

LA LETTRE DE L'EOST

N°16 DÉCEMBRE 2013

LETTRE D'INFORMATION
DE L'ÉCOLE ET OBSERVATOIRE
DES SCIENCES DE LA TERRE



SOMMAIRE

Observatoire

- Le projet Si-Hex et les magnitudes M_w en France 3
- Calcul planétaire des indices magnétiques 4
- Réorganisation des observatoires sismologiques 5
- Exploration géologique à Aubure 6
- École d'été : Image Mining 6

Recherche

- L'effet « yoyo » de l'oxygène atmosphérique 7
- Contrat doctoral Idex à l'IPGS 7
- Mesures topographiques et GPS à Sultz-sous-Forêts 8
- Projet Idex interdisciplinaire « Autour des points d'eau » 9
- « Les zones tampons humides », un projet Interreg 10
- Conférence à York, meilleure présentation jeunes chercheurs 10
- Zacharie Duputel recruté au CNRS 10

EOST

- Prêt d'instruments anciens du musée de l'EOST 11
- L'EOST dans les médias en 2013 11
- Cérémonie autour du 1000^e diplôme 12
- Soutenance du 1000^e diplôme d'ingénieur de l'EOST 12
- « Mineral & Gem », juin 2013 12

Chers collègues,

Je voudrais profiter de cet éditorial pour faire le point sur les avancées récentes du projet G2EI.

À l'origine, le projet G2EI (Géosciences, Eau, Environnement, Ingénierie), regroupant les activités de l'Eost, de l'Engées et de l'ex IMFS et initié lors de la préparation du CPER 2007-2013, avait pour objectif de réunir sur un seul site, le campus d'Illkirch, l'ensemble des activités d'enseignement, de recherche et d'observation de l'Eost et de l'Engées. Il s'agissait également de renforcer le pôle ingénierie en regroupant des formations d'ingénieurs sur le site d'Illkirch. L'absence de financement, couplé à une résistance interne liée au site choisi, a fait que ce projet ne s'est pas fait. Néanmoins le projet n'a pas été abandonné et a été repris dans le plan Campus. Celui-ci prévoyait initialement d'installer le pôle G2EI dans la Manufacture des Tabacs à La Krutenau, soit en centre-ville à deux pas du campus central. Cette solution aurait été idéale, mais a dû être abandonnée pour deux raisons : 1- la part occupée par l'université à la Manufacture des tabacs ne peut pas dépasser 50% des surfaces totales ; 2- le budget nécessaire serait supérieur à 50 M€, dépassant très largement le budget de 37 M€ alloué aujourd'hui à l'opération.

Alors aujourd'hui, qu'en est-il du projet G2EI ? Le schéma choisi est le suivant :

- à la Manufacture des tabacs seront localisées l'ensemble des activités d'enseignement, ainsi que les laboratoires propres de l'Engées et l'ex-IMFS (aujourd'hui département de l'UMR ICube).
- rue Descartes seront installées l'ensemble des activités de recherche et d'observatoire de l'Eost (IPGS, LHyGeS et UMS) ainsi que les enseignements de M2.

Il reste encore des difficultés à surmonter. Parmi celles-ci, on peut citer principalement des divergences entre les besoins de surface tels que nous les avons évalués et leur prise en compte dans le préprogramme (principalement pour le stockage, mais aussi pour les bureaux et les laboratoires). Cependant ces divergences se sont sérieusement réduites depuis cet été car, d'une part, l'enveloppe financière dédiée au projet a été augmentée de 1,8 M€ et, d'autre part, nous pourrions conserver le sous-sol de l'Institut de Géologie pour le stockage. Le problème de la documentation et du fond patrimonial de la rue Blessig n'est pas non plus résolu mais est totalement intégré dans la réflexion de l'université.

Aujourd'hui, l'intérêt de l'Eost est d'aller de l'avant. Sur la base du préprogramme, je pense que nous arriverons à construire ensemble avec l'université et l'Engées un pôle G2EI qui permettra de développer nos activités de recherche, certaines en relation avec nos services d'observation, dans des conditions globalement meilleures que par le passé et d'accueillir nos étudiants dans des locaux modernes et confortables. Le tout sans perdre la proximité enseignement-recherche et en restant centre ville.

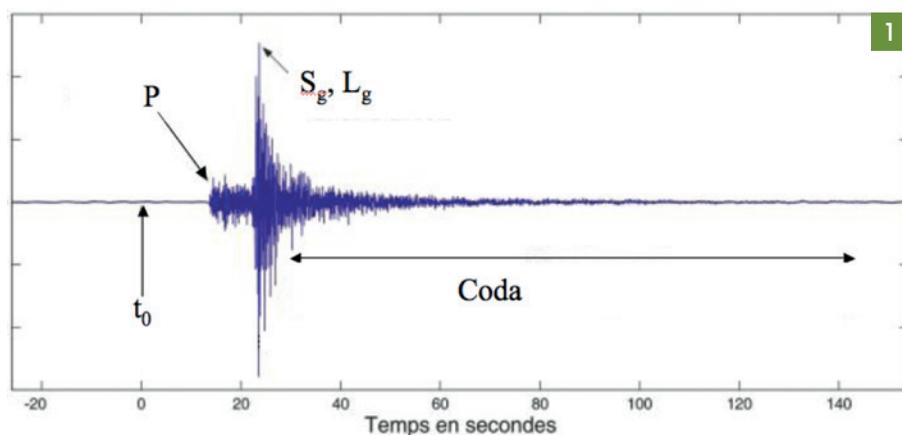
Je vous souhaite de joyeuses fêtes et une bonne année 2014

Frédéric Masson

La prochaine Lettre de l'EOST paraîtra en juin 2014. D'avance, merci pour votre participation.



Signal de coda utilisé pour mesurer les magnitudes de moment M_w du catalogue SI-Hex. Enregistrement du séisme de magnitude 4 de Rochefort du 27/05/1978 à une station LDG située à 198 km de l'épicentre. T_0 est l'instant initial du séisme, la coda fait suite aux arrivées des ondes P et S.



LE PROJET SI-HEX ET LES MAGNITUDES M_w EN FRANCE

Le projet SI-Hex de « Sismicité Instrumentale de l'Hexagone » a eu pour objet de créer un catalogue unifié de la sismicité de la France métropolitaine sur la période 1962-2009. Pourquoi 1962-2009 ? C'est en 1962 que le CEA a implanté le premier réseau sismique permanent sur le territoire métropolitain et 2009 est l'année où le Ministère en charge de l'Environnement a financé le projet. Ce catalogue est le produit d'un effort collectif qui associe sept équipes CNRS-Université (Strasbourg, Grenoble, Nice, Toulouse, Nantes, Brest et Clermont-Ferrand), et le LDG (laboratoire de détection et de géophysique du CEA).

