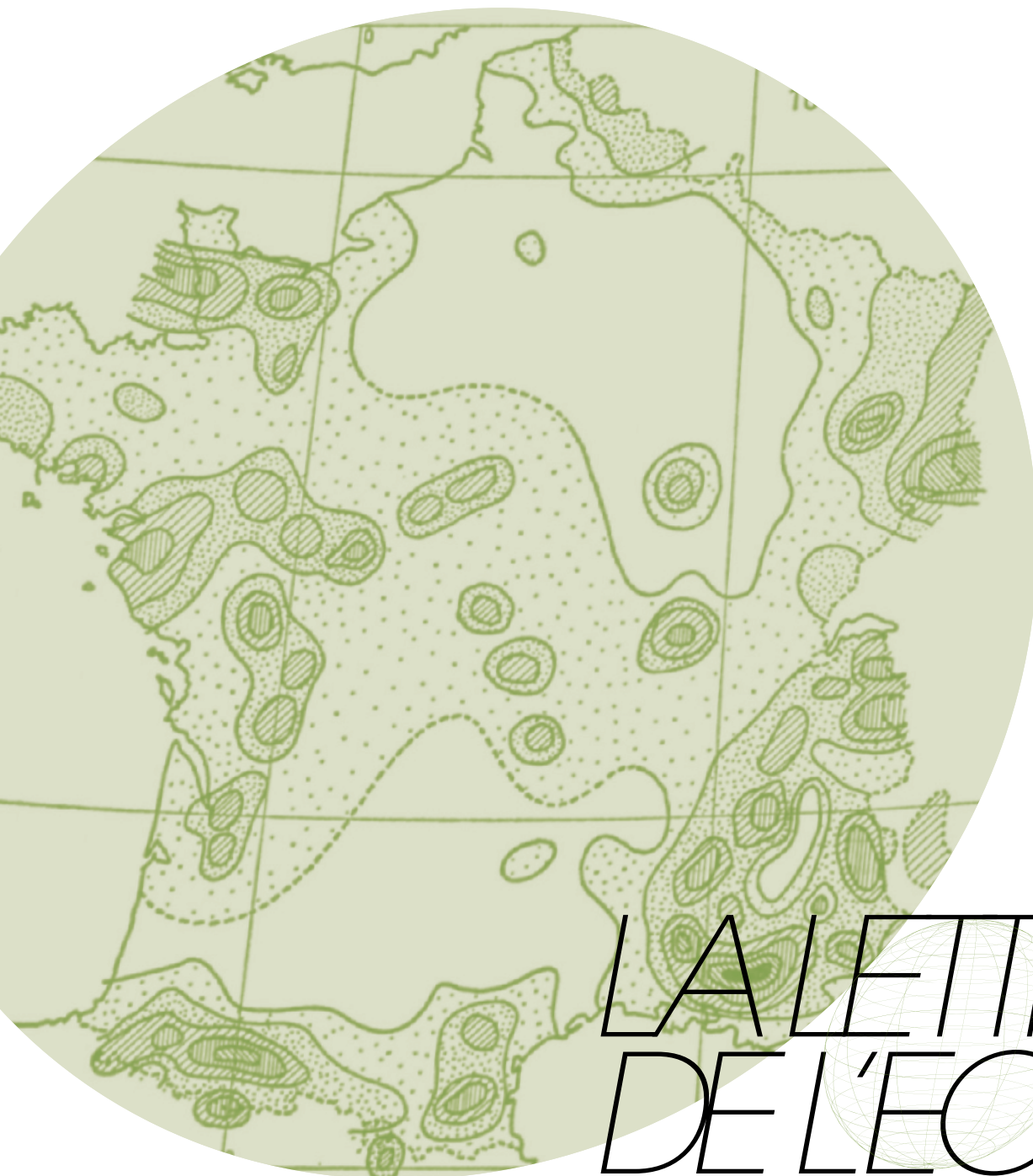




LA LETTRE DE L'EOST

N39 OCTOBRE 2021

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

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



SOMMAIRE

Hommage à Marc Munsch 3

Formation

Camp de terrain L3	4
Camp de terrain 3A	5
Séminaire évaluation des compétences	5

Observatoires

Centenaire du BCSF : un peu d'histoire	6
Activités du BCSF-Rénass aujourd'hui	8
Sismomètres low-cost à Mayotte	9
Numéro spécial Géoscience	10

Recherche

Suivi gravimétrique des masses d'eau souterraines	11
Nouveaux projets ANR de l'Ites	12
Dépôts de tsunamis en Tunisie	15

Grand public

La fête de la science a 30 ans !	16
----------------------------------	----

CHÈRES ET CHERS COLLÈGUES,

Une nouvelle rentrée est passée, sous la menace du Covid mais jusqu'ici sans encombre ! Pour la première fois depuis presque un an, le campus était très animé, très vivant, et les cours ont pu reprendre quasi normalement, hormis les masques sur le visage que l'on ne voit plus.

Cette rentrée arrive après une année bien chargée, avec la création du nouveau laboratoire Ites (Institut Terre et Environnement de Strasbourg, fusion de l'IPGS et du Lyghes) et le déménagement vers le bâtiment étendu de la rue Descartes de l'ensemble des personnes et des activités de la rue Blessig (sauf le musée de minéralogie). Ces deux événements très importants ne sont pas encore derrière nous mais, progressivement, chacun s'installe dans ce nouvel environnement.

L'année qui arrive sera elle aussi riche en aventure.

Du 4 au 8 octobre, sont organisées les premières journées scientifiques conjointes d'Ozcar (l'infrastructure de recherche nationale française dédiée à l'observation et à l'étude de la zone critique) et Tereno (l'équivalent allemand d'Ozcar). Dans la foulée, du 15 au 18 novembre, auront lieu les Rencontres scientifiques et techniques de Résif (Réseau Sismologique et géodésique français) à Obernai. Durant ces journées seront aussi célébrés les 100 ans du BCSF, lors d'une demi-journée scientifique dédiée, suivie d'une soirée festive. Ces deux événements, presque simultanés, mettent en relief des thématiques de recherche de l'Ites s'appuyant sur des moyens d'observation de l'Eost. Ils soulignent le dynamisme strasbourgeois.

Cette année sera aussi celle de la finalisation du chantier de la Manufacture, avec un déménagement de nos activités d'enseignement prévu à la fin du printemps pour une rentrée en septembre 2022 dans nos nouveaux locaux. Là encore, cela va nécessiter un très lourd travail.

Enfin, cette année sera aussi celle de la préparation du dossier CTI (Commission du Titre d'Ingénieur) pour l'évaluation de la formation d'ingénieur à l'automne 2022 et de la réflexion sur la structure et le contenu de notre offre de formation en licence et en master, avec la mise en place de la diplomation des évaluations à partir de l'évaluation des compétences (page XXX).

Une belle et riche année nous attend. Bon courage à tous !

DIRECTEUR DE LA PUBLICATION Frédéric Masson

REALISATION Véronique Bertrand

IMPRESSION Imprimerie DALI / Unistra

PHOTO DE COUVERTURE Carte des intensités maximales observées sur la période 1021-1969 - J.P. Rothé 1969. Règles parasismiques PS 1969, 1970.

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

N38 JUIN 2021

Frédéric Masson, directeur de l'Eost

HOMMAGE À MARC MUNSCHY

MARC MUNSCHY NOUS A QUITTÉS À L'ÂGE DE 64 ANS. PHYSICIEN DES OBSERVATOIRES DE L'UNIVERSITÉ DE STRASBOURG AFFECTÉ À L'ÉCOLE ET OBSERVATOIRE DES SCIENCES DE LA TERRE (EOST), IL EST DÉCÉDÉ CE 6 AOÛT DERNIER. IL MENAIT ENCORE AVEC DYNAMISME DE TRÈS NOMBREUX PROJETS DANS SON DOMAINE DE PRÉDILECTION, LA CARTOGRAPHIE MAGNÉTIQUE, AU SEIN DE L'ÉQUIPE GEOLS DU LABORATOIRE ITES.

