



LA LETTRE DE L'EOST

N38 JUIN 2021

LETTRE D'INFORMATION
DE L'ÉCOLE ET OBSERVATOIRE
DES SCIENCES DE LA TERRE
eost.unistra.fr



École et observatoire

des **sciences de la Terre**

de l'Université de Strasbourg

et du 



SOMMAIRE

Formation

Bilan de la licence plurisciences	3
Enquête Géophysique	4

Observatoires

Le RAP en Alsace	5
Bilan de l'Equipex Résif-Core	6

Recherche

Projet Fibrokarst	8
Projet Navebgo	9
Nolwenn Lesparre, autoportrait	10
Cuivre viticole en Europe	11
Prix de thèses Ites	12
Benoît Pétri, autoportrait	14
Nouveau post-doctorant à l'Ites	15

Grand public

Festival Mois Kréyol : focus chlordécone	16
Exposition Roches et fossiles d'Alsace	16

DIRECTEUR DE LA PUBLICATION Frédéric Masson
REALISATION Véronique Bertrand
IMPRESSION Imprimerie DALI / Unistra
PHOTO DE COUVERTURE Projet Fibrokarst : installation par J.-P. Malet et C. Broucke du réseau de nodes sismologiques Densar en mars 2021 le long du conduit © Vanessa Stefani (Theta)

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

N38 JUIN 2021

CHÈRES ET CHERS COLLÈGUES,

Le nouveau bâtiment de l'Éost, qui regroupera à terme l'ensemble de nos activités de recherche et d'observatoire, a accueilli ses premiers occupants. Une seconde vague de déménagements interviendra début juillet, et les derniers gros équipements devraient être transférés et réinstallés à l'automne. Fin 2021, le déménagement sera derrière nous et nous pourrons reprendre nos activités de recherche et d'observation sans encombre, face à un horizon dégagé. Le chemin est encore long d'ici là, mais je souhaite dès à présent remercier chaleureusement les personnes sans qui ce regroupement de nos activités dans un seul bâtiment n'aurait pas été possible : l'équipe de Présidence de l'université qui a soutenu ce projet de façon constante ; la Direction du patrimoine immobilier qui a suivi le projet, à notre écoute ; les directions successives des laboratoires de recherche qui ont, avec patience, inventorié et re-inventorié les besoins et établi les fiches techniques ; et vous tous qui, à l'Éost avez été à l'œuvre pour la mise en place de l'informatique, l'organisation du déménagement, la rénovation des bureaux libérés dans l'ancien bâtiment ... et qui avez géré efficacement les multiples surprises de ces derniers mois. Merci à tous, qui avez permis de faire avancer et aboutir ce projet.

Nous pourrons tirer parti de cette expérience dans les années futures pour gérer les autres chantiers qui vont nous concerner. Je pense en premier lieu, évidemment, à celui de la Manufacture où nos activités d'enseignement vont déménager d'ici à un an. Un autre concerne nos voisins et collègues de l'UFR de Mathématique et Informatique dont le bâtiment va en effet bénéficier d'une rénovation énergétique totale (grâce à un cofinancement du plan Campus et du plan de relance), y compris les espaces du rez-de-chaussée que nous partageons. Cela va nous priver de nos salles d'enseignement pendant un an (une solution de remplacement est d'ores et déjà trouvée). Le dernier projet immobilier qui nous concernera sera celui du bâtiment de géologie, rue Blessig. Il va évoluer mais nous allons y conserver certains espaces, au sous-sol pour du stockage, au premier pour le musée de minéralogie et les activités de médiation scientifique associées ainsi que pour la prépa CAPES-Agrog de SVT que nous co-organisons avec la Faculté des Sciences de la Vie. Bref, notre patience et notre énergie seront encore mises à contribution. Nul doute que l'expérience acquise depuis quelques mois sera bien utile dans les années à venir...

Frédéric Masson, directeur de l'Éost

BILAN DE LA LICENCE PLURISCIENCES

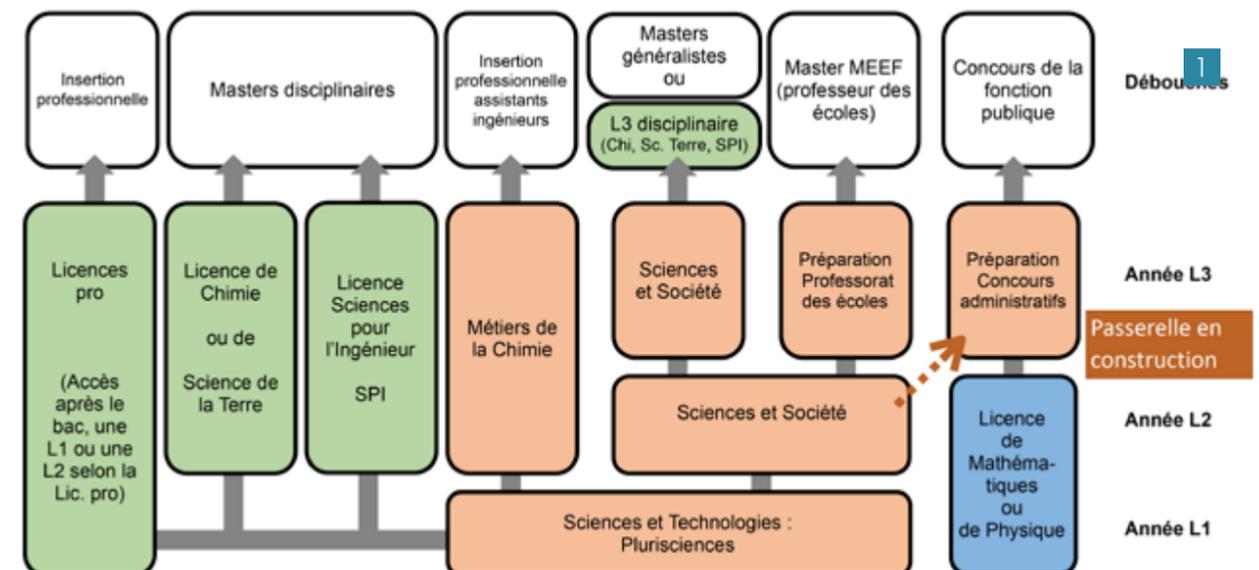
LA LICENCE PLURISCIENCES (SCIENCES ET TECHNOLOGIES) TERMINE SA TROISIÈME ANNÉE D'EXISTENCE ET VOIT DONC LES PREMIERS DIPLÔMÉS TERMINER LEUR CURSUS.

Cette licence, portée par l'Éost, comporte quatre parcours : à partir de la 2^{ème} année **Sciences et Sociétés** (Éost) ou **Métiers de la Chimie** (Faculté de Chimie) puis, à partir de la 3^{ème} année, **Préparation au professorat des écoles** (Faculté de Chimie) ou **Préparation aux concours administratifs** (UFR de Mathématique et informatique). Le parcours **Sciences et Sociétés** reste généraliste et conduit à des débouchés faisant appel à la culture scientifique générale (médiation des sciences, environnement, histoire, philosophie, sociologie...). Le parcours **Métiers de la Chimie** permet aux étudiants d'acquies les principes et techniques d'expérimentation. Il vise à former des assistants ingénieurs qui maîtrisent les outils et méthodes de recueil, de traitement et d'analyse des données. Les parcours **Préparation** permettent de passer les concours afin d'accéder au Master "Métiers de l'Enseignement, de l'Éducation et de la Formation" (1^{er} degré, école primaire) ou les concours de la Fonction Publique (en relation avec l'Institut de préparation à l'administration générale - Ipag - de Strasbourg). Des passerelles privilégiées avec les licences disciplinaires permettent aux étudiants de se réorienter en fin de 1^{ère} année. La licence Plurisciences offre de nouvelles

opportunités aux étudiants : elle permet de poursuivre des études scientifiques sans se focaliser sur un champ disciplinaire particulier, mais elle peut également correspondre à une phase de transition avant de choisir un champ disciplinaire spécialisé. Il est également possible d'obtenir deux licences en quatre ans (la licence Plurisciences **Sciences et Sociétés** en trois ans puis un an en 3^{ème} année d'une licence disciplinaire). Le bilan de ces trois années montre un intérêt fort des étudiants pour le parcours déjà existant **Métiers de la Chimie** et la passerelle vers la **Licence Sciences pour l'ingénieur**. Le parcours **Sciences et Sociétés** peine pour l'instant à attirer les étudiants. Le taux de réussite en 1^{ère} année est similaire à celui des autres Licences scientifiques : environ 20 admis pour un effectif compris entre 40 et 60 étudiants inscrits. Le taux de réussite en 2^{ème} année est de 100% et celui de 3^{ème} année semble suivre la même tendance.

Julia Autin

Illustration > [1] Organisation de la Licence Plurisciences (en orange) et passerelles avec les autres licences de l'Unistra (en vert). Les poursuites d'étude et débouchés apparaissent en blanc. © J. Autin.



