

LA LETTRE DE L'ÉOST

N43 FÉVRIER 2023

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

Vie de l'Eost	
Intégration des bibliothèques	3
Décarbonation de nos activités ?	4
Formation	
Stage M1 ISIE Bretagne/Normandie	5
Témoignage d'étudiantes en alternance	6
Observatoire	
Projet IDEX SismoCité	7
Suivi de la crise gravitaire d'Embrun	8-9
Recherche	
Numéro CR-Géoscience sur Mayotte	10
PEPR Sous-sol bien commun	11
Recherches polaires à l'Eost	12-13
Forum environnement et durabilité	14
Grand public	
Le rhinocéros miraculé	15
Collection privée de Claude Hammel	16

DIRECTEUR DE LA PUBLICATION Jean-François Girard
REALISATION Véronique Bertrand
IMPRESSION Imprimerie DALI / Unistra
PHOTO DE COUVERTURE : L'édifice volcanique sous-marin Fani Maaré à l'est de Mayotte. Le panache acoustique et éruptif s'étend du sommet du volcan par 2600 m de fond jusqu'à 800 m sous la surface de l'océan

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

N43 FÉVRIER 2023

EDITORIAL

Chères et chers collègues,

Tous ensemble, nous avons géré une nouvelle situation inédite en fin d'année 2022 : une première réponse, en urgence, à une politique de sobriété sur le long terme à l'échelle de l'Université de Strasbourg. Tous les services étaient concernés et chacun a trouvé des solutions d'adaptation. Télétravail d'un côté et réorganisation des enseignements de l'autre, nous avons collectivement fait preuve de souplesse et ce ne sera probablement pas la dernière fois !

Ces efforts ont permis de démarrer l'année 2023 en respectant le calendrier habituel. On a ainsi retrouvé l'agitation des journées universitaires, dans le nouveau hall d'exposition du Wacken cette année, mais aussi une certaine solennité pour les remises des diplômes du master ISIE (une première, couplée à une ½ journée d'interventions sur la neutralité carbone) et de l'école d'ingénieur. Les étudiants sur le départ ont ainsi pu témoigner de leur satisfaction d'avoir réalisé leur scolarité à l'Eost. La journée portes ouvertes le 4 mars, puis de nombreuses actions comme la bourse aux technologies organisée par la Fered continueront d'offrir des occasions de se rencontrer aux étudiants, aux chercheurs et aux entreprises.

Du côté de la recherche, outre les candidatures et déjà des succès aux appels à projets récurrents, 2023 verra le véritable démarrage de grands projets nationaux, comme le PEPR « sous-sol », qui offrira un cadre élargi à des thèmes de recherche en Géosciences contribuant à répondre aux défis sociétaux.

Pour l'Eost et l'Engées, mais aussi pour une partie du laboratoire Icube et de la Hear, l'année 2023 sera une année riche en nouveautés : un déménagement dans la vie d'une école c'est rare, et c'est la promesse de nouveaux moyens pour réaliser nos missions. Après le chantier d'ampleur de la Manufacture va maintenant succéder la période d'installation. Des défis techniques et logistiques vont mobiliser fortement nos équipes techniques dans les prochains mois. Mais c'est grâce à tous les personnels impliqués que nous allons organiser, dans la durée, l'activité sur ce lieu d'enseignement, de recherche, mais aussi de vie culturelle et associative, ouverte sur le quartier et la ville.

Une année riche et pleine de nouveautés est devant nous !

Jean-François Girard, directeur de l'Eost

INTÉGRATION DES BIBLIOTHÈQUES DE L'EOST

LES BIBLIOTHÈQUES DE L'EOST INTÈGENT LE SERVICE DES BIBLIOTHÈQUES DE L'UNISTRA EN VUE DU DÉMÉNAGEMENT À LA MANUFACTURE

Jusqu'ici gérées par l'Eost, les bibliothèques de géophysique et de géologie ont intégré le Service des bibliothèques de l'Université à la rentrée 2022, dans la perspective du déménagement à la Manufacture. Premier bilan après quelques mois d'intégration.

De nouveaux services pour les étudiants et chercheurs

Les bibliothèques de l'Eost font, désormais, partie d'un réseau de 21 établissements. Cette intégration s'accompagne de nouveaux services à destination des étudiants et chercheurs. Ainsi, le retour indifférencié permet, grâce à un système de navette, de rendre tout document des bibliothèques de l'Eost dans n'importe quelle bibliothèque du réseau universitaire (mais également à la BNU et à l'INSA) et inversement. Depuis la rentrée, les agents de « l'équipe mobile » du Service des bibliothèques assurent, par ailleurs, des permanences à la bibliothèque de géophysique, évitant toute fermeture au public en cas d'absence.

Un accompagnement pour la conservation des collections

Les bibliothèques de l'Eost bénéficient, enfin, d'un accompagnement privilégié pour la conservation des plus de 3 km de collections localisées rue Blessig (ancien institut de géologie) et rue Descartes. Le Service des bibliothèques assurera, à ce titre, le regroupement à venir des collections de conservation dans un lieu unique, situé à L'Alinéa (voir [Lettre de l'Eost n°40](#)).

Fort de 164 agents, ce service compte, effectivement, des pôles transversaux et des groupes de travail thématiques dédiés à la gestion des collections, mais également au service public, à la communication, à la formation des usagers, etc.

Prise de relais sur le projet de bibliothèque de la Manufacture

Le Service des bibliothèques prend le relais de l'Eost pour le suivi du projet de bibliothèque à la Manufacture des tabacs (voir [Lettre de l'Eost n°32](#)), dont l'ouverture au public est prévue en octobre 2023. Alors que le gros œuvre s'est achevé (voir photos), les bibliothécaires de l'Eost, de l'Engées et de la Hear préparent le déménagement des collections et participent, avec l'architecte et l'Eurométropole, à la rédaction du marché pour le mobilier. Ils enrichissent également le portail documentaire de la future bibliothèque, qui a nécessité un long travail de migration du catalogue de la bibliothèque de la Hear dans l'outil commun aux bibliothèques de l'Engées, de l'Eost et de l'ensemble des BU alsaciennes. Les écoles, le Service des bibliothèques et l'Université continuent, par ailleurs, à se concerter en vue de définir le fonctionnement et l'offre de services (horaires, harmonisation des règles de prêt, de l'accès au WiFi, etc.) de la future bibliothèque.

Eymeric Manzinalli

www.bibliotheque-manufacture.fr



Photos > Crédits : E. Manzinalli

[1] Vue intérieure du chantier manufacture en septembre 2022.

Une mezzanine a été aménagée. Les poteaux en grès, initialement recouverts de peinture, ont été sablés pour retrouver leur couleur d'origine.

[2] Vue extérieure du chantier en septembre 2022. Les demi-lunes côté rue ont été agrandies et laissent place à des larges fenêtres.

PROCHAINES ÉTAPES DU PROJET MANUFACTURE

13 Février

- Déménagement des personnels concernés par les enseignements, dont les scolarités de l'Eost et de l'Ufaz.

27 février

- Début des cours à la Manufacture, filières de l'Eost et de l'Engées.

Juin

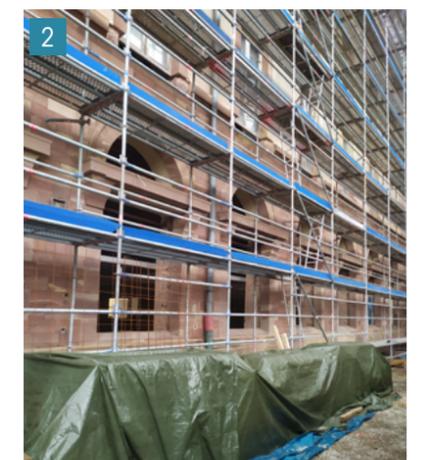
- 2ème phase du déménagement : travaux pratiques de minéralogie, microscopes et échantillons.

Septembre (2ème quinzaine)

- Inauguration.

Octobre

- Ouverture au public de la bibliothèque commune





VERS UNE DÉCARBONATION DE NOS ACTIVITÉS ?