Marc Munschy a étudié et travaillé à l'Eost. C'est l'un des piliers de notre école qui disparaît. Après avoir fait l'école d'ingénieurs géophysiciens de l'Eost (diplôme 259 effectué à l'IFP, Remplissage et subsidence d'un bassin avant-arc. Le bassin de Tobago. Marge des Petites Antilles), il a hiverné à Crozet (observatoires magnétiques austraux, 1981), suivi une année de DEA (1982-1983) puis préparé sous la direction de Roland Schlich une thèse de doctorat sur l'Étude géophysique détaillée du point triple de Rodriguez et de la zone axiale des trois dorsales associées (Océan Indien), thèse soutenue en 1987. Il a ensuite été recruté comme physicien adjoint au CNAP, corps national des astronomes et physiciens, puis promu physicien. Il a passé son Habilitation à diriger des recherches (HDR) en 1994 sur l'Architecture et dynamique de la croûte océanique, exemples dans les océans Indien, Pacifique est et Atlantique central.

Fort d'une grande curiosité, Marc Munschy a au cours de sa carrière de chercheur exploré de nombreux sujets. Il a d'abord travaillé en géophysique marine. Spécialiste de l'accrétion océanique à l'axe des dorsales, il a étudié les océans Indien et Pacifique sud en utilisant la bathymétrie

multifaisceaux, la gravimétrie et le magnétisme. Il a largement contribué à la compréhension de la structure et de l'évolution du plateau de Kerguelen. À partir de 2002, il s'est passionné et focalisé sur les méthodes potentielles, et particulièrement la mesure, le traitement et l'interprétation de données magnétiques à différentes échelles. On lui doit alors l'unification des procédures d'étalonnage et de compensation des magnétomètres fluxgate, et la conception de différents dispositifs de mesure au sol ou en aéronefs et plus récemment en drones qui lui ont permis une multitude de nouvelles applications. Il a ainsi travaillé notamment dans les domaines de l'archéologie, la détection de munitions, la cartographie géologique, les études minières et géothermales. Il est également co-auteur du brevet STERNA (collaboration entre le groupe ECA et l'EOST), qui a obtenu le trophée de l'innovation au salon Euronaval en 2016. Marc Munschy a également encadré une douzaine d'étudiants en thèse, auxquels il a transmis sa passion et ses valeurs.

Marc Munschy a régulièrement enseigné à l'école d'ingénieurs de l'Eost, ainsi qu'en licence et en master. Il a également pris des responsabilités collectives à l'Université

de Strasbourg. Il a été entre 2001 et 2009 responsable pédagogique de la licence Sciences de la Terre à l'Eost, puis Vice-président délégué Licence entre 2009 et 2012, et de 2012 jusqu'à aujourd'hui chargé de mission coût de l'offre de formation.

Marc Munschy a également été un président dynamique de l'association Géophysique des anciens élèves et amis de l'Institut de Physique du Globe de Strasbourg / Eost (1993-1999), avec en particulier la publication de nombreux bulletins, la mise en place d'une première version d'un site internet, d'un prix Geophysique, et d'enquêtes.

Marc Munschy était passionné et enthousiaste pour son travail, qu'il aimait profondément. Ses très nombreux étudiants, ses collègues de l'Eost, de l'ITES et de GeOLS ainsi que ses nombreux collaborateurs académiques et industriels peuvent témoigner de cet enthousiasme et de son énergie dans l'ensemble de ses missions de recherche et d'enseignement.

Nous regretterons sa simplicité, sa sincérité, son honnêteté, son humour surprenant et décapant; tout ce qui faisait de lui plus un ami qu'un collègue.



Photos >

[1] Stage de terrain des élèves ingénieurs de 3ème année de l'Eost à Grendelbruch en septembre 2017.

Crédits : Gilbert Ferhat

[2] Test de l'effet de cap d'un capteur magnétique à pompage optique sur une plateforme magnétique.

Crédits : Hugo Reiller



CAMP DE TERRAIN DANS LES VOSGES DU SUD

C'est dans un contexte compliqué que les étudiants de 3^e année de Licence (L3) Sciences de la Terre de l'Eost ont fait leur licence. Du fait de la crise sanitaire, peu de cours ont pu être effectués en présentiel et un camp de terrain a même dû être annulé durant leur deuxième année de licence. Dans la lignée d'anciens étudiants de L3 de l'Eost qui sont allés avant eux en Grèce en 2017, autour de Sainte-Marie-Aux-Mines en 2018 et en République Tchèque en 2019, plusieurs étudiants ont souhaité organiser un nouveau camp de terrain à la fin de l'année universitaire.

Benoît Pétri et Francis Chopin (enseignants-chercheurs à l'Eost, équipe Géols) ont été contactés et séduits par la motivation des étudiants ainsi que par l'organisation d'un tel projet. Sachant son énorme plus-value pour l'expérience personnelle des étudiants, ils ont proposé d'effectuer un camp de terrain dans la Chaîne Varisque des Vosges du sud. Il s'agit d'un terrain idéal pour aborder la dynamique des processus magmatiques, métamorphiques, (volcano)-sédimentaires et tectoniques ainsi que pour mettre en application les connaissances acquises par les étudiants en cartographie, en géologie structurale, en tectonique, en pétrologie sédimentaire, métamorphique et magmatique.

Avec l'aide de l'association Géosciences pour Tous (Gé-P-To), les étudiants ont tout d'abord pu compter sur l'ancienne présidente Marie-Eva Epin ainsi que, par la suite, de la nouvelle présidente Anna Theurel pour effectuer un budget prévisionnel. Un dossier de demande de subvention a été élaboré. Dans ce dernier, les étudiants ont présenté en détail dans une dizaine de

pages les différents contextes géologiques auxquels ils allaient être confrontés. Benoît Pétri et Francis Chopin ont grandement aidé à la relecture de ce dossier qui, envoyé à Total et à l'Eost, a permis d'obtenir les subventions souhaitées et de réaliser ce camp de terrain.

En plus de Benoît Pétri et Francis Chopin, les étudiants ont eu la chance d'être encadrés par des anciens diplômés de l'Eost : Mérédith Morin (doctorante, Ites), Anna Theurel (doctorante, Université de Chambéry), Fabien Humbert (University of Science and Technology, Shenzhen) et Pierig Deiller (Czech Geological Survey). Ces deux derniers ont notamment pu présenter lors de conférences nocturnes leurs travaux de recherche respectifs portant sur la caractérisation des magmas avec les outils modernes de géochimie et de pétrologie. Enfin, Anna Theurel, qui travaillait dans le cadre de son stage de M2 sur une des zones visitées, a pu discuter sur le terrain l'origine des structures magmatiques du granite des ballons (alignement préférentiels des phénocristaux de Feldspaths potassiques et leurs remobilisations).

Lors des deux premiers jours, le volcanisme du Rossberg ainsi que celui du Molkenrain ont été observés et discutés. Puis, deux journées ont été dédiées aux granites des ballons et une autre aux ophiolites du Thälorn. Le dernier jour a été consacré à une journée de cartographie en autonomie dans la zone des klippe, afin que les étudiants puissent s'entraîner à travailler en autonomie.

Guillaume Brisac

Les étudiants souhaitent remercier encore une fois l'entreprise Total ainsi que l'Eost pour leurs subventions, car sans eux ce camp de terrain n'aurait pas pu avoir lieu. Merci également à Benoît Pétri et Francis Chopin pour l'aide lors de la rédaction du dossier ainsi que pour l'organisation du programme de toute la semaine, à Fabien Humbert et Pierig Deiller pour la présentation de leurs travaux respectifs ainsi que l'apport de leurs explications tout au long de la semaine, à Mérédith Morin pour toutes ses connaissances de la zone visitée ainsi qu'à Gé-P-To et sa présidente Anna Theurel.

