

# LA LETTRE DE L'ÉOST

N41 JUN 2022

LETTRE D'INFORMATION  
DE L'ÉCOLE ET OBSERVATOIRE  
DES SCIENCES DE LA TERRE  
[eost.unistra.fr](http://eost.unistra.fr)

 École et observatoire  
des **sciences de la Terre**  
de l'Université de Strasbourg  
et du 

## SOMMAIRE

## Vie de l'Eost

interview de J.F. Girard 3  
Déménagement des laboratoires de géochimie 4

## Formation

Nouveaux masters internationaux 5  
Bilan UFAZ 6  
Projet Mikrosiler 6

## Observatoires

Eruption du Hunga-Tonga 7  
Vêlage du glacier Astrolabe 8  
Projet Envirosiences Pyrénées 9  
Géothermie profonde à Strasbourg 10

## Recherche

Projet Sipazoc 11  
Deep neural networks 12  
Mike Heap membre junior IUF 13  
Intervention ITES au Comifer 2022 13

## Grand public

Le Mont Brézou'art 14  
Ma thèse en 180 secondes 15  
Collections de paléontologie 16

## CHÈRES ET CHERS COLLÈGUES,

Cet éditorial est le dernier que j'écris. Mon second et dernier mandat arrive en effet à son terme le 31 août. C'est l'heure de faire un bilan.

En 10 ans, l'Eost a beaucoup évolué, tout d'abord en élargissant son offre de formation. Les cursus de l'école d'ingénieur en géophysique, de la licence Sciences de la Terre et du master Sciences de la Terre et des Planètes, Environnement, centrés sur les Sciences de la Terre et de l'Environnement, ont été complétés par la double licence Physique-Sciences de la Terre, la licence Plurisciences et deux parcours de licence Sciences pour la Santé, ainsi que la licence et le master de l'UFAZ à Bakou. L'Eost compte aujourd'hui plus de 600 étudiants. Le maintien de nos effectifs d'enseignants-chercheurs, grâce à un soutien constant de l'Université, a permis ces développements. L'Eost a aussi confirmé son rôle important dans les services nationaux d'observation (SNO). Pilote de six SNO, et partenaire de cinq, elle a participé à leur structuration nationale au sein des infrastructures de recherche Résif et Ozcar. L'Eost a porté le développement du RLBP (réseau sismologique large bande permanent), le premier réseau sismologique à couvrir l'ensemble du territoire. Elle a aussi contribué à la naissance de ISDeform, un SNO dédié à l'exploitation des données satellitaires d'observation de la Terre. Côté recherche, l'Eost a accompagné la fusion de ses deux laboratoires vers un laboratoire unique, l'Institut Terre et Environnement de Strasbourg. Au cours de cette décennie, la valorisation de nos musées (sismologie et minéralogie) ainsi que des collections de paléontologie s'est largement développée grâce à une collaboration très étroite et fructueuse avec le Jardin des Sciences de l'Université. Chacun à sa juste place, le JdS et l'Eost ont réussi à faire vivre ce patrimoine, grâce à du personnel dédié et renouvelé. Enfin, 10 ans, c'est le temps qu'il nous aura fallu pour finaliser le projet G2EI et ses deux bâtiments, celui de la rue Descartes, déjà opérationnel pour la recherche et les observatoires, celui de la Manufacture pour l'enseignement, que nous investirons progressivement à partir de cet automne.

Mais en 10 ans, il n'y a pas que l'Eost qui a évolué. Le Monde entier a beaucoup changé, et particulièrement celui des géosciences, du fait des transitions énergétiques et écologiques et du changement climatique. Mon principal regret est d'avoir probablement été trop lent dans la prise en compte de cette évolution majeure, qui impacte non seulement les débouchés de nos étudiants, mais aussi leur appétence pour nos métiers. Cependant, forts de l'ITI Géot (Institut Thématique Interdisciplinaires – Géosciences pour la transition Énergétique) ainsi que de la Fered (Fédération de recherche en environnement et durabilité), tous les deux portés par des chercheurs de l'Eost, nous avons les moyens d'évoluer rapidement pour attirer des étudiants dans nos filières et leur proposer des débouchés à la hauteur de leurs compétences. C'est le travail fondamental à mener dans les années qui viennent !

Diriger l'Eost pendant 10 ans a été une charge lourde, mais passionnante. J'ai appris beaucoup, rencontré et travaillé avec de nombreuses personnes formidables, découvert les arcanes de l'Université et du CNRS. Je me suis passionné pour de nouveaux sujets, comme la sismicité de la France, j'ai initié des projets étonnants comme l'Ufaz et me suis transformé à l'occasion en juge de projets architecturaux. Bref, 10 ans d'une très belle aventure.

Pour finir quelques remerciements, à ceux qui ont pris de lourdes responsabilités à mes côtés, Alessia Maggi, directrice adjointe en charge de l'enseignement, Jérôme Vergne, directeur adjoint en charge des observatoires, Florence Beck, directrice des études, Gwénaél Imfeld, responsable de la commission recherche, qui a fortement œuvré lors de la fusion des laboratoires ; à ceux à l'université et au CNRS qui nous ont soutenu, notamment les successifs VP RH de l'Université et Directeurs adjoints scientifiques du CNRS ; à l'ensemble des responsables de filières d'enseignement qui œuvrent pour la réussite de nos étudiants ; à l'ensemble du personnel technique et administratif qui font la force de l'Eost ; aux rôleurs, nombreux, qui obligent à se poser des questions et enfin à mes collègues chercheurs (Cécile Doubre, Jean-Philippe Malei, Jean Schmittbuhl, Jacques Hinderer) et ingénieurs (Patrice Ulrich, Jean-Daniel Bernard) grâce à qui j'ai pu poursuivre mes activités de recherche en dépit d'une disponibilité restreinte.

Mes encouragements les plus sincères à la nouvelle équipe qui prend le relais, avec des anciens pour l'expérience, et des nouveaux pour l'enthousiasme. Bon courage à eux !

Frédéric Masson, directeur de l'Eost

INTERVIEW DE JEAN-FRANÇOIS GIRARD,  
FUTUR DIRECTEUR DE L'EOST

La candidature de Jean-François Girard a été retenue lors du conseil de l'EOST du 30 mai, au poste de Directeur de l'Eost. Il prendra la suite de Frédéric Masson, dont le second et dernier mandat se termine le 31 août prochain. Cette nomination doit être validée par le Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche via publication au Journal officiel. Son mandat prendra effet le 1er septembre 2022. Il répond à quelques questions pour les lecteurs de la Lettre de l'Eost.



Jean-François Girard (selfie)

## Quel est ton parcours de formation et professionnel ?

J'ai obtenu un diplôme d'ingénieur de l'Eost puis réalisé une thèse de doctorat à Strasbourg sur l'imagerie géoradar. Recruté en 2003 par le BRGM à Orléans, j'ai travaillé au Service risques jusqu'en 2012, avant de rejoindre la Division géothermie, utilisant l'électromagnétisme pour l'exploration et le suivi de réservoir pour le stockage géologique du CO2.

En charge du programme de recherche sur la méthode basée sur la résonance magnétique protonique (RMP) pour l'étude de l'eau souterraine, j'ai aussi travaillé sur la caractérisation du proche sous-sol pour le transfert de polluants et les ressources en eau (cf. HDR, 2010).

J'ai rejoint l'Eost en 2015 comme professeur, membre de l'équipe Géophysique expérimentale. J'enseigne principalement les méthodes de prospection géophysique en Master et à l'école d'ingénieur de l'Eost.

## Quels sont tes sujets de recherche à l'Eost ?

Je travaille sur l'imagerie électromagnétique à basse fréquence: porteur du projet ANR ExCITING (2017-2022), je suis également impliqué dans l'ITI GeoT (Géosciences pour la transition énergétique). J'ai aussi continué mon travail sur la caractérisation de la proche surface (méthodes RMP, électrique et géo-radar) au sein de l'infrastructure de recherche Ozcar pour la modélisation des aquifères ou l'étude des paléo-environnements. J'ai co-dirigé 3 thèses depuis 2015.

## Quelles ont été tes missions d'intérêt général depuis ton arrivée ?

Je suis responsable de la 3ème année de l'école d'ingénieur depuis 2016. Concernant les plateformes, je suis responsable du parc national instrumental magnéto-tellurique Emmob. J'ai été directeur-adjoint du Labex G-Eau-thermie de 2015 à 2020. Elu au conseil de l'ites en 2020, je suis membre du comité de perfectionnement de l'Eost et du bureau de l'OHGE.

## Quels sont, d'après toi, les atouts et points faibles de l'Eost ?

L'Eost bénéficie de l'aura de Strasbourg en tant que capitale européenne et du soutien fort d'une grande université. Nos formations et les axes de recherche sont en lien avec les transitions en cours (énergie, climat, ressources, risques) et l'Eost tient un rôle majeur dans les services nationaux d'observation du CNRS-Insu. L'Eost dans son ensemble rayonne aussi grâce à ses nombreuses collaborations nationales et internationales, et son réseau d'alumni.

Je vois plusieurs défis à relever dans les prochaines années, liés notamment au large spectre des missions de l'Eost: il faut s'organiser pour que chacun puisse travailler sereinement.

## Quelle organisation comptes-tu mettre en place à ton arrivée ?

Je compte poursuivre le travail engagé par l'actuelle direction avec le soutien de trois directeurs-adjoints et du responsable administratif, Abderrahman Bellahcene. Anne-Désirée Schmitt sera en charge des formations, de la commission enseignement et

des relations avec l'université. Florence Beck restera directrice des études de l'école d'ingénieur et sera chargée du pôle Manufacture et de la vie étudiante. Jérôme Vergne poursuivra son mandat de directeur adjoint de l'UAR 830 plus spécifiquement en charge des observatoires.

Plus globalement je continuerai à m'appuyer sur l'ensemble des personnels qui permettent aujourd'hui à notre structure de fonctionner dans de bonnes conditions et sur tous ceux qui souhaiteraient s'engager plus avant dans des tâches collectives.