Trois questions ont été examinées avec un soin particulier lors du projet : localisation précise des épicentres, discrimination entre séismes naturels et séismes artificiels, et enfin reprise complète du problème des magnitudes. C'est sur ce dernier point que s'est focalisé un important effort de recherche avec la thèse de Marylin Denieul et que l'on commente ici. L'objet de cette

thèse, financée par EDF dans le cadre du programme SIGMA (Selsmic Ground Motion Assessment), est d'étudier les propriétés régionales de la coda des ondes sismiques. Après l'arrivée principale des ondes P, puis S puis Lg, les sismogrammes présentent une « coda » qui a l'aspect d'un « arbre de Noël couché », avec une série de signaux aléatoires dont l'amplitude va décroissant avec le temps (figure 1). Il se trouve que cette coda a des propriétés de stabilité remarquables d'un séisme à l'autre et d'une station sismique à l'autre. Elle est peu sensible à la distance de l'épicentre, peu sensible à l'orientation et à la nature de la faille sismique à l'origine du séisme et enfin, peu sensible à la profondeur du foyer. L'autre très grand intérêt de la coda est que son amplitude est mesurable sur les anciens enregistrements sur papier des réseaux de surveillance sismique – on se souvient de l'enregistreur Sefram du ReNaSS qui crachait de l'encre rouge sur le flot continu de papier... L'étude des propriétés de cette coda sismique est l'objet principal de la thèse de Marylin Denieul et la première retombée de cette recherche est de permettre la détermination des magnitudes des séismes pour la période 1962-2009 du projet SI-Hex avec une méthode indépendante de celles utilisées jusqu'à présent au ReNaSS et au LDG.

La magnitude retenue pour le projet SI-Hex est la magnitude de moment, notée M_w . C'est le standard international actuel qui se substitue à la magnitude locale de Richter et ses nombreuses variantes notées ML. Basée sur une analyse à basse fréquence des signaux sismiques, M_w peut différer notablement des magnitudes locales M_L . Le projet SI-Hex produit un catalogue présentant des magnitudes M_w généralement plus faibles que les M_L fournis par le LDG, le ReNaSS, Sismalp ou l'OMP. L'écart atteint -0,6 en moyenne avec la magnitude locale du LDG.

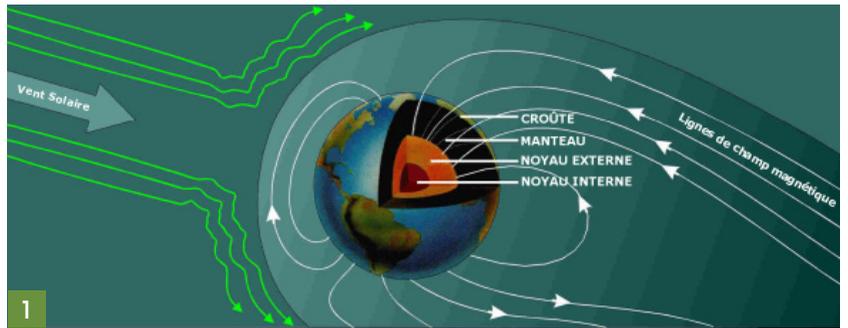
Avec de nouvelles magnitudes, des localisations plus précises et une discrimination permettant de nettoyer le catalogue des petits événements sismiques d'origine artificielle, le projet SI-Hex produit un catalogue contenant plus de 38 000 séismes sur le territoire métropolitain et la zone marine française. Ce catalogue contribuera à de nombreuses recherches touchant à l'aléa et au risque sismique en France métropolitaine. Il servira de base au calage des magnitudes des séismes historiques en France. Co-propriété du CNRS et du CEA et accessible librement sur le site web du BCSF-ReNaSS, il sera évolutif et régulièrement mis à jour notamment pour intégrer les nouveaux événements sismiques post 2009.

Michel Cara



ISGI – LE SERVICE INTERNATIONAL DES INDICES GÉOMAGNÉTIQUES

Le Service International des Indices Géomagnétiques est le site de référence des indices géomagnétiques homologués par l'AIGA. Le service est en charge de l'élaboration et de la diffusion des indices géomagnétiques et des listes d'événements magnétiques remarquables, avec des données fournies par les observatoires magnétiques. Depuis sa fondation jusqu'en 1987, il était situé au *Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut* (De Bilt, Pays-Bas). Au cours de la réunion de l'UGGI de Vancouver en 1987, il a été décidé de déplacer le service en France. D'abord hébergé par l'IPGP puis par le CETP en 1990, le service sera prochainement transféré, fin 2014, à l'EOST. Cette mutation du service coïncide avec la refonte totale du site web en cours d'élaboration et le prochain départ à la retraite du Professeur Michel Menvielle qui travaille depuis 2 ans en collaboration étroite avec Aude Chambodut pour une passation sans perte d'informations, ni compétences.



Le champ magnétique terrestre dans le vent solaire. Crédits : ESA

LES INDICES D'ACTIVITÉ MAGNÉTIQUE

Le vent solaire est constitué d'un flux de plasma éjecté de la haute atmosphère du Soleil et emportant avec lui les lignes du champ magnétique. Les caractéristiques du plasma (concentration, densité et vitesse de particules) fluctuent largement entre des situations calmes lors des minimums solaires, comme en 2009, jusqu'à des phénomènes intenses comme les orages magnétiques.

La magnétosphère résulte de l'interaction complexe entre le vent solaire, le champ solaire qu'il transporte, et le champ magnétique terrestre (figure 1); elle varie en forme et en taille, selon la quantité d'énergie transférée, et la façon dont cette énergie est dissipée.

Le champ magnétique mesuré à la surface de la Terre est un indicateur direct et quasiment instantané de l'activité du vent solaire mais la grande diversité des sources de variations magnétiques donne lieu à une grande complexité dans les signatures magnétiques terrestres. Les indices géomagnétiques ont été élaborés pour donner une information globale, condensée, permettant de quantifier simplement et objectivement (i.e. indépendamment de l'observateur) la dynamique des phénomènes externes sous-jacents très complexes.

Acronymes

AIAGA – Association Internationale de Géomagnétisme et d'Aéronomie (AIAGA en anglais)

CETP – Centre d'Etude des Environnements Terrestre et Planétaires, Saint Maur, France

GFZ Potsdam – GeoForschungsZentrum Helmholtz-Centre Potsdam, Allemagne

IPGP – Institut de Physique du Globe de Paris, France

ISGI – International Service of Geomagnetic Indices (ISGI en français)

UGGI – Union Géodésique et Géophysique Internationale (IUGG en anglais)

WDC Kyoto – World Data Center for Geomagnetism Kyoto, Japon

L'utilisation d'un indice spécifique pour déterminer l'activité géomagnétique planétaire dépend du phénomène que l'on veut observer (figure 2) :

- l'indice **aa** (courbe noire) (1868-actuel) traduit l'activité moyenne (calculé par ISGI, France)
- l'indice **am** (courbe rouge) (1959-actuel) décrit l'activité magnétique aux latitudes sub-aurorales (calculé par ISGI, France)
- l'indice **Kp** (courbe bleue) (1932-actuel) est un indice historique décrivant particulièrement l'activité magnétique au dessus de l'Europe (calculé par GFZ Potsdam, Allemagne)
- l'indice **Dst** (courbe verte) (1957-actuel) décrit l'activité de l'anneau de courant de la magnétosphère aux latitudes équatoriales (calculé par WDC Kyoto, Japon)
- les séries des **SSC (Sudden Storm Commencement; 1868-actuel)** et **SFE (Solar Flare Effects; 1953-actuel)** reportent la reconnaissance dans les magnétogrammes des observatoires de phénomènes remarquables liés pour la plupart aux orages magnétiques (collectés par « Observatori de l'Ebre », Espagne)

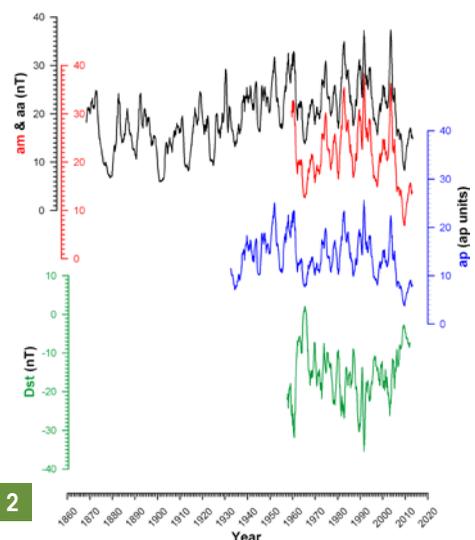
Avec l'avènement des nouvelles méthodes de communication, de l'opérationnel en temps-réel dans de nombreux observatoires et de la demande par les utilisateurs d'indicateurs et indices pour la météorologie de l'espace, ces indices historiques ne suffisent plus aujourd'hui.