Photos >

[3] Le groupe d'étudiants © B. Pétri

[4] Au sommet du Molkenrain © A. Theurel





LES ÉLÈVES INGÉNIEURS SUR LE TERRAIN

Du 6 au 10 septembre, les élèves de 3^{ème} année de l'école d'ingénieurs de l'Eost ont réalisé des prospections géophysiques sur le lieu-dit du Muckenbach, sur la commune de Grendelbruch. Répartis en sept groupes, chacun était en charge d'étudier une parcelle prédéfinie. Chaque demi-journée a été consacrée à une méthode géophysique.

Les étudiants ont utilisé des appareils compatibles à ceux utilisés par des bureaux d'études. Chaque atelier était encadré par un enseignant chercheur spécialiste d'une méthode, à savoir : la prospection sismique en ondes P et S, le géoradar, l'imagerie électrique, la gravimétrie, le magnétisme, la topographie et le positionnement par GPS. Les appareils sont utilisés en recherche et en enseignement. Les ateliers de sismique passive et d'audio-magnéto-tellurique ont utilisé les parcs instrumentaux Densar et Emmob (voir Lettre n°37). Quant aux mesures de positionnement par GPS, les instruments sont ceux de la plateforme Observation spatiale de la Terre de l'Eost.

Cette mise en conditions réelles permet de mettre en pratique les enseignements vus en cours magistraux et elle fournit un jeu de données sur lequel les étudiants vont travailler pendant le semestre, qui se terminera par une confrontation des différents résultats lors d'une présentation orale.

Le beau temps et un accueil chaleureux au refuge des Amis de la Nature aident à perpétuer la tradition des stages terrain qui laissent en général un bon souvenir de cette dernière année d'études en Alsace.

Jean-François Girard

Refuge des amis de la nature : www.muckenbach.org

Photo > [5] Installation d'un réseau de nœuds sismiques en respectant une géométrie pré-établie © J. Vergne

RÉFLEXION SUR L'APPROCHE COMPÉTENCE DANS LES FORMATIONS DE L'EOST

Progressivement l'approche compétence devient la norme pour l'ensemble des formations. Elle consiste à définir les compétences qui devront être acquises par les étudiants au cours de leur formation, c'est-à-dire ce qu'ils seront capables de faire, concrètement, une fois diplômés.

Cette approche a été développée à l'Eost depuis longtemps, d'abord au sein de la filière ingénieurs en 2015, puis dans les filières de licence et de master en 2017. Essentielle pour clarifier les objectifs des formations, elle conduit à développer de nouvelles méthodes d'enseignement plus motivantes pour les étudiants et à augmenter leur employabilité.

En 2018, lors d'un premier séminaire, les enseignants de l'Eost ont travaillé collectivement pour redéfinir les compétences développées dans l'ensemble de nos formations. La réflexion, très riche, a principalement permis une prise de conscience par les enseignants de l'importance du sujet. Ils ont aussi réfléchi à la façon dont ces compétences pouvaient être évaluées. Une compétence s'acquiert progressivement, non pas au sein d'un cours spécifique mais par la combinaison des acquis de plusieurs enseignements. Cela signifie que les enseignants, toujours responsables des évaluations de leurs enseignements, doivent réfléchir collectivement comment ceux-ci contribuent à l'acquisition de l'une ou l'autre des compétences. L'évaluation des compétences est donc bien plus compliquée que la certification d'un niveau en mathématiques ! Ce travail sur l'évaluation des compétences, initié lors de ce premier séminaire, devait être poursuivi au fil de l'eau dans les mois qui ont suivi. Malheureusement, la dynamique a été stoppée par la crise sanitaire. C'est pourquoi un second séminaire a été organisé au printemps 2021, sur cette question de l'évaluation des compétences mais aussi, question très difficile, sur l'utilisation de cette évaluation pour la diplomation.

En effet, ce dernier point est maintenant au cœur des enjeux car la prochaine offre de formation pour la filière ingénieurs comme en licence et en master conduira à une diplomation basée exclusivement sur les compétences. Il y a donc un gros travail à faire, entre les enseignants, pour définir comment, semestre après semestre, les compétences sont progressivement acquises par les étudiants, pour qu'au terme de la formation, les compétences certifiées par le diplôme soient là ! La notion d'équipe pédagogique prend ici tout son sens.

Au cours du séminaire, les enseignants ont d'abord révisé les de compétences définies précédemment, pour arriver à un ensemble de 5 ou 6 compétences en licence et en master. Pour la formation d'ingénieurs, la CTI (Commission du Titre d'Ingénieur) impose un référentiel à 11 compétences qui doit être adapté à chaque école. Ensuite, pour chacune de compétences, ils ont regardé quels enseignements participaient à son acquisition, avec quelle progression au fil des ans. Une part importante du travail a été faite, qui doit être finalisée cette année. Pour la diplomation, la réflexion a bien avancé aussi. Il est apparu assez clair qu'il faudra, en amont des jurys semestriels, des réunions de concertation préparatoires pour discuter de l'attribution ou non des compétences, car il n'y a pas de compensation entre les compétences, donc si une compétence n'est pas acquise, le semestre ne l'est pas. Cela imposera à chaque enseignant de bien réfléchir à sa notation.

D'ici quelques temps, lorsque la démarche compétence conduira à la diplomation, les étudiants comme les enseignants y auront gagné, les évaluations n'étant plus une formalité pénible pour tous mais une occasion à saisir par chacun pour réfléchir sur ses méthodes de travail.

Frédéric Masson

CENTENAIRE DU BCSF : UN PEU D'HISTOIRE

**LE BUREAU
CENTRAL
SISMOLOGIQUE
FRANÇAIS (BCSF) EST
CRÉÉ PAR DÉCRET LE 28
JUILLET 1921.**

Il est alors dirigé par Edmond Rothé, directeur de l'Institut de physique du globe de Strasbourg. Son périmètre couvre alors la "France et ses colonies" et un des objectifs est de concentrer et d'unifier les résultats pour donner "une nouvelle autorité auprès des organisations scientifiques similaires de l'étranger". Dès lors, l'IPG publie dans ses annuaires une deuxième partie "Sismologie" où figure l'ensemble des observations sismologiques et macrosismiques françaises du BCSF.

Chaque année cet annuaire présente l'état du réseau sismologique français qui s'enrichit dès 1924 d'un certain nombre d'instruments : "des pendules horizontaux (type Mainka) implantés à Bagnères-de-Bigorre et à Grenoble, d'autres dans les colonies" (E. Rothé 1924). Sont également consignées dans ces bulletins annuels les données paramétriques des événements (dates, heures, phases, périodes des trains d'ondes, etc.) issues d'un vaste réseau d'observatoires ainsi que les intensités macrosismiques, estimées à partir du formulaire repris du Bureau central de météorologie, avant que, en 1928, le BCSF crée son propre formulaire (Sira et al, 2021). A partir de 1933, le formulaire est distribué aux communes par l'intermédiaire des préfetures. De nombreux correspondants régionaux sont sollicités : hôteliers, gardiens de barrages, de phares, de forts, gardes forestiers, curés, ingénieurs météorologistes.

En 1936, la publication régulière des annuaires est remplacée par une nouvelle série intitulée "Annales de l'IPG" qui reprend jusqu'en 1972, en 3 tomes, l'ensemble des informations sismologiques.

De fin 1939 à mi-1945 le BCSF se replie à Clermont-Ferrand, seul site où une station sismologique enregistrera en continu durant toute la période de guerre. Le travail d'observatoire sera ralenti par le démon-

tage des stations, la pénurie de papier, entraînant des lacunes tant instrumentales que macrosismiques.

APRÈS GUERRE

En 1948, la publication des Annales de l'Institut reprend sous la direction de Jean-Pierre Rothé, avec "les observations sismologiques de 1940 et 1941".

En 1954, pour la première fois, J.-P. Rothé et Nicolas Dechevoy accompagnent le catalogue des séismes (1940-1950) d'une cartographie représentant la distribution des épicentres sur une carte de la France métropolitaine. Cette forme cartographique sera reprise par J.-P. Rothé sous forme de synthèse sur la période de 1921 à 1969 pour la mise en place des règles parasismiques de 1969 [6] et [7].