FORMATION

TÉMOIGNAGES

« Nous sommes plus sensibilisés sur la relation des sciences avec notre société et même si c'est le nom de notre licence c'est un aspect qui, selon moi, devrait toucher chaque licence. En L2 avec les matières "Chargé de collection" et "Epistémologie" nous avons pu vraiment travailler différemment et découvrir de nombreuses choses très intéressantes. »

Camille (L2 Plurisciences, Sciences et Sociétés)

« J'ai appris énormément de choses, dans tous les domaines, même si je n'utilise pas ça dans le milieu professionnel, cela permet quand même de se faire une belle culture générale. On est très libre dans cette licence, et je trouve ça très bien : on peut choisir les cours qu'on souhaite avoir. »

Olivier (L3 Plurisciences, Sciences et Sociétés)

ENQUÊTE : VIE ÉTUDIANTE À L'EOST EN PÉRIODE DE COVID 19

Géophysique est l'association des anciens étudiants de l'Eost. En juin dernier, en réponse à l'article de la Lettre de l'Eost n°35 concernant l'adaptation des enseignants face au 1er confinement, Géophysique avait mené l'enquête auprès des élèves de l'école pour connaître leur ressenti. Après un an d'adaptation de l'enseignement face aux restrictions sanitaires, nous avons refait une enquête auprès des élèves ingénieurs de l'Eost. Cette enquête s'est divisée en deux sondages distincts, un s'adressant aux 1ère et 2ème années et le second consacré aux stages de fin d'études des 3ème années. Vingt-cinq 1ère et 2ème année (40%) ainsi que vingt-trois 3ème année (70%) ont complété nos formulaires.

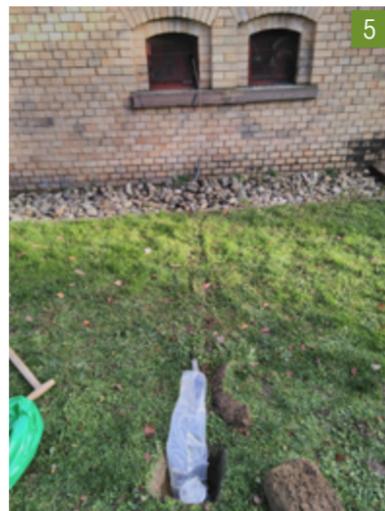
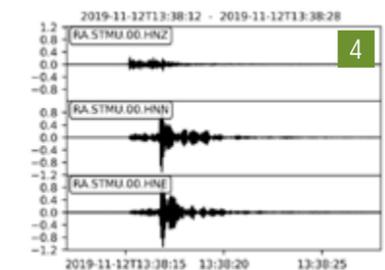
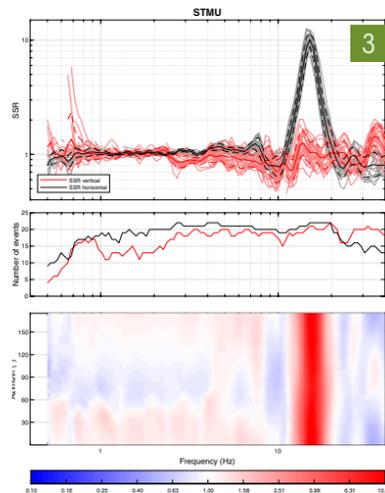
Nous avons remarqué qu'il y avait un contraste entre la proportion des enseignements effectués en présentiel entre les 1ère et les 2ème années. En effet, lors du second semestre, les deuxièmes années ont eu 50% de leurs Travaux dirigés en présentiel et les premières années ont pu avoir la totalité de leurs Travaux dirigés en présentiel, l'ensemble des cours magistraux étant assurés à distance pour les 1ère et les 2ème années. Dans le sondage, cela correspond à une proportion des enseignements en présentiel pour les 1ère année de plus de 50%, et d'environ 25% pour les 2ème année. La direction de l'école et les équipes pédagogiques ont fait le choix de privilégier les places en présentiel restreintes par le gouvernement, aux 1ère année, arrivés à l'Eost en septembre 2020, pour qu'ils puissent profiter d'une meilleure intégration dans l'école. Bien que l'organisation des enseignements s'adapte au mieux, il est cependant « difficile de rester concentrer pendant 2h en distanciel ». De plus, il est aussi « plus difficile de participer à l'oral pour rendre le cours plus dynamique » admet un deuxième année. Les cours en distanciel sont tout de même mieux organisés que pendant le premier confinement, et les enseignants ont su s'adapter. Ces témoignages révèlent donc la complexité de l'enseignement dans la situation actuelle.

Comme l'ensemble des étudiants à l'université, certains ont vu leur santé mentale se dégrader mais l'école a tout de même permis aux élèves de garder un lien social indispensable à leur bien-être.

Quant aux 3ème années, plus de 20% d'entre eux ayant fait des candidatures spontanées ont fait face à des refus, causés par la situation actuelle, lors de la recherche de stage de fin d'étude. En revanche, le nombre d'offres de stage reçues par l'école reste comparable aux années précédentes. Au cours des premiers mois de stage, l'annonce du troisième confinement n'a pas conduit à un télétravail à plein temps pour les stagiaires. Pour la majorité d'entre eux, ils arrivent tout de même à échanger avec leur maître de stage en distanciel comme en présentiel. Il reste néanmoins difficile de communiquer avec leurs collègues voire d'autres équipes au sein d'un même projet. Il est aussi « compliqué de faire de nouvelles rencontres » explique un troisième année. Tout comme l'enseignement, les entreprises ainsi que les laboratoires de recherche ont su mieux s'adapter aux restrictions sanitaires. En effet, l'année précédente, la majorité des stages se sont poursuivis en télétravail à 100%. Nous espérons, après ce mois de juin marquant un tournant dans les restrictions sanitaires, que les 1ère et 2ème années puissent retrouver à la rentrée une vie étudiante épanouie et que les stagiaires puissent finir leur stage dans de meilleures conditions.

Auriane Keromnes et Roxane Mathey
Étudiantes en 3A membres du comité Géophysique.

1ère enquête Géophysique : geophysique.unistra.fr/actualites/vie-de-l-ecole



LE RÉSEAU ACCÉLÉROMÉTRIQUE PERMANENT EN ALSACE

Le Réseau Accélérométrique Permanent (RAP) a été créé en 1997 et a permis l'instrumentation de 160 stations accélérométriques en France métropolitaine et outre-mer. Le Service National d'Observation de RAP-Résif est aujourd'hui intégré dans l'infrastructure de recherche Résif-Epos et regroupe plusieurs partenaires, comme le CEA, le BRGM, l'UGE et le Cerema. Il est structuré en sous-réseaux opérés par chacun des OSUs, dont l'Eost. Outre l'aspect instrumentation, plusieurs axes de recherche sont soutenus par le RAP via la mise en place de groupes de travail et un appel d'offre interne. Ces axes concernent la source sismique, la propagation et l'atténuation des ondes sismiques, les effets de site, ainsi que l'analyse et la prédiction du mouvement du sol en lien avec le génie civil. Ainsi, le réseau de surveillance sismologique du nord-est de la France comprend, en plus des velocimètres, des accéléromètres destinés à mesurer les mouvements forts du sol, près des sources sismiques,

là où les velocimètres pourraient saturer. Les premières stations accélérométriques dans le fossé rhénan, au nombre de 12, ont été installées à la fin des années 1990 grâce à des projets Interreg¹. Pour la plupart installées dans des bâtiments (caves), ces stations étaient principalement concentrées autour de Mulhouse, où l'activité sismique est régulière, mais aussi dans les Vosges (affectées par plusieurs séquences sismiques), le Jura, et la Moselle. Ces données ont été cruciales pour l'étude des séismes importants de la région : Rambervilliers dans les Vosges en 2003, les séismes de Roulans dans le Jura et de Waldkirch, près de Fribourg en 2004, le séisme induit de Bâle en 2006.

Les efforts de cette dernière décennie ont permis la jouvence du matériel vieillissant et le passage d'un mode en déclenchement (activation de la sauvegarde des données uniquement en cas de détection d'un événement sismique) vers un mode d'enregistrement en continu permettant la collecte d'un plus grand nombre d'évé-

nements et des études portant sur le bruit sismique.

Huit nouvelles stations ont été installées récemment en Alsace dans la cadre du projet EGS-Alsace (financement Ademe) chacune équipée d'un velocimètre large-bande et d'un accéléromètre. Cette densification est principalement destinée à améliorer la surveillance sismique régionale au regard de la multiplication des projets géothermiques et l'occurrence de séismes induits. Ces stations se sont révélées cruciales pour la caractérisation de la crise sismique de Vendenheim.

Plusieurs expériences ont été menées en France et en Alsace dans le cadre du groupe de travail du RAP-Résif sur la caractérisation des conditions de site (classes de sols, profil de vitesse, amplification locale). Par ailleurs, depuis l'an dernier, l'Eost, sous la responsabilité d'Hélène Jund, est également engagée dans une étude (pilotee nationalement par F. Hollender du CEA) visant à quantifier l'effet des modalités d'installation des capteurs (enterré, en champ libre, sur pilier...) sur les paramètres mesurés. Pour cela, trois sites (ECH, HOHE, STMU) du RAP gérés par l'Eost ont été complétés avec des capteurs en champ libre (installation dans le sol).

Actuellement, le réseau du Nord-Est de la France assure la gestion de 22 sites équipés de capteurs accélérométriques (stations RAP), auxquels s'ajoutent les stations maintenues par les opérateurs de géothermie, dont les données sont publiques. L'ensemble des données de ces sites sont collectées en temps réel par l'Eost, puis transférées également en temps réel au centre de données Résif, qui assure l'archivage et la distribution des données continues et des métadonnées associées. Le portail de données sismologiques offre également un ensemble de web service permettant d'accéder aux sismogrammes d'événements sismiques individuels.