S'ils permettent de façon remarquable de disposer de longues séries de données homogènes et propres à décrire l'activité géomagnétique externe, ils demeurent des indices globaux à l'échelle planétaire. C'est dans ce contexte, et en tirant parti du réseau plus dense des *am*, que nous avons décidé de proposer un premier exemple d'indices géomagnétiques sectoriels selon l'heure magnétique locale : les indices $\alpha\sigma$ ($\alpha\sigma$ K-derived MLT-sector indice; Chambodut et al., 2013).

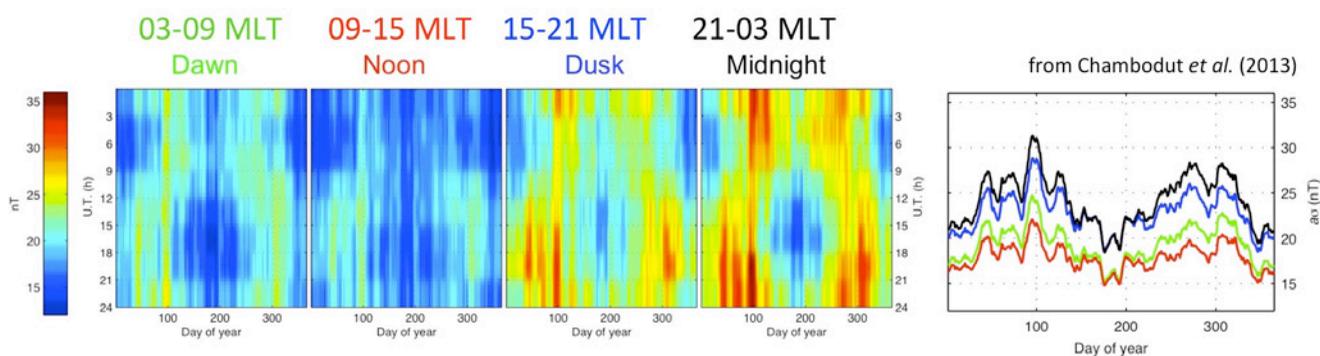
La Terre n'est plus considérée dans sa globalité mais par « quartiers d'orange » définis selon leur position relative à la direction Soleil-Terre. Quatre secteurs correspondant à quatre indices sont ainsi définis : Aube (*Dawn*), Midi (*Noon*), Crépuscule (*Dusk*) et Minuit (*Midnight*). Les observatoires défilent donc sous ces secteurs au cours d'une journée et contribuent successivement aux 4 indices géomagnétiques.

La figure 3 résume les premiers résultats obtenus. La répartition des moyennes des 4 indices selon une distribution temps universel (*UT*) en fonction du jour de l'année (*DOY*) fait bien apparaître la variation semi-annuelle bien connue (en forme de « sablier ») avec une plus grande intensité autour des équinoxes. En comparant les courbes moyennes entre secteurs, le côté nuit (Crépuscule et Minuit) apparaît comme plus intense, ce qui correspond à l'activité des sous-orages. Ces nouveaux indices sont en libre accès sur la période de 1959 à 2011 (<http://cdg.u-strasbg.fr/PortailEOST/Mag/ObsMag-data.html>).

Aude Chambodut



Séries des moyennes mensuelles des indices géomagnétiques **aa**, **am**, **ap** (conversion de **Kp** en nT) et **Dst**



Variations annuelles et journalières des indices $\alpha\alpha$ ($\alpha\alpha$ K-derived MLT-sector indice; Chambodut et al., 2013)

3

LES OBSERVATOIRES SISMOLOGIQUES DE L'EOST EN 2013

En tant qu'Observatoire des Sciences de l'Univers (OSU), l'EOST a pour missions l'observation pérenne des phénomènes naturels et la mise à disposition des données collectées. Il assure également des tâches de surveillance de phénomènes naturels liés à la physique du globe. Ses compétences s'exercent dans les domaines de la sismologie, de la gravimétrie, de la géodésie, du magnétisme terrestre et de l'environnement.

Les activités d'observation sismologique s'appuient sur une organisation en trois pôles : réseaux, centres de données, et analyse/valorisation. Le pôle « réseaux » est constitué par les moyens de terrain : instruments de mesure ou indicateurs macrosismiques de la sévérité de la secousse au sol. Le pôle « centres de données » regroupe les infrastructures informatiques qui assurent l'acquisition, le stockage et le traitement des informations. Il englobe également le contrôle de la qualité et la validation des données. Enfin, le pôle « analyse/valorisation » couvre l'analyse des informations mises à disposition par les centres de données (notamment le calcul des localisations des séismes, des magnitudes et l'estimation des intensités), l'élaboration de synthèses, de catalogues et d'autres produits à valeur ajoutée, ainsi que l'aspect diffusion et communication. Depuis la mise en place de l'OSU en 1986, 80% des équipes des services d'observation de l'EOST ont été renouvelées. Les sciences, les thématiques de recherche et les infrastructures nationales et internationales n'ont cessé d'évoluer.

Cette évolution a été particulièrement sensible pour les services d'observation sismologiques, avec plusieurs faits marquants ces dix dernières années :

- mise en place du Réseau Sismologique et géodésique Français (RESIF) ;
- réorganisation des services d'observation par l'INSU avec la création d'un Service National d'Observation en Sismologie (SNOS) ;
- création d'un catalogue de référence (issu du projet SI-Hex pour la période 1962-2009) pour la sismicité instrumentale métropolitaine et d'un bulletin national évolutif ;
- transfert au Laboratoire de Détection et de Géophysique (LDG) du CEA de la mission d'alerte sismique dévolue initialement au RéNaSS ;
- évolution des procédures et des moyens d'enquêtes macrosismiques.

Pour s'adapter à ces changements, l'EOST a procédé à une réorganisation interne de ses services en 2013, avec le projet de poursuivre cette réorganisation au sein des services nationaux d'observation de l'INSU :

BCSF-RéNaSS

Bureau central sismologique français
Site central du Réseau national de surveillance sismique
Responsables : S. Lambotte, A. Schlupp

Réseaux instrumentaux

Réseau vélocimétrique permanent métropolitain (il regroupe l'ensemble des stations large bande du RLBP (Réseau Large Bande Permanent) et des stations courte-période du RéNaSS (Réseau National de Surveillance Sismique)) – Responsable : J. Vergne
Observatoire sismologique du fossé rhénan – Responsable : C. Doubre
Géoscope (Terres australes, Antarctique, Sénégal et Alsace) – Responsable : A. Maggi

Dans cette nouvelle organisation, toutes les activités d'observations sismologiques sont regroupées sous le label « Terre solide - sismologie ».