A partir des années soixante, le CEA (Commissariat à l'énergie atomique) déploie un réseau de stations sismologiques (stations courte période) couvrant plus largement le territoire national, principalement pour un objectif de surveillance des essais nucléaires.

En 1966, un programme d'analyse des enregistrements des stations (détermination des épicentres) est réalisé par le Centre de calcul de la Faculté des Sciences de Strasbourg.

De 1961 à 1970, les renseignements macrosismiques sont issus des questionnaires retournés par les maires par l'intermédiaire des Préfetures et les stations météorologiques nationales. 56 cartes isoséistes sont publiées en 1972 (Annales IPG - sismicité de la France de 1961 à 1970). Jusqu'en 1977, certaines enquêtes macrosismiques sont également assurées au plus proche des zones d'études par des organismes ou des personnes ayant un intérêt

pour l'un ou l'autre des événements.

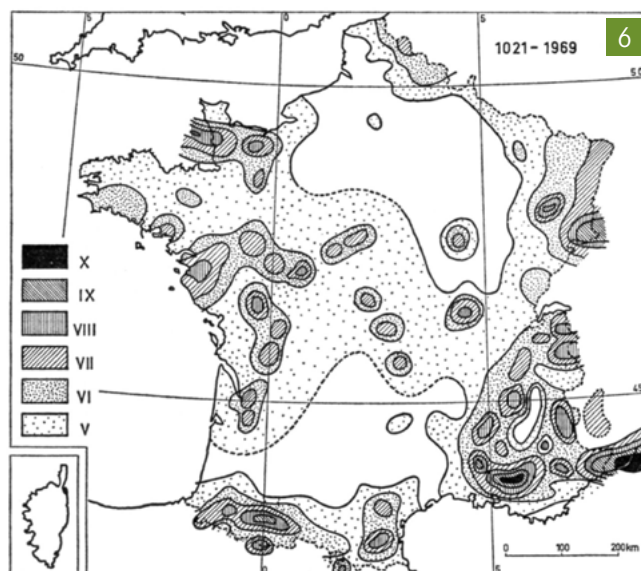
C'est dans le contexte du « projet sismotectonique » lancé en 1975, imposant une révision de la sismicité historique de la France, que le 1er janvier 1978, l'Institut national d'astronomie et géophysique transfère la responsabilité des enquêtes macrosismiques au BRGM sous la direction de Jean Vogt qui consacre une grande partie de son temps à la réévaluation d'événements historiques.

Cette organisation est appuyée, à partir de 1982, par la Direction de la défense et la sécurité civile, en contrepartie de la fourniture de données pour la procédure de reconnaissance de catastrophe naturelle.

En 1981, sous l'initiative de l'INSU, le Rénaass (Réseau national de surveillance sismique) est créé et fédère les réseaux régionaux de surveillance sismique (Universités et CNRS) du territoire métropolitain (rapport Géophysique - BCSF, 1996).

Après une interruption de plusieurs années, le BCSF reprend, en 1983, sa publication régulière sur la sismicité de la France et édite, en remplacement des annales de l'IPG, le premier volume des "Observations sismologiques, sismicité de la France" (période 1971 - 1977).

En mars 1986, le BCSF reprend la conduite des enquêtes macrosismiques systématiques. Le BRGM poursuit l'étude et l'analyse de la période historique (base de données "Sirène" devenue "SisFrance").



LES ANNÉES 90

Comme l'indique le rapport de la commission des observatoires géophysiques de 1996, "l'INSU a demandé au BCSF (1992), d'initier une politique d'équipement du territoire métropolitain en matière de stations sismologiques permanentes à grande dynamique" (réalisation d'un réseau large-bande [LB] et mise à niveau technologique des systèmes d'acquisition des réseaux régionaux courte-période [CP]).

En 1996, "le conseil du BCSF décide l'installation d'un réseau de détection « CNRS/MENESR » sur le territoire métropolitain".

Cette évolution du dispositif instrumental sur le territoire est réalisée dans le cadre du Rénass qui comptait 74 stations "courte période" et 6 stations "large bande" en 1996. Elles ont été en grande partie mises à jour par des stations "large bande" dans le cadre de l'infrastructure de recherche Résif.

A partir de 1998, un nouveau comité scientifique du BCSF est désigné. Il est sollicité notamment pour valider la mise à jour des procédures : refonte des formulaires d'enquêtes, utilisation de l'échelle européenne macrosismique EMS98, mise en place de systèmes d'informations. Depuis, le BCSF n'a cessé d'améliorer la collecte, la diffusion et l'archivage de l'information sismologique.

DERNIÈRE DÉCENNIE

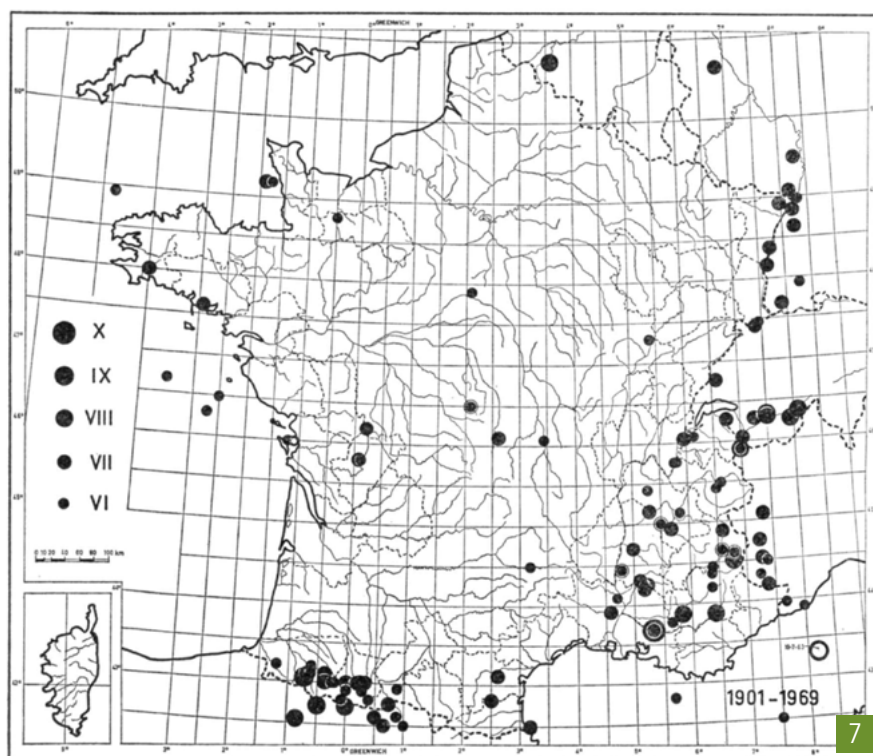
Un groupe d'intervention macrosismique (GIM), multi-organismes et piloté par le BCSF, est créé en 2011 pour estimer, à partir d'analyses de terrain, les intensités dans les communes affectées de dégâts significatifs. Il est aujourd'hui composé de 74 experts et de 6 formateurs (Schlupp et al., 2021). Sur le modèle du GIM-France est créé en 2019 le 1er groupe transfrontalier pour les Pyrénées associant la France, l'Espagne, et l'Andorre (<https://pocrisc.eu/fr>).

Le BCSF et le site central du Rénass fusionnent en BCSF-Rénass en 2013 pour une information complète de la sismicité en intégrant les données instrumentales et macrosismiques. Leurs sites web appelés à fusionner diffusent les informations sur la sismicité de la France (Métropole, Antilles, Réunion et Mayotte).

En 2014 est diffusé le nouveau catalogue sismologique de référence pour la France métropolitaine (1962-2009), Si-Hex, issu d'un travail collaboratif national réunissant les observatoires académiques et le CEA (Cara et al. 2015).

Le rôle "d'expert sisme" du BCSF-Rénass auprès de la commission interministérielle, dans le cadre de la procédure de reconnaissance de catastrophe naturelle, est confirmé en 2011 et 2021 par le Ministère de l'Intérieur (DGSCGC)*.