Cécile Doubre, Hélène Jund

Portail sismologique Résif : seismology.resif.fr

Illustrations >

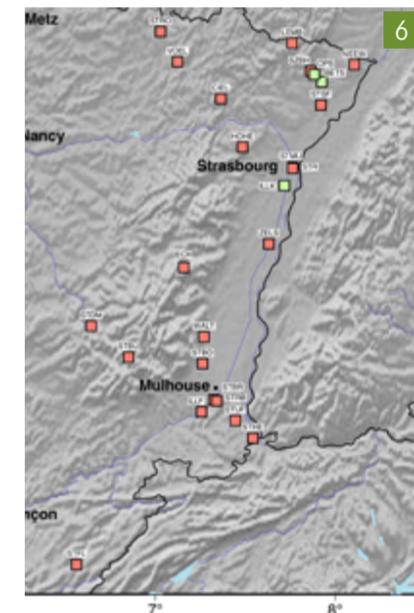
[2] Capteur accélérométrique de la station permanente du musée de sismologie à Strasbourg (STMU). Le capteur est installé sur un pilier historique dans la partie basse du bâtiment du musée, situé dans les jardins de l'Université. Ce bâtiment, construit en 1890 par les Allemands, comprend plusieurs piliers qui ont servi de support jusqu'au milieu du 20e siècle pour accueillir les capteurs de mesure de première génération. Ces piliers, désolidarisés du bâtiment, devaient permettre d'enregistrer les mouvements du sol sans être parasités par les vibrations du bâtiment © Hélène Jund

[3] Signature vibratoire du pilier sur lequel est installé le capteur accélérométrique de la station STMU. Résultat obtenu après analyse comparative des données du capteur permanent et du capteur en champ libre sur une vingtaine de séismes © F. Hollender, CEA

[4] Accélérogramme extrait du portail Résif du séisme de Vendenheim le 12 novembre 2019 (MLv=3.0) à la station STMU (Musée de sismologie de Strasbourg)

[5] Installation du capteur en champ libre à l'extérieur du musée de sismologie de Strasbourg pour le projet RAP "Instal". Le but du projet est de déterminer comment les conditions d'installation des capteurs peuvent avoir des effets sur les mesures © Hélène Jund

[6] Répartition spatiale du réseau accélérométrique du nord-est de la France. Les stations vertes sont les stations maintenues par les opérateurs de géothermie.



CLAP DE FIN POUR LE PROJET EQUIPEX RESIF-CORE

C'était il y a presque 10 ans déjà. La communauté géophysique française venait de lancer l'Infrastructure de Recherche Résif (Réseau sismologique et géodésique français) visant à structurer et développer nos moyens d'observation géophysiques de la Terre interne.

Les idées fusaient : créer une antenne de sismomètres en métropole, développer un gravimètre nouvelle génération, proposer un moyen simple d'accéder à toutes les données de Résif, ... Mais l'argent manquait pour leur donner corps !

Ainsi, en septembre 2011, les équipes de huit observatoires des sciences de l'Univers (OSU), coordonnées par Helle Pedersen (ISTerre-Osug)¹, déposaient le projet Résif-Core à l'appel à projet EquipEx (Équipements d'Excellence), un des outils mis en place en 2010 lors de la première vague du Programme d'investissements d'avenir pour développer ou améliorer des infrastructures et des grands équipements scientifiques français.

Résif-Core visait à construire les briques de base de l'IR Résif, aussi bien en sismologie, géodésie, gravimétrie qu'en informatique de la donnée. Ce projet a été retenu et financé à partir de fin 2012 à hauteur de 9,3 millions d'euros (8,5 M€ pour l'investissement). Il se terminera à la fin de cette année. Retour sur les principaux développements qui ont pu être réalisés dans le cadre de Résif-Core et sur le rôle majeur joué par les équipes de l'Eost dans cette aventure.

ÉLÉMENT 1 : SISMOLOGIE LARGE BANDE

Cet axe a été dédié à l'évolution de nos moyens d'observation sismologique à large bande en France. Il s'agissait principalement de bâtir, pour le compte du Service national d'observation (SNO) Résif-RLBP, un réseau sismologique dense et homogène de stations permanentes à large bande passante pour l'étude de la structure in-

terne de la Terre et de l'activité sismique du territoire. A la fin des années 2000 le réseau sismologique français était principalement constitué de stations courte période, pour la plupart vieillissantes et réparties de manière très hétérogène, à tel point que certains petits séismes ressentis par la population ne pouvaient pas être confirmés. En parallèle, les stations large-bande, capables d'enregistrer le signal sismologique dans une large bande de fréquences et d'amplitude, se développaient un peu partout en Europe afin de créer une véritable antenne sismologique à l'échelle du continent.

Organisées sous la forme d'un véritable sous-projet, baptisé Résif-CLB (pour « Construction Large Bande ») et piloté par la Division technique du CNRS-Insu, les équipes de huit OSU, ainsi que le CEA-LDG, ont coordonné leurs efforts pour développer un réseau dense, homogène et de haute qualité. Constitué aujourd'hui de près de 160 stations opérationnelles sur tout le territoire, ce réseau devrait atteindre environ 190 stations d'ici 2022 (voir article dédié dans la lettre de l'Eost n° 32). Plusieurs innovations technologiques ont été mises au point dans le cadre de Résif-CLB. En particulier, la majorité des capteurs ont été installés dans des forages peu profonds (6 à 20 mètres) permettant de diminuer drastiquement le niveau de bruit. Des armoires instrumentales ont également été développés afin d'optimiser la gestion de l'énergie, superviser à distance tout un ensemble de paramètres techniques, et effectuer automatiquement certaines tâches à l'aide d'automates industriels. A tel point que l'on parle aujourd'hui de stations sismologiques « type Résif ».

Dans ce cadre, les équipes de l'Eost ont construit ces dernières années, grâce au financement Résif-Core mais aussi via le programme EGS-Alsace, une vingtaine de nouvelles stations dans le Grand-Est, dont une quinzaine en forage. Elles se sont en particulier révélées cruciales pour le suivi de la séquence de sismicité induite de

Strasbourg. Résif-Core a aussi permis le développement à l'Eost d'une plateforme nationale de test et de calibration des équipements sismologiques [7] qui propose aujourd'hui des services à l'ensemble de la communauté. et qui vient d'être pré-labélisée comme plateforme de l'Université de Strasbourg dans le cadre de Cortecs². A noter également : Résif-Core a aussi permis la jouvence partielle du parc mobile national (Résif-Sismob) via l'achat de 30 nouvelles stations large bande. Celles-ci ont notamment été utilisées dans le cadre du programme européen AlpArray d'imagerie profonde de la structure alpine, dans lequel l'Eost a joué un rôle important.



ÉLÉMENT 2 : GÉODÉSIE

Cet axe de Résif-Core avait pour objectif de mettre à jour 48 sites du réseau national géodésique GNSS (SNO Résif-Rénaq) pour permettre l'accès aux nouvelles constellations satellites, comme celle de Galileo, et améliorer la nature (multi bandes, pas d'échantillonnage) et les modalités de récupération des données. Trente sites ont été complètement renouvelés (dont sept des neuf sites gérés par l'Eost) et 18 sites ont fait l'objet d'une mise à jour du logiciel du récepteur ou d'un changement d'antenne. Toutes ces opérations ont été réalisées entre 2016 et 2018, après une intense phase de qualification des équipements. Cette évolution a notamment permis la réalisation d'un dépôt des données par téléversement direct du récepteur vers le

2 - Cortecs : réseau des plateformes scientifiques de recherche et de services de l'Université de Strasbourg - cortecs.unistra.fr/

centre de données, et donc d'améliorer le pourcentage de données archivées. Un serveur de distribution des corrections en temps réel pour le positionnement cinématique précis a également été mis en place. Ces actions permettent d'améliorer significativement l'estimation des champs de vitesse géodésiques, le suivi d'objets rapides (glaciers, glissements de terrain) ou la mesure des déplacements lors de séismes importants en complément des mesures sismologiques.

ÉLÉMENT 3 : GRAVIMÉTRIE

Résif-Core a également permis d'entreprendre une jouvence des moyens nationaux pour la mesure permanente ou temporaire du champ de pesanteur à travers l'acquisition de trois gravimètres :

- Un gravimètre de terrain type Scintrex CG5, livré dès 2014, a rejoint le parc mobile de gravimètres relatifs constitué maintenant de trois gravimètres de ce type. Cet équipement a depuis été largement utilisé pour différentes campagnes de terrain en France et à l'étranger.
- Un gravimètre cryogénique, acquis en 2016, qui a été installé à l'observatoire gravimétrique de Strasbourg géré par l'Eost où des mesures permanentes sont menées depuis la fin des années 80 dans le cadre du SNO Résif-Gravimétrie. Troisième génération d'instrument installé sur ce site (après le modèle TT70 de 1987 à 1996, puis le modèle compact de 1996 à 2018) ce nouveau gravimètre supra-conducteur iOSG#23 permet de poursuivre la plus longue série temporelle au monde de mesure haute-qualité du champ de gravité [9].
- Un gravimètre absolu portable à atomes froids AQQ (Absolute Quantum Gravimeter), le premier du genre à être commercialisé au monde. Le développement de cette nouvelle génération de gravimètre, réalisée à travers un partenariat public-privé, a été financé via Résif-Core. Ce gravimètre a été livré fin 2019 et fait depuis l'objet de diverses campagnes

de tests en parallèle d'autres instruments de mesure absolue sur les sites de l'Observatoire H+ du Larzac et du LNE à Trappes. Des tests ont également été menés dans des conditions de « semi-terrain », confirmant les performances exceptionnelles de l'instrument et sa capacité à être déployé simplement.