Le BCSF et le site central du RéNaSS sont regroupés en BCSF-RéNaSS. Le nouveau service dispose de données issues d'une part des stations sismologiques (du RéNaSS/RLBP, ainsi que des réseaux des pays frontaliers) et d'autre part des procédures d'enquêtes macrosismiques (auprès des autorités et de la population, et via le Groupe d'Intervention Macrosismique – GIM). Les informations recueillies sont stockées, validées et contrôlées par le centre de données. Ce nouveau service utilise les données instrumentales (ainsi que les données paramétriques du réseau du CEA-LDG) pour calculer les localisations et les magnitudes des séismes, et l'ensemble des données macrosismiques pour estimer les intensités. Le catalogue de sismicité ainsi produit permet d'intégrer ces informations ainsi que celles des partenaires en région. Ce catalogue exhaustif de la sismicité en France métropolitaine s'appuie sur de nouvelles procédures d'analyse et des formats standards d'échange de données.

L'organisation des réseaux instrumentaux évolue également : les stations du RLBP et la majorité des sites du RéNaSS intègrent le réseau vélocimétrique permanent métropolitain qui se met en place dans le cadre du projet RESIF.

Cette réorganisation apporte à l'OSU une plus grande cohérence thématique et fonctionnelle. Elle lui permet de mieux répondre aux besoins des réseaux et projets dans lesquels l'EOST est impliqué, au bénéfice de l'ensemble de la communauté scientifique.

Sophie Lambotte

EXPLORATION GÉOLOGIQUE PROFONDE À AUBURE

Durant tout le mois d'octobre 2013, des forages profonds ont été réalisés sur le site de l'Observatoire hydro-géochimique de l'environnement (OHGE) de l'EOST. Cet observatoire a été créé il y a près de 30 ans pour étudier le phénomène des pluies acides et du dépérissement forestier. Il est devenu un site de référence en France et dans le monde pour la surveillance des écosystèmes et de leurs modifications en lien avec les perturbations naturelles et anthropiques. Il est labélisé par le CNRS et intégré à plusieurs réseaux scientifiques internationaux.

L'observatoire est situé sur le bassin versant vosgien du Strengbach, à 1000 mètres d'altitude, sur la commune d'Aubure (Haut-Rhin). Des données hydrologiques, météorologiques, géochimiques y sont enregistrées en continu depuis 1986. Elles sont stockées dans une base de données librement accessible à la communauté scientifique, aux collectivités territoriales et au grand public via internet. Trois forages avaient déjà été réalisés en 2012 (un de 120 mètres de profondeur et deux de 50 mètres) sur le flanc nord du bassin versant. Cet automne, trois nouveaux forages ont été effectués, cette fois sur le flanc sud, grâce à des fonds de l'EOST, du Plan Etat-Région (via le projet Realise), du CNRS et des Investissements

d'avenir (dans le cadre de l'Équipement d'excellence Critex). Parallèlement, des fosses pédologiques de 3 mètres de profondeur ont été réalisées au voisinage de ces forages pour obtenir une vision de détail de la partie la plus superficielle du site. Un des objectifs de ces profils sur plusieurs mètres sera de mieux appréhender les constantes de temps des processus d'altération et d'érosion via la combinaison des isotopes cosmogéniques ^{10}Be et ^{26}Al avec les séries de désintégration U-Th.

D'un point de vue scientifique, ces forages sont un élément clef des projets de recherche de l'EOST. Ils vont permettre de :

- construire la géométrie et la structure géologique 3D du bassin versant ;
- mieux caractériser et interpréter les processus de circulation et de stockage d'eaux souterraines, et donc la ressource en eau du site ;
- étudier et évaluer l'intensité des réactions et interactions eaux/roches en milieu cristallin, et donc aider à comprendre la qualité des eaux de source.

L'objectif, à terme, est de développer des modèles en trois dimensions de la géométrie et du fonctionnement hydrogéologique et hydrogéochimique de ces bassins versants sur granite fracturé. Ces modèles, ainsi testés et validés, pourront être appliqués à d'autres sites. Pour l'Alsace, ils deviendront des outils d'aide à la décision pour la gestion des ressources en eau des communes de ces régions de moyenne montagne.



Tête de forage de 120m
© Elise Kali, EOST, 9 octobre 2013

D'un point de vue scientifique, ces travaux permettent aux équipes impliquées de garder une place de tout premier plan au niveau international dans la compréhension du fonctionnement et de l'évolution des hydro et écosystèmes continentaux.

**Marie-Claire Pierret,
Véronique Bertrand**

Un bassin versant est une aire délimitée par des lignes de partage des eaux, à l'intérieur de laquelle toutes les eaux tombées alimentent un même exutoire : cours d'eau, lac, mer, océan, etc. Le bassin versant dont les contours sont souvent définis par les lignes de crêtes représente donc l'aire de collecte des pluies.

ÉCOLE D'ÉTÉ INTERDISCIPLINAIRE : «IMAGE MINING» - AOÛT 2013

Jean-Philippe Malet



Pour faire le point sur les données d'imagerie satellite et les techniques de fouilles de données et d'extraction d'information en géosciences, l'École Thématique Internationale « Image mining and information extraction from multi-source data : theory and application in geosciences », portée par l'EOST en collaboration avec le CNES, les instituts INSU et INS2I du CNRS et le Conseil de l'Europe, a été organisée du 26 au 30 août 2013 au centre d'accueil SEOLANE (Barcelonnette). Une quarantaine de jeunes chercheurs, accompagnés d'une dizaine d'enseignants, ont participé à des cours théoriques et des exercices pratiques de traitement de ce type de données. Un deuxième événement sur le même thème sera organisé en 2015 à la demande du CNES.



L'EFFET «YOYO» DE L'OXYGÈNE ATMOSPHÉRIQUE IL Y A 2,3 À 2 MILLIARDS D'ANNÉES, DÉCISIF POUR LA VIE SUR TERRE

La dernière fois que nous avons parlé du bassin de Franceville (Gabon) dans cette lettre c'est en 2010 pour annoncer la découverte de fossiles de grande taille (1 à 15 cm) dans les sédiments vieux de 2100 millions d'années (*Nature*, 1 July 2010, vol. 466, 100-104).

Voilà que la vie faisait le saut probablement le plus important dans l'histoire de son évolution en passant de l'état unicellulaire à des organismes pluricellulaires 1500 millions d'années avant Ediacara, la période que l'on pensait être celle de la naissance de la vie complexe et diversifiée qui aboutira à l'homme six cent millions d'années plus tard. À la suite de cette découverte nous avons cherché à préciser dans quel environnement géologique cette étape cruciale de l'évolution de la vie s'est effectuée. On sait que l'atmosphère de cette époque paléoproterozoïque n'a rien de comparable avec l'atmosphère actuelle et qu'elle a évolué. D'abord très riche en CO₂ et CH₄ elle s'est ensuite chargée en oxygène durant le « Grand Évènement Oxygène » (GEO) à partir de 2300 Ma pour atteindre un maximum à 2100 Ma. Cette apparition de l'oxygène dans les océans et l'atmosphère a bouleversé la surface de la terre.



C'est durant cette période que la vie unicellulaire à été particulièrement intense comme en témoignent les black shales très riches en matière organique.

Cette vie a fourni de l'oxygène grâce aux organismes photosynthétiques qui devaient proliférer dans la zone photique des océans. Cet oxygène a été vite consommé par le fer et le manganèse qui ont formé des gisements géants, dont le gisement de manganèse de Moanda dans le bassin de Franceville qui correspond à la troisième réserve mondiale en cet élément. Les fossiles ont été trouvés à la fin de ce cycle.

