lanord. Exhumation orogénique et évolution de réservoirs fluides : Analyse isotopique des fluides profonds et superficiels dans des quartz de fentes Alpines lors de l'exhumation orogénique des schistes bleus des Cyclades (Eubée, Grèce). 2015.

INSU CESSUR (7 000 euros)

O. Vanderhaeghe, A. Tarantola, C. Scheffer, MC Boiron, P. Voudouris, A. Photiades, Y. Rolland. Circulations fluides et minéralisations au cours du cycle orogénique : Minéralisations à Au-Ag de Kallianou, sud de l'Eubée (Grèce). 2014.

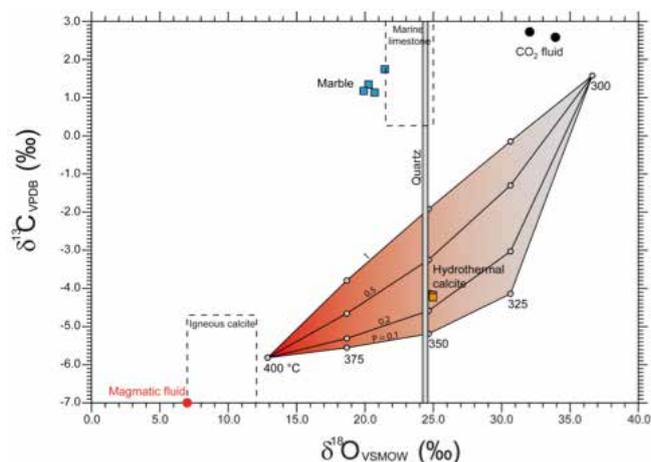


Figure 2. Signature isotopique en $\delta^{13}C_{VPDB}$ vs $\delta^{18}O_{VSMOW}$ des marbres encaissants (carrés bleus), des fluides à CO_2 (cercles noirs), des calcites hydrothermales (carrés orange). Le champ en nuances de rouge correspond aux compositions de calcites calculées pour un mélange de fluide entre une source métamorphique (fluide à CO_2) et une source magmatique. Le rapport de concentration du carbone issu du fluide magmatique dissous dans le fluide métamorphique est donné par les courbes P pour différentes températures.

ÉTUDE DES FRACTIONNEMENTS ISOTOPIQUES ANORMAUX DU SOUFRE INDUIT PAR THERMO-REDUCTION DES SULFATES : MESURES SUR ÉCHANTILLONS EXPÉRIMENTAUX ET NATURELS

Porteurs : Emilie THOMASSOT et Laurent TRUCHE

UMR : CRPG et GeoRessources

Montant du financement OTELo : 8 000 €

Résumé :

Notre projet a pour objectif l'étude des fractionnements isotopiques anormaux du soufre (fractionnements indépendants de la masse, ou S-MIF) avec d'une part une approche expérimentale et d'autre part l'analyse systématique d'échantillons de roches archéennes ou de sulfures hydrothermaux. Cette double approche repose sur le développement d'une technique de spectroscopie de masse adaptée à la mesure des différents isotopes du soufre. La partie expérimentale de ce projet a pour but de produire des S-MIF par réduction des sulfates en sulfures en utilisant l'hydrogène comme agent réducteur. Ces sulfures ainsi produits sont récupérés pour différents taux de réductions, et les fractionnements isotopiques du soufre sont analysés soit par sonde ionique soit par spectrométrie de masse classique après fluorination sous forme de SF_6 des échantillons pour éviter les interférences isobariques. En parallèle de cette étude sur des échantillons produits en laboratoire, nous avons réalisé une première série de mesure

sur des échantillons naturels associés à des contextes géologiques ou la réaction de thermo-réduction des sulfates se produit.

Résultats scientifiques obtenus :

Notre étude par spectroscopie Raman in situ sur des inclusions fluides naturelles associées à des contextes géologiques ou se produit la réaction de thermo-réduction des sulfates (TSR) a révélée pour la première fois l'existence de l'ion tri-sulfure S_3^- dans des fluides géologiques (Figure 1). Pour mettre en évidence l'existence de cette nouvelle espèce du soufre, nous avons dû réchauffer les inclusions fluides à la température de piégeage dans la formation géologique à l'aide d'une platine micro-thermométrique couplée à un spectromètre Raman. Cette découverte confirme les résultats de nos travaux expérimentaux sur le mécanisme réactionnel de réduction des sulfates en contexte diagénétique profond qui prédisaient le rôle majeur joué par l'ion tri-sulfure en tant qu'intermédiaire réactionnel (Truche et al., 2014). S_3^- présente des propriétés géométriques particulières proches de celle de l'ozone, laissant envisager un rôle majeur dans la genèse de fractionnements isotopiques anormaux observés dans les expériences de TSR (Watanabe et al., 2009). À

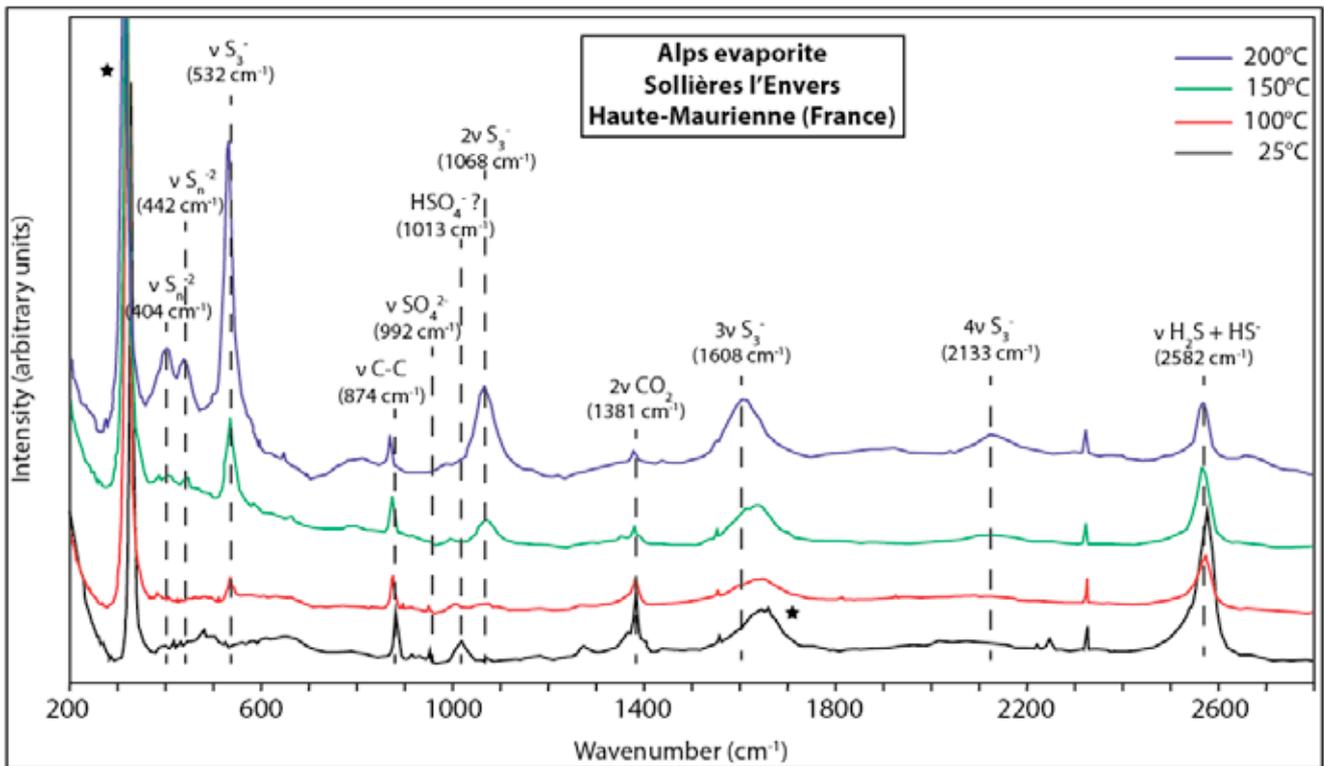


Figure 1 : Spectre Raman de la phase liquide d'inclusions fluide associée à la formation des nappes d'évaporites de Sollières l'Envers (Alpes, France). La formation de l'ion S3- est visible dès 150 °C.

ce jour, nous n'avons pas mesuré de fractionnements isotopiques du soufre indépendant de la masse (Figure 2). Cela dit, toutes ces mesures ont pour l'instant été réalisées sur des échantillons de sulfures (pyrite), ou de sulfates pour lesquels les protocoles d'analyses (standards, technique d'extraction) étaient déjà disponibles. Mais il reste encore à analyser les échantillons de soufre élémentaire qui sont le plus à même de porter une anomalie isotopique étant donné que cette espèce de valence intermédiaire est un produit de réduction incomplète du sulfate et qu'elle peut se former par déstabilisation du S3- lors d'une baisse de température. Ces analyses seront faites dans le cadre de la thèse de Guillaume Barré qui démarre cette année. Elles nécessiteront le développement de standards pour la sonde ionique et d'une technique d'extraction chimique du soufre élémentaire pour la fluorination et l'analyse en bulk. La ligne de fluorination, construite en partie grâce au financement OTELo de ce projet est en phase d'achèvement au CRPG.

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

Publications

Truche, L., Bazarkina, E., Barré, G., Thomassot, E., Berger, G., Dubessy, J., Robert, P. (2014). The role of S3- ion in thermochemical sulphate reaction. Earth and Planetary Science Letters, 396, 190-200.

Congrès internationaux

Barré, G., Truche, L., and Thomassot, E. (2014). New analytical development for sulphur speciation study in hydrothermal redox process: spectroscopic and isotopic approach. RST, Réunion des Sciences de la Terre, Pau, France.

Barré, G., Truche, L. and Michels, R. (2015). Sulphur speciation in natural fluid inclusions at elevated temperature. SGA meeting, Nancy.