Le Groupe de réflexion pour une réduction de notre empreinte écologique (GRREE) a été créé à l'Institut de physique du globe de Strasbourg (IPGS), qui a rejoint le collectif Labos1point5. Puis ce groupe s'est agrandi à une petite dizaine de personnes, au sein de l'Institut Terre & Environnement de Strasbourg (Ites). Son objectif est d'animer la réflexion collective sur l'impact des activités de recherche sur le climat et de proposer des pistes d'action.

Un premier séminaire éco-responsabilité "Comment réduire notre empreinte écologique liée à nos métiers" avait été organisé en mars 2020 avec une intervention de la cellule développement durable de l'université et du service éco-info sur l'impact du numérique, d'une présentation des actions du laboratoire Isterre de Grenoble et d'une discussion autour de la compensation carbone des voyages en avion. Par la suite des échanges ont eu lieu sur la liste eco-east afin de rassembler des idées et propositions sur des mesures à l'échelle de l'unité, sur des thématiques telles que transport, restauration, numérique, bâtiments, bureautique, informations. Afin de quantifier notre impact carbone le bilan carbone a été effectué grâce à l'outil développé par Labos1.5, tout d'abord pour l'IPGS (année

2019) par Maxime Pfeffer en stage M1, puis pour le Laboratoire d'hydrologie et de géochimie de Strasbourg (Lhyges) (année 2019) par Léa Gobillard lors de son service civique. Le bilan carbone de Ites (année 2021) sera fait par Julien Debasseux en stage M2.

Lors du colloque de la Fédération de recherche environnement et durabilité (Féred) en 2021 nous avons donné la présentation "Sustainability and research: how to structure discussions and actions ?" regroupant des initiatives de différents laboratoires afin de structurer des échanges à plus large échelle. Notre pic-nic "éco-responsabilité" est organisé chaque mois de juin, avec une sensibilisation de l'impact de notre alimentation, grâce au jeu du carbonomètre, à des posters et une pause repas végétalienne. Nous avons également participé au bureau de gestion du restaurant inter-administratif de la Cité administrative de Strasbourg (Agricas) afin de présenter l'impact carbone de l'alimentation. Le restaurant a, par la suite, développé une animation sur place avec l'aide de l'association "Assiettes végétales".

Léa Gobillard lors de sa venue en 2021/2022, a animé des discussions au sein des équipes et du conseil de laboratoire, élaboré des questionnaires afin de proposer une charte éco-responsabilité.

Cette charte éco-responsabilité a maintenant été votée au conseil de laboratoire de Ites et propose des mesures incitatives aux personnels, telles que les engager à prendre le train pour les trajets qui peuvent se faire en moins de cinq heures ou bien à faire une demande de dérogation à la direction de l'unité, à proposer un soutien financier si le voyage en train est plus cher. Elle inclut également des propositions aux tutelles CNRS & Université de Strasbourg, telle que la possibilité de prendre des billets de train dans les procédures de marché pour aller par exemple au Congrès de géophysique ayant lieu à Vienne chaque année, ou avoir un local vélos sécurisé. Enfin nous animons la Fresque du Climat au sein de l'unité, fresque ayant pour objectif de sensibiliser les personnels aux enjeux du dérèglement climatique.

Laurence Jouniaux

Labos 1.5 : labos1point5.org
Association l'assiette végétale : assiettesvegetales.org

Photo >

[3] Fresque du climat effectuée à Ites le 12 janvier 2023

© A. Schlupp



3

JOURNÉES DES UNIVERSITÉS

Les Journées des Universités et des formations post-bac se sont déroulées les 12 et 13 janvier. Cette édition était accueillie dans le nouveau hall d'exposition du Wacken, livré il y a quelques mois. L'Eost a accueilli cette année près de 500 lycéens sur ses deux stands, avec quelques 300 visiteurs pour la filière Licence et Master et 200 visiteurs pour la filière Ingénieur.



STAGE "NORMANDIE ET BRETAGNE : DE L'Holocène à L'Anthropocène"



4

Comme chaque année les élèves de première année du master Ingénierie et Géosciences pour l'environnement (ISIE) ont pu participer en septembre 2022 au stage de terrain « Normandie et Bretagne : de l'Holocène à l'Anthropocène ».

Construit sur le principe d'une succession de mises en situation des étudiants sur le terrain face à des problématiques de sciences de la Terre et de l'environnement, le stage illustre de façon didactique les principales thématiques scientifiques et enjeux sociétaux qui sont abordés et développés durant les deux années du parcours ISIE. Il permet aussi de présenter une assez large palette d'approches et d'outils classiquement mobilisés pour répondre aux enjeux environnementaux actuels, que ce soient les approches de géologie de terrain, d'hydrologie, d'écologie, mais aussi les méthodes d'investigations géophysiques et géochimiques mises en œuvre par les étudiants au cours du stage.

À partir de l'étude de lieux et de sites géologiques et environnementaux emblématiques des régions littorales (de

la Baie de Somme au cap Fréhel en passant par les falaises de craie de Normandie et la baie du Mont St Michel), le stage est aussi l'occasion d'illustrer la diversité des processus et des échelles de temps impliquées dans l'évolution des surfaces continentales et de la zone critique en réponse aux modifications du milieu (changements climatiques globaux, anthropisation), nécessaires à la compréhension des modifications environnementales et à la recherche de solutions. Une nouvelle fois, le stage s'est déroulé dans une ambiance à la fois dynamique et chaleureuse permettant un travail efficace et de qualité, toujours mené avec bonne humeur.

François Chabaux, Anne-Désirée Schmitt, Frédéric Masson

Photos >

[4] Acquisition de données de sismique réflexion sur les sédiments coquilliers holocènes de la baie du mont St Michel © photo E. Rothenburger, Master ISIE 1

[5] « Prise » du « Rocher du Sard » par une partie de la promotion ISIE (massif de Carolles - Manche) © R.El Saheli, Master ISIE 1

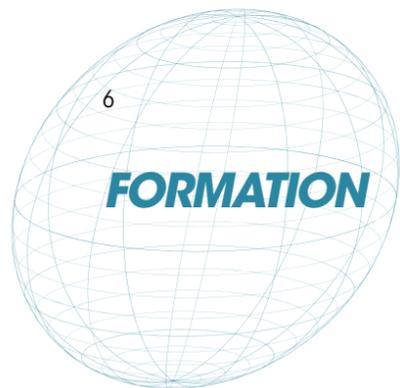
[6] dénombrement écologique sur les falaises de Carolles-Champeaux (Manche) © F. Chabaux



5



6



6

FORMATION

OUVERTURE À L'ALTERNANCE DU MASTER 2 ISIE : TÉMOIGNAGES

Le master 2 Ingénierie et géosciences pour l'environnement a été proposé en alternance à la rentrée 2022/23 suite à la demande régulière de nos étudiants de L3 et d'étudiants d'autres universités intéressés par une telle formation.

L'objectif principal est d'augmenter notre attractivité en attirant des étudiants motivés. Cela leur permettra, outre d'être rémunérés au cours de leur M2 grâce à leur statut de salarié, de valider des acquis théoriques par des expériences pratiques en entreprise et de faciliter leur insertion professionnelle à l'issue du diplôme. Pour cette première année quatre étudiantes ont opté pour l'alternance, soit un tiers de la promotion. Les offres d'alternances étaient plus nombreuses que les étudiants souhaitant s'engager dans cette voie. Trois étudiantes ont trouvé leur alternance dans l'Eurométropole, la quatrième à Lyon. Les domaines d'exercice sont variés (dépollution, sites et sols pollués, géomatique pour la gestion des eaux pluviales, dossiers réglementaires) ainsi que le type d'entreprise : administration publique (Eurométropole), grands groupes internationaux (Véolia, Arteria, Egis).

Voici le témoignage de trois des étudiantes.



Lena C* : je réalise mon alternance à Lyon chez EGIS structures et environnement. Au sein de cette entreprise, je m'occupe entre autres de la rédaction de dossiers réglementaires (étude d'impact, dossiers d'incidences Natura 2000, autorisations environnementales, ...) et de listes de prescriptions et de données d'entrée afin de m'initier à la gestion opérationnelle de l'environnement sur les projets. Je valorise aussi mes compétences acquises en Licence via des campagnes de sondages pédologiques pour compenser des zones humides supprimées dans le cadre de projets respectant la démarche ERC (Éviter, Réduire et Compenser).