La spécificité du bassin de Franceville est d'avoir des sédiments exceptionnellement bien conservés pour leur âge ce qui permet d'utiliser les traceurs géochimiques communément utilisés pour étudier les variations de l'oxygène dans les environnements. Les résultats présentés dans la revue PNAS (*PNAS*, 2013, 110, (42), 16730-16735) reposent principalement sur les variations dans le temps des états redox de fer et des isotopes de molybdène et carbone. Ils montrent que les organismes trouvés évoluaient dans un environnement qui pour la première fois contenait de l'oxy-

gène libre et était pauvre en Fe et Mn. Mais pour la première fois nous avons également l'opportunité de travailler sur des sédiments qui font la transition entre le GEO et la fin du paléoproterozoïque. Nos résultats montrent que cet épisode oxygène se termine brutalement et précède une nouvelle période anoxique qui sera bientôt relayée vers 1900 Ma par une nouvelle période oxygène durant laquelle se formeront les gisements d'uranium à forte teneur dans les bassins sédimentaires. C'est dans un de ces gisements du bassin de Franceville, le gisement d'Oklo, que se sont déclenchées spontanément des réactions nucléaires de fission. On montre ainsi que la teneur en oxygène de l'atmosphère fait comme un yoyo durant cette longue période proterozoïque que l'on croyait pourtant plus calme. Et c'est durant le tout premier événement oxygène que la vie pluricellulaire s'est développée pour s'éteindre très vite.

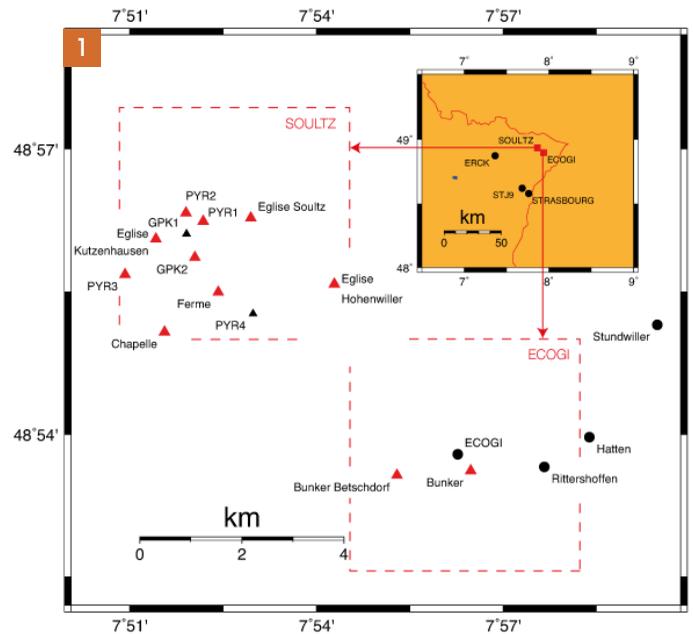
Il nous reste à retrouver dans des séries plus récentes les témoins de vie pluricellulaire qui ont pris le relais de cette première expérience.

François Gauthier-Lafaye

UN NOUVEAU CONTRAT DOCTORAL IDEX À L'IPGS

Dans le cadre des contrats doctoraux IDEX soutenus par le Conseil scientifique de l'Université de Strasbourg, Jamie Farquharson vient de commencer une thèse à l'Institut de Physique du Globe de Strasbourg au sein de l'équipe de Géophysique expérimentale. Cette thèse est dirigée par Patrick Baud et Mike Heap et s'intitule "Permeability evolution through the brittle-ductile transition in volcanic rocks"

Dans les roches volcaniques poreuses, comme dans les roches sédimentaires, une transition fragile-ductile peut être observée. La perméabilité de ces roches est donc susceptible d'évoluer de façon différente suivant que les conditions in situ favorisent un comportement fragile ou ductile. Ce projet de thèse utilisera la nouvelle presse triaxiale (400 MPa, 500°C) de l'EOST pour déformer les roches volcaniques à hautes températures et mesurer la perméabilité dans les différents régimes de déformation. Ces données seront très importantes notamment pour la compréhension du dégazage dans les édifices volcaniques et son influence sur la dynamique des éruptions.



RATTACHEMENT GÉODÉSIQUE DES SITES DE GRAVIMÉTRIE RELATIVE POUR LE SUM TEMPOREL DES RÉSERVOIRS GÉOTHERMIQUES DE SOULTZ-SOUS-FORÊTS ET RITTERSHOFFEN (ECOGI)

Dans le cadre du projet Labex G-Eau-Thermie et en lien avec la thèse de Christine Heimlich dédiée à la mesure de la déformation du sol en surface sur les sites de géothermie de Soultz-sous-Forêts et Rittershoffen, des campagnes de mesures de gravimétrie relative ont été répétées pendant l'été 2013. Deux binômes d'étudiants de 1^{re} année de l'EOST encadrés par Jacques Hinderer et Jean-Daniel Bernard ont régulièrement mesuré en juillet et en août 2013 un ensemble de 13 points répartis sur les deux sites de géothermie (figure 1). Onze points sont situés dans un rayon de 2 km autour du site d'exploitation (GPK1, GPK2) et deux points sont proches d'ECOGI (société d'Exploitation de la Chaleur d'Origine Géothermale pour l'Industrie).

La répétition dans le temps de ce réseau micro-gravimétrie doit permettre de mettre en évidence des variations de gravité liées à la redistribution des masses en profondeur de nature hydrologique et/ou géothermale.

Pour analyser le plus correctement possible et interpréter ces mesures relatives de gravimétrie, il est nécessaire de connaître la position planimétrique et altimétrique de ces 13 points. Cet ensemble de points se situe, soit sur les sites d'exploitation de Soultz-sous-Forêts (GPK1, GPK2), soit sur des dalles en béton proches d'anciens puits pétroliers réhabilités (PYR1, PYR2, PYR3) (figure 2) ou du puits scientifique instrumenté (PYR4), soit d'anciens bunkers, ou encore au pied d'églises ou de chapelle. Ces sites ont été choisis en raison de leur stabilité. Pratiquement, les sites à ciel ouvert ont pu être observés directement par GPS.

Pour les sites non directement observables par GPS, il a fallu procéder différemment. Ce sont des points au pied d'une ferme ou des murs d'églises de Soultz-sous-Forêts, de Kutzenhausen et Hohenwiller (figure 3). Ainsi, durant le mois d'octobre 2013, des méthodes topographiques ont été mises en oeuvre et réalisées par un élève ingénieur géomètre-topographe de l'INSA de Strasbourg encadré par Gilbert Ferhat. Il s'agit d'observations angulaires faites entre le point de gravimétrie et deux excentres placés dans des endroits observables par GPS.