Réponse(s) obtenue(s) à un ou plusieurs appel(s) à projet(s) et subvention(s) obtenue(s) :

Suite à ce projet, nous avons obtenu un financement de thèse MNESR (Guillaume Barré : 2014-2017) avec un co-financement du Labex R21 (30 KEuros). Nous avons soumis début 2015 un projet de collaboration scientifique auprès du groupe Total pour analyser la composition isotopique du soufre des fluides pétroliers associés au gisement de gaz acides et pour mesurer la spéciation du soufre par spectroscopie Raman in situ directement sur les tubes de forage.

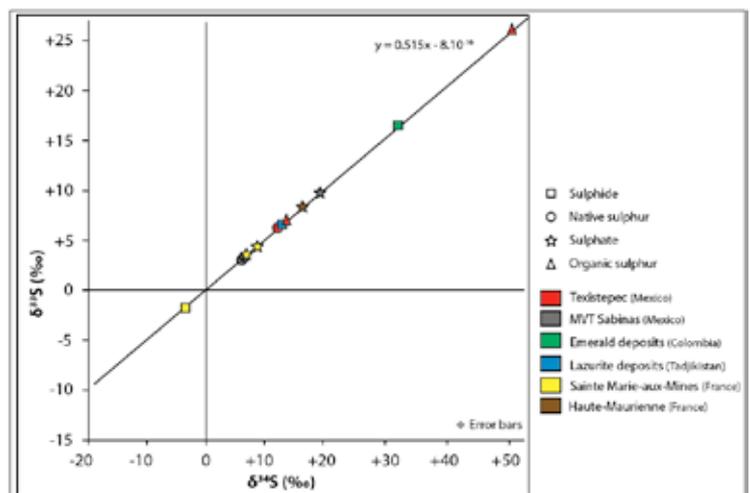


Figure 2 : Mesures multi-isotopiques du soufre faites par sonde ionique au CRPG (IMS 1280) sur des échantillons associés aux contextes géologiques où la réaction de TSR se produit. Ces premières mesures ne montrent pas de fractionnements isotopiques du soufre indépendants de la masse.

AVANCEMENT DES PROJETS EXPLORATOIRES PREMIER SOUTIEN 2014

SISMIRA : TREMBLEMENTS DE TERRE ET DÉVELOPPEMENT ASSOCIÉ DES STRUCTURES DANS LES ROCHES

Porteur : Sylvain BOURLANGE

UMR : OTELo (GeoRessources) et M4 (LEM3 / LaBPS)

Montant du financement : 23 000 €

Résumé :

Étudier les conditions de frottement et le développement des déformations associées aux grands tremblements de terre affectant les zones sismogéniques des limites de plaque. Réalisation de tremblements de terre sur éprouvette de roche avec un tribomètre en laboratoire à des vitesses de glissement similaires à celles rencontrées lors des séismes de grande magnitude, et sous contraintes normales au plan de faille typique des profondeurs sismogéniques en zone de subduction (5-40 km). Développement associé de modélisations numériques en éléments discrets de ces processus.

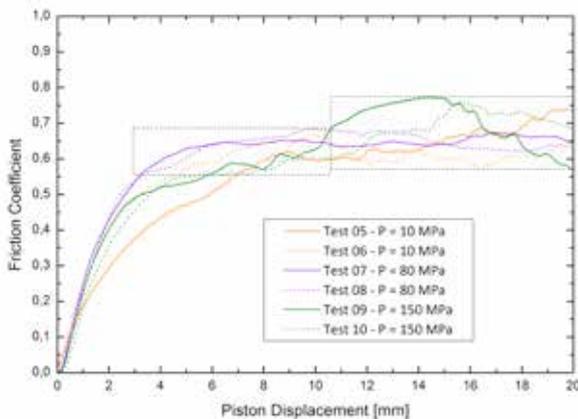


Figure 1 : Valeurs des coefficients du déplacement du piston au cours des 6 expériences réalisées avec des vitesses imposées de glissement de 500 mm/mn (env. 8 mm/s) et pour différentes valeurs de pression normale imposée de 10, 80 et 150 MPa. Les rectangles en tirets encadrent les valeurs de coefficient de frottement atteintes à partir de 2 mm de déplacement du piston.



Figure 2 : Stries observées en microscopie optique sur une éprouvette de gabbro suite à un test de frottement réalisé en conditions de vitesse de glissement imposée à 500 mm/m, (env. 8 mm/s) sous une contrainte de 80 Mpa. Les stries de glissement apparaissent blanchâtres à cause de la présence de poudres de roches (gouge de faille). Le cylindre de gabbro qui a généré ces stries s'est déplacé de la droite vers la gauche de la photo.

Résultats scientifiques obtenus :

1) Expériences de frottement

Nous avons réalisé des expériences de frottements pour des vitesses de glissement de 10 mm/mn et 500 mm/mn, avec des contraintes normales imposées de 10, 80 et 150 MPa sur des échantillons de gabbros (figure 1). Cela nous a permis de déterminer et de suivre l'évolution du coefficient de frottement cinématique. Celui-ci atteint des valeurs variant entre 0.55 et 0.75 dans les gammes de vitesse et de pressions étudiées, son intensité augmentant avec le déplacement, ce qui est vraisemblablement lié à l'endommagement des surfaces. Dans ces gammes de vitesse, le coefficient de frottement apparaît indépendant de la pression normale apparente imposée. Une campagne de mesure pour des vitesses de glissement de l'ordre de 1 m/s va avoir lieu en mai 2015 pour compléter ces résultats.

2) Caractérisation de l'endommagement

Lors de ces expériences, des striations sont apparues sur ces surfaces (figure 2), ainsi que le développement d'une gouge de faille qui se manifeste sous la forme d'une poudre de gabbros recouvrant les surfaces, issue de l'endommagement des éprouvettes de roche. L'étude en tomographie de rayons X des éprouvettes montre que la profondeur d'endommagement du matériau rocheux est extrêmement faible.

3) Modélisation numérique par une méthode aux éléments discrets

Le modèle ainsi qu'un résultat de simulation sont présentés sur la Figure 3 où l'évolution du coefficient de frottement μ est mise en parallèle avec le nombre d'événements induits de glissement et de fracturation au cours de la sollicitation. En intégrant la contribution énergétique de ces événements

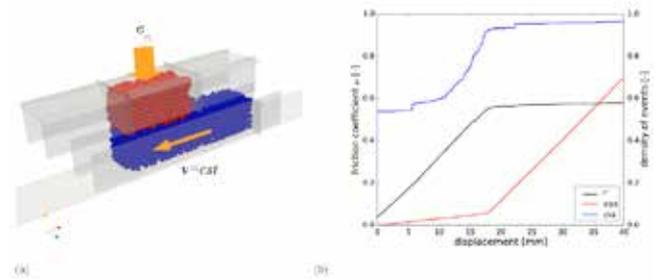


Figure 3 :
Expérience de frottement numérique: (a) géométrie et conditions aux limites, (b) résultats de simulation montrant l'évolution du coefficient de frottement μ au cours de l'essai, ainsi que le nombre normalisé de glissements (slps) et de microcracks (cks) induits.

intervenant à l'échelle des contacts interparticulaires (glissements et microcracks), il est possible de suivre l'énergie libérée par l'ensemble du système au cours de la sollicitation. À terme, l'objectif sera de caractériser l'empreinte sismique du milieu ainsi modélisé en fonction, notamment, des paramètres de contrôle de la simulation (vitesse de cisaillement, contrainte normale).

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

Nous avons proposé de mettre en œuvre la démarche élaborée dans le cadre du forage IODP Sumatra qui aura lieu en Août et Septembre 2015, dans le cadre d'une demande à participation intégrale (avec participation à la campagne et récupération d'échantillons pour études post-campagne).

Réponse(s) obtenue(s) à un ou plusieurs appel(s) à projet(s) et subvention(s) obtenue(s) :

Pas encore de projets déposés. La perspective envisagée est de mettre en œuvre la démarche élaborée dans le cadre d'échantillons provenant du forage IODP Sumatra qui aura lieu en Août et Septembre 2016.

MOLETTE : MODÉLISATION POUR LA SURVEILLANCE DES VARIATIONS TEMPORELLES ET SPATIALES DES PROPRIÉTÉS HYDRODYNAMIQUES DES TECHNOSOLS AU COURS DE LEUR PÉDOGÈNESE

Porteurs : Geoffroy SERE et Benoît MARX

UMR : OTELo (LSE) et AM2I (CRAN)

Montant du financement : 14 000 €

Résumé :

Le projet MOLETTE vise à décrire et à modéliser l'évolution de la structure des sols. Le premier volet du projet était basé l'exploitation de données issues du suivi hydrodynamique de sols à moyen terme. Ce travail a permis de mettre en évidence des évolutions cycliques induites par les variations saisonnières (climat, végétation) et acycliques provoquées par la pédogenèse des sols les plus jeunes et les plus fortement anthropisés. Le second volet a consisté à modéliser le comportement hydrodynamique de ces sols en confrontant deux approches : un modèle physique (équations de Richards) couramment utilisé en science du sol et un modèle numérique sur la base d'une structure simple (linéaire et statique).

Résultats scientifiques obtenus :

Le premier volet du travail a débuté par le choix des systèmes d'études parmi les sols étudiés en colonne lysimétrique sur les stations expérimentales du GISFI et de l'OPE. 4 sols (avec et sans végétation) au sein d'un gradient, du moins anthropisé (plus ancien) au plus anthropisé (plus jeune) ont été choisis. L'exploitation et l'interprétation des données expérimentales traduisent très clairement un réarrangement saisonnier de l'espace poral sous l'effet du climat – alternances d'humectation-dessiccation – et de la végétation – compaction du sol par les racines puis augmentation de la macroporosité lors de leur sénescence –. À ces variations cycliques s'ajoute, pour les sols les plus jeunes, une décroissance tendancielle qui s'expliquerait d'une part par leur tassement et d'autre part par la formation de nouveaux agrégats sous l'effet de l'activité biologique (Figure 1).