Christophe Sira, Antoine Schlupp



Liens >
www.franceseisme.fr
renass.unistra.fr
www.resif.fr

Les annales/annuaires depuis 1920 sont disponibles ici : www.franceseisme.fr/donnees/historiques.html

*DGSCGC : Direction générale de la sécurité civile et de la gestion des crises.

Illustrations >

[6] Carte des intensités maximales observées sur la période 1901-1969 - J.P. Rothé 1969. Règles parasismiques PS 1969, 1970.

[7] Carte de sismicité de la France pour les séismes ayant atteint ou dépassé l'intensité VI (EMI) de 1901 - à 1969, J.P. Rothé 1969, Règles parasismiques PS 1969, 1970.

Références :

- Cara Michel et al., Observations sismologiques, Sismicité de la France en 1997, 1998, 1999.
- Cara M, Cansi Y, Schlupp A et al (2015) Si-Hex: a new catalogue of instrumental seismicity for metropolitan France. Bull Soc Geol Fr 186:3-19. doi:10.2113/qssqfbull.186.1.3

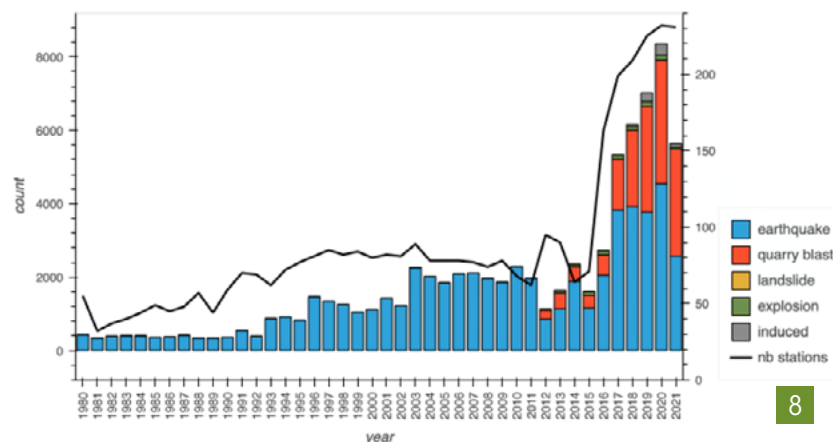
- Rapport Observatoires géophysiques/BCSF/27 septembre 1996.
- Roger Mathias, 2021, Rothé's legacy to the French Central Seismological Bureau (BCSF): a history of hegemony in French seismicity, Comptes rendus Géoscience. <https://doi.org/10.5802/crgeos.68>
- Rothé Edmond, Annuaire de l'Institut de physique du globe 1924, Bulletin du Bureau central sismologique français ; imprimerie alsacienne, 1925.
- Schlupp et al., 2021, EMS98 intensities distribution of the "Le Teil" earthquake, France, 2019-11-11 (Mw 4.9) based on macroseismic observations with field invest, submitted to Comptes Rendus Geoscience.
- Sira C., Cara M., Schlupp A., Masson F., Schaming M., Mendel V., 2021b. 1921 - 2021: 100 years of macroseismic studies in France, submitted to Comptes Rendus Geoscience.
- Souriau, Sylvander M., 2004, Les séismes dans les Pyrénées. Edition Loubatières.

Le BCSF-Rénass (Bureau central sismologique français - Réseau national de surveillance sismique), localisé à Strasbourg au sein de l'Eost, est issu de la fusion du BCSF et du Rénass en 2013. C'est le service national d'observation, labellisé par le CNRS-Insu dédié à la détection et à la localisation des séismes en France, et à la détermination de l'intensité des secousses lors de séismes ressentis. Ses sites web diffusent les informations sur la sismicité de la France (Métropole, Antilles, Réunion et Mayotte).

Les objectifs du BCSF-Rénass sont :

- de suivre l'activité sismique et élaborer le catalogue sismique de référence pour le territoire,
- de différencier la sismicité naturelle de la sismicité engendrée par les activités humaines,
- d'estimer l'intensité des secousses dans les communes affectées lors de séismes,
- de centraliser, archiver et diffuser les informations sur la sismicité de la France vers la communauté scientifique, les autorités et le grand public.

Les observations sont issues de capteurs (sismomètre ou accéléromètre) qui enregistrent en continu les mouvements du sol (en vitesse ou en accélération) provoqués par le passage des ondes sismiques. Le plus souvent, ces données de capteurs parviennent au BCSF-Rénass en temps quasi-réel et proviennent des stations permanentes du Réseau sismologique et géodésique français Résif, de stations temporaires déployées dans le cadre de projets de recherche ou d'observation, ou hébergées chez des citoyens (Projet SismoCitoyen) ou de stations internationales partagées. Parallèlement, le BCSF-Rénass collecte des données macrosismiques (effets sismiques produits sur les personnes, objets, mobilier et constructions) en métropole et dans les DOM-TOM et les interprète en termes d'intensités macrosismiques (sévérité de la secousse au sol). Ces données macrosismiques sont collectées via des enquêtes auprès de la population, pour des observations individuelles, et auprès des autorités pour les effets à l'échelle communale. En cas de dommages aux bâtiments, elles pro-



8

viennent également des observations sur le terrain effectuées par les experts du groupe d'intervention macrosismique (GIM - 74 experts formés issus de 18 organismes de France, Belgique, Suisse et Espagne) qui est coordonné par le BCSF-Rénass. Pour les séismes importants, le BCSF-Rénass rédige un rapport scientifique, avec les caractéristiques du séisme, sur lequel s'appuie la commission interministérielle de classement en catastrophe naturelle (expert séisme auprès de la commission).

Les activités du BCSF-Rénass sont représentées dans trois axes de l'action transverse sismicité (ATS) de Résif :

Axe 1 : Construire, maintenir et héberger un bulletin multi-origine évolutif,

Axe 2 : Produire et distribuer un catalogue sismique national faisant autorité [8],

Axe 3 : Collecter et analyser les observations macrosismiques historiques et contemporaines [9],

Axe 4 : Produire des ShakeMaps à l'échelle

nationale (Métropole et DOM-TOM).

Marc Grunberg, Antoine Schlupp

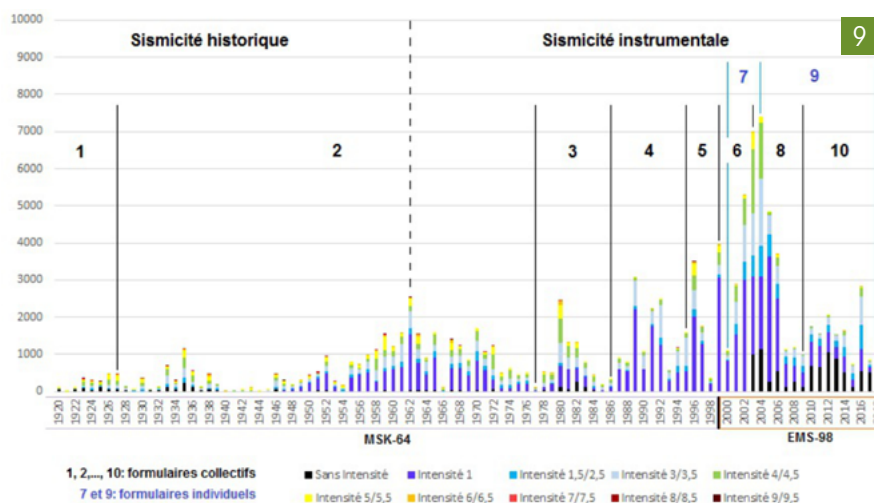
Liens >
www.franceseisme.fr
renass.unistra.fr

www.resif.fr/actions/action-transverse-sismicite

Illustrations >

[8] Nombre d'événements localisés par an par le BCSF-Rénass de 1980 au 01.09.2021. Depuis 2012, une discrimination est faite entre séisme naturel (bleu), activité liée aux carrières (rouge), glissement de terrain (jaune), séisme induit (gris). La courbe noire indique le nombre de stations utilisées pour la localisation.