L'ensemble de ces points ont été rattachés à la référence nationale via les stations GPS permanentes du réseau RGP (Réseau GNSS Permanent) et RENAG dont 3 stations sont maintenues par le service d'Observatoire Géodésique de l'EOST (ERCK, STJ9 et EOST). Par ailleurs, deux sites de gravimétrie (GPK1 et la pyramide 4: PYR4) sont co-localisés avec des antennes GPS permanentes (cGPS, continuu GPS) installées depuis juillet 2013. Trois autres antennes cGPS sont sur les communes de Rittershoffen, Hatten et Stundwiller. Toutes les stations GPS présentes autour des sites de géothermie ont été financées par le Labex dans le cadre du projet "A geodetic study of the Soultz-sous-Forêts and Rittershoffen geothermal sites"

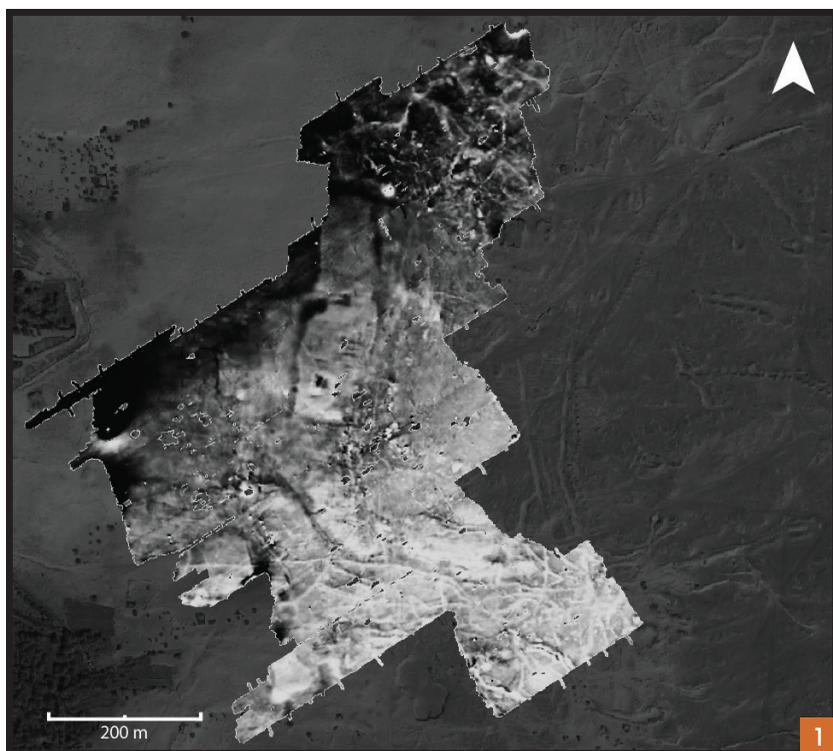
Gilbert Ferhat



1. Carte du réseau GPS permanent et des sites de micro-gravimétrie autour des sites de géothermie de Soultz-sous-Forêts et Rittershoffen
2. GPS sur trépied sur le site de Pyramide 2 (PYR2)
3. Tachéomètre, mesures à Hohenwiller

AUTOUR DES POINTS D'EAU

EXPANSIONS ET RÉGRESSIONS D'UN TERROIR IRRIGUÉ DE L'OASIS DE BAHARIYA (EGYPTE), DES PHARAONS À NOS JOURS



1. Cartographie magnétique révélant des chenaux (rectilignes) et des structures bâties (rectangulaires) sous une dune

2. Fouille de chenaux repérés en cartographie magnétique. Ce sont les plus anciens chenaux ayant pu être datés en Egypte.
Crédit photo : Frédéric Colin

C'est ainsi que se nomme le projet interdisciplinaire porté* par ARCHIMÈDE (Frédéric Colin), l'EOST (Marc Munsch et Mathieu Schuster), et le LIVE (Dominique Schwarz) qui a obtenu fin 2013 un financement IdEX de l'Unistra de 70 000€ pour 2 ans.

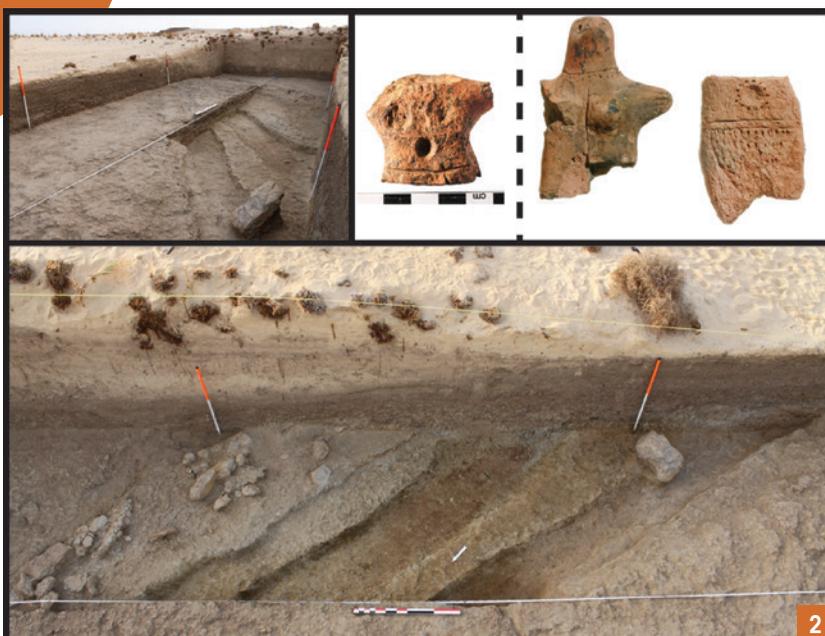
Ce projet s'articule autour de trois grands axes (archéologie, prospections géophysiques et géologie/géographie) et s'inscrit dans la continuité de fouilles archéologiques conduites depuis plus de 10 ans et d'un doctorat mêlant cartographie magnétique et archéologie, débuté en 2011 (Bruno Gavazzi). Ces recherches ont déjà permis de mettre en évidence de multiples complexes hydrauliques et habitats témoignant de l'évolution du milieu depuis les périodes pharaoniques.

Les objectifs sont les suivants :

- déterminer les zones à protéger prioritairement
- localiser et caractériser les différents vestiges archéologiques hydrauliques
- identifier et dater les différents types d'ouvrages
- comprendre l'évolution des méthodes de gestion de l'eau
- comprendre l'évolution environnementale et climatique de l'oasis
- déterminer l'impact et les conséquences des activités humaines sur le processus

Pour réussir ce défi scientifique deux campagnes de terrain sont prévues aux printemps 2014 et 2015, ainsi qu'un colloque de restitution.

Bruno Gavazzi



* ArchiMedE > UMR 7044 > Archéologie et histoire ancienne: Méditerranée-Europe
EOST > IPGS > UMR 7516
LIVE > UMR 7362 > Laboratoire Image, Ville, Environnement

LES ZONES TAMPONS HUMIDES DES INTERFACES POUR COMPRENDRE LE DEVENIR DES PRODUITS PHYTOSANITAIRES DANS L'ENVIRONNEMENT

Le projet Interreg IV PhytoRET (09/2010 – 08/2014) vise à étudier le potentiel des zones tampons humides (ZTH) du Rhin Supérieur pour la réduction des produits phytosanitaires. Il réunit trois équipes de recherche, le Laboratoire d'Hydrologie et de Géochimie de Strasbourg, l'Institut d'Hydrologie de l'Université de Freiburg et l'Institut de chimie environnementale et durable de l'Université de Lüneburg. L'étude des zones tampons humides (ZTH) répond d'une part à une demande sociétale : quels sont les services écosystémiques d'épuration de l'eau offerts par les ZTH ? Ces ZTH constituent en outre de formidables modèles réduits universels des processus de transfert de contaminants ayant lieu dans l'environnement en raison du large spectre de conditions biogéochimiques rencontrées. Le devenir de produits phytosanitaires au sein des ZTH reste encore largement méconnu. Le projet phytoret aborde ce défi scientifique par une approche multi-échelles (microcosmes et colonnes de laboratoire, mésocosmes et bassins de rétention), multi-outils (bilan de masse, analyse des signatures isotopiques et chirales des produits phytosanitaires et techniques microbiologiques) et multi-compartiments environnementaux (eau, sol, sédiments et plantes).