## Quels sont les chantiers prioritaires ?

Réussir la migration des enseignements à la manufacture: cela signifie donner à tous les moyens de bien travailler dès l'emménagement dans ce lieu exceptionnel en bonne intelligence avec l'ENGEEES et la Haute Ecole des Arts du Rhin. Il nous faudra aussi gérer le renouvellement de la certification de l'école d'ingénieur par la CTI, la nouvelle offre de formation des Licences et Master en 2024, etc...

Pour l'UAR il faudra finaliser sa structuration, et pour les observatoires continuer à assurer nos missions en proposant des données et produits de qualité correspondants aux besoins des utilisateurs. Il nous faudra s'adapter aux rapides évolutions des infrastructures de recherche, en particulier sur le numérique (Data-Terra), qui sont devenues la colonne vertébrale de la recherche française. Les plateformes, les musées et les services communs de l'EOST sont aussi des briques importantes qu'il faudra continuer à soutenir.

Enfin je souhaite continuer à travailler de concert avec l'ites, notamment en s'appuyant sur des projets transverses comme l'ITI GeoT et la FERED, et être présents dans les programmes et équipements prioritaires de recherche (PEPR).

Propos recueillis par  
Véronique Bertrand

Liens :

[ites.unistra.fr/recherche/equipes/ge-perso/jean-francois-girard](https://ites.unistra.fr/recherche/equipes/ge-perso/jean-francois-girard)  
HDR : [tel.archives-ouvertes.fr/tel-00472209/en](https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00472209/en)

Thèse de doctorat : [tel.archives-ouvertes.fr/tel-00135945/fr/](https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00135945/fr/)  
Projet ANR ExCITING : [exciting.unistra.fr/](https://exciting.unistra.fr/)

DIRECTEUR DE LA PUBLICATION Frédéric Masson  
REALISATION Véronique Bertrand  
IMPRESSION Imprimerie DALI / Unistra  
PHOTO DE COUVERTURE Spectromètre de masse à thermo-ionisation de l'Eost © A.-D. Schmitt

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

N41 JUIN 2022



VIE DE L'EOST

## DÉMÉNAGEMENT DES LABORATOIRES DE GÉOCHIMIE

La dernière phase du déménagement de la plateforme d'analyses chimiques et isotopiques (PACITE) de la rue Blessig dans le nouveau bâtiment de l'Eost s'est déroulée en février 2022. Cette plateforme, labellisée en décembre 2021 par le réseau Cortecs de l'Université de Strasbourg, permet de préparer des échantillons solides ou liquides (en salle de chimie ou en salle blanche\*) pour des analyses de concentrations et de compositions isotopiques (isotopes stables, radiogéniques, cosmogéniques, composés spécifiques). Elle concentre ainsi un ensemble de compétences analytiques et instrumentales rarement disponibles dans un même laboratoire. PACITE est un des atouts de l'Institut Terre et environnement et de l'Eost, que son intégration au sein d'un même bâtiment ne fait que renforcer. Les moyens analytiques disponibles permettent de tracer la source de matériaux (eaux, sols, plantes, minéraux, sédiments, polluants...), leurs mélanges dans le milieu naturel, d'identifier les mécanismes de transferts sous-jacents, d'en quantifier les temps caractéristiques ou d'estimer des âges d'exposition, dans des domaines variés relevant des Sciences de la Terre, de l'Univers et de l'Environnement. Elle fonctionne grâce à l'implication à temps plein de huit ingénieurs et techniciens, en plus de l'im-

plication à temps partiel de chercheurs et enseignants-chercheurs. Les utilisateurs de la plateforme sont des étudiants stagiaires, des doctorants, des post-doctorants, des ingénieurs, techniciens, chercheurs, enseignants-chercheurs des différentes équipes de l'Institut Terre et environnement (BISE, DA, GEOLS, TRhyCo...), des observatoires de l'Eost (OHGE notamment) ainsi que de laboratoires extérieurs (collaboration ou prestation).

Le déménagement des laboratoires de géochimie élémentaire et de biogéochimie a eu lieu lors de la première phase du déménagement de la rue Blessig, à l'été 2021. Cette étape a impliqué le travail de plus de trois techniciens et ingénieurs à plein temps pendant près d'un mois. Le déménagement des équipements de géochimie élémentaire et isotopique a nécessité une logistique lourde impliquant l'utilisation d'une grue, le démontage d'une fenêtre du 4ème étage du nouveau bâtiment, et la présence des ingénieurs de l'entreprise *ThermoFisher Scientific*. Ces contraintes ont reporté la programmation du déménagement à décembre 2021, mais ce fut plus long que prévu ! Une première tentative a eu lieu en janvier 2022. Elle a dû être reportée en raison d'une panne de l'ascenseur vétuste de la rue Blessig ! Ce n'est un mois plus tard que le déménagement des spectromètres de masse a pu être achevé. Ils sont opérationnels depuis fin mars 2022. La mise en route des salles de chimie est, par contre, compliquée en raison de problèmes de



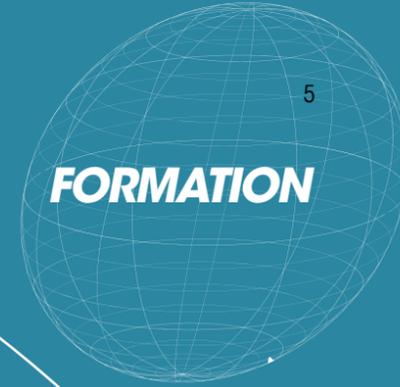
non-conformités qui ne peuvent être résolus que progressivement. Néanmoins, bien que leur fonctionnement ne soit pas encore optimal, les premières séparations chimiques sont en cours dans les salles blanches, augurant d'une reprise prochaine de l'activité complète des laboratoires. Après plusieurs mois d'arrêt il est agréable de reprendre le chemin des laboratoires pour de nouvelles aventures.

Anne-Désirée Schmitt

\* Salle blanche : Pièce où la concentration de particules est maîtrisée pour minimiser toute contamination

Plateforme Pacite : [https://ic.cx/\\_NjPPW](https://ic.cx/_NjPPW)

PACITE : 3 M€ d'équipements, ~ 150k€/an de coût de fonctionnement. La plateforme regroupe les unités analytiques de géochimie des eaux, de spectrométrie GC/MS et LC/MS triple quad, de spectrométrie isotopique et gamma et de géochronologie des cosmonucléides  
Photos > Spectromètre de masse à thermo-ionisation (TIMS-Triton) © A.-D. Schmitt  
[1] et [2] en cours de déménagement, [3] à nouveau opérationnel.



FORMATION

## UNE FORMATION INNOVANTE CONSACRÉE AUX ÉNERGIES RENOUVELABLES À L'EOST

L'Eost proposera dès la rentrée universitaire 2022-2023 un parcours de master international dans le périmètre de l'Institut thématique interdisciplinaire « géosciences pour la transition énergétique ». Ce nouveau parcours du master Sciences de la Terre et des Planètes, Environnement (STPE) introduira un lien très fort entre l'enseignement et la recherche effectuée notamment à l'Institut Terre et Environnement de Strasbourg (Ites - UMR7063). Il s'appuiera également sur une convention de partenariat avec l'IFP School (Institut Français du Pétrole Energies Nouvelles).

Cette nouvelle filière de master s'appuie fortement sur l'école d'ingénieurs de l'Eost seule école d'ingénieurs en géophysique (fondée en 1921) au niveau national. Les connaissances et compétences en géophysique (sismique, sismologie, physique des roches, etc.) peuvent être directement appliquées aux métiers en lien avec la transition énergétique. Les liens forts entre l'école d'ingénieur et le master Géosciences pour la transition énergétique (GeoT) permettront de tirer parti des ressources existantes en termes d'enseignements en géophysique. En Master 1, 80% des cours seront des enseignements de la deuxième année de l'école qui passeront en anglais. Les cours restants seront assurés par l'IFP School. En Master 2, de nouveaux cours en lien avec la transition énergétique seront introduits (stockage (CO2, H2), monitoring des réservoirs, intelligence artificielle, aspects géochimiques, géologiques et sociologiques de la transition énergétique, modélisation numérique). Ils seront assurés par des enseignants de l'Eost, de l'IFP School, du laboratoire des sciences de l'ingénieur, de l'informatique et de l'imagerie (ICube), du laboratoire interuniversitaire des sciences de l'éducation et de la communication (Lisec) et d'un certain nombre de chercheurs de l'ites, consolidant ainsi les liens entre notre nouvelle formation et les laboratoires de recherche de l'Eost et d'autres compo-



santes de l'université de Strasbourg. Une école de terrain consacrée à la géothermie sera organisée en partenariat avec le KIT (Karlsruhe) et l'Université de Fribourg dans le cadre d'Eucor - Le campus européen. Une grande partie du temps de travail des étudiants sera dédiée à des stages et à des projets, stimulant ainsi les interactions entre l'enseignement et la recherche, tout en introduisant des partenaires industriels. Même si le master GeoT vise clairement à diriger les étudiants vers des thèses, la participation d'industriels tout au long du parcours les mettra en contact avec un large réseau de professionnels, les plaçant ainsi dans des conditions très favorables pour leur insertion professionnelle dans une vaste gamme de carrières après le doctorat. Si un des objectifs du master GeoT est d'attirer de bons étudiants internationaux, il s'agit aussi d'une évolution essentielle pour l'école d'ingénieurs vers la transition énergétique, ce nouveau parcours de master pouvant également être vu comme une « masterisation » de la troisième année. Il représente également une nouvelle opportunité de poursuite d'études pour les étudiants de la Licence Sciences de Terre et de la double Licence Sciences de la Terre-Physique de l'Eost. Ce nouveau parcours de master ITI-GeoT constitue une opportunité unique pour l'Eost et l'Université de Strasbourg de construire une formation innovante consacrée aux énergies renouvelables et de s'affirmer en tant que leader à l'échelle mondiale dans ce domaine.