[9] Valeurs d'intensités cumulées, tout indice de qualité confondus, de 1920 à 2018 (Source : BD-MFC / BCSF). Tait pointillé noir : limite des périodes de sismicité historiques et instrumentales (selon J. Mayor 2012). Chiffres noirs et bleus : générations de formulaires d'enquêtes collectifs et individuels. Source : V. Flück, Identification des hétérogénéités des données macrosismiques de la période historique à la période contemporaine - Master 2 - 2018.



9

LE BCSF-RÉNASS ÉQUIPE TOUTES LES COMMUNES DE MAYOTTE D'UN SISMOMÈTRE LOW-COST

Suite au séisme du 15 mai 2018 (de magnitude 5.9 Mw) qui a fortement secoué l'île de Mayotte, le BCSF-Rénass est intervenu à Mayotte mi-juin 2018 pour évaluer l'intensité des secousses (EMS98) dans les 17 communes à partir notamment de l'analyse des dommages. Mayotte ne comportait à cette époque qu'une station accélérométrique (YTMZ) à Mamoudzou. Le BCSF-Rénass profite alors de cette mission pour installer deux stations sismologiques low cost type RaspberryShake (à Koungou et Pamandzi, cette dernière n'ayant que brièvement fonctionné) initialement déployées en Alsace. L'objectif était de rapidement améliorer et renforcer le réseau de capteurs sismologiques sur l'île à partir d'équipement immédiatement disponible. Au vu de l'apport de la station de Koungou pour le suivi de la sismicité, le BCSF-Rénass a complété ce dispositif en installant deux capteurs complémentaires en juillet 2019, (Coconi et Mamoudzou) profitant de la campagne scientifique MD223-MAYOBS4 qui s'est déroulée du 19 au 31 juillet 2019.

Dès 2018, le BCSF-Rénass a mis en avant l'intérêt pour les observatoires et la communauté scientifique d'un déploiement de ce type de station dans chaque commune, permettant une densification rapide des mesures sur l'île à coût limité, et a recherché les financements nécessaires. Fin 2020, le BCSF-Rénass a obtenu le soutien (subvention) du Ministère de la Transition Écologique pour installer une station sismologique low-cost 3 composantes dans chacune des 17 communes de Mayotte. Les

conditions sanitaires liées au Covid-19 ont retardé leur déploiement, finalement réalisé du 23 août au 2 septembre 2021.

Les 17 stations ont été déployées dans les mairies, annexes de mairie et MJC, profitant des salles serveurs pour un fonctionnement 24h/24. Au retour de mission, toutes les stations sont opérationnelles même si trois d'entre elles nécessitent encore des ajustements des équipes informatiques des communes sur les serveurs pour un transfert des données temps réel.

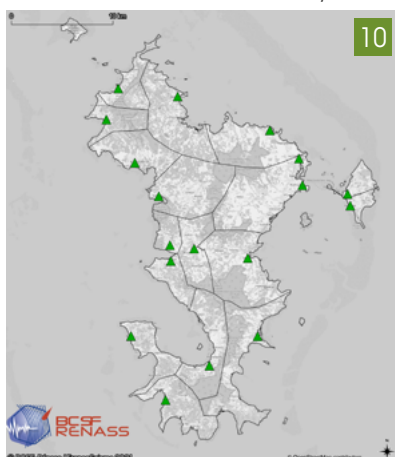
Les données sismologiques de ces capteurs sont mises à la disposition du RevoSima en temps réel de façon à renforcer le réseau pour le suivi quotidien de la crise sismique qui affecte l'île de Mayotte, mais aussi de tout organisme ou personne intéressés par ces observations. Un projet scientifique de caractérisation d'effets de sites, porté par le BRGM, est déjà initié. Ces données seront également utilisées par le BCSF-Rénass pour l'élaboration de cartes des secousses au sol (shakemap) lors de séismes générant des intensités significatives, en complément des témoignages collectés auprès de la population. Le BCSF-Rénass incite à l'utilisation de ces données le plus largement possible.

Illustrations >

[10] Localisation des 17 stations installées dans les services des mairies.

[11] Sismogrammes correspondants à l'évènement du 01/09/2021 à 13h37 heure locale de magnitude 3.5 ML (<https://renass.unistra.fr/fr/evenements/fr2021hgadke/>). Les stations sont classées par distance épicentrale. Sur les 18 sismogrammes, 14 proviennent des stations low-cost installées dans les mairies (Code AM). Cet évènement a été très peu ressenti par la population (1 seul témoignage spontané a été collecté par le BCSF-Rénass confirmé lors de nos échanges avec la population sur place.

[12] Exemple d'une station installée © BCSF-Rénass



Marc Grunberg, Antoine Schlupp

Sismicité de Mayotte localisée par le RevoSima
<https://renass.unistra.fr/fr/zones/mayotte>
 Collecte des témoignages des citoyens
<http://www.franceoiseisme.fr>
 Centre de données Raspberry Shake
<https://raspberrysake.org/data-center>
 RevoSima : <https://www.ipgp.fr/fr/revosima/>



Le BCSF-Rénass tient à remercier le Ministère de la Transition Écologique et en particulier la DGPR pour son soutien financier, l'ensemble des services des communes de Mayotte pour leur accueil, hébergement des stations et collaboration ainsi que l'antenne régionale du BRGM à Mayotte pour son aide lors de la préparation et pendant cette mission ainsi que son implication aux côtés du BCSF-Rénass pour la maintenance de proximité. Le BCSF-Rénass tient à remercier la préfecture de Mayotte pour son accueil en fin de mission et en particulier le SIDPC.



OBSERVATOIRE

NUMÉRO SPÉCIAL COMPTES RENDUS GÉOSCIENCE POUR LES 100 ANS DU BCSF 'SISMICITÉ DE LA FRANCE'

Le Bureau Central Sismologique Français fête ses 100 ans en 2021. Pour célébrer cet anniversaire, et en partenariat avec l'Action Transverse Sismicité Résif, un numéro spécial des Comptes Rendus - Géoscience sur la sismicité française est publié, sous la responsabilité éditoriale de Carole Petit (Nice), Stéphane Mazzotti (Montpellier) et Frédéric Masson (Strasbourg).

La question de la sismicité française est revenue sur le devant de la scène de façon prégnante ces dernières années. Les séismes meurtriers d'Italie (2009, Mw 6.1 L'Aquila ; 2016 Mw 6.0 Amatrice et Mw 6.5 Norcia) et les récentes crises sismiques de Mayotte, du Teil et de Strasbourg ont rappelé que la sismicité est un risque naturel non négligeable pour notre pays. De plus, de nouvelles avancées techniques et théoriques ont remis récemment en cause la compréhension classique du lien entre sismicité et déformation en France (Masson et al., 2019 ; Henrion et al., 2020) et ailleurs (Craig et Calais, 2014). La question de l'origine de cette sismicité fait l'objet d'hypothèses diverses étayées par des modèles. Elle est largement discutée par la communauté scientifique (Calais et al., 2016 ; Leclère et Calais, 2019 ; Mazzotti et al., 2020). Ce questionnement s'appuie

sur de nouvelles mesures rendues possibles par les équipements d'envergure lancés par Résif ces 10 dernières années, principalement des mesures de déformation de la croûte terrestre par GPS.

L'ensemble de ces éléments justifie de faire un point sur notre connaissance de la sismicité française, ainsi que sur la façon dont cette connaissance s'est construite. D'où l'idée de ce numéro spécial.