ÉLÉMENT 4 : SYSTÈME D'INFORMATION

Résif-Core a permis d'enclencher un véritable « choc de simplification » et de modernisation de la manière dont sont gérés et distribués les énormes volumes de données acquis par les différentes composantes de l'IR Résif, et en particulier les données sismologiques.

Le système d'information Résif-SI permet aujourd'hui d'assurer une distribution mondiale des données sismologiques et des métadonnées associées provenant de l'ensemble des réseaux sismologiques mobiles ou permanents français, à l'aide d'outils et de formats suivant les normes internationales et avec des niveaux de service élevés. Résif-SI est désormais entièrement intégré dans les fédérations européennes et internationales de centres de données sismologiques (FDSN, Epos-Eida) et joue un rôle moteur dans la définition des nouvelles normes à l'aulne du « big data ».

Ces objectifs ont été atteints en mettant en place une organisation distribuée avec un centre national d'archivage et de distribution des données (« Nœud B »), et 6 centres de collecte et validation des données (appelés « Nœud A »). Dans ce cadre, l'Eost, en collaboration avec l'observatoire de la Côte d'Azur, a la charge du nœud A « Large-bande » qui gère toutes les données de Résif-RLBP (cf. élément 1), mais également les données sismologiques des stations sismologiques installées au Laboratoire souterrain à bas bruit de Rustrel, en Nouvelle-Calédonie, à Corinthe ainsi que

Pour en savoir plus sur Résif-Core, et en particulier sa mise en œuvre pratique sur le terrain par les équipes de l'Eost, vous pouvez (re)visualiser la série documentaire « Des oreilles au sol » réalisée en 2017 pour la plateforme Oscahr du Jardin des Sciences de l'Université de Strasbourg. oscahr.unistra.fr/dossiers/des-oreilles-au-sol

celles des opérateurs de sites de géothermie profonde.

Les moyens informatiques acquis via Résif-Core, ainsi que très nombreux développements effectués dans ce cadre, bénéficient aujourd'hui plus largement à l'ensemble des tâches de gestion des données sismologiques réalisées par l'Eost et regroupées maintenant au sein de la plateforme locale « Centre de données de l'Eost ».

Ainsi, Résif-Core a permis des avancées technologiques majeures qui bénéficient aujourd'hui à l'ensemble de la communauté géophysique française et internationale, aussi bien pour des aspects de recherche fondamentale qu'opérationnelle. Mais ce programme a aussi permis de structurer et fédérer la communauté et de poser des bases solides à l'infrastructure de recherche Résif, qui va désormais étendre son champ d'action vers le domaine marin, en particulier dans le cadre du nouvel Équipement d'Excellence Marmor (cf. Lettre d'information Résif n°18).

Jérôme Vergne

Lettre Résif : www.resif.fr/publications/Lettre-d-information

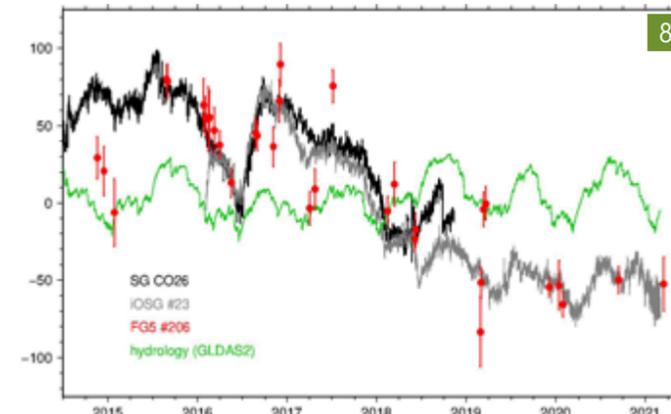
Illustrations >

[7] Campagne de test d'équipements sismologiques acquis via Résif-Core (sismomètres large bande de surface et de forage au premier plan et numériseurs sismologiques sur les étagères) menée au sein de la plateforme d'instrumentation sismologique de l'Eost (Pise) © Maxime Bès-de-Berc

[8] Série temporelle du résidu de l'accélération de la gravité (après retrait des variations périodiques)

mesurée à l'observatoire gravimétrique de Strasbourg avec le gravimètre CO26 (noir) jusqu'en 2018 et [9] Nouvelle version du gravimètre supra-conducteur iOSG#23 acquis via Résif-Core et comparées avec des mesures répétées par un gravimètre absolu FG5 (rouge) et un modèle d'effets hydrologiques (vert). Crédits :

Photo : Nolwenn Portier
hal.archives-ouvertes.fr/RESIF/medihal-01934968
Graphique : Jean-Paul Boy,
doi.org/10.1007/1345_2020_94



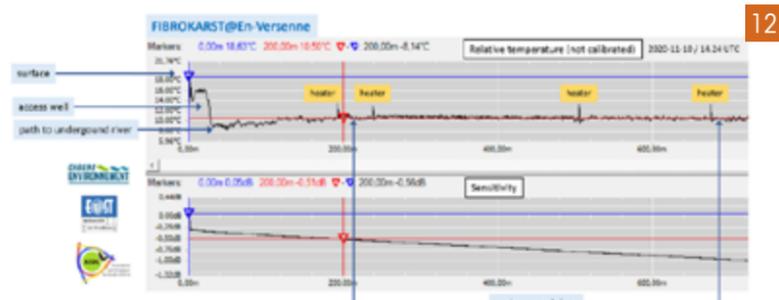


10

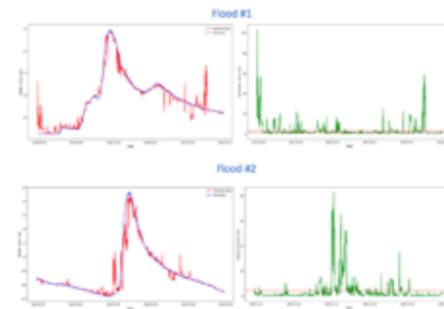
FIBROKARST : COLLABORATION POUR LA COMPRÉHENSION DES SYSTÈMES KARSTIQUES

Les aquifères karstiques constituent un enjeu majeur en termes de ressource en eau dans les régions calcaires. Dans le massif du Jura, environ 80% des eaux potables en sont issues. L'aquifère karstique de Fourbanne (Doubs) constitue un laboratoire de recherche in-situ exceptionnel pour mieux comprendre le fonctionnement de ces systèmes. Ce site d'étude présente plusieurs avantages : le bassin-versant est bien délimité et il possède une unique exutoire (la source de Fourbanne), ce qui permet de retracer le cheminement de l'eau des zones de recharge jusqu'à l'exutoire et d'établir des bilans hydriques. Le système karstique de Fourbanne est un système dit "binaire", majoritairement alimenté par des pertes de ruisseaux et avec un réseau de conduits souterrains bien développé. Le conduit principal a été exploré sur environ 9 km par l'ASDC (Association des Spéléologues du Doubs Central). Sa partie non-saturée est accessible par un puits vertical de 20 mètres creusé par les spéléologues de l'Association Spéléologique du Doubs Central (ASDC) à côté du village de Fontenotte. Des mesures hydrologiques permanentes (hauteur d'eau, conductivité, qualité des eaux) réalisées dans le cadre de l'observatoire Jurassic Karst (site SNO Karst, IR Ozcar, ZAAJ) ont mis en évidence des transferts d'eau souterraine complexes au sein du réservoir, avec des points de recharge et de perte localisés importants et, en fonction des conditions hydrologiques, une recharge non négligeable par la matrice calcaire fracturée. Des inversions de gradients entre

le conduit principal et la matrice ont également été observées au cours des crues, témoignant d'un contrôle de ces événements extrêmes sur le fonctionnement global de l'aquifère. Des modèles hydrogéologiques suggèrent une variabilité spatio-temporelle des échanges entre le conduit et la matrice qu'il est nécessaire de préciser. C'est pour répondre à ces questions qu'une collaboration Chrono-environnement-Eost a été initiée en 2020 dans le cadre de la thèse de Anthony Abi-Nader (doctorant à Besançon). Les objectifs du projet Fibrokarst sont de localiser spatialement ces points de recharge et de perte pour mieux comprendre les échanges entre le conduit karstique et l'encaissant rocheux pour différentes conditions hydrologiques (basses eaux, crues). Il s'agit de réaliser des expérimentations de monitoring haute-fréquence des variations de températures de l'eau le long du tronçon de la rivière, à partir de mesures distribuées (tous les 20 cm) par fibre optique (DTS) et de documenter des signaux de crues à



12



11

partir d'observations sismologiques (sismomètre permanent et déploiement temporaire d'un réseau dense de capteurs). Le parc d'instruments DTS Critex (en gestion à l'Eost) et de nodes sismiques Densar ont été mobilisés.

Depuis novembre 2020, les mesures de variations de températures de l'eau sont opérantes, et les mesures sont réalisées en continu à une fréquence d'acquisition de 10 minutes. La précision de mesures est quantifiée à 0.15° C. Des anomalies de température sont observées le long du parcours en fonction des arrivées d'eau et de la hauteur d'eau. L'analyse de plusieurs périodes de crues et de basses eaux est en cours.