Approche multi-échelle du projet Phytoret (de gauche à droite : bassin de rétention, mésocosmes, colonnes et microcosmes de laboratoire)

Cette approche a d'ore et déjà permis une percée scientifique :

1. en hiérarchisant les facteurs influençant la dégradation et la rétention de ces polluants au sein des ZTH,
2. en validant l'intérêt de l'étude des signatures isotopiques et chirales des contaminants organiques pour caractériser leur dégradation au sein des ZTH,
3. en produisant des codes numériques du transport réactif de ces contaminants et de leurs produits de dégradation au sein des bassins versants agricoles associés aux ZTH. Les références des articles scientifiques sont disponibles sur le site du projet www.phytoret.eu

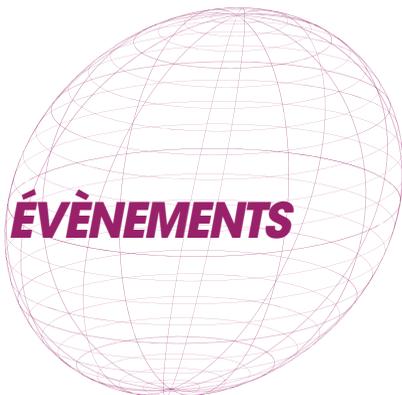
Sylvain Payraudeau

Marie Lefrancq, doctorante dans l'équipe Transferts Réactifs dans les Hydrosystèmes Anthropisés (TreHa) du LHyGeS, a obtenu le prix de la meilleure présentation des jeunes chercheurs à la conférence « Pesticides behaviour in soils, water and air » à York en Angleterre (septembre 2013). Marie poursuit sa thèse dans le cadre du projet PhytoRET.

CARACTÉRISER LE PROCESSUS DE RUPTURE LORS DE GRANDS SÉISMES : UNE NOUVELLE APPROCHE

Le projet de recherche de **Zacharie Duputel**, nouvellement recruté au CNRS en tant que chargé de recherche dans l'équipe de sismologie de l'IPGS, concerne différentes questions liées à la sismologie de la source et à la sismologie volcanique. Il devrait permettre une meilleure compréhension des phénomènes physiques impliqués dans les environnements tectoniques et volcaniques.

Les dix dernières années ont vu une amélioration importante des méthodes directes de modélisation du champ de déplacement et une expansion significative des réseaux d'observations géophysiques. Malgré ces efforts et pour les grands séismes en particulier, notre capacité à mesurer le champ de déplacement est généralement bien supérieure à notre capacité à le modéliser. Pour permettre une caractérisation plus fiable du processus de rupture, ce projet repose sur une approche multi-données (sismologie, géodésie, tsunami) et multi-fréquences (1 mHz-1 Hz). En particulier, Zacharie s'intéresse au développement de modèles stochastiques réalistes pour la prise en compte des incertitudes affectant le modèle de Terre et la géométrie de la faille en se basant sur la physique du problème direct plutôt que sur des hypothèses simplistes. Cette amélioration des modèles et des estimations de l'incertitude est une étape essentielle pour améliorer notre compréhension de la physique de la rupture et ainsi permettre une meilleure évaluation du risque sismique et de tsunami. Bien que ce projet se concentre principalement sur l'étude des grands séismes, les techniques acquises peuvent être appliquées à de nombreux problèmes en géophysique et en ingénierie comme la surveillance volcanique et la mise en place de systèmes d'alerte sismique et tsunami.



DES INSTRUMENTS ANCIENS DU MUSÉE DE SISMOLOGIE ET DE MAGNÉTISME TERRESTRE, EN BALADE

L'EOST est riche d'une collection d'instruments anciens qui présente de manière chronologique l'évolution des techniques d'enregistrement des tremblements de terre et de mise en évidence du champ magnétique terrestre. Ces instruments sont bien décrits sur le site du musée. Ils sont souvent prêtés.

Cette année, un sismomètre **Reuber Ehler** a été exposé à Florence. Il vient de revenir mais c'est un sismomètre Milne et un galvanomètre Hartmann et Braun qui viennent de repartir pour une nouvelle exposition à Turin cette fois, deux expositions sur l'histoire de la sismologie. Deux autres instruments de magnétisme sont en ce moment au Havre pour une exposition sur l'Antarctique, un **inclinomètre Cambridge** et un **QHM La Cour** monté sur un théodolite Dietzgen, installés sur leur trépied. Enfin, le musée historique de Strasbourg va bientôt ouvrir de nouvelles salles pour la période 1970 à l'actuel. Une zone sera consacrée à la construction de l'université et à l'émergence de nouvelles disciplines. On y parlera entre autre de sismologie et d'aérodologie et trois de nos instruments seront exposés : un autre sismomètre Reuber Ehler, rénové pour cette occasion par Laurent Rihouey, un **théodolite** de suivi de ballon sonde et un **barographe** pour ballon-sonde, fabriqués tous les deux à Strasbourg par la fabrique Bosch qui se trouvait dans l'actuelle rue du Dôme.

Sept instruments prêtés cette année, c'est une bonne manière de parler de l'EOST.

Valérie Ansel

Musée de sismologie et de magnétisme terrestre :
musee-sismologie.unistra.fr

TÉLÉVISION, PRESSE ÉCRITE, RADIO : BILAN D'UNE ANNÉE DE DIFFUSION DES SAVOIRS

Les scientifiques de l'EOST sont régulièrement sollicités par les médias pour apporter leur expertise sur un sujet d'actualité ou présenter leur travail de recherche et d'observation au grand public. En 2013, nous avons ainsi contribué à la réalisation de documentaires, reportages et articles pour la télévision, la radio et la presse écrite.

QUATRE DOCUMENTAIRES POUR LA TÉLÉVISION

Arte a réalisé un magnifique dessin animé de trois minutes sur les conditions d'accès et de séjour à la base Antarctique Concordia. Cet épisode de la série d'animation « **Portraits de voyages** » emprunte la voix et le récit de la responsable des observatoires magnétiques de l'EOST.

Le documentaire « La menace d'un méga-séisme », diffusé le 11 août sur France 5, fait suite au séisme de 2011 au Japon. Il présente l'impact de cette catastrophe sur les théories élaborées jusqu'ici pour tenter de prévoir et prévenir les séismes. Il s'interroge aussi sur l'éventualité d'un méga-séisme en France. Deux intervenants du BCSF-RéNaSS y ont apporté leur contribution.

Nous avons également accueilli en avril le tournage d'un documentaire « **La Terre en mouvement** », diffusé en début de soirée le 14 juin sur la chaîne Planète +. Il présente les variations de la vie de notre planète (séismes, éruptions volcaniques...), et son exploitation par l'homme.

À la rentrée, c'est la web télévision régionale « **Alsace 20** » qui nous a sollicités pour une émission de la série Lab'20 sur la dynamique terrestre, les énergies fossiles, les séismes et les marées terrestres à laquelle trois membres de l'Institut de Physique du Globe ont participé. Ce sera encore le cas d'un autre chercheur de l'IPGS avant la fin de l'année pour une émission consacrée à l'Eau.

Enfin, nous préparons une collaboration avec l'équipe de « C'est pas sorcier », émission de vulgarisation scientifique de France 3. L'équipe suivra une sismo-tectonique de l'EOST sur le terrain, dans la région désertique de l'Afar (dans la corne de l'Afrique, à l'Est de l'Éthiopie)

UNE DÉCOUVERTE MAJEURE SUR FRANCE INTER

Côté radio, France Inter s'est fait l'écho, dans son émission « La tête au carré » du 26 novembre, de la récente avancée scientifique sur l'effet « yoyo » de l'oxygène atmosphérique il y a 2,3 à 2 milliards d'années qui fut décisif pour la vie sur Terre. Cette découverte a été révélée dans un article récent co-signé par un scientifique de l'EOST (voir article p. 7).