Parmi les articles publiés on trouvera :

- des synthèses régionales de la sismicité et de son contexte sismo-tectonique, en Métropole (Nord-Est – Doubre et al., Nord-Ouest Beuckler et al., Sud-Est – Larroque et al. et Sud-Ouest – Sylvander et al.) et Outre-Mer (Antilles – Massin et al., Mayotte – Bertil et al., La Réunion – Duputel et al.),
- des travaux sur des séismes et des crises sismiques récents (Rambervillers – van der Woerd et al., Barcelonnette – Bacques et al., La Maurienne – Guéguen et al., Le Teil – Cornou et al., Schlupp et al., Delouis et al., Strasbourg – Schmittbuhl et al.),
- des synthèses sur la sismicité historique Jomard et al., l'archéosismicité – Pour-soulis et al, Giry et al, la paléosismicité en

France – Béliet et al., et la caractérisation des failles actives - Ritz et al.

- une synthèse sur l'évolution historique des modèles d'aléa sismique en France – Beauval et Bard.

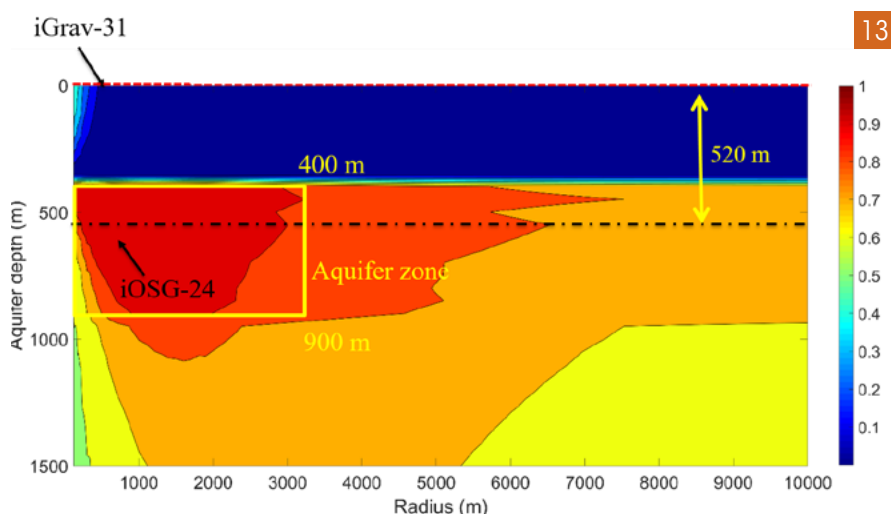
En introduction est proposé l'article sur et l'évolution des observations macrosismiques depuis 1921 – Sira et al., qui refait l'histoire du BCSF, de façon complémentaire à l'article de Roger qui présente le rôle majeur de E. et J.-P. Rothé sur la montée en puissance du BCSF de 1921 aux années 60 puis sa déchéance dans les années 60. Heureusement déchéance non définitive !

Ce numéro spécial a l'ambition d'être une référence sur la sismicité française, à l'usage de l'ensemble de la communauté des géosciences intéressée par les questions de sismicité française, et pas uniquement la communauté des sismologues ! La réalisation d'un tel travail de synthèse est aussi l'une des missions du BCSF.

Les articles de ce numéro spécial sont diffusés en accès libre au fur et à mesure de leur finalisation : <https://lc.cx/80D0kv>

BCSF : www.franceseisme.fr
ATS : www.resif.fr/actions/action-transverse-sismicite/

Illustrations >

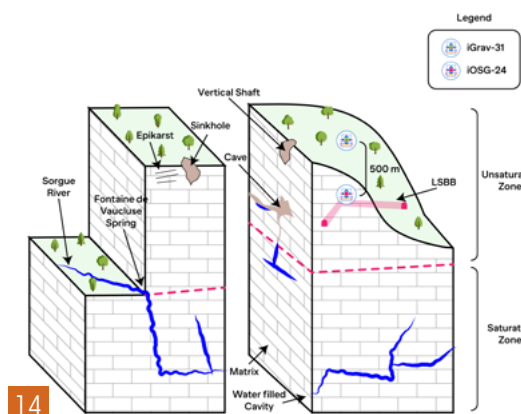


[13] Fonction densité de probabilité de l'écart entre le signal gravimétrique différentiel observé par les SGs et celui prédit par une modélisation en prismes pour des distributions a priori uniformes du rayon et de la profondeur de la couche d'eau considérée. © S. Rosat & S. Kumar (2021).

[14] Schéma de l'hydrosystème karstique de Fontaine de Vaucluse et du site du LSBB où les deux gravimètres supraconducteurs iOSG-24 et iGrav-31 ont été installés. Crédit image : S. Kumar (Kumar et al. 2021), modifié de Carrière et al. (2016).

SUIVI GRAVIMÉTRIQUE DES MASSES D'EAU SOUTERRAINES

AU LABORATOIRE SOUTERRAIN À BAS BRUIT, LES MASSES D'EAU SOUTERRAINES DU SYSTÈME KARSTIQUE DE FONTAINE DE VAUCLUSE SONT SUIVIES PAR UN DIPÔLE DE GRAVIMÈTRES SUPRACONDUCTEURS.



La distribution des masses sur Terre est en continu mouvement de par l'influence de divers processus physiques ayant lieu en surface ou à l'intérieur de la Terre. Les sources naturelles majeures de redistribution des masses sont les marées solides et océaniques, la rotation terrestre, la circulation atmosphérique, l'hydrologie continentale et ses variations climatiques. Les gravimètres relatifs à supraconductivité (SGs) permettent de suivre et de caractériser ces variations de masse jusqu'à des précisions de l'ordre de quelques nm/s^2 ($1 \text{ nm/s}^2 = 10^{-9} \text{ g}$ où g est la gravité moyenne de surface). Ces instruments sont capables de détecter une variation de hauteur d'eau de 1 cm à une distance de plusieurs kilomètres. Deux SGs de dernière génération ont été installés sur le site du LSBB (Laboratoire souterrain à bas bruit) localisé à Rustrel, au sein du système hydrokarstique de Fontaine de Vaucluse. Le premier SG, l'iOSG-24, a été financé par l'EquipEx Miga et le projet européen FEDER 2006-2013 et installé en 2015 à l'intérieur du tunnel du LSBB (Rosat et al. 2018). Le second gravimètre, l'iGrav-31, a été financé par l'EquipEx Critex (projet ayant contribué à la création de l'infrastructure de recherche Ozcar) et installé en 2019 au sommet de la colline, 520 m à la verticale de l'iOSG-24 [14].

Cette configuration unique permet un meilleur contrôle des fluctuations de masse dans la zone karstique située entre les deux instruments (Mouyen et al. 2019).

Les variations temporelles de la gravité observées et corrigées des effets géophysiques majeurs (marées, effet atmosphérique, effet centrifuge associé au mouvement du pôle de rotation terrestre) montrent des écarts par rapport à l'effet de charge prédit à partir de modèles hydrologiques (par

exemple avec les composantes humidité et neige du modèle ERA5 disponible sur le service de charge de l'Eost). Ainsi une surestimation de la variation gravimétrique dans le modèle hydrologique va souligner un possible afflux latéral des masses d'eau alors qu'une sous-estimation va plutôt indiquer un écoulement rapide. Un apport de masse d'eau pendant un événement pluvieux se traduit par une augmentation de gravité en surface observée par l'iGrav-31 et une diminution concomitante de gravité à 520 m de profondeur détectée par l'iOSG-24 (situé en dessous des masses d'eau). Pendant environ 7 jours, la gravité observée par l'iOSG-24 augmente jusqu'à atteindre une valeur proche de celle de l'iGrav-31 puis diminue (les masses d'eau passent en dessous de l'iOSG-24). En supposant que ce sont les mêmes masses d'eau qui s'infiltrant, alors ces observations nous permettent de supposer que le temps de transfert entre la surface et la zone saturée est d'environ 7 jours.