Florence Beck

Illustration > [4] Le master GeoT : un parcours 100% en anglais. Plaquette réalisée par I. Barbara-Bokeloh (Eost)

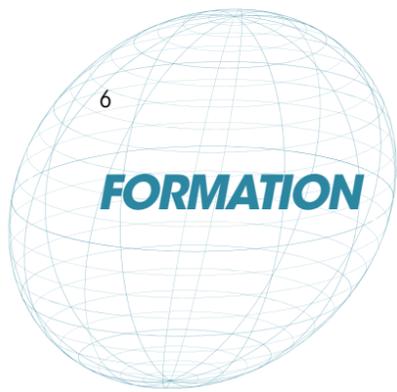
## MASTER INTERNATIONAL CONTINENTAL WATER SUSTAINABILITY

Le projet de préparation d'un nouveau programme de master « MWS - European Master in Continental Water Sustainability » (2022-2024) est soutenue par Eucor, le Campus Européen, dans le cadre du dispositif Seed Money (<https://www.eucor-univ.org/seed-money/>). Ce projet, hébergé par l'EOST, intègre les trois universités Eucor (Strasbourg, KIT et Freiburg) et vise à former une nouvelle génération d'experts avec des compétences interdisciplinaires dans le domaine de la gestion des eaux continentales. Partant du constat que les interactions entre l'humain et son environnement, ainsi que la détection des points de bascule deviennent de plus en plus complexes, les chercheurs de part et d'autre du Rhin sont convaincus que la gestion durable des socio-hydrosystèmes nécessite des spécialistes à la croisée des sciences naturelles, des sciences sociales et des sciences de l'ingénieur. Ce cursus est axé sur les solutions aux problèmes et la pratique et s'appuie sur les coopérations existantes dans la région du Rhin supérieur. Après une première phase de test qui débutera en septembre 2022, les partenaires de projet souhaitent pérenniser le master de deux ans et l'ouvrir à de nouveaux partenaires Eucor.

Gwénaél Imfeld

Contacts:

- Gwénaél Imfeld (Project leader), Université de Strasbourg - [imfeld@unistra.fr](mailto:imfeld@unistra.fr)
- Florian Wittmann, KIT - [florian.wittmann@kit.edu](mailto:florian.wittmann@kit.edu)
- Jan Blöthe, Universität Freiburg - [jan.bloethe@geographie.unifreiburg.de](mailto:jan.bloethe@geographie.unifreiburg.de)



6

FORMATION

## L'UNIVERSITÉ FRANCO-AZERBAIDJANAISE (UFAZ) A 6 ANS !

Il y a six ans, les premiers lycéens azerbaidjaniens passaient le concours d'entrée de l'UFAZ, une toute nouvelle université proposant quatre parcours de Licence, dont l'un en Geophysical / Geoscience Engineering. Cette expérience, conduite conjointement par leur pays et par la France, avait pour objectif de leur permettre de suivre une formation universitaire européenne, sans conditions de revenu (plus que 75% des étudiants de l'UFAZ reçoivent une bourse de l'état azerbaidjanais), tout en restant en Azerbaïdjan. Ils ont eu le courage de tenter cette expérience et de confier leur éducation à des enseignants étrangers pleins d'enthousiasme mais avec une connaissance somme toute limitée du contexte éducatif azerbaidjanais.

Nous avons tous appris énormément les uns des autres ces six dernières années : les étudiants à apprendre sans livre à mémoriser ; les enseignants à gérer des classes vives et hétérogènes ; les responsables des formations à modifier continuellement leurs maquettes pour s'adapter au contexte local ; les coordinateurs (responsables opérationnels) à jongler de mieux en mieux avec les difficultés liées au multiculturalisme et aux lois parfois orthogonales qui régissent l'enseignement supérieur dans les deux pays. Nous avons traversé ensemble la

pandémie Covid-19, avec une bascule au 100% d'enseignement en distanciel qui a duré presque deux fois plus longtemps qu'en France, et une guerre qui a mis à dure épreuve les étudiants, leurs familles et les relations franco-azerbaidjanaises.

Cet été, nous allons diplômé notre troisième cohorte de Licence et notre première cohorte de Master. Sur les étudiants qui ont rejoint les licences UFAZ en 2016 et 2017, toutes filières confondues, 27% ont poursuivi leurs études à l'étranger (majoritairement en Europe), dont 15 étudiants du parcours Geophysical / Geoscience Engineering porté par l'Eost. Parmi les étudiants azerbaidjaniens ayant obtenu des bourses Total pour poursuivre leurs études à l'étranger, plus de 90% sont des étudiants de l'UFAZ. Le retour des étudiants partis à l'étranger est presque unanime : les formations UFAZ sont, certes, très exigeantes par rapport aux autres formations délivrées en Azerbaïdjan, mais elles préparent très bien à poursuivre les études à l'étranger.

C'est encore tôt pour donner des statistiques du devenir des étudiants actuellement en Master, mais bon nombre d'entre eux sont déjà embauchés avant la fin de leur stage de M2 et plusieurs sont en train de candidater sur des thèses, en cotutelle ou pas. Parmi ceux qui choisissent de travailler après le Master, certains demandent déjà à revenir enseigner à l'UFAZ comme enseignants

vacataires (en Azerbaïdjan, un titulaire de Master est autorisé à enseigner en Licence). L'UFAZ a beaucoup évolué depuis ses débuts il y a six ans et va continuer à évoluer dans le futur. Les défis ont aussi évolué : nous cherchons aujourd'hui à instaurer des formations pédagogiques et techniques pour les enseignants azerbaidjaniens afin qu'ils puissent, à terme, prendre une place beaucoup plus importante dans les équipes pédagogiques de l'UFAZ ; à proposer les toutes premières formations de Master par alternance du pays ; à impulser une dynamique de recherche en collaboration avec les autres universités azerbaidjanaises et avec l'académie des sciences d'Azerbaïdjan, en s'appuyant sur le Master et sur les premières thèses de doctorat d'étudiants UFAZ.

Rien de tout cela n'aurait été possible sans le concours de la vingtaine de collègues de l'Eost, enseignants-chercheurs et chercheurs confondus, qui participent à l'aventure UFAZ en y enseignant et en y assumant des responsabilités de parcours et de coordination depuis Strasbourg ou Bakou. Le succès des étudiants de l'UFAZ est aussi le vôtre : bravo à tous !

*Alessia Maggi, responsable opérationnelle « formation » de l'UFAZ et co-responsable du parcours de licence Geophysical / Geoscience engineering.*

## TROIS ÉTUDIANTS DE L'EOST CONTRE LES MICROPLASTIQUES



Depuis maintenant un peu plus d'un an, trois étudiants de l'Eost en licence Sciences de la Terre (Clémence Henri, Gaël Colin, Paul Weber) et une étudiante en Economie à Lille (Angèle Potin) se sont regroupés autour d'un même projet, le projet Mikrosiler.

Partis d'un simple attrait pour les sciences de l'ingénieur et d'une envie de challenge, nous nous

sommes petit à petit intéressés à une pollution d'intérêt croissant depuis 2015, à savoir, les microplastiques. Ces particules, d'une taille inférieure à 5 mm, sont omniprésentes dans nos milieux naturels comme dans nos organismes mais leurs impacts, tant sur la santé que sur l'environnement, sont encore mal compris et, de fait, mal maîtrisés.

On sait que 30 % des microplastiques présents dans les océans

sont d'origine primaire, autrement dit issus des lavages textiles, des cosmétiques ou encore de l'abrasion des pneus, et sont traités en station d'épuration. Mikrosiler est un projet entrepreneurial construit autour de l'invention d'un système technique capable de filtrer et de collecter ces microplastiques en sortie des stations.

Pénalisées par un manque de données, notamment en terme de quantification, les avancées du projet se font à tâtons, au gré des réflexions et des potentielles nouvelles méthodes scientifiques émergeant dans les laboratoires de recherche. Afin de tenter une première quantification basée sur des échantillons d'eau de la station d'épuration d'Achenheim, nous avons réalisé un stage au laboratoire de géochimie de l'ITES. Grâce à l'aide et au soutien de Damien Lemarchand, nous avons pu réaliser des premières quantifications dont le manque de précision nous empêche malheureusement d'arriver à des conclusions fiables. C'est malgré tout une première impulsion concrète pour notre projet, symbole d'une aventure encore longue mais prometteuse.

*Clémence Henri*

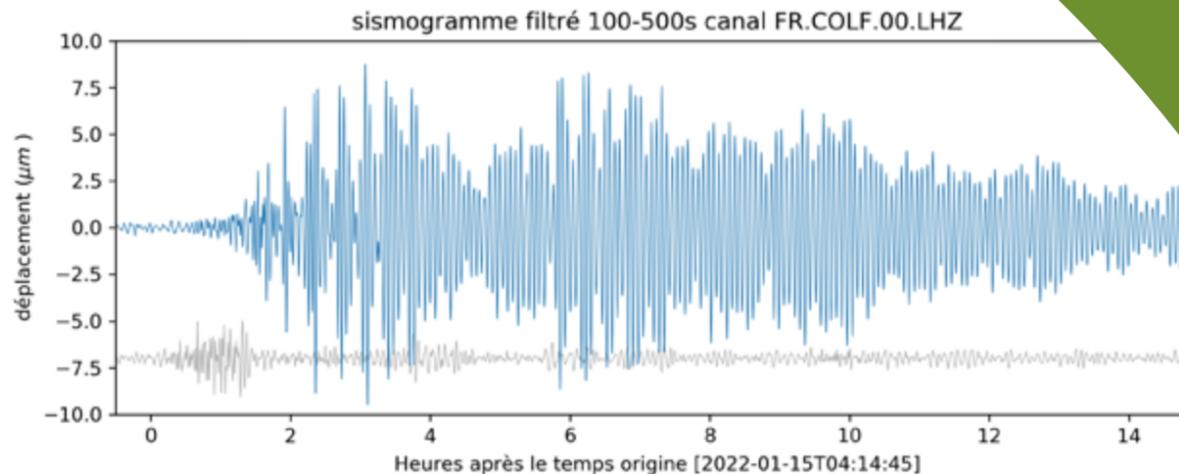


7

OBSERVATOIRE

## ÉRUPTION DU VOLCAN HUNGA TONGA

DES SIGNAUX RARES OBSERVÉS PAR LES STATIONS SISMOLOGIQUES



5

Le 15 janvier 2022 une éruption volcanique de très grande ampleur s'est produite au niveau du volcan Hunga dans les îles Tonga. Elle a produit un très large panache de cendres qui a atteint la stratosphère et dont les images satellites ont été diffusées largement par les médias. Cet événement a également été observé par les stations sismologiques réparties à la surface du globe. Les enregistrements issus des sismomètres large bande, comme ceux équipant les stations du Réseau Large Bande Permanent français (Résif-RLBP), montrent un signal rare qui n'avait été observé qu'à deux reprises dans le passé (dont l'éruption du Pinatubo en 1991). Une onde harmonique de fréquence ~3.7 mHz est très bien visible pendant plusieurs heures [5] et s'explique par le couplage entre la Terre solide et le mode fondamental d'oscillation de l'atmosphère au niveau du volcan [Matoza et al., 2022]. D'autre part, plusieurs stations sismologiques mondiales, dont celles du réseau Geoscope, sont équipées de capteurs de pression permettant de corriger le signal sismique des variations de la pression atmosphérique. Lors de cette éruption, ces capteurs ont enregistré des ondes de gravité et des ondes acoustiques faisant plusieurs fois le tour de la Terre [6]. Cet événement démontre tout l'intérêt de mettre