Ana D* : je suis brésilienne, étudiante nouvellement arrivée à l'Unistra et alternante à l'Eurométropole de Strasbourg. Je travaille au sein du Service de prévention et gestion des risques environnementaux, dans l'équipe en charge des sites et sols pollués. Mon expérience est à la fois enrichissante et agréable. Je suis mes missions à mon rythme et je me sens bien accompagnée par mon tuteur et l'équipe. Mon travail vient en soutien à mon tuteur dans la rédaction de rapports, l'inspection de sites et le traitement des données. Il est très intéressant de comparer les contenus appris en cours avec les activités réalisées dans les semaines en alternance, débouchant sur un cycle d'apprentissage complet : alliant théorie et pratique. De plus, en tant qu'étudiante étrangère, travailler dans le secteur public m'apprend beaucoup sur le fonctionnement de la ville et je comprends mieux comment les démarches administratives se déroulent en France.



Elisa M* : J'ai choisi de poursuivre ma 2ème année de Master en alternance avec SARPI Remédiation, une filiale de Véolia dans le domaine de la dépollution des sols. Au sein de l'entreprise je participe à la conception des travaux de dépollution, à la maîtrise des installations et de l'entretien des stations de traitements, au suivi

des travaux incluant la relation avec les sous-traitants et fournisseurs des chantiers. Je participe également à la rédaction des rapports et notes de suivis (rapports de fin de chantier, suivis de nappe, bilan quadriennal...). L'alternance permet selon moi de bénéficier de l'apprentissage par le biais d'un travail concret et d'appliquer les connaissances acquises en cours de manière plus directe.

Cette année, attirés par l'alternance, nous accueillons 25 étudiants en M1, du jamais vu en ISIE. Espérons que cette attractivité se confirmera dans le futur.

Propos recueillis par Anne-Désirée Schmitt



7

OBSERVATOIRE

Via son levier IDEX « Université & Cité », l'Université de Strasbourg a lancé en 2022 un appel à manifestation d'intérêt sur le thème « Recherches et sciences participatives ». Dans ce cadre, Le projet SismoCité, soumis par Philippe Chavot du Lisec (Laboratoire Interuniversitaire des Sciences de l'Éducation et de la Communication) et Jérôme Vergne de l'Eost-Ites, et impliquant plusieurs chercheurs et ingénieurs de ces deux structures, a été retenu et sera financé sur la période 2023-2024 à hauteur de 50k€.

SismoCité est un projet de science participative impliquant des citoyens, des associations et des collectivités dans la mise en place d'un réseau de surveillance sismique de projets industriels, et en particulier de projets de géothermie profonde. Il s'insère dans les problématiques traitées au sein de l'ITI GeoT* et vient compléter et étendre le projet ANR PrESSENCE (2022-2025) centré sur le déploiement d'un réseau sismo-citoyen d'environ 80 sismomètres à bas-coût (modèle RaspberryShake) installés chez des particuliers ou dans des bâtiments collectifs sur le territoire de l'Eurométropole de Strasbourg et dans le nord de l'Alsace (voir [Lettre de l'EOST n°39](#)).

SismoCité cherchera notamment à donner une plus grande épaisseur sociale à ce dispositif de crowdsourcing en mettant en place trois types d'actions complémentaires :

1. Organiser une concertation avec les élus et représentants d'associations de citoyens afin de connaître les représentations et demandes de la société civile en matière de surveillance sismique.
2. Favoriser des échanges entre la communauté scientifique et la société civile, notamment sous la forme de sismo-stammtisch** ouverts à différentes catégories d'acteurs (collectivités, élus, associations).
3. Mobiliser les espaces de médiation du Jardin des sciences de l'Université de Strasbourg et du Musée du pétrole de Pechelbronn (tous deux partenaires du projet) pour sensibiliser les publics et former de nouveaux volontaires pour l'accueil d'une quinzaine de stations sismologiques bas-coût supplémentaires.

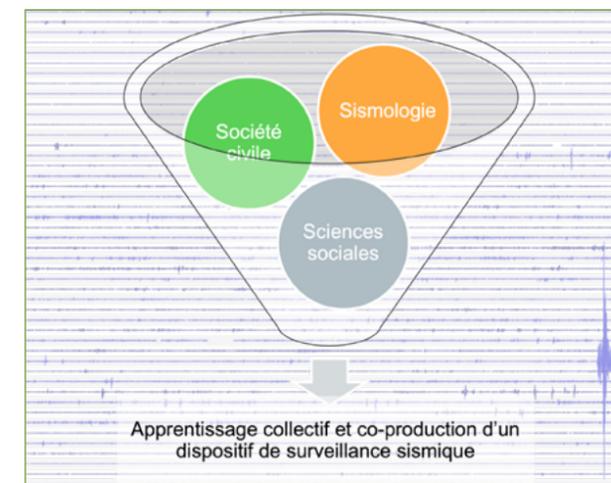
La perspective à long terme de SismoCité est d'élaborer une stratégie permettant de pérenniser le dispositif de science participative sismo-citoyen.

Philippe Chavot, Jérôme Vergne

* Institut Thématique Interdisciplinaire, Géosciences pour la transition énergétique

** Pour les non alsaciens, un stammtisch est une réunion se déroulant habituellement dans un bar ou un restaurant et permettant d'échanger sur un sujet particulier.

SISMOCITÉ, UN PROJET DE SCIENCES PARTICIPATIVES RETENU DANS LE CADRE DE L'IDEX « UNIVERSITÉ & CITÉ »



ÉTUDE INTÉGRÉE MULTI-OBSERVATIONS POUR COMPRENDRE LA CRISE GRAVITAIRE DE LA BELOTTE, EMBRUN

Depuis plusieurs années, le versant urbanisé de La Belotte, sur la commune d'Embrun dans les Hautes-Alpes, est le siège de déformations lentes à l'origine de nombreux désordres sur les habitations et les infrastructures. Plusieurs arrêtés de catastrophe naturelle sont parus depuis 2018. Depuis 2021, l'EOST a été mandaté par les services de l'État (DDT65, ONF/SRTM05) et la commune d'Embrun pour coordonner un groupe de travail ayant pour mission d'apporter de nouvelles connaissances sur l'aléa glissement de terrain. Le groupe de travail s'appuie sur les expertises d'instrumentation et d'analyse développées par le service national d'observation OMIV de l'INSU, et associe plusieurs unités de recherche (Laboratoire Chrono-Environnement / Besançon, Laboratoire Géosciences Montpellier) et la société Enerex. Les objectifs du groupe de travail sont, d'ici la fin 2023, d'acquies de nouvelles données hydrogéologiques, hydrochimiques, géodésiques et sismologiques sur le site afin de proposer un modèle géologique 3D du versant, de caractériser les propriétés de l'aquifère, et de simuler les écoulements hydrogéologiques.

Le versant instable s'étend sur une dizaine d'hectares en rive droite de la Durance. Le secteur est localisé sur l'anticlinal d'Embrun, qui met à l'affleurement les marnes

dites « Terres Noires » du Jurassique, et explique les épaisseurs importantes de formations superficielles (moraines sur le haut de versant, dépôts fluviaux et torrentiels en bas de versant). Plus de 30 forages de reconnaissance géologique ont permis d'identifier les matériaux, des profondeurs d'interfaces et des venues d'eau locales. Les forages sont équipés et en inclinomètres.

Depuis le printemps 2021, une étude intégrée multi-capteurs est en cours, mobilisant des méthodes innovantes associant mesures géophysiques de surface et en forage et des acquisitions de données magnétiques par drone. Des méthodes de fusion de données ont par ailleurs été mobilisées pour proposer un premier modèle 3D des épaisseurs des formations. La réalisation de levés magnétiques par drone (Enerex) a été motivée par l'impossibilité de conduire une approche traditionnelle du fait de l'urbanisation de la zone d'étude. Des acquisitions conduites à 25 m du sol ont permis de passer au-dessus des bâtiments tout en fournissant une information sur les structures et la lithologie des 20 premiers mètres sous la surface. La méthode innovante utilisée est celle de la mesure des trois composantes du champ magnétique à l'aide de magnétomètres

"fluxgate". Leur faible poids et la capacité de compenser mathématiquement les perturbations induites par le dispositif d'acquisition sur la mesure permettent d'utiliser des solutions (drone et payload) compactes de moins de 1,5kg.