Dans la seconde phase du projet, nous avons tenté, par des approches de modélisation, de relier ces évolutions de l'hydrodynamique à l'évolution de la structure du sol. Un modèle mécaniste largement utilisé en physique du sol a tout d'abord été mis en œuvre. Il a été utilisé afin de simuler en particulier l'humidité volumique à trois profondeurs dans chacune des modalités, sur une période de 8 mois pour chaque année. Cette approche n'a non seulement pas permis de modéliser avec une grande précision les données expérimentales, mais surtout l'évolution temporelle des paramètres du modèle n'avait aucune cohérence et aboutissait parfois à des valeurs aberrantes d'un point de vue physique. Les chercheurs du CRAN ont alors entamé un travail de simplification du modèle. Leur choix s'est porté sur une structure linéaire statique qui a permis de simuler de manière très satisfaisante les humidités à partir de 5 variables extérieures (Figure 2). Il est ensuite apparu que les paramètres du modèle construit à partir des données de sols non végétalisés étaient significativement différents de ceux obtenus pour les sols végétalisés. Les travaux actuellement en cours visent d'abord à construire un modèle dont les paramètres varieraient de manière cyclique pour représenter les évolutions observées. Les possibilités de développer un modèle dont les paramètres varieraient en fonction des conditions de fonctionnement seront ensuite explorées.

Le troisième volet est l'organisation d'un workshop entre les équipes françaises et allemandes (FG « Standortkunde und Bodenschutz » et la FG « Wasserwirtschaft und Hydrosystem-

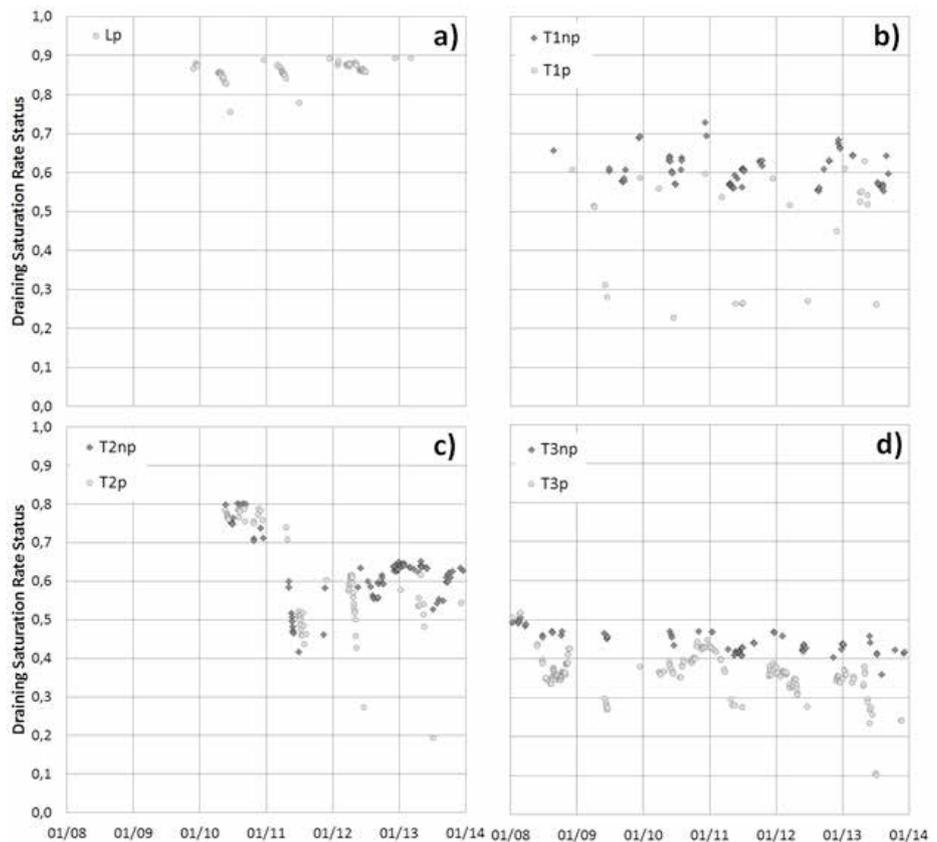


Figure 1. Evolution du taux de saturation lorsque le drainage est non nul à la base du lysimètre (Draining Saturation Rate Status) pour une gamme de sols du moins anthropisé (plus ancien) au plus anthropisé (plus jeune) : a) Cambic Stagnic Luvisol (L), b) Spolic Toxic Technosol (T1), c) Terric Transportic Technosol (T2), Spolic Garbic Hydric Technosol (T3)

modellierung») de l'Université Technique de Berlin pour faire suite à un projet déposé à l'ANR en 2013. Les avancées du projet MOLETTE présentées ci-dessus doivent permettre de mieux asseoir cette proposition pour répondre aux faiblesses pointées par les évaluateurs. Le workshop se tiendra à Nancy en septembre 2015 et devra initier la rédaction d'un projet de recherche sur la modélisation des flux d'eau dans les sols urbains.

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

Marx B., Séré G., Mourot G., Leguédois S., Ragot J., 2015, Mise en évidence de l'effet de la végétation sur l'hydrodynamique d'une gamme de Technosols, 40èmes journées Scientifiques du GFHN, Marne-la-Vallée, 24-25/11/2015, soumission prochaine

Tifafi M., Bouzouidja R., Ouvrard S., Séré G., 2015, How lysimetric facility can contribute to monitor Technosols porosity dynamics, Journal of Soils and Sediments, soumission prochaine

Tifafi M., Bouzouidja R., Ouvrard S., Séré G., 2014, Hydropédologie d'une gamme de sols au sein d'un gradient d'anthropisation, 39èmes journées Scientifiques du GFHN, Angers, 25-26/11/2014

Tifafi M., Bouzouidja R., Ouvrard S., Séré G., 2015, How lysimetric monitoring of Technosols can contribute to understand the dynamics of the porosity of soils, SUITMA Conference, Mexico, 20-25/09/15

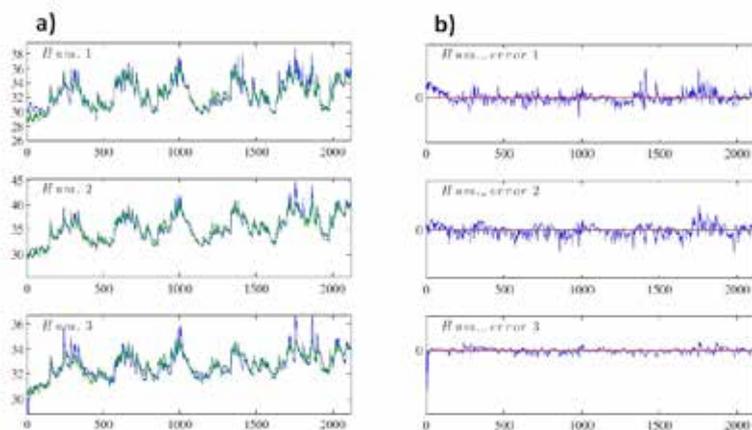


Figure 2. Résultats du modèle linéaire 5 variables pour la simulation de l'humidité volumique sur T1 : a) comparaison des mesures (vert) et de la simulation (bleu), b) écart d'humidité entre le modèle et les mesures

LE SERVICE D'ANALYSE DES ROCHES ET DES MINÉRAUX

Le Service d'Analyse des Roches et des Minéraux (SARM) est un service national d'analyse du Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) rattaché à l'Institut des Sciences de l'Univers (INSU). Le service, hébergé au Centre de Recherches Pétrographiques et Géochimiques (CRPG – UMR 7358) à Vandœuvre-lès-Nancy, fut labellisé en 1972 pour permettre à la communauté scientifique nationale de disposer d'un potentiel analytique en termes de moyens techniques et de ressources humaines. Depuis 1953, le Service s'était développé au sein du CRPG en fonction de l'environnement disponible. Après 50 ans d'adaptation, le fonctionnement ne semblait plus optimal et limitait le potentiel du SARM.

Des travaux de rénovation ont été entrepris au printemps 2014 afin de reconstruire un espace de travail adapté, sécurisé et optimisé à la charge analytique quotidienne, tout en fournissant une prestation analytique en phase avec les exigences de la recherche scientifique. À l'été 2014, les locaux modernisés et repensés ont été investis. Les salles de travail sont maintenant toutes climatisées et en surpression. Les salles de préparation des échantillons sont individualisées et la marche en avant de l'échantillon mieux respectée. Les bureaux sont maintenant accessibles sans avoir à passer par le laboratoire. La sécurité du personnel affecté sur ces postes et les conditions de travail ont été grandement améliorées par l'adaptation de certaines tâches de manipulation notamment au niveau du nettoyage du matériel. Le bureau du chargé de clientèle est maintenant facilement accessible à tous les utilisateurs du SARM qui viennent eux-mêmes déposer leurs échantillons à analyser.

Nous attendons de ces travaux un impact positif sur les niveaux de blancs de préparations permettant d'offrir de meilleures prestations aux demandeurs pour le traitement des 6000 à 8000 échantillons reçus annuellement. Couplées au renouvellement partiel du parc analytique, les performances obtenues à moyen terme devraient permettre de poursuivre la fourniture de données à la pointe et de maintenir la qualité du service auprès des chercheurs mandataires.