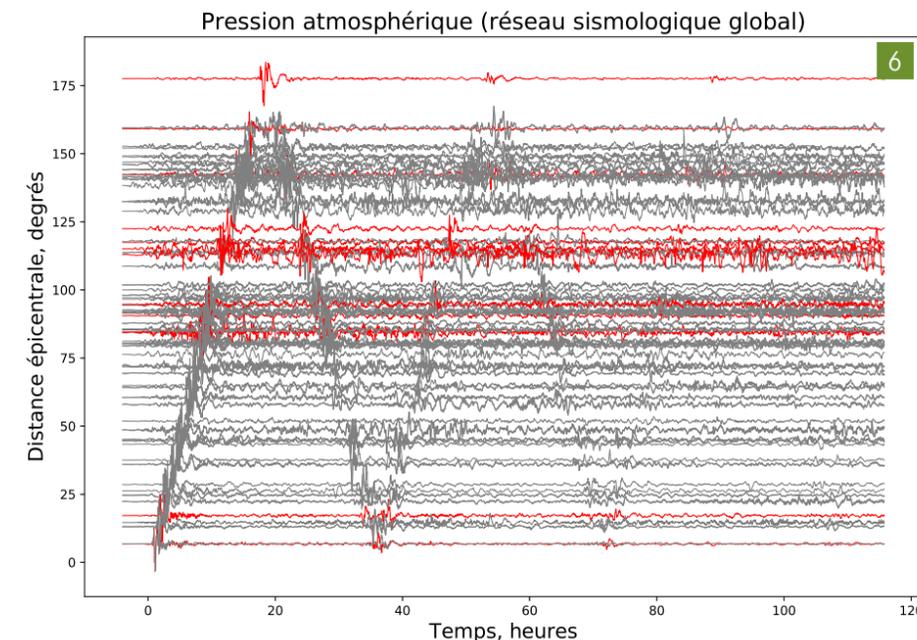
en place des sites multi-instrumentés pour l'étude des phénomènes telluriques et des couplages entre la Terre solide et ses enveloppes fluides. Des initiatives en ce sens sont en cours à l'échelle de Résif-RLBP.

*Jérôme Vergne et Luis Rivera*

Illustrations >

[5] Sismogramme enregistré à la station COLF du RLBP dans les heures suivant l'explosion du volcan Hunga et filtré entre 100 et 500s de période (bleu). Pour

comparaison, sismogramme d'un séisme de magnitude 6.4 dans la même région épiscopentrale (en gris - même échelle mais décalé). Crédit : @J. Vergne  
[6] Séries temporelles de la variation de pression atmosphérique enregistrée à différentes stations sismologiques mondiales (canal LDO), dont celles du réseau GEOSCOPE (en rouge), représentées en fonction de la distance au volcan Hunga. Crédit : @L. Rivera



6



**OBSERVATOIRE**

## COMPRENDRE LE CYCLE DE VÊLAGE DU GLACIER DE L'ASTROLABE, ANTARCTIQUE

La contribution des calottes polaires à l'élévation du niveau de la mer est une préoccupation majeure pour nos sociétés. Une meilleure compréhension de la dynamique globale (par exemple, le bilan de masse et/ou de mouvement de la glace) et locale (par exemple, les processus de crevasses et de vêlage\*, la fonte à la base, les interactions mer-glace) des glaciers littoraux de l'Antarctique est d'une importance capitale pour simuler la réponse de la calotte glaciaire au réchauffement climatique. C'est pourquoi nous avons étudié le glacier de l'Astrolabe (16 km de long, 8 km de large ; [7a]) en Antarctique, situé à proximité de la station scientifique Dumont D'Urville. En janvier 2021, une large fissure a été observée au nord-ouest du glacier, laissant présager un vêlage imminent d'un iceberg d'environ 27 km<sup>2</sup>. Ce

vêlage s'est finalement produit entre le 5 et le 6 novembre 2021 [7f-g]. Le but de notre étude est d'étudier les cycles de vêlage du glacier en utilisant les données satellitaires optiques (Sentinel-2 et Landsat) et les données sismologiques afin de progresser dans la compréhension des mécanismes menant au développement de larges fissures et à leurs ruptures. L'ensemble de données satellitaires optiques ont pu être analysées afin de cartographier l'emprise du glacier au cours du temps [7b-h] de 1989 à novembre 2021. Les données Sentinel-2 ont été utilisées pour mesurer le déplacement du glacier entre 2017 et 2021 [9] en utilisant le service de corrélation d'images ForM@Ter / GDM-OPT-ICE (Provost et al, 2022). Nous avons analysé les données sismologiques en utilisant la technique d'inter-corrélation

à partir de deux signaux références liés à deux épisodes de vêlage : l'un en 2019 à proximité de la station Dumont D'Urville et l'autre correspondant au vêlage survenu en novembre 2021. Les résultats des détections d'événement similaires sont représentés sur la figure [8]. On observe que la partie nord-ouest de la langue du glacier commence à accélérer dès 2018 [9] et atteint une vitesse d'environ 6 mètres par jour en 2021. Les jours où l'on détecte le plus de signaux sismologiques de vêlage coïncident avec les variations de surface et de distance cartographiées à partir des données satellitaires [7]. Il semble que le cycle de vêlage du glacier de l'Astrolabe soit d'environ trois ans entre 2010 et 2020. L'événement de vêlage de 2021 présente a priori des caractéristiques particulières, de par l'avancée exceptionnelle du glacier (~45 km<sup>2</sup> de surface) et son occurrence relativement précoce au début de l'été austral.

**Floriane Provost, Jean-Philippe Malet et Dimitri Zigone.**

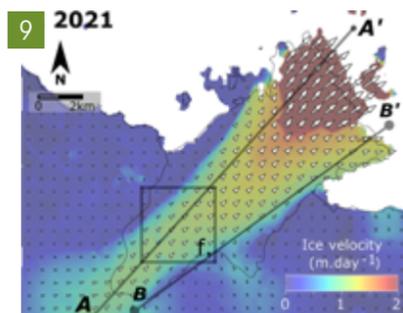
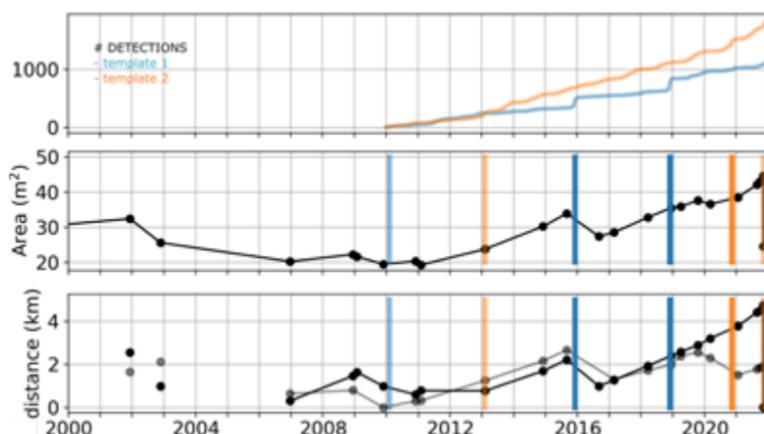
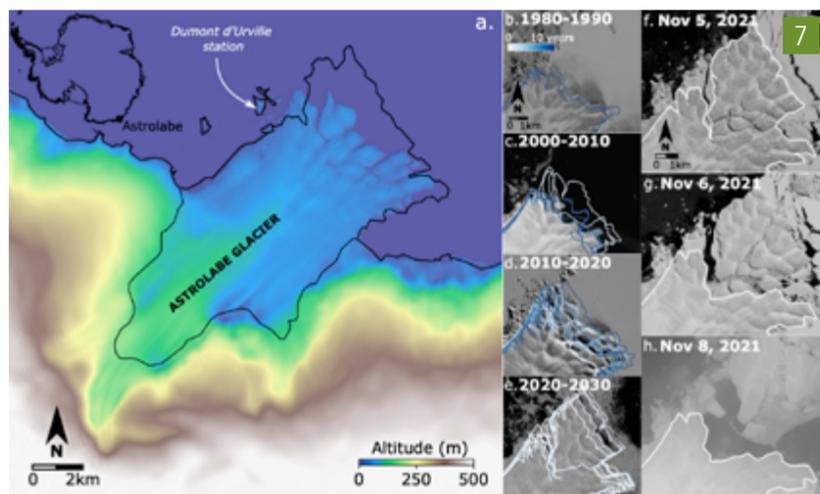
\*Vêlage : détachement d'une partie du glacier

Illustrations >

[7] Localisation du glacier de l'Astrolabe (a). Évolution de l'emprise du glacier cartographié à partir des données Sentinel-2 et Landsat de 1989 à 2021 (b, c, d) et lors du vêlage de novembre 2021 : e. image Sentinel-2 du 5 novembre 2021, f. image Landsat-8 du 6 novembre 2021 et g. image Sentinel-2 du 8 novembre 2021.

[8] Nombre de détections d'événements sismologiques similaires aux événements de vêlage de 2019 (template 1) et 2021 (template 2). Évolution de l'aire du glacier (milieu) et de la distance du front du glacier (bas), pour les profils AA' et BB' (Figure 2). Les barres colorées correspondent aux jours pour lesquels le nombre de détections sismologiques est supérieur à 10

[9] Vitesse moyenne annuelle du glacier en 2021, calculée à l'aide du service de corrélation d'images GDM-OPT-ICE.