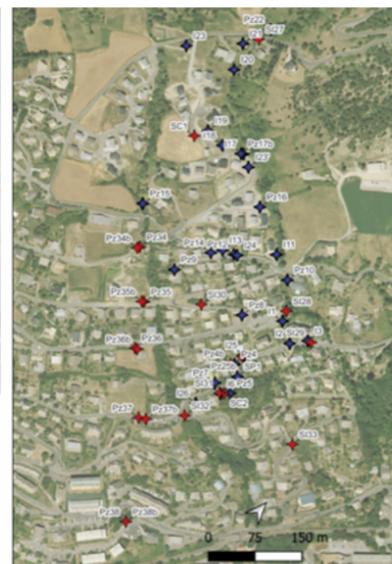


8

L'analyse du signal magnétique, réduit au pôle, a permis, en posant a priori d'absence d'aimantation rémanente significative, de "redresser" l'anomalie afin de placer les maxima à l'aplomb des contacts entre éléments de différentes aimantations. Cet a priori d'absence de rémanence est ici vraisemblablement correct au vu de la nature des couches sédimentaires (moraines, terres noires). La netteté des contrastes laisse supposer des contacts nets entre les structures et une géométrie complexe avec une succession de prismes, dont les limites, notamment les principales, corrélatent assez bien avec les désordres observés en surface. Ces données magnétiques, combinées à



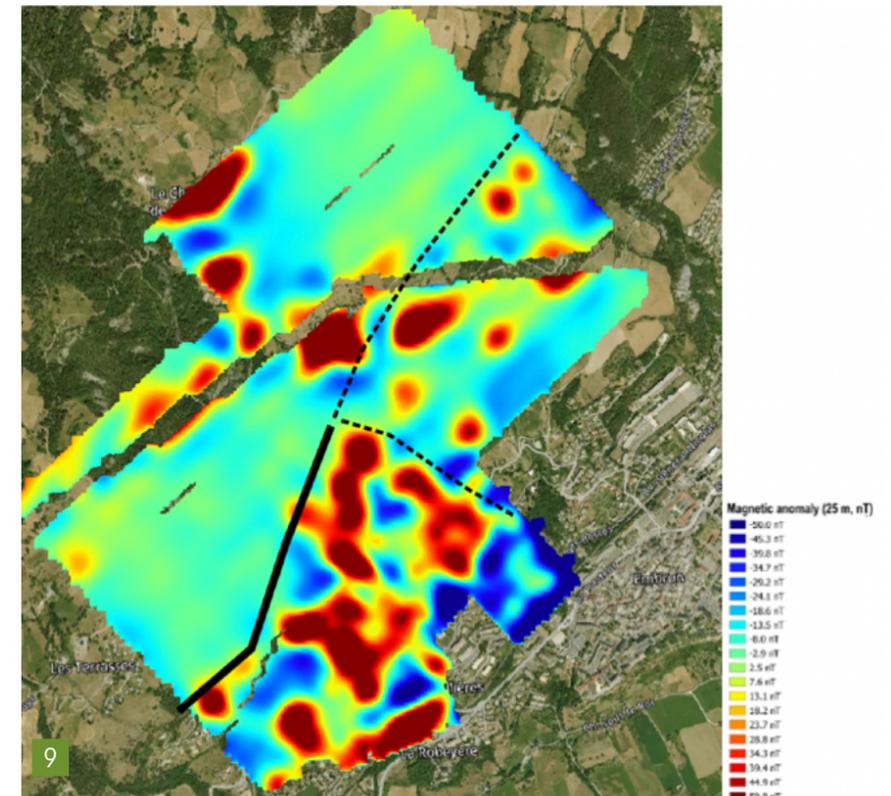
7



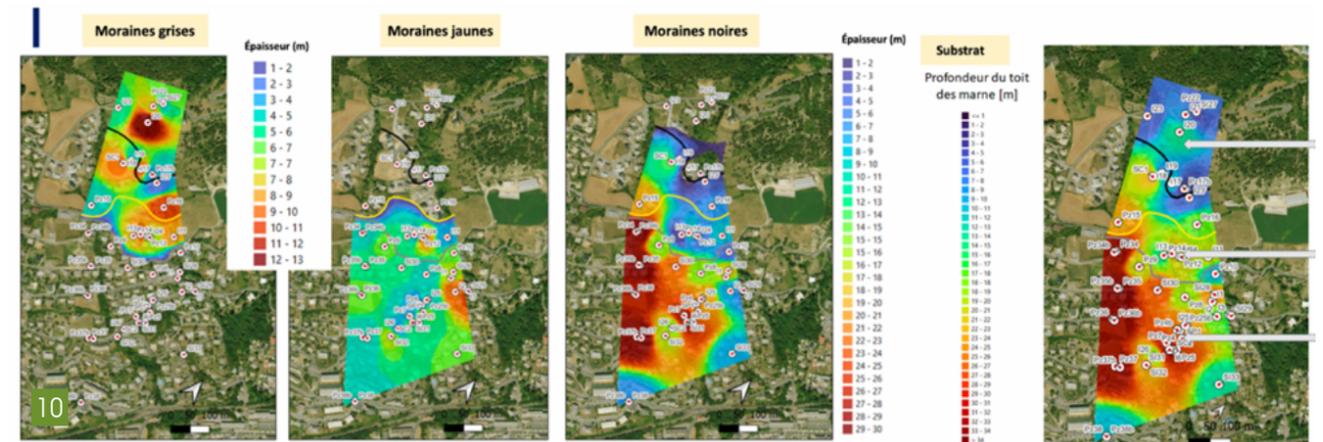
l'interprétation des logs de forages, de carottes et de diagraphies géophysiques, sont actuellement intégrées dans un modèle géologique afin de simuler les géométries des formations en 3D. Une grande variabilité des épaisseurs de formation est observée de l'amont vers l'aval, et latéralement. Des circulations préférentielles des eaux sont identifiées à certaines profondeurs ; l'écoulement de la nappe, alimentée par des eaux de surface et des eaux lointaines (tels qu'indiqués par les mesures hydrochimiques) est caractérisé par un gradient d'écoulement très élevé.

Les études se poursuivront dès février 2023 avec la réalisation d'une acquisition de données sismologiques par réseau dense (nodes PISE/Densar) qui permettront d'affiner l'identification des structures et la modélisation des épaisseurs de couches. Des modélisations hydrogéologiques des écoulements permettront ensuite de simuler les variations des écoulements d'eau souterraine et leur rôle sur la stabilité du versant. Les études, communiquées aux services de l'État et dans le cadre de réunions publiques permettront de proposer des moyens de réduction de l'aléa gravitaire sur le secteur.

Jean-Philippe Malet (EOST/ITES), Catherine Bertrand (THETA/LCE), Bruno Gavazzi (Enerex), Lionel Bertrand (Enerex), Joshua Ducasse (THETA/LCE), Philippe Pézard (OREME/GM).



9



Illustrations >

[7] Orthophotographie de la commune d'Embrun (Hautes-Alpes) et zoom sur le lotissement de La Belotte (© Google Earth). Localisation des forages instrumentés sur le versant.

[8] Dispositif d'acquisition magnétique par drone (Enerex).

[9] Anomalie magnétique réduite au pôle, et principales structures géologiques (pli, prismes). Les traits noirs et pointillés marquent des séparations entre zones à différentes densités d'anomalies (et donc de contacts géologiques).

[10] Épaisseurs modélisées des principales formations superficielles et profondeur du substrat stable de marnes noires. La présence d'épaulements glaciaires (flèches grises) et donc de successions de hauts et de bas créant des cuvettes locales est identifiée.

COMPTES-RENDUS - GÉOSCIENCE : NUMÉRO THÉMATIQUE MAYOTTE

CRISE SISMO-VOLCANIQUE 2018-2022 À MAYOTTE ET DÉCOUVERTE DU VOLCAN SOUS-MARIN FANI MAORÉ, 4ÈME VOLCAN ACTIF DE FRANCE.