NOUVEAUX ÉQUIPEMENTS MAJEURS ACQUIS

CRPG

Spectromètre de masse quadrupolaire (ICP-MS) - Thermo Electron - 30 000 € - Ressources propres - Plateforme CRPG Tims ICPMS

Spectromètre de masse quadrupolaire (ICP-MS) - Thermo Electron - 132 194 € - Ressources propres et subvention d'état - SARM

Système de détermination automatique par spectroscopie - PICARRO - 89 546 € - DRRT - Laboratoire Isotopes Stables CRPG

GeoRessources

Analyseur isotopique delta¹³C dans CO₂ et CH₄ type G2201-i - PICARRO - 82 000 € HT - Reliquat CPER - Département Infrarouge

Zetacompact - CAD instrument - 27 404 € - Etude KOVDOR (fonds propres) - Plateforme STEVAL

Appareillage de cathodoluminescence MEB - Gatan - 80 000 € - CPER Transferts milieux géologiques - SCMEM

MIRAGE 2 : Cuve de 5 Litres sous pression, double enveloppe et pompe hydropneumatique - 30 708 € - TOPINDUSTRIE ; Système de chauffe de la cuve de 5 Litres - 2 873 € - TOPINDUSTRIE ; Déverseur - 2 744 € (Autoclave Maxitech) ; Cuve de 2 Litres sous pression - 16 955 € - Autoclave Maxitech ; Manomètre - 938 € - ASHCROFT ; Capteur de pression - 1 175 € - Serv'instrumentation ; Collier chauffe et automate de régulation - 2 455 € - SODEREL ; Générateur de pression continue - 38 610 € - SERLABO ; Sonde à immersion Raman haute pressions haute température - 2 621 € - KAISER OPTICAL ; Sonde de pH combiné Haute pression Haute température - 366 € - ENDRESS HAUSER

CONDUCTA ; Débitmètre massique CORI-FLOW Hastelloy - 7 880 € - BRONKHORST ; Coût total : 110 830 € - ANR CO₂ DISSOLVED - Équipe Stockage géologique et géothermie

GeoRessources/LIEC

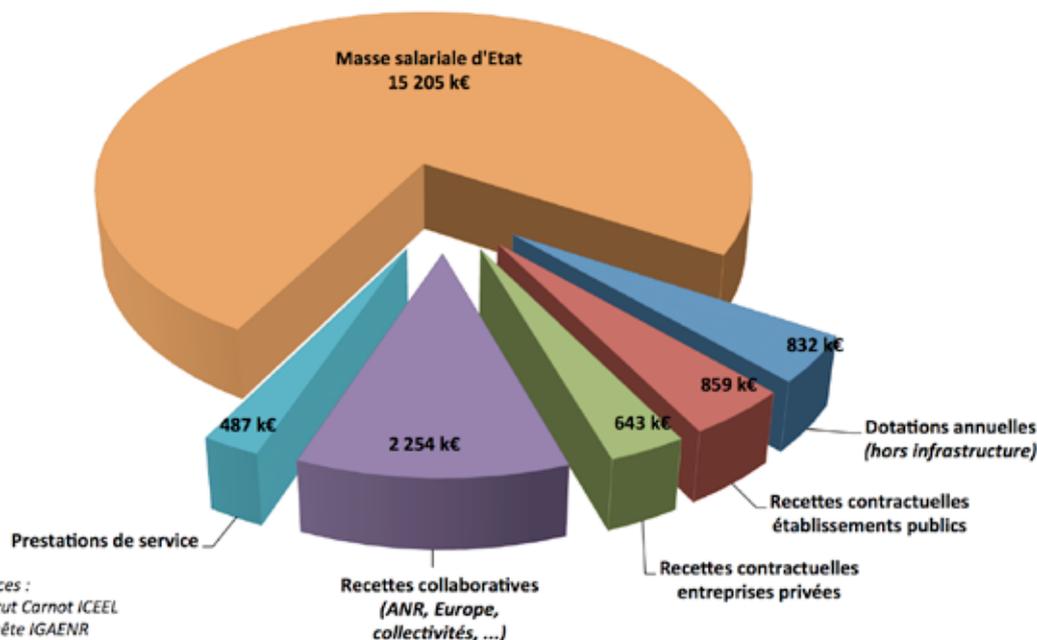
Couplage Pyrolyse - Thermodesorption/chromatographie gazeuse/Détecteur à Ionisation de flamme/Spectrométrie de masse (Py-Td/GC/FID-MS) : Pyrolyseur/Thermodesorption - SRA (Marque FrontierLab) - 28 986 € - GISFI/GeoRessources ; GC/FID-MS - Agilent - 53 490 € - LIEC ; Coût total : 82 476 € - Géochimie organique



LIEC

Spectromètre Raman à Transformée de Fourier couplé à un microscope à épi-fluorescence - MultiRam / RamanScopeIII, Bruker

RESSOURCES FINANCIERES 2014



RESSOURCES HUMAINES

NOUVEAUX RECRUTÉS HORS THÈSES

Enseignants-chercheurs

Elise BILLOIR, Maître de conférences - UFR SCIFA /LIEC
 Marianne CONIN, Maître de conférences - ENSMN /
 GeoRessources, Equipe Géomatériaux, Ouvrages et Risques
 Paulo PINHEIRO, Professeur - ENSG /LIEC

Chercheurs

Evelyn FURI, Chargée de recherche CNRS - CRPG, Équipe
 Géochimie

Personnels ITA/BIATSS (statutaires, CDI et CDD longue durée)

Pierre-Yves ARNOULD, Ingénieur d'études CNRS - OTELO -
 Responsable du service commun des systèmes
 d'informations
 David BEKAERT, Assistant-ingénieur contractuel CNRS - CRPG,
 équipe Géochimie - Analyses et travail sur le développement
 instrumental au laboratoire des gaz rares
 Aurélie DEFEUX, Technicienne contractuelle UL - GeoRessources,
 Secrétariat Général - Gestionnaire
 Olivier FUCHSBAUER, Ingénieur d'études CNRS - LIEC
 Tiffany GUYONNET, Assistante-ingénieure contractuelle CNRS -
 LIEC - Gestionnaire du site Charmois
 Matthias MEIER, Ingénieur de recherche contractuel CNRS -
 CRPG, Équipe Géochimie
 Danièle PAULY, Assistante-ingénieure UL - LIEC
 Marie STAS, Ingénieure de recherche contractuelle UL - LSE,
 Equipe Technosol - Projet Destisol-Ademe

ATER et Post-doctorants

Aurélien BEAUMAIS, ATER UL - CRPG, Équipe Pétrologie
 Romain COULAUD, Post-doctorant UL - LIEC
 Aurore DELAHAYES, Post-doctorant CNRS - CRPG, Équipe
 Géochimie

Shuofei DONG, Post-doctorant CNRS - CRPG, Équipe Géochimie
 Floriane LARRAS, Post-doctorant CNRS - LIEC
 Dimitri LE CARLIER, ½ ATER UL - CRPG, Équipe Géodynamique
 Frédéric REES, Post-doctorant UL - LSE, Equipe Technosol
 Camille SOULIE, ½ ATER UL - CRPG, Équipe Pétrologie
 François THOMAS, Post-doctorant UL - LIEC

DÉPARTS HORS THÈSES

Enseignants-chercheurs

Jean-Luc BERSILLON, Professeur - ENSG /LIEC - Retraite
 Olivier VANDERHAEGHE, Professeur - FST/GeoRessources, Equipe
 Ressources Minérales - Mobilité

Chercheurs

Marc CHAUSSIDON, Directeur de recherche CNRS - CRPG, Équipe
 Géochimie/Sonde - Mutation
 Maryse OHNENSTETTER, Directrice de recherche CNRS -
 GeoRessources, Equipe Ressources Minérales - Retraite

Personnels ITA/BIATSS (statutaires, CDI et CDD longue durée)

Yannick CAZES, Technicien de la recherche contractuel UL - LSE,
 Equipe technique - Projet LORVER - Fin de contrat
 Christine CLÉMENT, Adjoint administratif UL - GeoRessources,
 Secrétariat Général - Mobilité
 Tiffany GUYONNET, Assistante-ingénieure contractuelle CNRS -
 OTELO - Gestion administrative, financière et budgétaire
 du Réseau LORLUX et de la ZAM et animation du Réseau
 LORLUX - Fin de contrat
 Claire ROLLION-BARD, Ingénieure de recherche CNRS - CRPG,
 Équipe Géochimie/Sonde - Mutation
 Rose-Marie TODA, Adjoint technique UL - LIEC - Retraite

ATER et Post-doctorants

Ivan ZELKO, Post-doctorant contractuel - LSE, Équipe
 Phytoremédiation - Fin de contrat

DISTINCTIONS

Laure PASQUINI (doctorante, LIEC) a obtenu une mention spéciale du Prix Région des doctorants 2014 pour sa thèse intitulée « Micropolluants issus de l'activité domestique dans les eaux urbaines et leur devenir en station d'épuration », effectuée sous la direction de Tatiana GORNER, et de Jean-François MUNOZ (ANSES).

Hermine HUOT (doctorante, LSE) a obtenu le Prix régional de la thèse de la Région Lorraine 2014 pour ses travaux intitulés « Formation, fonctionnement et évolution d'un Technosol sur des boues sidérurgiques » sous la codirection de Jean-Louis MOREL (LSE) et Marie-Odile SIMONNOT (LRGP) en connexion avec le GISFI.

Jeanne PELLERIN (doctorante, GeoRessources) lauréate de l'International Association for Mathematical Geosciences (IAMG). Jeanne Pellerin a obtenu la bourse « Computers & Geosciences 2014 » pour ses recherches concernant « A new mixed-element meshing method adapted to 3D geological structural methods ».