LES MÉDIAS RÉGIONAUX SUIVENT DE PRÈS LES ACTIVITÉS DE L'EOST

Côté actualité, France 3 Alsace a couvert en janvier à Colmar l'exposition SismoTour, développée par le Palais de la découverte et qui vise à sensibiliser le grand public aux dangers liés aux séismes. De nombreux sismologues de l'EOST étaient impliqués dans l'organisation et l'animation autour de l'exposition. C'est encore France 3 Alsace qui a interviewé tout récemment un chercheur de l'EOST sur la géothermie profonde en Alsace. Les enjeux du projet Interreg PhytoRet, piloté par le LHyGeS, ont intéressé la chaîne de télévision régionale allemande SWR Fernsehen dans l'émission « Landesschau aktuell » diffusée en début de soirée le 11 octobre.

Les quotidiens régionaux s'intéressent également à nos activités. Voici quelques articles parmi d'autres :

- le journal « *La Provence* » a rendu compte de l'école thématique « *Image Mining* » organisée par l'EOST du 26 au 30 août au centre Seolane
- Les *Dernières Nouvelles d'Alsace* ont couvert les forages géologiques profonds d'octobre 2013 à Aubure, sur le site de l'Observatoire HydroGéochimique de l'Environnement
- L'Est magazine, supplément dominical de l'Est Républicain et de Vosges Matin, prépare actuellement un dossier sur la surveillance sismique dans le Grand-Est de la France à partir d'interviews à l'EOST

Véronique Bertrand

ÉVÈNEMENTS

1000^e DIPLÔME D'INGÉNIEUR EOST

En cette fin d'année 2013, L'École et Observatoire des Sciences de la Terre fête le 1000^e diplôme d'ingénieur EOST.

À cette occasion, une cérémonie est organisée le 20 décembre 2013 à 17h, en présence d'Alain Beretz, président de l'Université de Strasbourg, Salvador Rodriguez, GDF-Suez, président du conseil de l'EOST, Anne Bergère, Terrasol, membre du conseil de l'EOST, Michel Cara, professeur de sismologie émérite, ancien directeur de l'EOST et Agnès Mouëzy, présidente de l'association Géophyse. La remise des diplômes se fera à l'issue de cette cérémonie et sera suivie d'un cocktail apéritif.

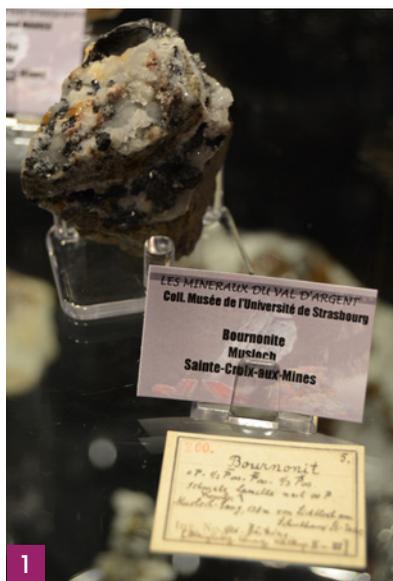


Coralie Mathieu entourée du jury et de Florence Beck, directrice des études de l'école d'ingénieurs © Véronique Bertrand

Le 1000^e diplôme d'ingénieur EOST a été soutenu le vendredi 13 décembre 2013, par Coralie Mathieu, en stage de fin d'études chez Total à Pau sur le sujet : « Calibrage et interprétation 4D dans les carbonates ». Son maître de stage chez Total était Emmanuelle Brechet (ancienne de l'EOST diplômée en 1997) et son superviseur Jean-Michel Marthelot. Le jury était présidé par Frédéric Masson, directeur de l'EOST. Coralie est à présent à l'IFP School.

MINERAL&GEM : LE MUSÉE DE MINÉRALOGIE DE STRASBOURG À L'HONNEUR

Haut-lieu de la minéralogie, la ville de Sainte-Marie-aux-Mines (68) située dans le Val d'Argent, accueille chaque année l'exposition internationale Mineral&Gem. En juin 2013, la 50^e édition a été l'occasion pour le musée de minéralogie de Strasbourg d'exposer des échantillons remarquables de la région.



1

Principalement constituées de Gneiss, les montagnes du Val d'Argent ont fourni au fil des siècles des quantités importantes d'Argent, de Cobalt, de Galène et d'Arsenic... Ces filons si convoités sont le résultat de phénomènes géologiques bien particuliers : la roche fracturée par l'activité tectonique favorise la circulation de fluides hydrothermaux. En refroidissant, ils permettent le dépôt des minéraux.

Si les mines sont aujourd'hui fermées, la ville de Sainte-Marie-aux-Mines reste un haut-lieu de la minéralogie. L'exposition internationale Mineral&Gem rassemble chaque année près de 1 000 exposants et 30 000 professionnels, collectionneurs, scolaires et visiteurs. Des passionnés du monde entier viennent pour admirer les vitrines où scintillent des minéraux aux multiples faciès, témoins de la diversité du règne minéral.

UNE COLLECTION REMARQUABLE

C'est à l'occasion de la 50^e édition de Mineral&Gem, célébrée le 27-30 juin 2013, que le musée de minéralogie de Strasbourg a exposé quelques-unes de ses plus belles pièces.

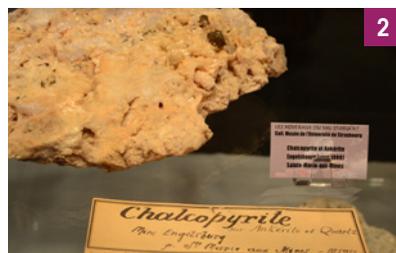
À travers l'exposition « Les minéraux de Sainte-Marie-aux-Mines », organisée par le collectionneur Alain Martaud, les plus belles pièces issues des mines du Val d'Argent ont été rassemblées pour la première fois sur leur commune d'origine. Les 160 espèces minérales exposées (arséniates, sulfures et sulfosels, minéraux d'argent et de cobalt, argent natif, chalcopryrite...) ont été réunies dans un ouvrage*. Ces espèces reflètent la richesse des mines du Val d'Argent, mais aussi des collections publiques ou privées qui les ont mises à disposition pour l'occasion.

Depuis ses débuts à la fin du XIX^e siècle, la collection du musée de minéralogie de Strasbourg n'a cessé de s'étoffer et comporte actuellement plus de 30 000 minéraux et fossiles. Cette collection est gérée par l'EOST et placée sous la garde du conservateur du musée Denis Leybold, elle est exposée dans le bâtiment de l'EOST situé rue Blessig. Observer une vitrine de minéraux fluorescents, contempler le moulage de la plus grosse pépite d'or du monde et découvrir une quantité importante de météorites... Ce musée n'a pas fini d'émerveiller petits et grands!

Abigaëlle Peterschmitt

(stagiaire master communication scientifique)

* « Les Minéraux de Sainte-Marie-aux-Mines », Alain Martaud, éditions du Plat, 2013.
1 et 2. Les minéraux du Val d'argent, Collection du musée de l'Université de Strasbourg © Abigaëlle Peterschmitt



2

Directeur de la publication :
Frédéric Masson

Ont élaboré ce numéro : Florence Beck,
Véronique Bertrand, Marie-Odile Boulanger,
Gwenaél Imfeld, Marie-Ange Moser,
Cathie Nothisen, Tania Quaranta, Yves Rogister,
Jérôme Van-der-Woerd.

Contact : Marie-Odile Boulanger
ma.boulanger@unistra.fr
Conception & impression :
Imprimerie DALI - Unistra