Les enjeux associés à une éruption sous-marine de taille exceptionnelle et inattendue sont de plusieurs types : scientifiques, techniques et sociétaux. Les séismes qui ont secoué l'archipel de Mayotte à partir du 10 mai 2018 ont initié une crise qui va mobiliser et mobilise encore de manière exceptionnelle la communauté scientifique, administrative et politique française. Cette crise, sismique d'abord (plusieurs séismes de magnitude 5 en mai 2018 et jusqu'à magnitude 5.9 le 15 mai 2018), puis géodésique avec le déplacement et l'enfoncement de l'île de Mayotte (environ 20 cm de juillet 2018 à fin 2020), et enfin volcanique, avec la découverte du volcan Fani Maoré début 2019 (édifice de 800 m de haut à 3700 m de profondeur avec plus de 5 km³ de lave émise) a nécessité une mobilisation sans précédent pour comprendre l'événement, le décrire avec le plus de détails possibles, organiser sa surveillance et communiquer les connaissances acquises. Ceci a été possible avec l'implication de nombreuses équipes de recherche dans divers organismes (BRGM, Ifremer, CNRS, IPGP, IGN, universités, observatoires, etc.), coordonné avec plusieurs ministères*, la création d'un réseau de surveillance (Revosima) qui se réunit toutes les semaines depuis quatre ans. Les données se sont accumulées grâce à de nombreuses campagnes en mer, de projets scientifiques divers, des projets ANRs, des missions de terrain, des doctorats,...

Environ une quinzaine de membres de l'East-Ites participent à ces missions et projets, à l'installation de stations sismiques et géodésiques à Mayotte, aux campagnes scientifiques et de surveillance, au dépouillement des données sismiques, à l'encadrement des masters et doctorants.

Quelques résultats de ces travaux en cours sont présentés dans un ensemble de 19 articles publiés en ligne dans un numéro thématique des Comptes-Rendus - Géoscience, grâce à l'impulsion de F. Chabaux (éditeur en chef) et édités par J. van der Woerd, V. Famin (U. Réunion) et E. Humler (U. Nantes). Les membres de l'East-Ites co-signent six articles de ce numéro, dont deux sont signés en 1er auteur par des doctorants d'Ites. L'ensemble de ces articles aborde la crise sismique et volcanique, les risques associés, les impacts sociétaux et aussi la connaissance du contexte géodynamique local et régional de Mayotte et de l'archipel des Comores. Ces articles couvrent un large éventail d'approches et d'études qui témoignent de l'investissement majeur de la communauté scientifique française et internationale pour comprendre l'événement exceptionnel et contribuent à mieux évaluer les risques associés à une telle crise.

Jérôme Van der Woerd

* Ministère de l'éducation nationale, de l'enseignement supérieur et de la recherche, Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie, Ministère de l'intérieur, Ministère des Outre-Mer



Consulter le numéro thématique de Comptes-Rendus - Géoscience : [ic.cx/SZxcQr](https://doi.org/10.1016/j.crgeos.2022.10.001)
Campagnes Revosima : www.ipgp.fr/observation/ovs/revosima/

Référence :

Jérôme van der Woerd; Vincent Famin; Eric Humler. Special issue Comptes-Rendus Géoscience: The Mayotte seismo-volcanic crisis of 2018-2021 in the eastern Comoros archipelago (Mozambique channel). Comptes Rendus. Géoscience, Tome 354 (2022) no. S2, pp. 1-6. doi : 10.5802/crgeos.196.

Illustrations >

[11] Page de couverture du numéro thématique

[En couverture de cette Lettre] Découverte de l'édifice volcanique sous-marin Fani Maoré à l'est de Mayotte avec le sondeur multi-faisceaux à bord du navire océanographique Marion Dufresne en mai 2019 lors de la campagne océanographique MAYOBS-1 (N. Feuillet, 2019, doi.org/10.17600/18001217). Le panache acoustique et éruptif s'étend du sommet du volcan par 2600 m de fond jusqu'à 800 m sous la surface de l'océan © C. Poncet et C. Scalabrin avec le logiciel Globe (Poncet et al., 2022, doi.org/10.17882/70460).

PROGRAMME ET ÉQUIPEMENT PRIORITAIRE DE RECHERCHE "SOUS-SOL BIEN COMMUN"

L'EOST est impliqué dans les Programmes et équipements prioritaires de recherche (PEPR) "Sous-sol, bien commun", au travers du programme ciblé (PC9) 'Fossé Rhénan'.

Le sous-sol est un réservoir de ressources nécessaires à la transition énergétique. Il représente une source majeure d'énergie décarbonée (géothermie), un lieu de stockage d'énergie (H2) et de déchets (CO2), il héberge également les réserves en eau indispensables à la vie.

Face aux enjeux multiples que les conditions d'usage de ce sous-sol soulèvent, les objectifs du PEPR Sous-sol sont :

- La définition des conditions d'utilisation responsable et durable du sous-sol en fonction des différents scénarios d'évolution économique, énergétique et technologique, en prenant en compte les trajectoires socio-techniques ;
- La mise en place d'un cadre visant à limiter les conflits et les impacts, à définir les stratégies d'étude et de conservation des archives contenues dans le sous-sol, à créer les conditions d'un dialogue et d'arbitrage autour des activités liées au sous-sol et à soutenir les actions de protection-valorisation du sous-sol, considéré comme patrimoine commun.
- La structuration d'une large communauté de chercheurs en sciences de la Terre et de l'environnement, en sciences sociales, environnementales, économiques et juridiques et d'une communauté encore plus large impliquant, autour de ces enjeux, citoyens, décideurs et industriels.

Le PEPR exploratoire "Sous-sol, bien commun" est copiloté par le CNRS et le BRGM. Il rassemble 35 institutions et laboratoires. Doté d'un budget d'aide de 71,4 millions d'euros sur 7 ans, il vise à développer la connaissance du sous-sol national dans un contexte où le besoin de mieux appréhender ses ressources et usages, et de mieux gérer les conflits d'usage est croissant.

Partenaires : CEA, Cerema, Ifpen, Ifremer, Ineris, Inrae, Inrap, Inria, IRD, MNHN, Universités : Aix-Marseille, Besançon, Bordeaux, Chambéry, Clermont-Ferrand, Dijon, Grenoble, Guyane, Lille, Limoges, Lorraine, Lyon, Montpellier, Nantes, Nice, Orléans, Paris sl, Pau, Poitiers, Rennes, Strasbourg, Toulouse.

Le projet : [ic.cx/hNuwgQ](https://doi.org/10.1016/j.crgeos.2022.10.001)
Article CNRS Le journal. "Le sous-sol, le grand oublié de la transition énergétique ?" : [ic.cx/kOuEwx](https://doi.org/10.1016/j.crgeos.2022.10.001)

Lancement du programme le 13 février 2023 de 9h à 16h30 à l'auditorium Marie Curie du siège du CNRS - 3 rue Michel-Ange, 75016 Paris.

www.insu.cnrs.fr/fr/evenement/kick-off-soussol



Le projet ciblé (PC9) "Fossé Rhénan" constitue l'un des cinq grands chantiers du PEPR, dédié à la géothermie haute température, la co-génération de Lithium et l'hydrogène natif. Il est coordonné par Jean Schmittbuhl (CNRS) et Bernard Sanjuan (BRGM). Un budget de 2M€ lui a été attribué pour les sept années. Sa structuration fera l'objet d'une proposition qui sera soumise en avril prochain à l'ANR. Une concertation autour du cadrage proposé aura lieu le 2 Février prochain.