En complément des sismomètres permanents du projet JuraQuake, un réseau de 10 nodes sismologiques Densar a été déployé pendant cinq semaines en mars 2021, en profondeur. L'objectif est de comprendre la formation progressive des crues dans le conduit, qui mettent en résonance le massif rocheux ; il est en particulier envisagé d'estimer de manière spatialisée les hauteurs d'eau dans le conduit, d'identifier la création de cascades temporaires et de quantifier le charriage des éléments grossiers. Cette expérimentation est préparatoire à une période d'observation sismologique et hydrologique couplée surface-profondeur prévue sur trois mois pendant l'hiver 2022, mobilisant les parcs de réseau dense Sis-Mob et Densar (projet région Bourgogne Franche-Comté Sismeauclim en collaboration avec Biogéosciences Dijon).



13

En mobilisant des techniques d'apprentissage machine, une première analyse des observations sismologiques indique qu'il est possible de prédire les hauteurs d'eau mesurées dans le conduit à partir du signal sismologique. Ceci ouvre la possibilité de mesurer à distance et depuis la surface les hauteurs d'eau dans plusieurs conduits et de mieux quantifier les ressources disponibles.

Julie Albaric, Antony Abi-Nader, Marc Steinmann (Chrono-Environnement, OSU Theta)
Jean-Philippe Malet, Céleste Broucke, Clément Hibert (Eost)

Illustrations >

[10] Installation par J.-P. Malet et C. Broucke du réseau de nodes sismologiques Densar en mars 2021 le long du conduit © V. Stefani (Theta)

[11] Prédiction de la hauteur d'eau (observée en bleu, prédite en rouge) en appliquant des approches d'apprentissage machine sur des attributs dérivés des signaux sismologiques pour deux crues caractéristiques. L'erreur de prédiction est indiquée en vert © A. Abi-nader (Theta)

[12] Exemple de mesures de température sur le linéaire du conduit karstique, en surface, dans le puits d'accès, et dans la rivière souterraine. Des chauffeuses ont été utilisées pour localiser précisément la fibre optique © J.-P. Malet

[13] Installation du linéaire de fibre optique dans le conduit karstique d'En-Versenne en septembre 2020, et relevé précis de sa position par tachéométrie © J.-P. Malet

NAVEBGO : RÉDUCTION DE L'APPORT DE BIOCIDES DANS LES EAUX SOUTERRAINES DU RHIN SUPÉRIEUR

Parmi les sources de pesticides méconnues du grand public, on peut mentionner l'utilisation d'herbicides comme le diuron, la terbuthryne ou l'ochthilidon dans les peintures et crépis de nos maisons en tant que biocides pour prévenir leur verdissement. Longtemps masqués par l'utilisation des herbicides sur les voiries et trottoirs, leur transfert depuis les surfaces de bâtiments vers les eaux de surface et souterraines constitue depuis quelques années une préoccupation sociétale et des agences de protection de la ressource en eau.

Le projet Interreg Navebgo (2019-2022), dont l'ITES est partenaire depuis 2019, vise à quantifier les risques de transfert de ces biocides vers le milieu naturel et à repenser les conditions d'utilisation, par exemple en favorisant des alternatives architecturales pour protéger les façades. Dans le consortium franco-allemand de ce projet, ITES apporte son expertise de traçage des sources et de quantification des processus de dissipation dans les eaux et les sols, en combinant la quantification de ces molécules et de leurs produits de dégradation avec la caractérisation de leur signature isotopique (C, N). Une approche multi-échelle a été développée dans le cadre de la thèse de Tobias Junginger. Ces travaux s'appuient sur des expériences en laboratoire sur chaque processus de dégradation (photolyse, biodégradation, hydrolyse), sur des modèles réduits de façades et de colonnes de sol [14] et à l'échelle du quartier d'Adelshoffen à Schiltigheim (2.5 ha). La campagne de terrain a débuté depuis février 2021, mobilisant une partie de l'équipe BISE. Une extrapolation des résultats obtenus sur le transfert de ces trois biocides sera réalisée à l'échelle de la première couronne de l'Eurométropole de Strasbourg à l'aide du modèle FRWaB+ développé par l'un des partenaires allemands.

S. Payraudeau, T. Junginger, J. Masbou et G. Imfeld

Le projet : www.navebgo.uni-freiburg.de/fr

Photo > [14] Modèles réduits de façades et de colonnes de sol avec plusieurs types de couverts urbains (graviers, pavés, enherbés) © T. Junginger



14



Après des études en géophysique, je me suis progressivement intéressée aux questions d'hydrogéophysique pour lesquelles on utilise les mesures géophysiques dans le but d'apporter des informations sur les hydrosystèmes. J'ai concrétisé cet intérêt lors d'un post-doctorat à l'université de Montpellier en 2015. J'ai alors étudié le fonctionnement du bassin versant de la fontaine de Vaucluse. J'ai utilisé des données inclinométriques pour comprendre quel mécanisme lié à la dynamique des écoulements souterrains entraîne des mesures de déformation. J'ai poursuivi cette collaboration avec une autre étude en contexte karstique où nous avons utilisé des méthodes géophysiques (résistivité électrique, vitesse sismique et gravimétrie) pour comprendre comment la structure du milieu souterrain impacte les transferts hydriques. Je suis ensuite partie effectuer un post-doctorat à l'université de Liège en 2016 et 2017. Je me suis intéressée aux problématiques de stockage d'énergie en contexte alluvial. L'idée était de montrer la pertinence de l'imagerie de résistivité électrique pour suivre des variations de température dans le sous-sol liées à une injection de chaleur. Après cela, j'ai été accueillie dans l'équipe de Transfert dans les Hydrosystèmes Continentaux (TrHyCo) du Laboratoire d'hydrologie et de géochimie de Strasbourg pour un post-doctorat, avant d'être recrutée en tant que chargée de recherche CNRS en 2018 dans cette même équipe. Je me suis formée à l'utilisation des codes de calculs hydrogéologiques développés dans l'équipe et je me suis investie pour développer des interactions entre les hydrogéologues de mon équipe et des géophysiciens de l'équipe Géophysique Expérimentale de l'Institut de physique du globe de Strasbourg. Mon objectif est de développer une méthodologie d'identification des paramètres hydrogéologiques à l'aide de mesures géophysiques. Mon idée est de montrer comment des mesures géophysiques spatialisées permettent de définir les structures souterraines qui contrôlent les écoulements hydriques. J'ai appliqué ces développements sur le bassin versant du Strengbach, suivi par l'Observatoire hydro-géochimique de l'Environnement (Eost-OHGE). Grâce à l'obtention de la thèse de

NOLWENN LESPARRE, AUTO PORTRAIT



15

Rohianuu Moua que je co-encadre avec Jean-François Girard professeur et membre de l'équipe Géophysique Expérimentale, nous approfondissons ce travail, toujours en étroite collaboration avec les collègues de TrHyCo.

Depuis la création d'Ites, je suis référente égalité du laboratoire, en binôme avec Julia Autin, maîtresse de conférence dans l'équipe Géologie Océans Lithosphère Sédiments. Notre première action a été de créer un collectif de réflexion sur les problématiques de discrimination. Il se nomme egal.Ites et rassemble une vingtaine de personnes. L'objectif est d'identifier les problématiques récurrentes liées à l'égalité au sein de l'Ites et de l'Eost et de proposer des actions aux personnels. Notre idée est de réunir des personnes de toutes catégories professionnelles, d'origines sociales et migratoires, de genres et d'âges variés et qui n'ont que rarement l'occasion d'échanger ensemble parce qu'elles travaillent sur des thématiques différentes. Après nos premières discussions, nous avons décidé ensemble de commencer par proposer à l'ensemble du laboratoire et de l'Eost une formation sur la problématique des violences sexistes et sexuelles dans l'enseignement supérieur et la recherche. Cette formation, dispensée par le Clasches (collectif de lutte contre les discriminations dans l'enseignement supérieur), fournit

des outils pour identifier les situations de violences et propose des solutions pour réagir si l'on est la cible ou témoin de telles situations.

En parallèle, je mène une action à l'échelle du réseau des référent.e.s égalité de la délégation Alsace du CNRS. Nous concevons un baromètre pour faire un état des lieux sur la situation actuelle dans les laboratoires de recherche alsaciens concernant la qualité de vie au travail et les questions d'égalité. Ce travail est très formateur et enthousiasmant. J'espère que les différentes actions qui verront le jour à l'échelle du laboratoire et à l'échelle régionale permettront de faire prendre conscience aux personnels des problématiques de discriminations, de harcèlements et autres violences qui existent dans l'enseignement supérieur et la recherche, notamment vis-à-vis des personnels précaires qui sont particulièrement vulnérables.

Nolwenn Lesparre

Site du Clasches : clasches.fr

Photo > [15] Nolwenn Lesparre © A. Julien



LE CUIVRE VITICOLE À L'ÉCHELLE EUROPÉENNE

Les fongicides à base de cuivre sont utilisés depuis des décennies dans les vignobles européens pour prévenir les maladies de la vigne. Le cuivre est un élément qui se transforme, mais qui ne peut pas être dégradé dans le sol et qui s'accumule donc dans les vignobles européens au fil des décennies. Cette accumulation suscite de nombreuses interrogations sur les variations régionales et européennes du cuivre total dans les sols compte tenu du stock historique, de l'impact des pratiques viticoles sur la vie du sol, de l'export du cuivre vers les eaux de surface et de l'évolution des teneurs en cuivre dans les sols dans le siècle à venir en lien avec l'évolution réglementaire. En 2019, la ré-homologation du cuivre par l'Union Européenne porte une limitation à 4 kg cuivre/hectare/an sur sept ans et impose aux viticulteurs une baisse significative de son usage en raison de ses impacts environnementaux.