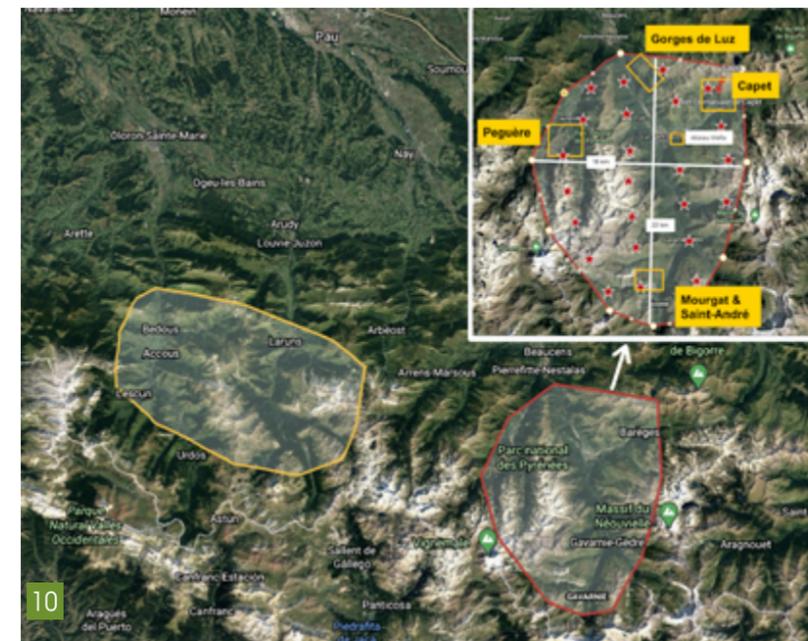
**OBSERVATOIRE**

## ENVIROSCIENCES-PYRÉNÉES : ALÉAS TECTONIQUES ET HYDRO-GRAVITAIRES DANS LES PYRÉNÉES CENTRALES

Envirosiences-Pyrénées a pour objectif de contribuer à documenter les aléas telluriques (hydro-gravitaires, sismiques) dans les Pyrénées centrales. Le projet comporte un volet instrumental, avec le déploiement d'un réseau dense d'environ 40 stations de mesures multi-paramètres (géodésiques, météorologiques et sismologiques) autonomes, temps-réel et à bas-coût, pour une durée minimale de 10 ans. Un second volet concerne l'exploitation des données par la création de services dédiés d'analyse pour créer des catalogues de sismicité (sources telluriques et environnementales), comprendre la micro-météorologie locale et étudier les déformations du sol, en combinant géodésie et imagerie satellitaire.

Le réseau de mesure est concentré sur deux vallées des Pyrénées-Atlantiques et des Hautes-Pyrénées et a été défini en lien avec des partenaires institutionnels locaux en charge de la gestion du risque. Il permet d'acquérir des observations sur des secteurs peu documentés, en investiguant à la fois des sommets de versants et des fonds de vallées.

Le projet est piloté par l'Eost et Géoazur (Nice), en partenariat avec l'OMP (Toulouse, Tarbes) et le LFC (Pau). Par ses développements instrumentaux, la gestion de données multi-capteurs et le développement de services dédiés d'analyses systématiques et à la demande, le projet s'inscrit pleinement dans les actions des infrastructures de re-



cherche Résif et Data-Terra.

Le développement instrumental est réalisé conjointement entre l'Eost, qui coordonne la mise en œuvre de la station de mesure et sa composante sismologique, et Géoazur qui développe les composantes météorologique et géodésique. Le projet permet en particulier le développement d'une carte de numérisation des données sismologiques, à haute-fréquence, bas-bruit et en temps-réel. Cette nouvelle carte, répondant à un cahier des charges précis, a vocation à remplacer la solution bas coût (géophone 2Hz, numériseur RJam / OSOP) actuellement installée sur la station prototype. Pour l'instrumentation GNSS, les choix technologiques se sont portés vers un récepteur bi-fréquence multi-constellation u-blox permettant d'atteindre des précisions de positionnement infra-centimétrique. Pour l'instrumentation météorologique, suite à divers étalonnages et comparaisons de capteurs réalisés par Géoazur, des stations multi-paramètres Davis Vantage Pro sont utilisées. Pour pouvoir tester le matériel et continuer d'améliorer les processus d'intégration des capteurs et le pilotage logiciel des mesures, deux stations prototypes sont actuellement installées, l'une sur le toit de l'Eost, l'autre en conditions réelles de terrain sur la com-



mune de Saligos (Hautes-Pyrénées).

Outre les développements instrumentaux, des enjeux d'installation environnementale légère, respectant à la fois des critères paysagers et des contraintes administratives, ont été pris en compte (dimensionnement des coffrets de mesures, couleur des structures d'installation, installation démontable). En effet, une grande majorité des stations sont localisées dans l'emprise du Parc National des Pyrénées ou proche de zones Natura 2000. D'ici un an, la totalité des stations de mesures seront déployées et opérationnelles.

**Florian Bourcier, Maxime Bès de Berc, Maurin Vidal (Géoazur), Céleste Broucke (IPGP), Guy Sénéchal (LFC) et Jean-Philippe Malet**

Illustrations >

[10] Réseau de mesures Envirosiences-Pyrénées déployé dans le Béarn (Département 64) et le Pays Toy-Cauterets (Département 65).

[11] Prototype de station de mesures multi-paramètres co-localisées associant récepteur et antenne GNSS, station météorologique et capteur sismologique : exemple de la station EVSA / commune de Saligos.

## GÉOTHERMIE PROFONDE À STRASBOURG

**LE RAPPORT D'EXPERTISE DU COMITÉ MISSIONNÉ PAR LA PRÉFECTURE SUR LA BOUCLE GÉOTHERMIQUE GEOVEN À VENDENHEIM A ÉTÉ RENDU LE 4 MAI DERNIER.**

En avril 2021, après la crise sismique initiée en 2019, la Préfecture du Bas Rhin a constitué un comité d'experts (CE) pour l'éclairer sur plusieurs questions posées autour du projet géothermique GEOVEN, localisé dans la commune de Vendenheim et mené par Fonroche Géothermie (FG). Ce comité était composé d'experts issus du monde académique (Univ. de Strasbourg/EOST, Univ. de Neuchâtel/Suisse, Univ. de Montpellier, Univ. de Lorraine, Univ. PSL/Mines PARISTECH), de l'Ineris et du BRGM. Les questions qui étaient posées concernaient :

1. la compréhension des mécanismes conduisant au déclenchement de la sismicité au voisinage des puits fin 2020 ;
2. la réévaluation du lien entre les opérations sur le site géothermique de Vendenheim et l'activité sismique survenue depuis novembre 2019 dans le secteur de la Robertsau ;
3. l'identification d'éventuels indices qui auraient pu alerter sur la survenue d'événements sismiques majeurs ;
4. l'état post-opération du réservoir ;
5. le retour d'expérience (REX) de Vendenheim, en faisant ressortir des recommandations ou pistes de réflexion utiles pour les sites géothermiques voisins.

La méthodologie du CE a été de focaliser d'abord son travail sur la récupération des données mesurées ou traitées produites par FG. Le CE a ensuite réalisé quatre journées d'audition de FG, pour interroger l'opérateur sur les méthodes d'acquisition, de traitement et de calcul des données et paramètres, ainsi que sur les stratégies mises en place pour la réalisation des opérations à Vendenheim. Il s'est agi également de recueillir le point de vue de FG concernant les

différentes questions posées par la préfecture. Ces quatre journées de travail, en plus des nombreux échanges avec FG, ont abouti à la constitution d'un corpus d'information inédit, qui a permis de mieux cerner les difficultés rencontrées par FG, les limites des données communiquées et des procédures suivies ainsi que les objectifs recherchés lors des différents tests réalisés lors du projet.

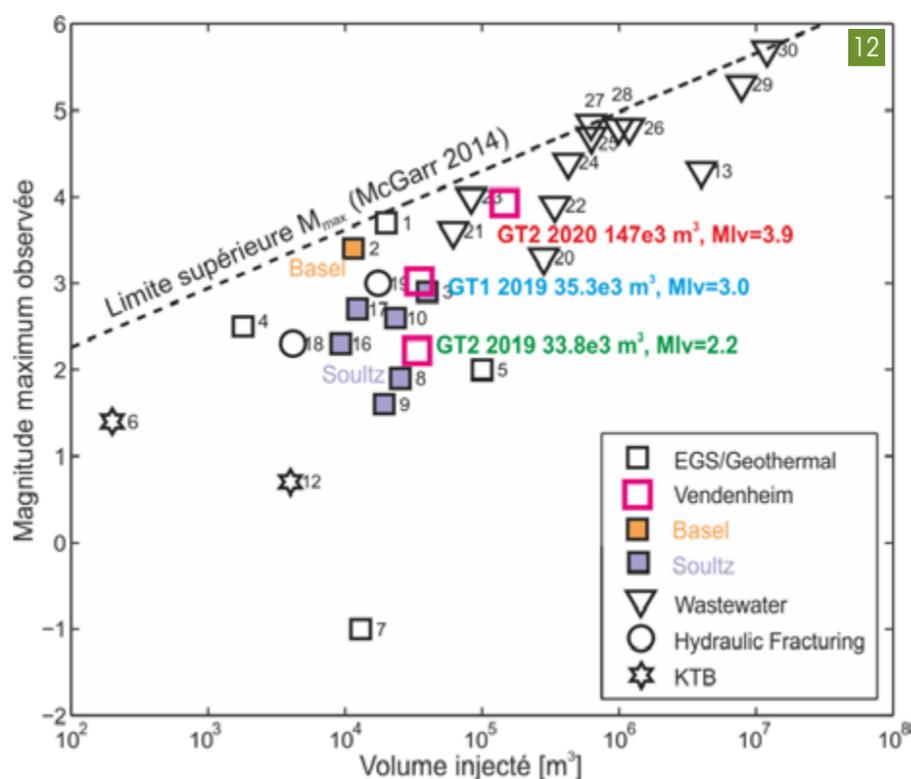
Le CE conclut que la sismicité enregistrée au proche voisinage du puits nord (GT2), avec notamment le séisme de magnitude  $M_{lv}$  3,6 du 4 décembre 2020 et celui du 26 juin 2021 ( $M_{lv}$  3.9), est à associer aux opérations en mode doublet (GT1 producteur et GT2 injecteur), menées sur les puits d'octobre à décembre 2020. Parmi les causes de cette sismicité, les volumes importants de fluide injecté depuis septembre 2020, dans un réservoir autour de GT2, de taille réduite et à injectivité initiale faible (taille réduite et faible capacité à laisser passer le fluide), ont entraîné la mise en pression du fond du puits. Le CE estime que les deux puits semblent connectés à deux réservoirs distincts et indépendants : l'un plus petit au proche voisinage de GT2 et l'autre, plus grand, autour de GT1 et potentiellement connecté vers le sud à la zone de la Robertsau. Ces injections ont induit une déstabilisation des failles et fractures préexistantes aux forages à proximité du puits, principalement d'orientation N130E\*, déjà dans un état mécanique naturellement proche de la rupture, une orientation de faille non considérée dans le modèle géologique de FG. Le CE identifie également que l'exploration préalable à la réalisation des forages n'était pas suffisante pour une bonne maîtrise des risques à la fois géologique (atteindre la ressource géothermique) et sismique (quantification de l'aléa sismique lié à la sismicité induite). Il recommande pour les futurs projets de réaliser une phase exploratoire des projets géothermiques plus approfondie avec un corpus d'informations et de connaissances du réservoir à faire expertiser plus largement par un ou des comité(s) externe(s).