Jean Schmittbuhl

Projet Fossé rhénan : geot.unistra.fr/pepr-soussol-urg

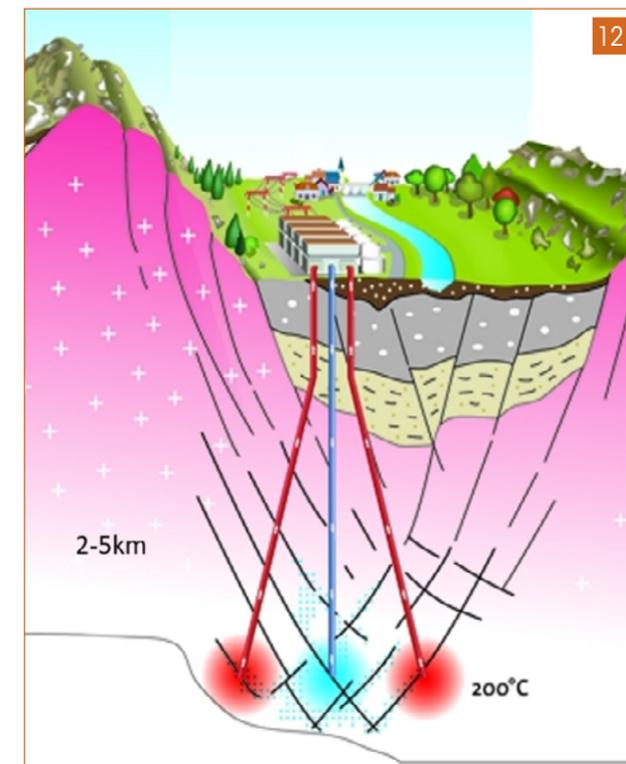


Illustration > [12] schéma de principe de l'exploitation de la géothermie profonde dans le fossé rhénan © BRGM

RECHERCHES POLAIRES À L'EOST

La demi-journée scientifique organisée à l'Eost par l'Institut Terre et environnement de Strasbourg le 16 décembre dernier avait pour thème les recherches polaires. Voici quelques échantillons des présentations.

GRAVIMÉTRIE POLAIRE ET CONTRAINTES SUR LE REBOND POST-GLACIAIRE

Depuis 2000, l'Eost effectue des mesures de gravité absolue dans les régions polaires et subantarctique sur les sites de Ny-Alesund (Svalbard), Dumont d'Urville (Antarctique) et Amsterdam, Crozet et Kerguelen (océan indien), grâce au soutien de l'Ipev (programme 337, porté successivement par J. Hinderer, Y. Rogister et J.-P. Boy).

Le site de Ny-Alesund présente un cas unique aux hautes latitudes, puisqu'il héberge l'ensemble des techniques de géodésie spatiale (GNSS, DORIS, VLBI et bientôt SLR*), ainsi que des mesures continues de gravité par des gravimètres supraconducteurs. L'objectif de ce programme est la séparation des contributions induites par les fontes des glaces actuelles et passées (dernière période glaciaire et petit âge glaciaire) pour une détermination des paramètres visco-élastiques du manteau terrestre, grâce aux mesures parallèles de gravité et de déplacement vertical.

La prochaine campagne de mesures, effectuée par J.-D. Bernard et J.-P. Boy, aura lieu dans l'Océan Indien lors de la première mission 2023 (OP1) du navire Marion Dufresne, en mars-avril.

Jean-Paul Boy

* GNSS : global navigation satellite systems / DORIS: Doppler Orbitography by Radiopositioning Integrated on Satellite / VLBI: Very Long Baseline Interferometry / SLR: Satellite Laser Ranging

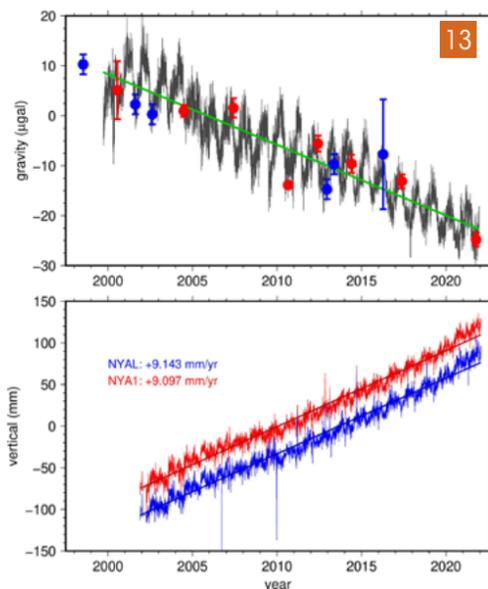


Illustration >

[13] Haut : Variations de gravité mesurées par les gravimètres supraconducteurs CO39 et iGrav 12 (noir), après étalonnage et correction de la dérive instrumentale, différents gravimètres absolus (en rouge, les mesures effectuées par l'Eost avec le gravimètre FG5 #206 du parc national gravimétrique Résif, et en bleu mesures effectuées par les collègues de l'ECGS, du BkG et du NMA) (mise à jour de Mémin et al., 2014).

Bas : Déplacements verticaux observés par GNSS (solution journalière calculée avec le logiciel GINS développé par le CNES) (d'après Kierulf et al., 2022).

Références :

Kierulf, H.-P., et al., 2022. Time-varying uplift in Svalbard—an effect of glacial changes, *Geophysical Journal International*, 231 (3), 1518–1534, doi.org/10.1093/gji/ggac264.
Mémmin, A. et al., 2014. Decadal geodetic variations in Ny-Alesund (Svalbard): role of past and present ice-mass changes, *Geophysical Journal International*, 198 (1), 285–297, doi.org/10.1093/gji/ggu134.

DU GONDWANA AU GROENLAND : SÉQUENCES DE DÉGLACIATION D'«HIER» À «AUJOURD'HUI»



Que se joue-t-il en période de déglaciation au moment de la transition fronts glaciaires marins/fronts terrestres ? Une stabilisation semble alors souvent intervenir, qui peut au moins localement retarder le calendrier de déglaciation. Sur la base d'une étude de cas au Groenland nous testons l'hypothèse que cette transition induit un comportement glaciaire et un enregistrement sédimentaire particuliers et cherchons à caractériser les processus à l'origine de telles stabilisations. Mieux comprendre ces dernières permettra ensuite une meilleure lecture des archives paléoglaciales (Quaternaire, Paléozoïque).

Pour cette recherche, nous avons ciblé la succession fini-Pléistocène-Holocène de la Baie de Disko (côte ouest du Groenland, ~69°N). Le projet offre un volet morphostratigraphique (analyse des faciès de dépôt des prismes de stabilisation glaciaire, acquisition d'un MNT à haute résolution de 30 km², double série de datations ¹⁴C et ¹⁰Be), un volet méthodologique (correction des modèles d'âges par cosmonucléides dans les zones à fort rebond glacio-isostatique) et enfin un volet paléoglacière (dynamiques et âges des fronts de retrait successifs de l'inlandis groenlandais en Baie de Disko). C'est une collaboration entre des chercheurs du CNRS (ITES, CEREGE) et de l'Université Laval (Québec, Canada), qui embarque un étudiant Master 2 et un projet de post-doc. Le projet est cofinancé par l'Institut Polaire Français (projet IPEV Stabil-Ice) et l'Université Laval (Québec).

Jean-François Ghienne

[14] Le système fluvio-deltaïque de stabilisation glaciaire étudié en septembre 2022, avec, à droite, la moraine de Tasiusaq (8,2 ka) et au fond, à 7 km de là, le littoral de la Baie de Disko. @ JF Ghienne

LA RADIOGLACIOLOGIE POUR CARTOGRAPHIER LA CALOTTE GLACIAIRE DE L'ANTARCTIQUE

L'application du radar (ou radiosondage) aux sciences cryosphériques a débuté il y a plus de 50 ans. Aujourd'hui, la "radioglacio-logie" est devenue une méthode standard utilisant des systèmes de mesure très sophistiqués déployés au sol ou en vol, qui envoient une forme d'onde électromagnétique dans la gamme des fréquences radio (1-1000 MHz) dans la glace et reçoivent les échos en retour. Cette approche est très efficace pour l'étude des glaciers et des nappes glaciaires, car les propriétés physiques permettent une haute résolution et une pénétration profonde, jusqu'à la base. Les applications comprennent la détermination de l'épaisseur de la glace (détermination de la géométrie du flux ou des ondulations), les conditions du lit (lacs sous-glaciaires, lignes d'échouage), l'architecture de la couche interne (reconstruction de la dynamique et du taux d'accumulation ou de fonte basale, synchronisation

des carottes de glace), la distribution de la densité (transition entre la glace et la neige, porosité), la teneur en eau liquide (hydraulique, bilan massique), la détection des limites polythermiques (surface de transition froid-tempéré, contraintes pour les estimations du flux de chaleur géothermique) ou des conduits internes (hydraulique, dynamique) et des crevasses (stabilité de la plate-forme de glace, logistique) ainsi que d'autres inclusions (sédiments, blocs rocheux, avions, stations passées).