Quentin DEHAINE (doctorant, GeoRessources) a reçu le prix de la Société de l'Industrie Minérale (SIM) pour son travail sur les « Métaux critiques (LREE, Nb, Ta, W et Sn) comme co-produits de la production de kaolin, St-Austell, Cornouailles, UK - Paris - 15 septembre 2014



BILAN SCIENTIFIQUE

THÈSES SOUTENUES

Julio ARCE FUNK - LIEC - Modulation d'un stress chimique par la contrainte alimentaire : approche intégrée de l'individu au fonctionnement de l'écosystème - François GUEROLD - 25/06/14

Julien BONNET - GeoRessources - Les métaux stratégiques Ga, Ge et Cd dans les gisements à Pb-Zn : Exemple des MVT du Tennessee - Anne-Sylvie ANDRÉ-MAYER, Laure BAILLY, Jean CAUZID, Régine MOSSER-RÜCK - 11/12/2014

François BONNEAU - GeoRessources - Intégration de données indirectes dans la simulation de réseaux de fractures discrètes - Guillaume CAUMON, Philippe RENARD, Judith SAUSSE - 22/09/2014

Ryad BOUZOUIDJA - LSE/Nidaplast/Lemta/Cerema - Fonctionnement hydrique d'un Technosol superficiel - application à une toiture végétalisée - David LACROIX, Rémy CLAVERIE, Geoffroy SERE - 13/11/2014

Sandotin COULIBALY - GeoRessources - Abattement des phosphates des eaux usées par adsorption sur des géomatériaux constitués de latérite, grès et schistes ardoisiers - Jacques YVON, Lacinia COULIBALY - 09/07/2014

Maxime DARGENT - GeoRessources - Spéciation et réduction de l'U(VI) dans les fluides chlorurés acides en conditions hydrothermales : Du transport au dépôt de l'uranium dans les gisements sous discordance - Jean DUBESSY, Laurent TRUCHE - 17/12/2014

Adeline DELONCA - GeoRessources - Les incertitudes lors de l'évaluation de l'aléa de départ des éboulements rocheux - Thierry VERDEL - Yann GÜNZBURGER - 05/12/2014

Adrien DHYEVRE - LIEC - Impact génotoxique des polluants sur *Vicia Faba* (Fabaceae) et efficacité des systèmes de défense dans le cadre de l'évaluation des sols contaminés - Serge MULLER - 17/11/14

Vanessa DYJA - GeoRessources - Interaction entre fluides de différents réservoirs lors de l'évolution d'un prisme orogénique en contexte de déformation partitionnée : les Cordillères bétiques internes (Espagne) - Michel CATHELINEAU, Christian HIBSCH - 10/03/2014

Joan DUPUY - LSE - Interactions entre les hydrocarbures aromatiques polycycliques et les plantes supérieures : prélèvement et réponses toxiques - Thibault STERCKEMAN, Stéphanie OUVREARD - 15/12/2014

Florian GALLO - CRPG - Glissements de terrain et érosion de chaînes de montagnes - Étude de cas dans l'Himalaya central - Jérôme LAVÉ, Christian FRANCE-LANORD - 02/07/2014

Cédric GONNEAU - LSE - Distribution, écologie et évolution de l'hyperaccumulation des éléments en traces par *Noccaea caerulea* - Thibault STERCKEMAN, Catherine SIRGUEY - 26/03/2014

Chaden HAYDAR - LIEC/LIBAN - Evaluation de la qualité de l'eau du bassin supérieure de la rivière du Litani, Liban : approche isotopique et hydrogéochimique - Frédéric VILLIERAS - 22/10/2014

Pierre HUGUIER - LIEC/INERIS - Intérêt des organismes de la microfaune du sol pour la détermination de l'écotoxicité des matières fertilisantes et déchets valorisés en agriculture : le nématode *Caenorhabditis elegans* et de l'acarien prédateur *Hypoaspis aculeifer* - Pascale BAUDA - 17/12/14

Stéphane JOMINI - LIEC - Effets des nanoparticules d'oxydes métalliques sur les organismes bactériens de la cellule à la communauté. - Pascale BAUDA - 27/06/14

Maïa KUGA - CRPG - Origine des fractionnements isotopiques de l'azote et des

Unité de recherche	Nombre d'articles de rang A référencés dans Web of Science
CRPG	71
GéoRessources	101
LIEC	88
LSE	24
Total	284 dont 20 articles interlaboratoires

gaz rares dans les météorites et atmosphères planétaires - Bernard MARTY, Guy LIBOUREL - 27/06/2014

Elodie LE MIGNOT - GeoRessources - Les gisements d'or comme témoins de l'histoire géologique du craton ouest-africain - Apports de la datation - Anne-Sylvie ANDRÉ-MAYER, Laurie REISBERG - 18/12/2014

Pablo MEJIA - GeoRessources - Apport de la modélisation 3D et de la restauration structurale dans la compréhension de gisements de matières premières minérales - Jean-Jacques ROYER - 16/12/2014

Nada NEHME - LIEC/LIBAN - Evaluation de la qualité de l'eau du bassin inférieur de la rivière du Litani, Liban : approche environnementale - Frédéric VILLIERAS - 23/10/2014

Marie NICOLLE - CRPG - Mise en place et chimie des magmas dans le manteau supérieur de l'ophiolite d'Oman - Laurie REISBERG, David JOUSSELIN - 17/02/2014

Damien PARELLO - LIEC - Conception de biosenseurs fluorescents multicolores pour l'identification in vivo des interactions bio-physico-chimiques dans les systèmes minéral-bactérie - Christian MUSTIN - 05/12/14

Jeanne PELLERIN - GeoRessources - Prise en compte de la complexité géométrique des modèles structuraux dans des méthodes de maillage fondées sur le diagramme de Voronoï - Bruno LÉVY, Guillaume CAUMON - 20/03/2014

Frédéric REES - LSE - Mobilité des métaux dans les systèmes sol-plante-biochar - Jean Louis MOREL - 10/12/2014

Sarah ROKIA - LSE/Ephor - Contribution à la modélisation des processus d'agrégation et de transfert d'éléments nutritifs dans les Technosols construits à partir de déchets - Christophe SCHWARTZ, Laure VIDAL-BEAUDET - 10/01/2014

Kanssoun SALIYA - GeoRessources - Modélisation des couplages chimio-poromécaniques appliquée au stockage de CO₂ dans le charbon - Albert GIRAUD, Dragan GRGIC, Richard GIOT - 4/09/2014

Julie SCHWAGER-GUILLOUX - LSE/Cerema - Les toitures végétalisées, puits et sources d'éléments en traces métalliques - Jean Louis MOREL, Véronique RUBAN - 26/06/2014

Camille SOULIÉ - CRPG - Formation des chondres et relation avec leurs auréoles de matrice à grains fins - Guy LIBOUREL, Bernard MARTY - 10/12/2014

Marie STAUFFER - LIEC/IRSTEA - Impact des taillis à très courte rotation de saules sur les propriétés fonctionnelles des sols et définition d'indicateurs de qualité - Corinne LEYVAL, Jean-Jacques BRUN - 02/04/2014

HDR SOUTENUES

François FAURE - Maître de conférences FST/CRPG - Les textures : marqueurs des processus magmatiques terrestres et extra-terrestres - 28/11/2014

FAITS MARQUANTS



Panorama du sommet des Andes depuis le site d'un ancien glacier sur le volcan Tunupa, dominant le salar de Uyuni relique du paléo-lac Tauca (Bolivie).

CRPG

L'évolution des glaciers Andins et les changements climatiques associés reconstruits grâce à la datation des paysages

Un enjeu majeur des recherches en paléoclimatologie est le développement de nouvelles approches permettant de documenter la variabilité spatiale des paléoprécipitations et des paléotempératures en domaine continental. Dans ce cadre, le projet ANR GALAC que nous réalisons au CRPG (2011-2016) s'intéresse à un cas d'étude particulièrement important pour améliorer la connaissance du paléoclimat des Andes Tropicales. Nous mettons en effet en œuvre une stratégie innovante pour étudier le paléoclimat de l'Altiplano, une région de haute altitude où l'hydrosphère est susceptible d'avoir enregistré des fluctuations climatiques régionales et globales de grande amplitude. L'objectif principal du projet est de comprendre les processus atmosphériques qui ont conduit à la formation du lac géant Tauca dans l'Altiplano central pendant le stade Heinrich 1 (17-15 ka). Pour atteindre ce but, et notamment pour établir une carte des paléoprécipitations de l'Altiplano pendant ce stade lac Tauca (synchrone de l'événement Heinrich 1), nous utilisons une approche transdisciplinaire qui se base d'abord sur la reconstruction et la datation par ^3He et ^{10}Be cosmogénique des lignes d'équilibre des paléoglaciers. La présence de nombreuses reliques glaciaires quaternaires (moraines et roches polies) dans un état de préservation remarquable indique que cette région des Andes est particulièrement bien adaptée à la mise en œuvre de cette méthode. La précision spatiale de la cartographie paléoclimatique obtenue est inédite ($< 50 \text{ km}^2$) et devrait permettre de comprendre l'origine des importantes fluctuations hydrologiques enregistrées au Quaternaire dans les Andes Tropicales.



Pierre-Henri Blard (chercheur au CRPG) et Léo Martin (doctorant au CRPG) sur un site d'échantillonnage d'un paléo-glacier dans la vallée de Wara Wara (proche de Cochabamba, Bolivie).

Les participants du CRPG sont Pierre-Henri BLARD (PI du projet, CR CNRS), Léo MARTIN (doctorant), Julien CHARREAU (MCF - ENSG), Jérôme LAVE (DR CNRS)

Ce projet a fait l'objet en 2014 d'un reportage dans la rubrique : Avant-Scène Recherche de l'Université de Lorraine : « Climat, avenir incertain et passé à découvrir » ; <http://videos.univ-lorraine.fr/index.php?act=view&id=1414>

Les publications associées cette année :

Blard, P.H.; Lavé, J.; Farley, K.A.; Ramirez, V.; Jimenez, N.; Martin, L.; Charreau, J.; Tibari, B.; Fornari, M. Progressive glacial retreat in the Southern Altiplano (Uturuncu volcano, 22°S) between 65 and 14 ka constrained by cosmogenic ^3He dating, 2014, Quaternary Research, 82, 209-221

Jomelli, V.; Favier, V.; Vuille, M.; Braucher, R.; Martin, L.; Blard, P.H.; Colose, C.; Brunstein, D.; He, F.; Khodri, M.; Bourlès, D.L.; Leanni, L.; Rinterknecht, V.; Grancher, D.; Francou, B.; Ceballos, J.L.; Fonseca, H.; Liu, Z.; Otto-Bliesner, B.L., A major advance of tropical Andean glaciers during the Antarctic cold reversal, 2014, Nature, 513, 224-228

GÉORESSOURCES

Pourquoi trouve-t-on encore du pétrole à 4 000 mètres de profondeur ?

La publication de Lucille NEVEUX, jeune chercheuse à GeoRessources, dans le Journal of Geophysical Research Solid Earth, répond à cette question. Elle a été mise à l'honneur par l'INSU et remarquée par la presse locale.