Dans ce contexte, un consortium européen mené par Gwenaël Imfeld (CNRS), et Sylvain Payraudeau (Engées), de l'équipe biogéochimie isotopique et expérimentale de l'Institut Terre et Environnement de Strasbourg (CNRS/Université de Strasbourg/Engées – UMR7063), vient de montrer que les précipitations, l'aridité et le carbone organique du sol sont des variables clés expliquant la distribution du cuivre dans les vignobles européens. Cette étude souligne que l'export net moyen du cuivre à l'échelle de l'Europe est deux ordres de

grandeur inférieur à l'accumulation nette de cuivre et que la réglementation européenne actuelle (4 kg cuivre/hectare/an sur sept ans) va augmenter de 2% la surface des vignobles européens dépassant la concentration sans effet prévisible pour l'environnement (PNEC) dans le sol au cours des 100 prochaines années. En revanche, dans le scénario d'usage historique (8 kg cuivre/hectare/an), 94 % des surfaces viticoles européennes dépassent la PNEC dans 100 ans. La stratégie la plus efficace pour limiter l'accumulation du cuivre est donc de réduire les doses d'application des fongicides à base de cuivre, en accord avec l'évolution réglementaire en cours. Cette étude permet également d'identifier les zones viticoles européennes nécessitant des mesures de remédiation spécifiques et des stratégies alternatives d'utilisation de fongicides cupriques pour parvenir à un compromis entre la lutte contre les maladies de la vigne et la contamination du sol et de l'eau. La réduction de l'usage du cuivre en vigne doit ainsi s'appuyer sur les stratégies de réduction des fongicides cupriques et la recherche d'alternatives à l'utilisation du cuivre.

Ces travaux, impliquant un consortium européen et de nombreux contributeurs aux bases de données, ont bénéficié du soutien de la Région Grand Est et de l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse (AERM).

Gwenaël Imfeld

Référence : Copper Content and Export in European Vineyards Soils Influenced by Climate and Soil Properties. Boris Droz, Sylvain Payraudeau, José Antonio Rodríguez Martín, Gergely Tóth, Panos Panagos, Luca Montanarella, Pasquale Borrelli and Gwenaël Imfeld. Environmental Science & Technology, 5 mai 2021. In press.

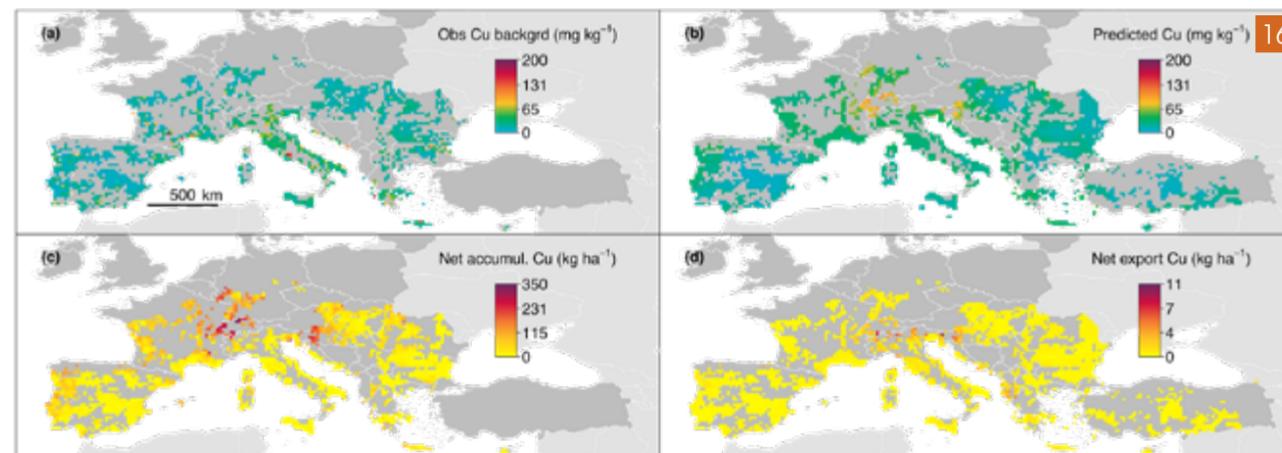
Illustration > [16] Distribution de la teneur totale en cuivre, accumulation et export net du cuivre dans les vignobles européens.

- (a) Teneur basale observée (sans activité viticole).
- (b) Prédiction de la teneur en cuivre actuelle.
- (c) Estimation de l'accumulation nette du cuivre total.
- (d) Export net estimé du cuivre total via le ruissellement et l'érosion.

Gris foncé : Zone de couverture végétale européenne Corine Land Cover (CLC). Les pixels représentent les valeurs prédites à une résolution spatiale de 20 km² pour faciliter la lecture à l'échelle européenne.

© ACS, Droz et al., ES&T, 2021.

doi.org/10.1021/acs.est.0c02093



DEUX DOCTORANTS DE L'ITES RÉCOMPENSÉS POUR LEURS TRAVAUX DE THÈSE

Les premiers mois de fonctionnement de l'Institut Terre et Environnement de Strasbourg (Ites) ont été marqués par deux travaux de thèse récompensés :

Lucille Carbillat a obtenu le prix "BritRock" au congrès général annuel du "Tectonics Studies Group", qui s'est tenu en virtuel début janvier 2021 (tectonicstudiesgroup.org). Ce prix BritRock est attribué à la meilleure présentation (orale ou poster) faite par un doctorant dont les travaux de recherche incorporent des expériences de déformation des roches en laboratoire. Le prix BritRock est attribué et sponsorisé par le réseau BritRock de déformation des roches du Royaume Uni.

Lucille Carbillat est étudiante de l'Université de Strasbourg en 2ème année de thèse à l'Ites au sein de l'équipe

Géophysique Expérimentale.

Tom Vincent-Dospital s'est vu attribuer le Prix de Thèse de l'Université de Strasbourg pour sa thèse intitulée « Fracturation interfaciale : effets thermiques et désordre matériel ». Vingt Prix de Thèse sont attribués chaque année, toutes disciplines confondues, parmi les 500 thèses soutenues à l'Université de Strasbourg. Tom Vincent-Dospital a été doctorant à l'Ites au sein de l'équipe Géophysique Expérimentale de 2017 à 2020, en cotutelle avec l'Université d'Oslo, financé par une bourse doctorale de l'Université de Strasbourg, et a soutenu sa thèse le 3 novembre 2020. Tom Vincent-Dospital est actuellement post-doctorant à l'institut Porelab, Département de Physique à l'université d'Oslo (Norvège).

CHAUDES FRACTURES ET FRAGILITÉ DE LA MATIÈRE

Comment se fait-il que certains matériaux rompent brutalement, quand d'autres se déforment doucement et de façon ductile ? Pourquoi un même matériau, porté à différentes températures, peut présenter l'un ou l'autre de ces deux comportements ? Quel est le chargement mécanique à partir duquel une fissure se propage soudainement très rapidement ? Dans ma thèse, nous avons, avant tout, proposé une explication thermodynamique à la fragilité de la matière. Cette question est naturellement fondamentale pour nombre d'ingénieurs, la rupture fragile de certaines structures pouvant entraîner des désastres difficilement prédictibles. C'est aussi un point important en sciences de la Terre : les séismes destructeurs sont souvent générés par la rupture de roches superficielles relative-

ment froides de la croûte terrestre, plutôt que par celle de roches plus profondes, et donc plus chaudes et plus ductiles. Les solides se déforment grâce à la propagation de fissures et de micro-défauts. Ces fractures, quand elles se propagent, dissipent une partie de l'énergie mécanique fournie à la matrice et, en particulier, dégagent de la chaleur. Plus vite elles progressent et plus les fractures chauffent. En retour, les fissures dont la température augmente ont tendance à accélérer, car la rupture des liens atomiques est favorisée par l'agitation moléculaire ainsi amplifiée. Le phénomène peut alors devenir instable, menant à un emballement thermique dans le processus de fracturation, lorsque la température d'une fissure vient dépasser significativement la température ambiante. Dans le cas contraire, si la

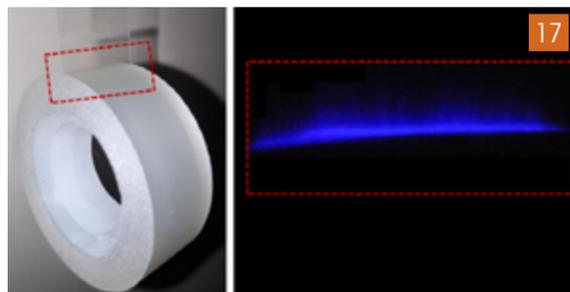
chauffe reste limitée, chaque fissure n'accélère que progressivement lorsque le chargement mécanique augmente : le matériau flue et la déformation est ductile. Nous avons ainsi décrit la rupture comme une transition de phase,

similaire à celle expliquant la fonte ou le gel de l'eau par exemple, et qui, de façon surprenante, dépend des propriétés thermiques de la matière. Ce modèle a ensuite été testé avec succès pour la description de la rupture de nombreux matériaux.

D'autres sujets furent aussi abordés dans cette thèse, encadrée par Renaud Toussein et Alain Cocharat au sein de l'Ites, et en cotutelle avec l'université d'Oslo, sous la supervision de Knut Jørgen Måløy et Eirik Flekkøy. Il s'agit notamment de la rugosité et de l'intermittence des fractures interfaciales lentes dans les milieux désordonnés, qui peuvent être expliquées par une dynamique thermiquement activée des fractures. Nous avons aussi étudié l'anisotropie de friction de plan de failles, imprimés en 3D, et proposé une nouvelle théorie pour la douleur dans le corps humain, basée sur l'émission de chaleur lors de la rupture de la peau.