De nombreux produits sont requis comme conditions aux limites pour les modèles numériques ainsi que comme contraintes pour la calibration et la validation de la mesure, également pour la télédétection par satellite. Les frontières actuelles de la recherche incluent la cartographie complète de la calotte glaciaire de l'Antarctique (par exemple, dans le cadre des groupes d'action du Scientific Committee on Antarc-

tic Research - SCAR), le déploiement sur des drones, en poussant plus loin les capacités techniques pour augmenter la haute résolution (< 0,5 m) et la pénétration profonde (> 5 km) en même temps et éventuellement permettre le déploiement sur des satellites en orbite autour de la Terre, déjà réalisés pour Mars.

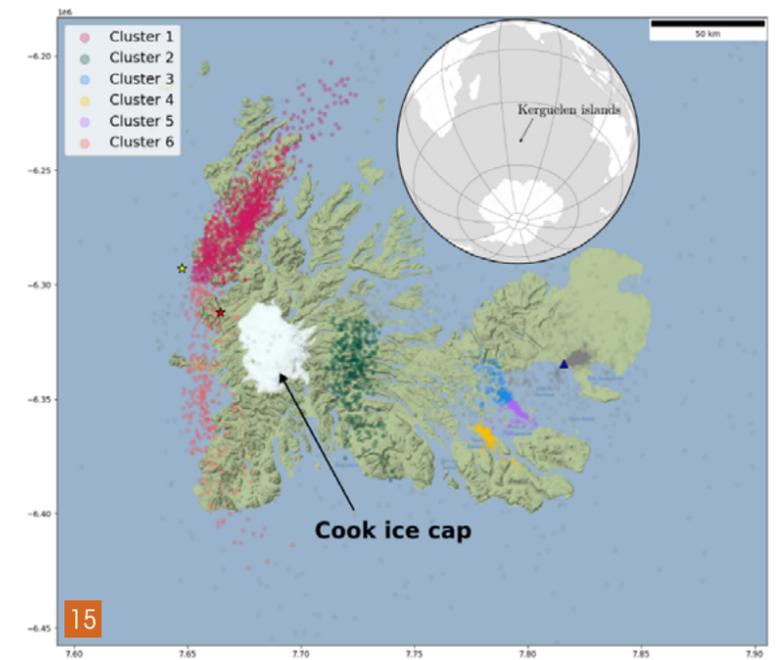
Olaf Eisen, Professeur de Glaciologie, fellow of University of Strasbourg Institute for Advanced Sciences (USIAS)

Exemples de groupes d'actions du SCAR :
Rings : www.scar.org/science/rings/
AntArchitecture : www.scar.org/science/antarchitecture/

SISMICITÉ RÉCENTE DE L'ÎLE DE KERGUELEN

La sismicité qui a lieu à proximité des îles Kerguelen (Océan Indien) reste mal connue. Cela est principalement dû à la faible densité de stations sismologiques dans la région autour de l'île principale. Nous avons analysé le signal sismologique continu, enregistré par la seule station sismologique en service sur l'île depuis 1999. En utilisant un algorithme d'intelligence artificielle, nous identifions de nombreux séismes que nous localisons sur l'île principale de Kerguelen ou dans son voisinage immédiat. Cette activité sismique abondante est présente pendant toute la durée de l'étude (20 ans) et se manifeste sous forme d'essaims de sismicité. Ces observations attestent vraisemblablement d'une activité magmatique résiduelle sur l'île, peut-être favorisée par la fonte de la calotte glaciaire.

Olivier Lengliné, Alessia Maggi, Dimitri Zigone



[15] Carte des séismes localisés dans cette étude (cercles). Les cercles colorés indiquent les séismes qui appartiennent aux clusters identifiés ; les cercles gris indiquent des séismes isolés. L'étoile jaune indique notre localisation d'un tremblement de terre M4,7 le 6 octobre 2017 ; ce même tremblement de terre a produit une déformation de surface visible à partir d'images satellites et a été localisé à la position de l'étoile rouge. Le triangle bleu marque l'emplacement de la station sismologique utilisée dans cette étude (PAF, Port aux Français).

Pour encourager les collaborations, le transfert de technologies avec/vers le monde socio-économique et la co-construction de projets sur des enjeux sociétaux, la Fédération recherche environnement et durabilité (Féred) organise le 16 mars le forum "Innovation et bourse aux technologies en environnement et durabilité" qui prendra la forme d'un carrefour de rencontres.

Il se déroulera en plusieurs temps d'échange :

- témoignages et retours d'expérience de recherches innovantes et récentes en Environnement et Durabilité associant les laboratoires de recherche et sphères privées/publique,
- présentation des compétences – savoir-faire, technologies et services des chercheurs de la Féred,
- expression de besoins d'innovation par les partenaires socio-économiques,
- deux tables rondes avec des invités « externes » à la Féred,
- espace d'échange sur différents stands entre les participants,
- présentation des dispositifs de valorisation et d'incubation disponibles auprès des établissements partenaires.

Vous êtes chercheur-e et souhaitez présenter vos compétences, offres de services et gagner en visibilité auprès des entreprises ? Vous êtes un-e entrepreneur-e et vous souhaitez partager des besoins, des idées et/ou améliorer votre compétitivité ? Vous êtes un institutionnel et vous désirez construire des projets participatifs ? Participez à la bourse aux technologies organisée par la Féred !

Féred : fered.unistra.fr
 Programme & inscription : Inkd.in/e8gFG_jE
 Date limite d'inscription : **28 février 2023**

FORUM
 INNOVATION
 ET BOURSE AUX
 TECHNOLOGIES
 EN
 ENVIRONNEMENT
 ET DURABILITÉ



LE RHINOCÉROS
 MIRACULÉ

Dès 1958, Horace E. Wood, un paléontologue américain, adresse un courrier à Suzette Gillet pour préciser la détermination de ce rhinocéros. Wood est alors le spécialiste mondial des rhinocéros fossiles. Il explique qu'il s'agit d'un beau spécimen de *Metamynodon planifrons* et ajoute des informations quant à sa probable provenance géologique (Oligocène des Badlands dans le Dakota du sud, aux États-Unis). Après une étude approfondie du crâne, il ajoute encore que ce spécimen est en meilleur état de conservation que celui du Museum of Comparative Zoology de l'Université d'Harvard (États-Unis), qui constitue le spécimen de référence pour la définition de cette espèce. Wood propose alors de faire une description détaillée du crâne strasbourgeois, mais tombe malade quelques mois plus tard et perd l'usage d'un œil, ce qui l'empêche de faire l'étude. En 1962, Jean Viret, alors directeur du Muséum des Sciences Naturelles de Lyon, propose de produire un moulage du crâne et d'en mener l'étude. Le spécimen est déposé à Lyon, où il va être oublié... mais ainsi préservé de l'incendie qui touche les collections de Paléontologie strasbourgeoises en

C'est en 1957 qu'est publié un Catalogue des exemplaires de Rhinocerotioidea du Musée de l'Institut de Géologie de Strasbourg. À cette occasion, Suzette Gillet, Professeur de paléontologie à l'Institut de Géologie, et Paul Wernert, Archéologue rattaché à l'Institut de Géologie, proposent une description sommaire d'un crâne dont l'origine est imprécise. La pièce est assez grande (une cinquantaine de cm de long, une trentaine de cm de large) et très bien conservée : on observe les deux rangées dentaires, à l'exception d'une canine. Les dents, dont la forme générale rappelle la lettre π, permettent de rattacher sans aucun doute le spécimen à un rhinocéros.

1967 ! Il reste dans les réserves du Mu-séum de Lyon jusqu'en 2020.