Les chercheurs de GeoRessources avec le soutien de Total ont créé un nouvel équipement expérimental permettant la percolation de fluides dans une éprouvette de roche sous contrainte triaxiale. Ce nouvel outil a permis de simuler les transformations pétrophysiques des réservoirs pétroliers profonds et donc de mieux envisager leur exploration et leur exploitation future.

BIOMORE : New Mining Concept for extracting metals from deep Ore Deposits using Biotechnology

Le projet européen Horizon 2020 BIOMORE, qui vise à développer des techniques et procédés de valorisation in situ de minerais profonds a été obtenu en septembre 2014 par Lev FILIPPOV et Jean-Jacques ROYER de GeoRessources.

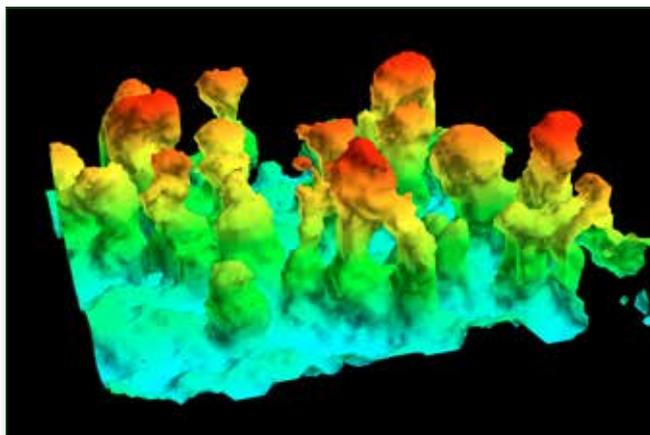
La potentialité des ressources minérales dans les gisements à plus de 1 000 mètres de profondeur est grande en Europe. Cependant des méthodes nouvelles sont nécessaires pour la récupération des métaux dans des conditions techniques acceptables pour l'environnement. Le projet présente un concept « révolutionnaire » qui permet de récupérer les métaux par la biolixiviation. Le site pilote sélectionné est une



mine de cuivre à la frontière Pologne-Allemagne. Ce projet est né au sein du programme Promine et l'équipe de GeoRessources est à l'origine de ce projet ambitieux.

25 ans de GOCAD

Les GéoModèles permettent de comprendre des objets géologiques complexes et de réduire les incertitudes, de raconter l'histoire passée des ensembles géologiques et de prédire le comportement des sites souterrains soumis à des sollicitations anthropiques. L'outil GOCAD développé par Jean-Laurent MALLET (PR ENSG) a 25 ans. Il constitue toujours la base de l'équipe Modèles Géologiques et Géochimiques, animée par Guillaume CAUMON (PR ENSG) et constituée de 2 ingénieurs CNRS, 2 ingénieurs sur fonds propres, 2 professeurs (ENSG-MINES), 2 maîtres de conférences (ENSG), 9 doctorants, 2 post-doctorants. Il a donné naissance au consortium GOCAD qui est un groupement d'intérêt scientifique et industriel regroupant 15 compagnies majeures et 140 universités internationales. Les chercheurs de ce consortium produisent des prototypes logiciels mis à disposition de partenaires industriels et académiques tels que Schlumberger, EDF ou les Mines de Paris. L'avenir de la géologie étant évidemment numérique, GeoRessources a mis sur l'équipe pour mener à bien un projet de plateforme nationale labellisée par l'INSU.



Phénomène de dolomitisation reconstruit par l'outil GOCAD

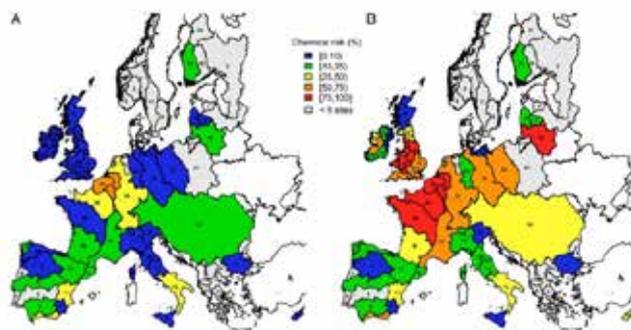
GeoRessources a obtenu le financement du projet NEWORES, ERAMIN. Ce projet propose une réévaluation de la métallogénie des ressources en métaux rares en Europe, particulièrement en France et au Portugal, et le développement de procédés de valorisation de minerais basse teneur à grains fins. Ce projet est animé par Michel CATHELINÉAU de GeoRessources.

L'équipe « Valorisation des ressources et des résidus » de GEORESSOURCES a obtenu le projet européen Horizon 2020 FAME (Flexible and Mobile Economic Processing technologies for scarn/greisen and pegmatites deposits in Europe). Ce projet s'attaque à la valorisation des métaux rares à partir des ressources primaires en Europe. L'équipe rejoint le consortium de 16 partenaires de 7 pays européens qui comprend industries, universités et institutions gouvernementales. Elle a été choisie pour ses compétences en développement de nouveaux procédés de flottation des particules fines et en valorisation des minerais à faible contraste de séparation. La contribution pour l'Université de Lorraine s'élève à environ 1 M€.

LIEC

Les contaminants organiques menacent à grande échelle la biodiversité des milieux aquatiques

Cette étude, publiée dans PNAS et à laquelle Philippe USSEGLIO-POLATERA a contribué, est la première évaluation du risque chimique lié aux contaminants organiques, menée à l'échelle d'un continent, à partir des données d'analyse collectées par les services publics sur plus de 4 000 sites européens. Elle montre



Risque chimique dans les principaux bassins hydrographiques européens. Chaque carte indique la proportion de sites où : (A) la concentration maximale de composés organiques excède le seuil de risque aigu et (B) la concentration moyenne en composés organiques excède le seuil de risque chronique. Le code-couleur indique le niveau de risque chimique de faible (bleu) à élevé (rouge). Les nombres (par bassin) correspondent au nombre médian de substances chimiques « à risque aigu » par bassin. Les comparaisons entre bassins peuvent potentiellement être biaisées par la nature et les limites de quantification différentes des composés organiques toxiques analysés d'un bassin à l'autre.

que les molécules organiques pourraient avoir des effets aigus aussi bien que chroniques sur les espèces les plus sensibles de poissons, invertébrés et algues benthiques dans une forte proportion des 93 bassins européens étudiés. Parmi les 223 molécules analysées, les pesticides, le tributylétain, les HAP, et les retardateurs de flamme au brome sont les contaminants les plus fréquents. Ces résultats montrent clairement que la pollution chimique constitue un problème environnemental à grande échelle. L'estimation du risque pourrait de plus être largement sous-estimée du fait (i) de la non prise en compte de certaines molécules émergentes, (ii) de limites de quantification souvent trop élevées et (iii) des effets cocktail à la toxicité difficile à évaluer. Par conséquent, la préservation et la restauration de l'état de

santé des écosystèmes nécessitent des mesures globales et de grande portée.

MALAJ E., VON DER OHE P.-C., GROTE M., KÜHNE R., MONDY C.-P., USSEGLIO-POLATERA P., BRACK W., SCHÄFER R.-B., 2014. Organic chemicals jeopardize the health of freshwater ecosystems on the continental scale. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 111, 9549-9554.

Sortie du film « La Moselle ensauvagée » co-réalisé par Annik SCHNITZLER

Entre Chamagne et Bayon a surgi en un demi-siècle de déprise agricole et d'absence d'intervention, la plus grande superficie de ripisylves spontanées en Lorraine. Ces forêts nouvelles sont à présent l'habitat de nombreux oiseaux forestiers et de bord de rive, ainsi que du chat sauvage. Elles permettent également la réinstallation à long terme du castor, porté disparu depuis le Moyen-Age et réintroduit en 1983 et la tranquillité pour la loutre dont on atteint le retour grâce aux ressources en poissons de la rivière.

Le film, réalisé avec l'assistance de l'équipe Audiovisuel et Multimédias de l'Université de Lorraine (Fabienne GRANEROGERARD), a été salué par la presse régionale. Avec ses développements pédagogiques, il est disponible sur Canal U, la vidéothèque numérique de l'enseignement supérieur : www.canal-u.tv/producteurs/universite_de_lorraine/la_moselle_ensauvee

LSE

SOILINSIGHT®, visualisation en dynamique du biofonctionnement des sols

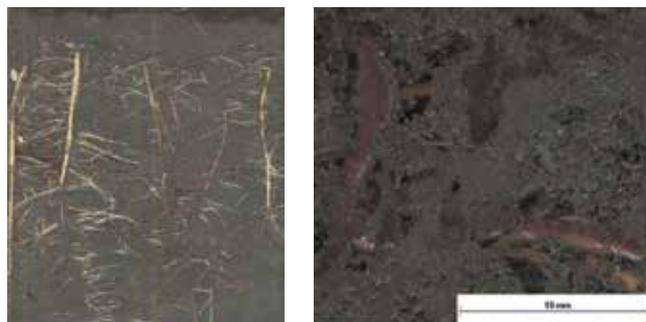
Contacts : Françoise WATTEAU, Christophe SCHWARTZ, Jean-Louis MOREL, Alain RAKOTO, Stéphane COLIN

Mots-clés (rubrique libre) : Fonctionnement du sol en dynamique - Acquisition automatique d'images à haute résolution - Visualisation in situ - Plante - Faune du sol - Quantification de processus pédogénétiques - Méthodologie non destructive - Film scientifique



Vue générale du dispositif

Résumé : Comment observer le sol vivant en dynamique? Comment évaluer les impacts des agents biologiques, plante et faune, dans un milieu souterrain par définition difficilement accessible, tout en s'affranchissant d'un échantillonnage destructif? Pour y répondre, nous avons développé un dispositif d'observation de volumes de sol, SOILINSIGHT® basé sur l'acquisition automatique d'images à haute résolution, nous permettant, dans des conditions contrôlées, de visualiser et quantifier en continu le fonctionnement des sols. De plus, l'obtention de vidéos montrant l'évolution de l'écosystème sol revêt une fonction pédagogique essentielle à l'appropriation de la connaissance de son fonctionnement par le grand public.