Tom Vincent-Dospital

Illustration > [17] Un rouleau adhésif (à gauche) déroulé rapidement dans le noir (à droite). Le cadre pointillé délimite la même zone dans les deux images. La lumière bleue pourrait découler d'une température locale de la colle proche de 7000°C © Tom Vincent-Dospital



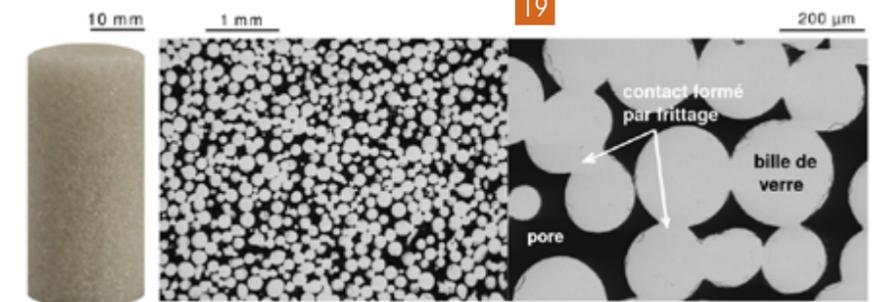
17

CUISINE AU LABO : PRÉPARER DES ROCHES DE SYNTHÈSE À PARTIR DE BILLES DE VERRE

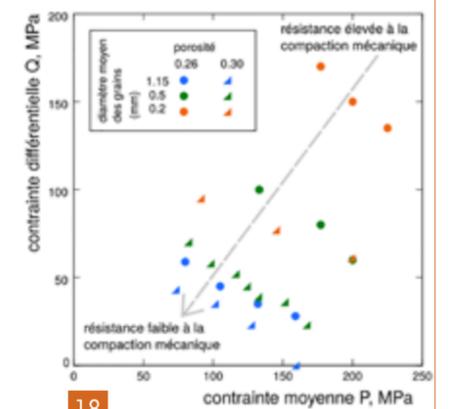
Les roches poreuses qui forment la partie supérieure de la croûte terrestre sont soumises à des conditions de pression dans lesquelles elles se déforiment par compaction, c'est-à-dire par réduction de leur porosité. Notre compréhension du processus de compaction découle principalement d'expériences de laboratoire menées sur des échantillons de roches naturelles. Or, comme la structure interne des matériaux naturels est complexe, étudier l'influence de paramètres microstructuraux spécifiques tels que la porosité ou la taille des grains sur la compaction mécanique des roches est limité. Pour s'affranchir de la variabilité naturelle des roches, nous avons mené des études sur des roches de synthèse. Celles-ci sont préparées en laboratoire par frittage (processus d'agglomération par chauffage) de billes de verre, analogues aux grains de quartz issus de l'érosion qui constituent de nombreuses roches naturelles, en proportions variables. Lorsqu'elles sont exposées à une température supérieure à la température de transition du verre, les billes se comportent de manière visqueuse et fusionnent progressivement les unes avec les autres. Le frittage permet ainsi de reproduire la réduction de porosité associée au processus de diagenèse par lequel les roches sédimentaires se forment. Nous avons mené des tests de compression sur des échantillons synthétiques de porosité et de taille des grains contrôlées et parfaitement connues. En

augmentant la pression uniformément dans toutes les directions sur les roches synthétiques, une pression seuil, caractéristique de la résistance de la roche, est atteinte. Au-delà de cette pression, les roches synthétiques se compactent de façon soudaine et très importante. Lorsqu'une contrainte différentielle est imposée aux roches synthétiques, des bandes de grains au sein desquelles la porosité est plus faible sont observées, on parle de bandes de compaction. Les expériences menées nous ont permis de montrer que la porosité et la taille des grains exercent un contrôle au premier ordre sur la capacité des roches synthétiques à résister à la compaction. De plus, nos échantillons synthétiques sont d'excellents analogues des roches naturelles telles que les grès et les tufs. Nos résultats présentent donc une multitude d'applications, de la compaction et subsidence des réservoirs aux instabilités de pente des volcans.

Lucille Carbillat



19



18

Illustrations :

[18] Influence de la porosité et de la taille des grains sur la résistance à la compaction mécanique. Toutes choses égales par ailleurs, plus la taille des grains de la roche synthétique est élevée, plus sa résistance à la compaction mécanique est faible.

[19] Echantillon de roche de synthèse : vue à l'œil nu (gauche) et observation de la microstructure au microscope électronique à balayage (droite).

AGENDA SCIENTIFIQUE

Meeting final du projet ANR Hydrocrysztio

14 et 15 septembre 2021 à l'Eost.

9th European Geothermal Workshop (EGW 2021)

23 et 24 septembre 2021. Formule hybride à Karlsruhe (Allemagne) et en visioconférence. geothermics.agw.kit.edu/english/EGW2021.php

First OZCAR - TERENO International Conference – Advancing Critical Zone Science

5 et 7 octobre 2021. Formule hybride à Strasbourg et en visioconférence. ozcartereno2020.sciencesconf.org

15ème journées d'étude des milieux poreux

26 et 27 octobre 2021. Formule hybride à Strasbourg et en visioconférence. jemp2021.sciencesconf.org

Rencontres scientifiques et techniques Résif 2021

15 au 18 novembre 2021 en Alsace. rst-resif-2021.sciencesconf.org



20

Après avoir réalisé ma thèse entre l'Université de Strasbourg et l'Université Libre d'Amsterdam de 2011 à 2014 sous la direction de Pavla Štířpská, Gianreto Manatschal et Jan Wijbrans, j'ai effectué un premier post-doctorat à Strasbourg (2015). J'ai ensuite rejoint le groupe de pétrologie de l'Université de Lausanne pour un second post-doctorat (2016-2018) avant de revenir à Strasbourg pour la fin du projet (2018-2019). J'ai été recruté en 2019 en tant que maître de conférences de l'Université de Strasbourg, où mes activités se partagent entre l'enseignement à l'Eost et la recherche à l'ites (équipe GéOLS).

Ma recherche s'intéresse à la formation et à l'évolution de la croûte continentale moderne (phanérozoïque), en particulier dans les contextes extensifs, qu'ils interviennent directement à la fin d'une phase orogénique, ou qu'ils soient associés à des rifting continentaux. Ces événements vont participer de manière active à la croissance des continents et à leur différenciation (composition chimique, propriétés physiques) par une combinaison entre magmatisme, métamorphisme et déformation. Je cherche notamment à comprendre comment les magmas produits par la fusion partielle mantellique évoluent et quels sont les couplages mécaniques, chimiques et thermiques avec les roches encaissantes au cours de leur ascension au travers de la croûte continentale. Au grand

maximum, seulement un tiers du volume des liquides magmatiques produits trouvent leur chemin jusqu'à la surface de la Terre : une grande partie de leur histoire évolutive reste profondément enfouie. Ceci appelle donc à travailler dans les parties les plus profondes de la croûte (>10 km) et de manière intégrative, en couplant des méthodes quantitatives de géologie structurale (cartographie, photogrammétrie, imagerie 3D d'échantillons par micro-tomographie à RX) à des outils de pétrologie magmatique et métamorphique (analyse des textures, géochimie, modélisations thermodynamiques), en se basant avant tout sur le travail de terrain. Les zones d'étude ne sont pas légion : quelques affleurements de roches continentales profondes (Alpes, Pyrénées, Calabre, Corse), des échantillons arrachés et remontés en surface par un volcanisme plus récent (p. ex., xénolithes dans le Massif Central) ou bien échantillonnés par des forages scientifiques continentaux profonds (ICDP-DIVE: Drilling the Ivrea Verbano zone, pour lequel je suis co-investigateur principal), ainsi que diverses mesures obtenues grâce à la géophysique. J'aborde également les implications qu'ont ces processus géodynamiques pour les propriétés physiques et mécaniques de la lithosphère continentale, notamment pour la formation des marges passives : j'ai pu en effet démontrer que la présence de corps magmatiques plaqués à la base de la croûte continentale joue un important rôle de facilitateur d'amincissement de la lithosphère.



21

Photos >

[20] Devant the Storr, île de Skye, Écosse. © A. Roche

[21] Étude attentive d'une bronzite (pyroxénite) des unités de la base du complexe igné de Stillwater, Montana, États-Unis. © T. Mattsson

BENOÎT PETRI, AUTO-PORTRAIT

maximum, seulement un tiers du volume des liquides magmatiques produits trouvent leur chemin jusqu'à la surface de la Terre : une grande partie de leur histoire évolutive reste profondément enfouie. Ceci appelle donc à travailler dans les parties les plus profondes de la croûte (>10 km) et de manière intégrative, en couplant des méthodes quantitatives de

Mes activités d'enseignement au sein de l'EOST s'appuient sur mes thématiques de recherche : je suis impliqué dans les enseignements qui ont trait à la pétrologie endogène (cristallographie, minéralogie, pétrologie, ressources minérales), ainsi qu'à la tectonique et la géodynamique. Cet enseignement concerne un public varié comprenant à la fois les cursus Licence-Master des Sciences de la Terre, des SVT et la préparation au professorat des écoles. À l'enseignement en salle s'ajoute un enseignement sur le terrain, démarche indispensable à la formation de futurs spécialistes des sciences de la Terre (par exemple, stage de pétrologie magmatique du Massif Central en 3e année de Licence Sciences de la Terre).