Jean Schmittbuhl, membre du comité d'expert

\* N130E : direction de la faille de 130° par rapport au nord (N) dans le sens des aiguilles d'une montre (E)

Version simplifiée du rapport (site de la préfecture) : [ic.cx/RjOUym](https://ic.cx/RjOUym)

Illustration > [12] Magnitude maximale observée en fonction du volume injecté dans des opérations de géothermie profonde (carrés), d'injections d'eau usée (triangles), de fracturation hydraulique pour les gaz de schistes (ronds) et du projet de forage profond KTB (étoile) [extrait de Zang et al, 2014]. La loi de limite de magnitude maximale vient des travaux de McGarr, (2014). Les carrés roses représentent les principales injections à Vendenheim dans le puits GT1 et GT2.



## PROJET SIPAZOC : SISMOLOGIE PASSIVE POUR L'ÉTUDE DU FONCTIONNEMENT HYDROLOGIQUE DU BASSIN VERSANT DU STRENGBACH

La "sismologie environnementale" est un domaine en plein essor qui vise à fournir de nouveaux observables pour caractériser et surveiller les processus affectant la proche surface lors de forages anthropiques ou climatiques. Elle utilise principalement l'enregistrement des vibrations ambiantes du sol (parfois appelées "bruit sismique") générées par des sources humaines et/ou environnementales pour analyser ces sources ainsi que les propriétés élastiques du sous-sol.

Depuis fin 2020, une équipe de chercheurs-euse-s et d'ingénieur-e-s de l'Ites et de l'EOST\*, issus d'horizons scientifiques variés, a initié le projet SiPaZoc, notamment grâce à un financement obtenu dans le cadre d'un appel à projet interne de l'Eost. SiPaZoc vise à évaluer la capacité de différentes approches sismiques passives à caractériser la zone critique, l'évolution de la ressource en eau souterraine, et la dynamique du transport de surface au niveau du bassin versant du Strengbach, site du service national d'observation OHGE. Le projet se base principalement sur le déploiement de sismomètres miniaturisés ("nodes"), issus du parc Densar de l'Eost (voir Lettre de l'Eost n° 35), suivant différentes géométries :

- Un réseau de 99 nodes répartis sur l'ensemble du bassin versant a été déployé pendant ~3 semaines durant l'hiver 2020. Les enregistrements du bruit sismique ambiant ont été analysés par une approche de corrélation croisée entre paires de capteurs afin de construire un modèle 3D des vitesses sismiques dans les ~50 premiers mètres de profondeur. Les résultats préliminaires (stage de M2 de Louise Xiang en 2021) montrent notamment une zone à faible vitesse dans la partie centrale du bassin [13] correspondant à une zone où le stock d'eau est connu comme étant important.

- Un réseau de 6 nodes situés dans la partie centrale du bassin et qui fonctionnent en continu depuis plus d'un an. Ce dispositif vise à déterminer, par approche interférométrique sur le bruit sismique, les variations temporelles des vitesses sismiques induites par les changements de la teneur en eau

du sous-sol dans cette zone.

- Un node situé près du ruisseau de Strengbach, à l'endroit où son débit est mesuré par l'OHGE. Ce capteur, opéré depuis plus d'un an désormais, a pour but d'étudier le bruit sismique généré par les écoulements de surface (fluides et/ou solides) dans le ruisseau. Les premières analyses montrent une très bonne corrélation entre l'amplitude du bruit sismique et le débit du ruisseau [13 bas], du fait de l'écoulement turbulent de l'eau. Cependant, on observe un niveau de bruit sismique plus important qu'attendu lors d'épisodes de crues durant lesquels l'OGHE a enregistré un dépôt de sédiments dans le bac récupérateur. Une fois calibré, le signal sismique pourrait donc être utilisé pour suivre en continu le transport solide dans le ruisseau, à l'instar de ce qui avait déjà été démontré pour des torrents à bien plus fort débit. Nous envisageons aujourd'hui de pérenniser ce dispositif via l'installation d'une station sismologique permanente.

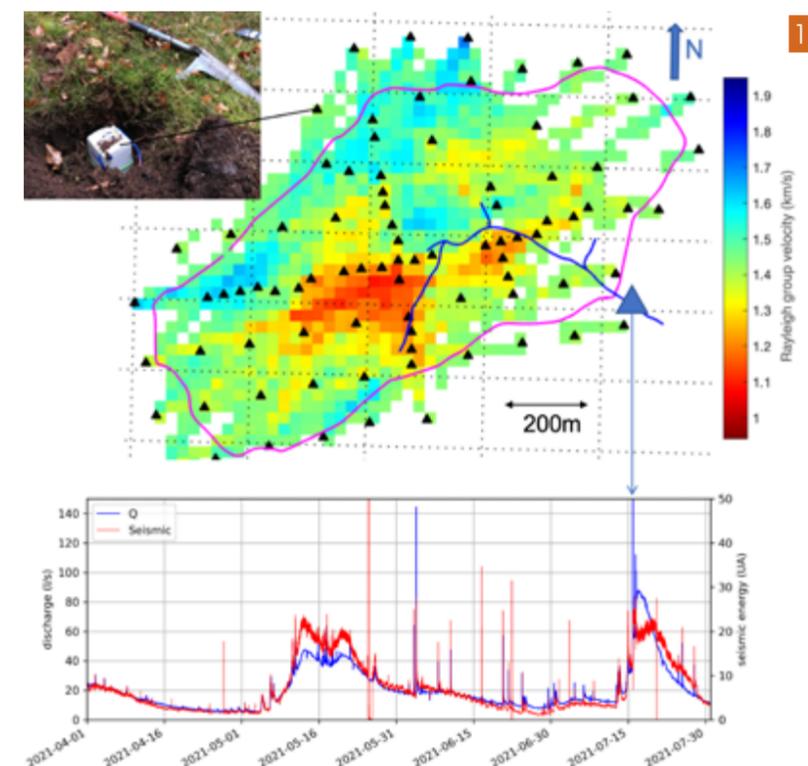
L'analyse de ce jeu de données très riche

va encore se prolonger pendant plusieurs mois. D'autres projets sont d'ores et déjà en préparation afin de poursuivre ces travaux interdisciplinaires d'étude des hydrosystèmes continentaux.

J. Vergne, D. Zigone, N. Lesparre, S. Cotel

Figure > [13] (centre) Tomographie de la vitesse de groupe des ondes de Rayleigh à l'échelle du bassin versant du Strengbach obtenue par corrélation du bruit sismique ambiant filtré autour de 3Hz. Les triangles noirs correspondent aux nodes déployés pendant l'hiver 2020 - cf. photo. (bas) Comparaison entre le débit du ruisseau du Strengbach (bleu) et l'amplitude du bruit sismique (rouge) mesuré à un node proche de l'exutoire. © J. Vergne

\* Maxime Bès-de-Berc, Céleste Broucke, Solenn Cotel, Jean-François Girard, Alain Hernandez, Clément Hibert, Héliane Jund, Nolwenn Lesparre, Marie-Claire Pierret, Patrice Ulrich, Jérôme Vergne, Louise Xiang, Dimitri Zigone



## LES « DEEP LEARNING NEURAL NETWORKS » POUR MODÉLISER LA CONVECTION NATURELLE DANS LES MILIEUX POREUX

La convection naturelle dans les milieux poreux (CNMP) est un phénomène physique qui se produit lorsqu'une différence de température génère un écoulement dans le fluide. L'étude de la CNMP revêt une importance primordiale dans différentes applications industrielles, environnementales et énergétiques comme dans le stockage d'énergie thermique dans les aquifères, la gestion des déchets radioactifs, la séquestration géologique du dioxyde de carbone et la géothermie. Ces applications jouent un rôle important dans la limitation du réchauffement climatique en réduisant l'accumulation des concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère.

Dans toutes ces applications, la modélisation numérique est devenue un outil indispensable. La méthodologie de la modélisation consiste à représenter les processus physiques par des équations mathématiques et à résoudre l'ensemble des équations par un ordinateur. Elle peut être utilisée pour la conception des systèmes, l'élaboration de prévisions et la prise de décision. Cependant, la modélisation de la CNMP révèle des défis spécifiques. Les grandes échelles spatiales (des dizaines, voire des centaines de kilomètres), les grandes échelles de temps (plusieurs années), la forte hétérogénéité des milieux poreux, la présence de fractures de failles, la forte non-linéarité et les caractéristiques incertaines des milieux souterrains ne sont que quelques exemples de problèmes majeurs qui font de la modélisation de la CNMP une tâche difficile et complexe.