Images du système racinaire et détail montrant l'activité biologique

SÉMINAIRES SCIENTIFIQUES

9 JANVIER 2014

1^{ère} partie : Géosciences et société : énergie, environnement, santé

- Gaz de charbon en Lorraine : Mythes et réalité présenté par Raymond Michels (GeoRessources), Marie-France Agnoletti et/ou Valérie Saint-Dizier (InterPsy)
- Nanomécanique : une nouvelle piste pour le dépistage du cancer présenté par Grégory Francius (LCPME) et Angéline Razafi (LIEC)
- SHS et nanotechnologies : jalons pour un débat éclairé présenté par Joëlle Lighezzolo-Alnot (InterPsy)

2nde partie : Témoignage du Vol zéro G : une expérimentation étudiante de la microgravité présenté par Emilie Thomassot

Lieu : Université de Lorraine, Site Brabois, Ecole Nationale Supérieure de Géologie

Nombre de participants : 100

3 JUILLET 2014

Clément Crenier, doctorant au LIEC, a présenté sa thèse en 180 secondes intitulée « Comment les feuilles mortes influencent-elles la vie dans un ruisseau ? »

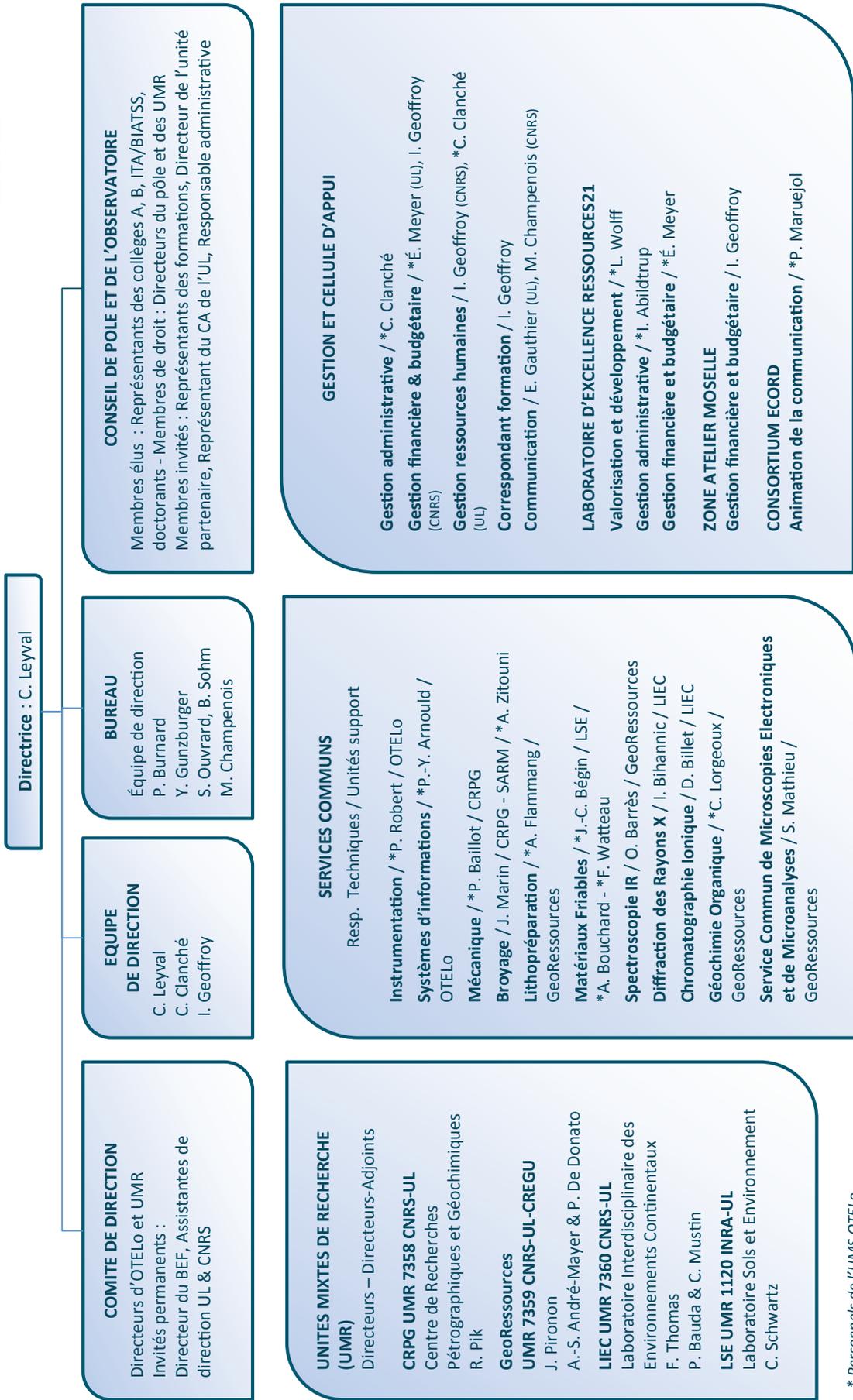
Les personnels chercheurs, enseignants-chercheurs et ingénieurs de recherche OTELo dernièrement recrutés ont présenté leurs activités de recherche. Sont intervenus : Albert Galy ; Elisabeth Maria Gross et Marie Le Jean ; Antonin Richard ; Apolline Auclerc ; Akira Otsuki ; Armand Maul ; Catherine Lorgeoux ; Baba Issa Camara ; Anne-Julie Tinet.

Lieu : Université de Lorraine, Site Bridoux, UFR Sciences Fondamentales et Appliquées

Nombre de participants : 65

ORGANIGRAMME

OBSERVATOIRE TERRE ET ENVIRONNEMENT DE LORRAINE Observatoire des Sciences de l'Univers - Pôle Scientifique de l'Université de Lorraine Unité Mixte de Service UMS 3562 CNRS-UL



* Personnels de l'UMS OTELO

GÉOLOGIA

<http://www.geologia.fr>

Depuis 2008, année de son centenaire, l'École Nationale Supérieure de Géologie organise Geologia, le salon national des géosciences. Héritier du forum de rencontre entreprises-étudiants de l'École créé en 1998, il permet aux étudiants en géosciences de toute la France de rencontrer les entreprises du secteur, pour chercher des stages et des emplois ou simplement découvrir les métiers. Organisé en 2009 dans les locaux de l'École avec 30 stands et 400 visiteurs, dont 45 étudiants non nancéiens venant de 7 universités, le salon s'est développé progressivement, ce qui a conduit à l'organiser au centre Prouvé en 2014. Cette année ce sont plus de 1000 visiteurs, provenant de plus de 35 universités et écoles qui se sont pressées autour de la quarantaine de stands. La manifestation est maintenant accompagnée d'une journée de tables rondes et débats, et d'une conférence grand public. La recherche en Géosciences est bien sûr présente sur le forum par un stand sous la bannière OTELO avec historiquement l'accent mis sur les propositions de thèses et de stages de M2 dans les différents laboratoires. En 2014, nous avons été un peu pris de court par les nombreuses questions qui nous ont été posées concernant le master 1 par des étudiants de licence venus d'universités françaises autres que l'Université de Lorraine (Montpellier, Pau, La Rochelle, Strasbourg, Liège, Grenoble,...). Il faudra donc prévoir les supports informatiques concernant également les différents M1.



FAITS MARQUANTS



FÊTE DE LA SCIENCE À BRIDOUX

Lors de la fête de la Science 2014, le campus Bridoux à Metz s'est transformé en « Village des Sciences » et a accueilli de nombreux ateliers à tous les publics, petits et grands, qui souhaitaient démystifier les sciences. Les enseignants-chercheurs du LIEC, en collaboration avec le Département SVT de l'UFR Sciences Fondamentales et Appliquées, ont encadré les étudiants de Licence Sciences de la Vie et du Master 3E (Environnement, Ecotoxicologie, Ecosystèmes) pour la réalisation d'ateliers sur des thèmes en lien avec leur formation. Les élèves des classes de CM ont pu ainsi parcourir le campus en découvrant les cellules, de celles qui composent nos organismes aux bactéries et divers microbes, par le biais de maquettes réalisées par les étudiants. Plusieurs ateliers ont été proposés aux enfants pour leur apprendre à connaître et reconnaître les poissons de nos milieux aquatiques ou bien les insectes souvent si méconnus. D'autres ateliers ont permis aux enfants de tester leurs connaissances sur la biodiversité via un quizz ou un jeu de loto. Enfin, « La vie dans les rivières » a été centrée autour de dispositifs expérimentaux acquis par le LIEC afin de recréer des rivières artificielles pour étudier le fonctionnement des écosystèmes et mieux comprendre leurs réponses aux perturbations qu'ils subissent. Ces canaux ont permis aux enfants de découvrir les habitants insoupçonnés de nos milieux aquatiques en les amenant progressivement à réfléchir à une préoccupation majeure aujourd'hui, la pollution des cours d'eau.

Au total, 11 ateliers de biologie ont été encadrés par les étudiants de Licence et de Master, soutenus par les enseignants-chercheurs du LIEC ; ces ateliers rencontrent habituellement un vif succès auprès des enfants, qui, fiers de leur diplôme obtenu ou de leurs petits souvenirs gracieusement offerts par le CNRS, n'ont pas hésité à revenir le samedi en entraînant toute la famille !

Contact : Sandrine Pain-Devin

http://www.fetedelascience.fr/pid25662/les-programmes-regionaux.html?table=RESEARCH®ion=15&departement=89&ville=33215&theme=0&type_anim=0&find=Lancer+la+recherche



Fête de science à Bridoux



L'EXPÉRIENCE DU PROSPECTEUR

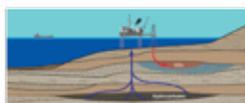
Brazil, Colombie, Vietnam, Malaisie, Algérie de l'Ouest... l'expérience voyage sur le terrain et en laboratoire aide les géologues dans la prospection de réservoirs géologiques de pierre-pesées, les gommiers. Suivre l'expédition entre carrières géologiques et pierres brutes.