Par ailleurs, je suis fortement impliqué dans les activités de l'association de médiation scientifique autour des géosciences Gé-P-To depuis ses débuts. Ceci comprend la conception et la présentation d'ateliers pédagogiques proposés dans le cadre de la bourse aux minéraux de Sainte-Marie-Aux-Mines, ainsi que l'encadrement de plusieurs excursions de terrain que l'association organise avec des étudiants toujours aussi motivés. Cette année, nous irons dans le Sud des Vosges début juin pour étudier le magmatisme dévono-carbonifère (du Balon d'Alsace au Molkenrain) !

Benoît Pétri

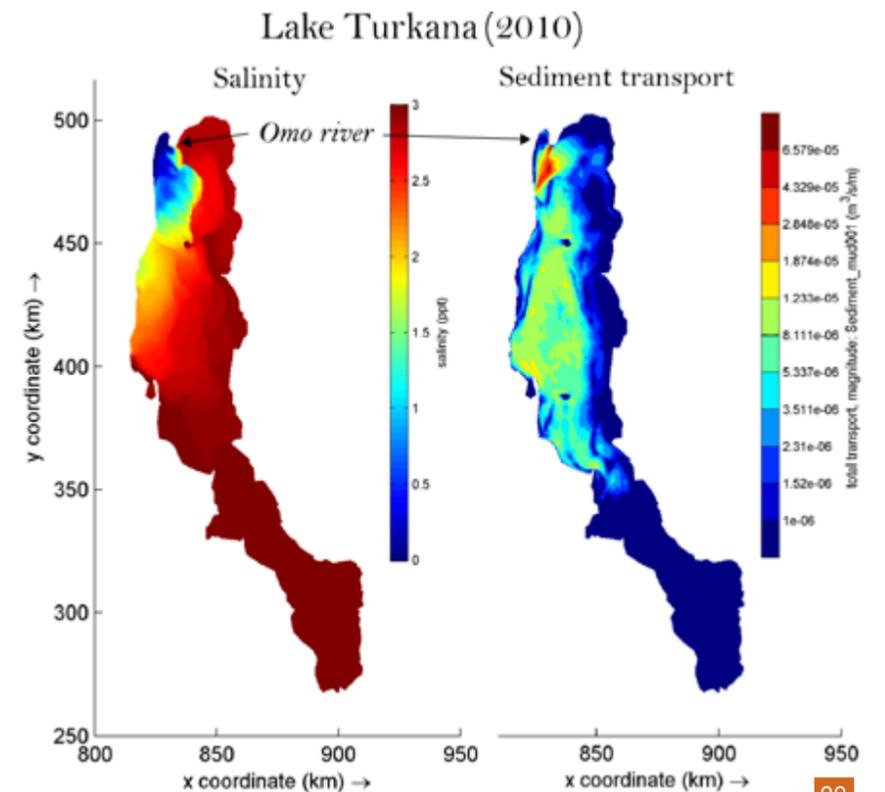
UN NOUVEAU POST-DOCTORANT À L'ITES

LAKE3D - DÉVELOPPER UN MODÈLE NUMÉRIQUE POUR SIMULER L'HYDRODYNAMIQUE SÉDIMENTAIRE DANS LES LACS

Le groupe de sédimentologie de l'ites accueille Florin Zainescu, un jeune chercheur post-doctorant recruté grâce au soutien financier de l'appel à projets "Idex 2020 Attractivité - Chercheurs post-doctoraux".

Dans le cadre de sa recherche doctorale (thèse en cotutelle entre les universités de Bucarest et d'Aix-Marseille, soutenue en 2019) Florin a étudié l'évolution récente des embouchures du Delta du Danube. C'est un spécialiste des systèmes sédimentaires deltaïques, zone complexe d'interaction entre les dynamiques fluviale et littorale. Florin a intégré en janvier 2021 le projet "Lake3D" dont l'objectif est de développer à Strasbourg la modélisation numérique de l'hydrodynamique dans les grands lacs, avec un intérêt particulier pour les processus de transfert, dispersion et dépôt des sédiments détritiques apportés par les rivières. Lake3D a pour ambition de développer et de promouvoir l'utilisation d'un modèle numérique de simulation de l'hydrodynamique sédimentaire spécifique aux lacs. Delft3D est un logiciel professionnel en open source développé au cours des dernières décennies par le génie côtier hollandais. Il est en cours d'adaptation pour les lacs afin de générer des projections de leur fonctionnement et de leur évolution (e.g., mobilité du trait de côte, régime de vagues et courants) en réponse à divers forçages (e.g., régime des vents, apports sédimentaires, tranche d'eau). Pour ce faire, Lake3D s'appuie sur un nouveau partenariat, mis en place grâce à un coup de pouce décisif du programme PHC Van Gogh, avec l'Université de Delft et avec l'institut Deltares qui développe le logiciel. La participation de collègues des universités d'Aix-Marseille, de Montpellier, Cologne et Melbourne apporte à ce groupe de recherche à la fois des expertises interdisciplinaires complémentaires (e.g., géomorphologie littorale) et de nouveaux cas d'étude (e.g., Lac Eyre).

L'objectif de Lake3D est d'établir un modèle robuste et fiable à partir de données concernant des lacs anciens et actuels.



22

Ceci permettra notamment d'apporter une approche prédictive afin d'explorer le futur proche des ressources en eau, liquide et directement accessible à la surface de la Terre, dans le contexte des changements globaux en cours. Le devenir à court terme des lacs des zones arides et semi-arides du globe s'avère tout particulièrement incertain, en raison de leur extrême sensibilité à la variabilité climatique et aux diverses pressions d'origine anthropique. Les quasi-disparitions du Lac Tchad (anomalies de pluviométrie sur le Sahel dans les années 1970) et de la Mer d'Aral (détournement de ses principaux tributaires à des fins d'irrigation) illustrent dramatiquement la grande vulnérabilité des lacs et des socio-écosystèmes associés et soulignent la nécessité d'en comprendre le fonctionnement pour mieux les protéger.

Mathieu Schuster, Florin Zainescu

Illustration > [22] Modélisation de la propagation de la crue annuelle et du panache turbide du fleuve Omo dans le Lac Turkana (Éthiopie et Kenya, Rift Est-Africain), illustrée ici avec une carte de variation de la salinité (à gauche) et une carte de transport sédimentaire (à droite). Simulations réalisées par F. Zainescu avec DELFT3D.



FESTIVAL LE MOIS KRÉYOL : FOCUS SUR LE CHLORDÉCONE

Le festival Le Mois Kréyol est un festival unique où la danse peut rencontrer la science. Sa 3ème édition aura lieu à Strasbourg entre le 25 octobre et le 14 novembre et fera appel à des chercheurs de l'Iles.

Pour la cinquième année consécutive, le festival Le Mois Kréyol se déroule du 9 octobre au 27 novembre 2021 à Paris et Ile-de-France, à Strasbourg, à Mulhouse, à Nantes, à Bordeaux, à La Réunion, en Guadeloupe, en Guyane, en Martinique... Ce festival pluri-disciplinaire offre au public divers évènements : spectacle de danse, concert, rencontre d'écrivains, tables rondes scientifiques et littéraires.

Le festival fait appel à des scientifiques pour la partie « table ronde ». Cette année la compagnie Difé Kako met en effet l'accent sur la pollution des sols aux Antilles, notamment par le pesticide ultra-toxique longtemps utilisé dans les bananeraies

antillaises alors qu'il était interdit partout ailleurs : le chlordécone.

Gwenaél Imfeld, chercheur à l'Iles dans l'équipe Biogéochimie isotopique et expérimentale, a contribué à une étude qui a montré que le chlordécone se dégrade dans les sols antillais, conduisant à la libération progressive dans l'environnement de quantités importantes de produits de transformation au devenir et à la toxicité encore inconnus (voir Lettre de l'Eost n° 34 de février 2020). Il participera à cette table ronde, ainsi que Maire-Claire Pierret, chercheuse et responsable de l'Observatoire hydrogéochimique de l'environnement (OHGE) de l'Eost.

Le programme est en cours d'élaboration. Toutes les informations seront mises en ligne sur le site du festival.

Le site du festival : lemoiscreyol.fr

ROCHES ET FOSSILES D'ALSACE, UNE EXPOSITION SUR LE TRIAS ALSACIEN AU CŒUR DES VOSGES DU NORD

L'exposition Roches et Fossiles d'Alsace présentée au Château de Lichtenberg fermera ses portes cet été.

Mise en place durant l'été 2014, cette exposition traite de l'évolution des paysages en Alsace entre -250 et -200 millions d'années, au cours du Trias. Ce voyage dans le temps est illustré par une cinquantaine de roches et fossiles issus des collections de l'Eost. Il est détaillé grâce à dix panneaux pédagogiques et a bénéficié d'une création graphique personnalisée. Ce parcours pédagogique est également adapté au public scolaire et un livret permet aux plus jeunes de mener l'enquête pour découvrir certaines particularités du Trias alsacien.

L'exposition est accessible à toute personne visitant le château : depuis 2014, ce sont en moyenne 20 000 personnes qui ont profité chaque année de ce voyage dans le temps ! L'exposition sera visitable au Château de Lichtenberg jusqu'au mois d'août 2021. C'est également l'occasion de profiter d'un lieu dont l'histoire est parfaitement valorisée et situé au cœur du Parc naturel régional des Vosges du Nord.

Contact : Kevin Janneau



23

Photos > © Château de Lichtenberg

[23] La salle d'exposition

[24] Le château de Lichtenberg



24