L'apprentissage profond par les réseaux de neurones (DLNN : Deep Learning Neural Networks) émerge comme une nouvelle technologie pour la modélisation, avec d'excellents résultats dans de nombreux domaines scientifiques. En hydrogéologie, dans la plupart des études existantes, les DLNN sont utilisés pour traiter des données numériques. L'équipe TRHYCO (TRansferts dans les HYdrosystèmes COntinentaux) de l'ITES s'intéresse à la CNMP et vient de publier les résultats d'une étude mettant

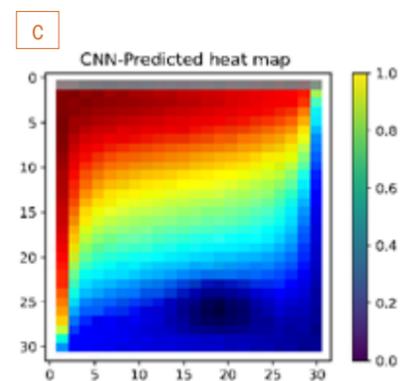
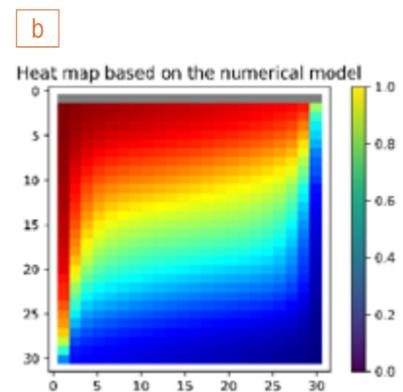
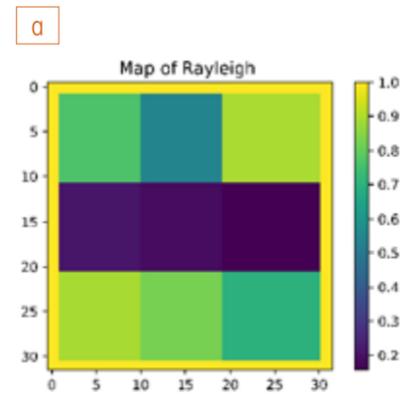
en œuvre les réseaux de neurones pour modéliser ces phénomènes naturels<sup>1</sup>, en collaboration avec l'équipe SDC (Science des Données et Connaissances) de l'ICUBE. Dans cette étude, une nouvelle approche, basée sur les réseaux de neurones convolutifs (CNN) est proposée pour étendre l'application des DLNN à des données d'images. Une combinaison de CNN y est appliquée pour faire correspondre des images représentant, d'une part, la carte de perméabilité et d'autre part la carte de température. Cette étude a été développée dans le cadre d'un projet financé par le conseil scientifique de l'ENGEES.

L'apprentissage du réseau CNN est réalisé par des données générées avec un modèle physique. Le réseau pourrait ensuite être utilisé pour prédire la carte de température à partir d'une carte de perméabilité, ou dans l'autre sens, pour prédire la carte de perméabilité à partir d'une carte de température. Cette étude a montré que les CNN sont plus efficaces que les méthodes d'interpolation standards. Les résultats [14] montrent également que les CNN sont plus performants pour la prédiction des cartes de température que pour des cartes de perméabilité. Pour ces dernières, les CNN nécessitent un ensemble de données d'apprentissage de taille importante. Cependant, les performances pour leur prédiction pourraient être améliorées en utilisant une série d'images représentant la carte de température en régime transitoire.

**Marwan Fahs, Florence Le Ber, François Lehmann, Gabriel Frey, Mahdi Rajabi**

<sup>1</sup> Rajabi et al. (2022) : Analyzing the efficiency and robustness of deep convolutional neural networks for modeling natural convection in heterogeneous porous media, international journal of heat and mass transfer. doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2021.122131

Figure > [14] Performance de CNN pour la prédiction des cartes de température. Fig. 14a représente la carte de perméabilité. Fig. 14b représente la vraie carte de température alors que Fig. 14c représente la carte prédite par le CNN.



14



## MICHAEL HEAP NOMMÉ MEMBRE JUNIOR DE L'INSTITUT UNIVERSITAIRE DE FRANCE

Michael Heap, membre de l'équipe Géophysique Expérimentale à l'École et Observatoire des Sciences de la Terre, a été nommé membre Junior (Chaire Fondamentale) de l'Institut Universitaire de France (IUF) à compter du 1er octobre 2021, pour une durée de 5 ans.

L'IUF a pour mission de favoriser le développement de la recherche de haut niveau dans les universités et de renforcer l'interdisciplinarité. L'un des objectifs de l'IUF est d'encourager les enseignants-chercheurs à l'excellence en matière de recherche, avec les conséquences positives que l'on peut en attendre sur l'enseignement, la formation des jeunes chercheurs et, plus généralement, la diffusion des savoirs.

Cette nomination permettra à Mike Heap de développer ses recherches sur le thème du « développement d'un système d'alerte pour les risques d'effondrement des flancs des volcans actifs induits par l'altération ». L'effondrement des flancs d'un volcan représente un danger important. Bien que l'instabilité des flancs d'un édifice volcanique soit souvent attribuée à l'altération des roches, les données de laboratoire sont rares et les modèles utilisent la plupart du temps des estimations des propriétés physiques des roches. Le projet de Mike combinera des données géophysiques et de laboratoire à une modélisation à grande échelle de la stabilité des flancs pour développer un système d'alerte. La Soufrière de Guadeloupe, un volcan actif dans les Caraïbes, sera utilisé comme étude de cas.

Mike vient par ailleurs d'obtenir un poste de professeur à l'Eost, après y avoir passé 12 années en tant que maître de conférences.

Photo > [15] Michael Heap et Alexandra Kushnir à la cérémonie d'installation au Grand Amphithéâtre de la Sorbonne. le 5 novembre 2021

## INTERVENTION D'ITES AU COMIFER 2022

### ACCUMULATION, DISPONIBILITÉ ET TOXICITÉ DU CUIVRE DANS LES SOLS VITICOLES DANS UN CONTEXTE D'ÉVOLUTION RÉGLEMENTAIRE

L'équipe BISE d'ITES (Resp. G. Imfeld) a été sollicitée pour contribuer le 12 avril 2022 au webinar thématique Comifer 2022 « Oligo-éléments et contaminants métalliques en agriculture : quelles réponses face aux enjeux agronomiques, sanitaires et environnementaux » (<https://comifer.asso.fr/>) et présenter ses travaux récents sur le cuivre viticole. Cette journée visait notamment à faire le point sur la problématique des éléments traces dans les contextes agricoles.

Les études de l'impact écotoxicologique du cuivre dans les sols viticoles reposent généralement sur l'effet de l'ajout d'une dose spécifique de cuivre. Cependant, les propriétés du sol et la dynamique d'accumulation du cuivre dans le sol doivent également être prises en compte pour déterminer à l'échelle du vignoble et de la région viticole les seuils d'écotoxicité à ne pas dépasser pour conserver une bonne qualité biologique du sol.

Le stock préexistant en cuivre dans le sol et sa disponibilité avant l'ajout d'une nouvelle dose de cuivre peuvent fortement varier en fonction des propriétés physico-chimiques du sol, de la végétation et des différentes formes de cuivre présents. Cela remet en question la notion d'utilisation inoffensive du cuivre à une dose spécifique, même si celle-ci est inférieure aux doses utilisées historiquement.

Les doses conformes à la réglementation européenne actuelle (4 kg/ha/an, lissé sur 7 ans) permettent de repousser l'échéance à partir de laquelle une partie des vignobles européens deviendra toxique pour les organismes du sol. Néanmoins, nous estimons que le seuil d'écotoxicité potentielle de 200 mg cuivre par kg de sol est déjà dépassé pour plus de 50% des surfaces viticoles en Europe centrale et occidentale. Une amélioration de la qualité et de la durabilité de la production viticole passe par une utilisation locale adaptée et une évaluation de l'impact du cuivre plus spécifique, tenant également compte de la trajectoire de l'accumulation et de la disponibilité du cuivre dans le sol.

Gwenaël Imfeld

#### Références

- Karimi B. et al. (2021). Ecotoxicity of copper input and accumulation for soil biodiversity in vineyards. *Environ Chem Lett.* 19, 2013–2030 <https://doi.org/10.1007/s10311-020-01155-x> + Comment. *Environmental Chemistry Letters*, 1-3
- Droz B. et al. (2021). Copper Content and Export in European Vineyard Soils Influenced by Climate and Soil Properties. *Environmental Science & Technology*. 55, 11, 7327–7334.
- Meite F., Granet M., Imfeld G. (2022). Ageing of copper, zinc and synthetic pesticides in particle-size and chemical fractions of agricultural soils. *Science of The Total Environment*, 153860.

Le sommet vosgien du Brézouard culmine à 1229 mètres, domine trois vallées et côtoie, non loin de là, Aubure, le plus haut village d'Alsace, ainsi que l'Observatoire Hydro-Géochimique de l'Environnement. C'est ce mont, témoin des périodes géologiques et porteur de stigmates anthropiques, qui est au centre d'un projet de territoire : « Des traces au Brézouard ».

Ce projet polymorphe, coordonné par l'Université de Strasbourg, s'inscrit dans la continuité de la collaboration de l'OHGE avec Bruno Latour pour l'exposition « Critical Zones » au ZKM de Karlsruhe. L'objectif est d'initier un dialogue entre habitants, scientifiques, politiques et artistes dans le but de re-définir un espace vécu. Il s'appuie sur des « ateliers d'auto-description » sur le modèle développé par Bruno Latour et se concrétise, en partie, par la mise en place d'une résidence artistique, portée par le Parc Naturel Régional des Ballons des Vosges et accompagné par le SUAC de l'Université de Strasbourg. Cette résidence s'ancre dans les vallées autour du Brézouard et questionne les traces passées et celles à venir. Elle permettra de renforcer le dialogue avec les habitants en accompagnant les problématiques mises au jour lors des ateliers.

Le projet mobilise également, entre autres, une action de Sciences Participatives portée par l'OHGE et permettant, d'une part la mesure du manteau neigeux en plusieurs lieux et sur plusieurs années, d'autre part de renforcer le lien entre science et société.