Centre de Recherche Géomorphologique et Géochimique - GRCG (GRCG-CNRS) Université de Lorraine

UNE BULLE DE CO₂

Le stockage du CO₂ est une alternative à la réduction des gaz à effet de serre. Il peut se faire dans l'eau salée à très grande profondeur, comme sur la plateforme pétrolière de Sleipner en mer du Nord. Expérience de dissolution et chambre noire et mesure laser sont au programme.

Centre de Recherche Géomorphologique et Géochimique - GRCG (GRCG-CNRS) Université de Lorraine



Animations durant le Festival du Film de Chercheur

FESTIVAL DU FILM DE CHERCHEUR

Pendant le déroulement du Festival, OTELO a organisé une exposition sur les métaux stratégiques du XXI^{ème} siècle, une animation autour d'une frise des temps géologiques ainsi qu'une chronique quotidienne sur la stratigraphie animée par Vincent Huault.

ARTEM FÊTE LA SCIENCE

17 et 18 octobre 2014 – organisée par Mines Nancy/ARTEM, Institut Jean Lamour et Loria

Cet événement était articulé autour des 4 grandes thématiques (matériaux, art et design, informatique et mathématiques, énergie et géosciences).

Parmi 29 animations, et au travers d'un atelier, d'une exposition photos et d'une conférence, GeoRessources a largement participé à la manifestation « Artem fête la science » qui a accueilli un très large public scolaire et familial (plus de 1300 personnes).

- Animation « Pollution, je te vois » ou comment détecter les gaz atmosphériques, proposée par Odile Barrès
- Exposition photos « Voyages de géologues »
- Conférence-débat animée par Pascal Robert : « Treize mois dans les glaces de l'Antarctique », un témoignage

CAFÉ DES SCIENCES «PETITS DÉBROUILLARDS»

20 mai 2014 – Taverne Irlandaise – « L'homme face aux risques naturels et miniers : quelle gestion adopter ? » - Olivier Deck et Thierry Verdel

Dans le cadre convivial de la Taverne Irlandaise au cœur de Nancy, les Petits Débrouillards ont animé un café des sciences sur une thématique d'actualité pour la région Lorraine, mais aussi plus largement. Le public a pu engager une conversation avec Olivier Deck et Thierry Verdel, membres de l'équipe Géomatériaux, ouvrages et risques et Professeurs aux Mines Nancy.

À LA RECHERCHE DES ÉMERAUDES

Sollicité par l'Association Dédale, GeoRessources est allé à la rencontre du public en milieu carcéral par l'intermédiaire de l'exposition de photographies « Voyages de géologues », prises par les membres de GeoRessources lors de leurs missions de terrain. D'autre part, Odile Barrès, ingénieur de recherche a animé une rencontre-débat sur le thème « Entre pierres et gaz à effet de serre : le faisceau infrarouge » au cours de laquelle des questions très pertinentes ont permis des échanges particulièrement riches.

- Expo photos « Voyages de géologues » du 2 au 30 juin 2014
- Rencontre-débat animée

REVUE DE PRESSE

Science Alexis Licht, chercheur doctorant au sein d'une équipe du CRPG-CNRS Université de Lorraine, voit ses découvertes sur la mousson indo-birmane bouleverser les études paléoclimatiques

Une mousson de 40 millions d'années

Nancy. « Il y a dix ans seulement, on pensait encore que la mousson n'existait que depuis 10.000 ans... », rappelle Christian France-Lanord, directeur du Centre de Recherches Pétrographiques et Géochimiques (CRPG) Unité mixte du CNRS et de l'Université de Lorraine.

C'était sans compter sur le travail « extraordinaire » d'Alexis Licht, jeune chercheur champardennais, aujourd'hui post-doctorant à l'Université du Colorado aux Etats-Unis. Pendant deux ans, le géologue doctorant au CRPG de Nancy et au CNRS de Poitiers a notamment exploré les contreforts himalayens de la région indo-birmane au sein d'une mission franco-bir-



■ Alexis Licht (à gauche) avec une équipe de paléontologues de la Birmanie sur son terrain de recherches.

Photo DR

en Chine étudiés par une équipe du laboratoire de géologie qui ont montré que les climats les plus chauds de la planète ont eu lieu pendant les 40 millions d'années précédentes.

aux rythmes de ce phénomène », existait il y a 40 millions d'années déjà.

Mousson plus intense avec le réchauffement climatique

Mais les découvertes ne s'arrêtent pas là. La pression partielle de CO₂ très élevée

dans ces fossiles de 40 millions d'années, se rapproche « des pressions de CO₂ que nous connaissons probablement à la fin du XXII^e siècle, selon les scénarios les plus pessimistes du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) », explique Christian

France-Lanord. Ces résultats, qui paraîtront ce jeudi dans la revue scientifique internationale Nature « bouleversent les études paléoclimatiques en montrant que la mousson asiatique est d'une part beaucoup plus ancienne qu'on ne le pensait et que sa forte sensibilité au climat global confirme que le climat asiatique risque d'être fortement perturbé par le réchauffement climatique actuel ».

En clair, ces nouvelles « données géologiques » suggèrent en accord avec les précisions des derniers rapports du GIEC, que l'augmentation actuelle du CO₂ dans l'atmosphère va probablement augmenter de manière significative l'intensité de la mousson, un système climatique caractérisé par une forte saisonnalité, alternant fortes pluies et très grandes sécheresses.

Stéphanie SCHMITT
Plus d'infos sur ce sujet sur <http://www.nature.com/nature/journal/v509/n7499/full/nature13704.html>

L'EST

RÉPUBLICAIN

L'EST REPUBLICAIN, 22 mars 2014 (édition Nancy et agglo.) (1/2)

Vandœuvre-lès-Nancy

Une jeune femme à la pointe de la recherche



NOT

L'EST REPUBLICAIN, 22 mars 2014 (édition Nancy et agglo.) (2/2)
Géologie

Chercheuse d'or noir

Lucille Neveux, géologue au laboratoire Géosciences, a récemment découvert quatre ans de recherches pour le gisement de pétrole. Elle a permis de découvrir des réserves pétrolières.

Pendant deux ans, elle a travaillé sur le gisement de pétrole de Vandœuvre-lès-Nancy. Elle a permis de découvrir des réserves pétrolières. Elle a travaillé avec le directeur de l'unité mixte de recherche Géosciences, Christian France-Lanord, et le directeur de l'unité mixte de recherche Géosciences, Christian France-Lanord.



LE REPUBLICAIN LORRAIN, 31 mars 2014
SCIENTIFICS laboratoire universitaire géosciences

Du pétrole à 4 000 mètres de profondeur... c'est possible !

Une roche à 4 000 mètres de profondeur peut-elle encore contenir du pétrole ? Lucille Neveux, maîtresse de thèse, chercheuse au laboratoire GéoRessource à Nancy, vient d'être publiée pour les réponses apportées.

Quand on creuse à 4 000 mètres de profondeur, on trouve une roche qui peut contenir du pétrole. C'est ce que Lucille Neveux a découvert.

Elle a travaillé avec le directeur de l'unité mixte de recherche Géosciences, Christian France-Lanord, et le directeur de l'unité mixte de recherche Géosciences, Christian France-Lanord.



Comprendre les mécanismes de la formation du pétrole, c'est une tâche de géologie, mais aussi de chimie.

Libération



La comète Tchouri... (Text describing the comet fragment and its discovery by Rosetta).

Tchouri relance la quête de la mer patrie

La théorie selon laquelle les comètes auraient formé les océans terrestres est battue en brèche par les relevés effectués par la sonde Rosetta.

LE SYSTÈME SOLAIRE
L'astéroïde Tchouri... (Text discussing the theory of comets forming Earth's oceans and how Rosetta's findings challenge it).

SEPEDES

1%
Chiffre de la hausse des volumes par rapport à celui de la Terre.

-3,9 milliards
d'années, c'est la durée du bombardement massif de la Terre par des comètes.

7 HERBIER

Nature

L'Université de Lorraine a consacré un documentaire à décrire la Moselle sauvage. Ou plutôt « ensauvagée », car elle est le résultat de la déprise agricole et de la protection exercée par le Conservatoire d'espaces naturels de Lorraine.

par Richard FOURNIER

Une Moselle insoupçonnée

A Compost, Cognac, Barillet ou Miroir... Margot... (Text describing the 'wild' Moselle region, its agricultural heritage, and the impact of de-agriculturing).

Les oiseaux en plénitude dans ces parcs : un à dix mille plus d'une centaine d'espèces.
C'est... (Text mentioning bird diversity in parks and other environmental details).

CNRS LE JOURNAL

Publié en CNRS le Journal (<http://www.cnrs.fr/lejournal>)

Assorti - Du gaz en France

Société
Taux
Barrage



Exploitation du gaz provenant d'une ancienne mine de charbon à Avion dans le Nord-Pas de Calais.

O. D. CHARLETIAPP
Il n'y a pas de gaz de schiste, aujourd'hui interdit d'exploitation, dans le sous-sol français. Le gaz de charbon, présent dans les anciens bassins miniers de Lorraine et du Nord-Pas-de-Calais, est une piste prometteuse.

Stimuler plutôt que fracturer
Le gaz de charbon n'est pas... (Text discussing gas extraction methods and environmental concerns).

PROJECTION-DÉBAT

DES CULTURES ET DES VILLES

VERS UNE AGRICULTURE URBAINE

Un film de Jean-Hugues Bérère

Jeudi 4 décembre 2014
18h30 Amphithéâtre Cuiénot
Muséum-Aquarium NANCY | 54 |

FFC

www.filmdechaleur.fr

CRPG

Centre de Recherches Pétrographiques et Géochimiques
<http://www.crbg.cnrs-nancy.fr/>

GeoRessources

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

LIEC

Laboratoire Interdisciplinaire des Environnements Continentaux
<http://liec.univ-lorraine.fr/>

LSE

Laboratoire Sols et Environnement
<http://lse.univ-lorraine.fr/>



Secrétariat : 03.83.59.62.86 otelo-contact@univ-lorraine.fr
OTELo - Observatoire Terre et environnement de Lorraine, ENSG, TSA 70605
54518 Vandœuvre-lès-Nancy Cedex, France