EN 2014, lors d'un entretien avec Marguerite Wolf, l'ancienne conservatrice des collections de Paléontologie de l'Eost, il est fait mention « d'un crâne de rhinocéros appartenant à l'Institut de Géologie et exposé au-dessus d'une porte dans les collections de l'Université de Lyon ». Immédiatement contacté, le responsable des collections lyonnaises affirme qu'il n'existe pas un tel spécimen. Le temps passe, puis, en 2019, un collègue suisse qui travaille sur les Amynodontidae présents dans les collections européennes nous incite à relancer la recherche du crâne. Contacté de nouveau, le collègue de l'Université de Lyon transfère la demande au Musée des Confluences (anciennement Muséum de Lyon). Et quelle surprise ! Le spécimen est bien présent dans les réserves. J'ai enfin pu rapatrier le spécimen, en train (nda, la SNCF n'accepte normalement pas autre chose qu'une valise dans les voitures). Il a été étudié en détail quelques semaines plus tard, et scanné en 3D pour l'occasion.

Cette histoire, comme bien d'autres à propos de nos collections de Paléontologie, a pu être reconstituée grâce aux nombreuses archives que nous a léguées la famille de Marguerite Wolf après son décès en 2018. M. Wolf a en effet précieusement assuré la conservation des collections et a consigné une quantité remarquable d'informations à leur sujet, en particulier tous ses échanges épistolaires

Kevin Janneau

Illustrations >

[16] Plongée dans les archives des collections © Kevin Janneau, Jds Unistra.

[17] Crâne du *Metamynodon planifrons* tel que figuré dans le mémoire de recherche de Léa Veine-Tonizzo, en 2020.

[18] Le fameux voyage en train. ©Kevin Janneau, Jds Unistra.

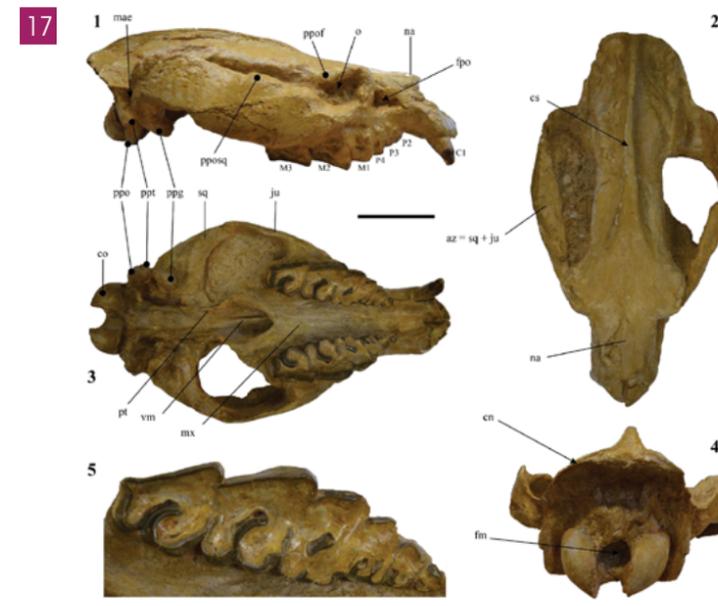
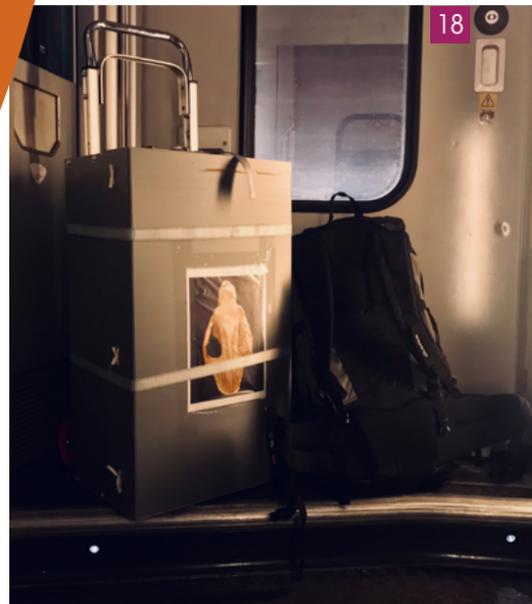
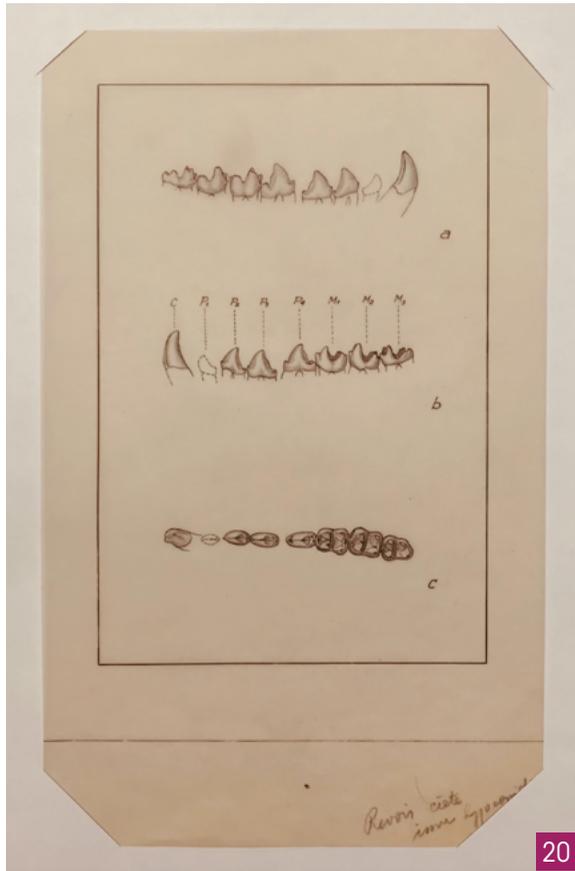


Figure 7. *Metamynodon planifrons*. Crâne UNISTRA.2015.0.1106, Big Badlands, Dakota du Sud, USA, Oligocène inférieur. 1 : vue latérale droite ; 2 : vue dorsale ; 3 : vue ventrale ; 4 : vue occipitale ; 5 : P2-M3 droite ; échelles 1-3 : 10cm, 4-5 : 5cm. Abréviations : az arcade zygomatique ; cn : crête nasale ; co : condyle occipital ; es : crête sagittale ; fm : foramen magnum ; fpo : fosse postorbitaire ; ju : jugal ; mae : mscat auditif externe ; mx : maxillaire ; na : nasal ; o : orbite ; ppq : processus postgloïde ; ppo : processus paraoccipital ; ppoq : processus postorbitaire du frontal ; pposq : processus postorbitaire sur le squamosal ; ppt : processus posttympanique ; pt : ptérygoïde ; sq : squamosal ; vm : vomer.

LA COLLECTION PRIVÉE DE CLAUDE HAMMEL À L'EOST



20

Le nom de Claude Hammel est associé à bon nombre de publications produites au sein de l'Eost durant les années 80 et 90. Cet ancien employé de La Poste, photographe et dessinateur de talent, était un géologue et un paléontologue averti. Jeune retraité, il a intégré le Centre de Sédimentologie et Géochimie de la Surface en tant que dessinateur scientifique. Il a été le compagnon de route de collègues associés à l'étude de la géologie et de la paléontologie régionale, tels Claude Sittler, Léa Grauvogel-Stamm ou encore Philippe Duringer qu'il accompagnait régulièrement sur le terrain.

Claude Hammel avait constitué une importante et très belle collection personnelle de roches et, surtout, de fossiles de la région, parfaitement identifiés et proprement classés. Il s'intéressait en particulier aux trilobites vosgiens, sur lesquels il a publié deux études scientifiques qui font encore référence.

Claude Hammel est décédé en 2020 – à 94 ans –, non sans émettre au préalable le souhait de léguer sa collection personnelle à « l'Institut de Géologie ». C'est chose faite depuis mars 2022. Sa collection couvre tous les niveaux géologiques d'Alsace et constitue une illustration exceptionnelle de la diversité paléontologique régionale. Le traitement et la mise à disposition de ces nombreuses archives personnelles prendra du temps, mais rien d'insurmontable comparé au temps qu'aura pris Claude Hammel pour constituer cet ensemble remarquable...

Kevin Janneau, Jardin des sciences Unistra

Photos > © Kévin Janneau

[20] Dessin d'observation de C. Hammel

[21] La collection C. Hammel a pu intégrer une nouvelle salle à l'Institut de Géologie.



21