Julien Cauchon, Coordinateur du projet, Jardin des Sciences

Exposition "Critical zones" au ZKM : [zkm.de/en/exhibition/2020/05/critical-zones](http://zkm.de/en/exhibition/2020/05/critical-zones)

## LE MONT BRÉZOU'ART



Pour une résidence  
« Artistes et Territoire »

« Des traces au Brézouard : dialogue entre habitants, scientifiques et artistes »

Appel à candidatures  
à un collectif d'artistes pluridisciplinaire

Appel à candidatures ouvert jusqu'au 30 mai 2022 avant 12h00



Illustration > [16] Appel à candidatures © PNRBV, 2022

16

## MA THÈSE EN 180 SECONDES

"Séismes, volcanisme, montagnes... La Terre est en constante évolution et bouge pour se refroidir... Mais comment ? Je construis un modèle 3D de l'intérieur de la Terre pour mieux comprendre ses mouvements."

C'était le petit résumé que j'avais préparé pour accompagner ma présentation au concours Ma Thèse en 180 Secondes. Tout est dans le nom ; objectif affiché : présenter mon projet de thèse (trois ans) en 180 secondes (trois minutes)... un véritable challenge !

La préparation commence trois mois en avance. D'abord, trouver un fil rouge pour synthétiser les grandes idées du projet ; puis les mots, précis et bien choisis. Enfin les intonations, les silences, les gestes. Tout est minutieusement optimisé, décidé et répété. Heureusement, nous avons été

guidés dans ce travail. Des formateurs du Jardin des Sciences nous ont accompagnés jusqu'au bout, et notamment lors de deux journées de formation sur l'écriture du texte et sa scénarisation. Et dans cette aventure, les autres candidats étaient de véritables coéquipiers ; quelle ambiance ! Cette expérience m'a beaucoup apporté ; j'ai beaucoup appris sur la communication scientifique !

Et puis finalement, je me dis qu'à vouloir expliquer simplement ma recherche au public, je la comprends encore mieux aujourd'hui.

Franck Latallerie

Pour voir ou revoir ma prestation : [lc.cx/s2LSMU](http://lc.cx/s2LSMU)

Photo > [17] Franck pendant sa présentation © Jardin des Sciences



17

## DES NOUVELLES DES COLLECTIONS DE PALÉONTOLOGIE

Les collections de Paléontologie, enrichies depuis plus de 200 ans, regroupent près de 100 000 objets fossiles, depuis les microscopiques restes de plancton jusqu'aux grands squelettes complets d'animaux marins, ainsi que plusieurs milliers d'échantillons de roches ou de restes végétaux.

Une partie de ces collections est tombée en désuétude, voire dans l'oubli, au fil du temps. Certains spécimens ont disparu, d'autres ont pu être détruits durant les guerres ou lors de l'incendie des collections en 1967. Mais souvent ces objets fossiles sont simplement « rangés ailleurs » et attendent d'être (re)découverts.

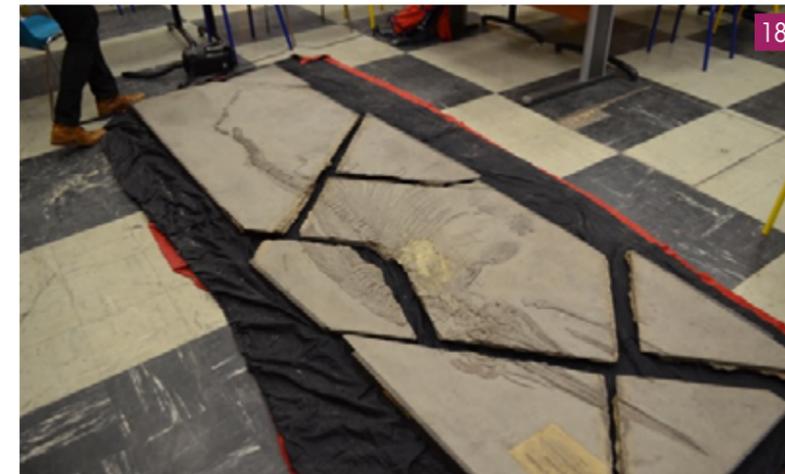
L'un de ces spécimens est un reptile marin mesurant plus de 3 mètres de long et qui, entreposé dans une caisse pendant près de 50 ans, attendait un hypothétique retour à la lumière !

Le squelette ici présenté est celui d'un ichtyosaure, un reptile marin contemporain des dinosaures, dont la morphologie rappelle celle des dauphins actuels. Cette morphologie est adaptée à une vie exclusivement aquatique dont les déplacements sont effectués à la nage. Le squelette mesure près de 3,20 mètres. Il est complet, c'est-à-dire que tous les os visibles sont véritables (il arrive parfois que certaines parties soient ajoutées sur ce type de spécimens en vue de leur exposition, on dit alors des squelettes qu'ils sont composites). L'étiquette présente diverses informations.

Voici ce que l'on y lit :

Ichthyosaurus Trigonodon  
Lias supérieur  
Holzmaden, près de Boll Wurtemberg  
1868

Le Lias est un terme créé par les carrières anglaises, en 1799, et désignant une « pierre plate ». Il correspond chronologiquement au Braun Jura des géologues allemands regroupant notamment les roches que l'on trouve dans les carrières autour de Holzmaden, près de Stuttgart. Le Lias constitue l'ancienne dénomination du Jurassique inférieur. Le Lias supérieur correspond au dernier des quatre étages géologiques du Jurassique inférieur ; il s'agit du Toarcien, compris entre environ 182 et 174 millions d'années. Holzmaden, près de Boll, est un lieu où ce schiste bitumineux a été largement exploité durant plusieurs siècles. Il n'existe plus aujourd'hui que quelques carrières : la majorité d'entre elles a été remblayée après fermeture. Ce gisement, couvrant plusieurs dizaines de kilomètres carrés, a permis la découverte de centaines de milliers de fossiles, dont des squelettes complets de reptiles marins que l'on peut voir dans quasiment tous les musées d'histoires naturelles dans le monde.



18

Les termes Ichthyosaurus trigonodon (ici corrigés suivants les règles de la nomenclature zoologique internationale) correspondent au nom de l'espèce. Celle-ci est inventée en 1843 par le juriste et paléontologue allemand Carl von Theodori (1788 – 1857) et recombinaison en Temnodontosaurus trigonodon par le géologue et paléontologue britannique Richard Lydekker (1849 – 1915) en 1889. Mais sa détermination reste à vérifier : les individus de ce genre taxonomique sont connus pour dépasser la dizaine de mètres ! Il pourrait s'agir dans ce cas d'un individu juvénile, nouveau pour la science ; ou d'une autre espèce à déterminer.

La date de 1868 peut renvoyer soit à la date de collecte (ou d'extraction), soit à la date d'exposition.

On note que l'étiquette est en français et présente des termes qui deviendront désuets quelques années plus tard : le nom d'espèce recombinaison en 1889, la datation, mais également le terme « Wurtemberg », recombinaison en Bade-Wurtemberg après 1918.

1868, c'est l'époque du Musée d'histoire naturelle à Strasbourg et l'on peut penser qu'il s'agit ici de l'une des dernières grandes pièces fossiles acquises par cette institution avant l'Annexion de 1870.

Des traces d'outils montrent que la pièce a été préparée en vue d'être présentée. Il semble par ailleurs que la plaque ait été polie. Au dos, on voit que du bitume a été coulé au niveau des fractures naturelles et artificielles. La présence de tasseaux en bois indique que la dalle était présentée dans un cadre en bois, comme il était d'usage à l'époque. Ce cadre a probablement été retiré lors de la mise en caisse du spécimen, il y a une cinquantaine d'années. On a ici deux éléments importants : les schistes bitumineux, en fait une roche argileuse composée de fines couches superposées, et un environnement de dépôt pauvre en oxygène. On se situe alors dans un bassin océanique, assez profond, suffisamment en tous cas pour que des restes organiques se déposent au fond et soient protégés de diverses attaques physico-chimiques.

La pyrite pose problème lorsqu'elle entre en contact avec l'oxygène : une partie de la

cage thoracique de l'animal a ainsi été désagrégée avec le temps. On soupçonne que des restes de matières organiques se trouvaient à cet endroit.



Ce spécimen a été présenté au public une première fois lors des Journées européennes du Patrimoine en 2018, puis de nouveau en 2020 et 2021. Il a fait l'objet d'une étude approfondie en janvier 2020, dans la perspective d'une restauration. Celle-ci consiste

principalement en un nettoyage de la plaque et des os ainsi qu'en une consolidation de certaines parties. L'ensemble sera assemblé en 2 ou 3 parties amovibles et déposé sur des supports adaptés (structure antichoc en nid d'abeilles). L'opération est chiffrée à 15000€ et financée en partie par l'East/ITES et l'Idex de l'Université de Strasbourg.

Le spécimen a été enlevé en décembre 2021 par le restaurateur. Son retour est prévu pour décembre 2022. En parallèle, une nouvelle phase a débuté pour réfléchir à sa présentation pérenne à l'Institut de Géologie, rue Blessig.

*Kevin Janneau, JdS Unistra*

*Photos > Crédits K. Janneau, JdS Université de Strasbourg*

*[18] Cette dalle constituée de 9 fragments présente un squelette complet d'un reptile marin préhistorique. Elle mesure 3,34 m. de long pour 93 cm de large. C'est un schiste bitumineux dont l'épaisseur est d'environ 4 cm. Le terme de schiste renvoie ici au fait que cette roche se compose de couches successives présentées en feuillets, à la manière d'un mille-feuille. Cette roche est largement composée de matière organique (d'où la couleur gris – brun) et a été exploitée durant plusieurs siècles pour fabriquer du bitume et de l'huile de schiste (utilisée par exemple dans les lampes à pétrole).*

*[19] Les fractures naturelles présentent par endroit une teinte ocre-jaune et révèlent également la présence de pyrite, un minéral composé de fer et de soufre. Cette pyrite se forme grâce à l'action de bactéries sulfato-réductrices sur la matière organique en milieu anaérobie, c'est-à-dire pauvre en oxygène.*

*[20] Situation géographique et géologique du site d'Holzmaden. Situé en bordure du Jura souabe, ce gisement est mondialement connu pour ces niveaux géologiques du Jurassique inférieur (autour de 180 millions d'années). Il s'agit de dépôts argileux provenant d'un ancien bassin océanique.*