L'implémentation d'une méthode d'intégration par prismes rectangulaires qui suit la topographie du site permet de modéliser l'effet gravimétrique induit par la variation de hauteur d'une couche d'eau. Dans notre étude récente (Kumar et al. 2021), nous avons employé un formalisme Bayésien

afin de délimiter la zone qui explique la différence entre les variations gravimétriques observées à la surface par l'iGrav-31 et celles enregistrées en profondeur par l'iOSG-24. L'inversion de ce signal gravimétrique différentiel nous permet ainsi de montrer que les variations du stock d'eau ont lieu essentiellement dans la zone karstique non saturée située entre les deux gravimètres. L'étendue radiale de la couche d'eau qui génère ce signal gravimétrique augmente jusqu'à environ 1 km sous l'iOSG-24, à une profondeur de 600 m [13].

Séverine Rosat, Jacques Hinderer

<http://miga-project.org/>

<https://www.critex.fr/>

<https://www.ozcar-ri.org/>

service de charge Eost : <http://loading.u-strasbg.fr>

Références :

- Carrière, S. D., Chalikhakis, K., Danquigny, C., Davi, H., Mazzilli, N., Ollivier, C. and C. Emblanch (2016). The role of porous matrix in water flow regulation within a karst unsaturated zone: an integrated hydrogeophysical approach, *Hydrogeol. J.*, 24, 1905-1918
- Kumar, S., Rosat, S., Hinderer, J. and M. Mouyen (2021). Groundwater monitoring and characterization by a vertical dipole of superconducting gravimeters in a karst aquifer, France, *SEG Technical Program Expanded Abstracts*: 889-893. <https://doi.org/10.1190/segam2021-3582839.1>
- Mouyen, M., Longuevergne, L., Chalikhakis, K., Mazzilli, N., Ollivier, C., Rosat, S., Hinderer, J., Champollion, C. (2019). Monitoring of groundwater redistribution in a karst aquifer using a superconducting gravimeter, *E3S Web of Conf.*, 88, 03001, <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20198803001>
- Rosat, S., Hinderer, J., Boy, J.-P., Littel, F., Bernard, J.-D., Boyer, D., Mémin, A., Rogister, Y. & S. Gaffet (2018). A two-year analysis of the iOSG-24 superconducting gravimeter at the low noise underground laboratory (LSBB URL) of Rustrel, France: environmental noise estimate, *J. of Geodyn.*, 119, 1-8, <https://doi.org/10.1016/j.jog.2018.05.009>

QUELQUES PROJETS DE RECHERCHE DE L'ITES

PROJET MYGALE

Modelling the pHySical and chemical Gradients of hydrothermal ALteration for warning systems of flank collapse at Ex-plosive volcanoes

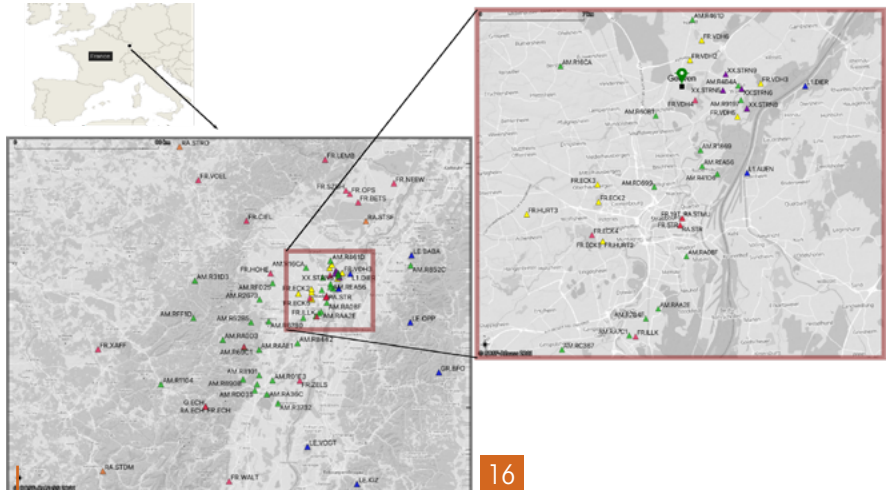
L'altération hydrothermale est considérée comme un facteur augmentant les risques d'instabilité et d'effondrement des flancs des volcans. Peu d'études quantifient cependant l'impact réel de l'altération sur les édifices volcaniques. Le projet MYGALE, dirigé par Mike Heap, combinera des mesures en laboratoire, de la géophysique et des modèles pour analyser le rôle de l'altération dans un volcan actif : La Soufrière (Guadeloupe). Un monitoring géophysique permettra de cartographier l'étendue et l'évolution de l'altération. Les mesures en laboratoire donneront les propriétés physiques des roches altérées et une échelle de temps pour l'altération. Ces données seront utilisées dans un modèle numérique 4D visant à quantifier l'impact de l'altération sur la stabilité du volcan. En collaboration avec l'Observatoire Volcanologique de Guadeloupe, MYGALE construira un réseau de surveillance optimisé permettant de limiter les risques volcaniques. Les résultats du projet seront appliqués dans de nombreux points du globe.

Le projet : https://lc.cx/_3PyLP

Durée : Février 2022 à 2026
Financement : 673 344 Euros
Coordination : Mike Heap



Photo > [15] Photo de l'effondrement de 2009 à La Soufrière de Guadeloupe. La couleur des roches, blanche et grise, est le résultat de l'altération hydrothermale.



PROJET PRESENCE

Dense semi-Permanent SEismic Networks in ConnEcted buildings for induced seismicity monitoring

Les réseaux sismiques très denses, composés de milliers de géophones, permettent une imagerie très détaillée du sous-sol et peuvent être utilisés pour surveiller et optimiser le développement des réservoirs grâce à l'enregistrement de la micro/nano-sismicité induite par l'injection de fluide. Cependant, ces réseaux sismiques sont conçus pour être installés pour une durée limitée, de quelques jours à quelques semaines, et représentent un investissement important, généralement inabordable en dehors de l'industrie pétrolière.

Au contraire, les réseaux de surveillance permanents des réservoirs souterrains sont généralement limités à un nombre très restreint de capteurs. Cela limite, voire empêche, la caractérisation complète des événements, l'analyse détaillée des événements répétitifs, l'imagerie 4D à partir de la microsismicité ou du bruit sismique ambiant. Ces réseaux ne sont donc pas adaptés à la gestion des réservoirs.

Le projet PrESSENCE propose de tester un nouveau paradigme de surveillance collaborative des risques liés à l'exploitation du sous-sol dans un contexte urbain : obtenir des observations sismologiques en utilisant un grand nombre d'équipements peu coûteux connectés, avec une forte implication des autorités publiques locales et des citoyens.

Le projet se concentre sur les risques sismiques induits par les opérations de géothermie profonde et la perception sociétale

associée. Il prévoit le développement de réseaux sismiques semi-permanents denses (DSSN) utilisant des stations sismiques à bas coût installées dans des bâtiments connectés et exploitées par des non-sismologues. Les DSSN représentent une opportunité pour les opérateurs traditionnels de réseaux sismiques de bénéficier d'une grande quantité de données complémentaires.

Le projet PrESSENCE caractérisera les impacts de ce nouveau concept de réseau sur la surveillance sismique opérationnelle, l'imagerie du sous-sol, la surveillance temporelle de ces propriétés et l'estimation des impacts sociologiques sur la perception du risque sismique.

Ce sujet est un enjeu majeur dans le développement des énergies renouvelables qui impliquent le sous-sol, car le risque sismique est une préoccupation publique importante qui a des impacts socio-économiques majeurs.

Durée : Janvier 2022 à 2026

Financement : 477k€

Coordination (pilote et autres) : Jean Schmittbuhl, Marc Grunberg (WP1), Olivier Lengliné (WP2), Antoine Schlupp (WP3), Philippe Chavot (WP4)

Illustration > [16] Développement du réseau sismologique au voisinage de Strasbourg grâce aux stations à bas-coûts Raspberry Shake : (gauche) Localisation du sous-ensemble des 76 stations sismologiques les plus proches de Strasbourg (à droite) Zoom sur la distribution des stations dans le proche voisinage du site de Geoven (société Fonroche Géothermie) (épingle verte). L'échelle de gris du fond correspond à la topographie régionale © M. Grunberg.

PROJET AAPG 2020

Landslides and Climate Change in highly Sensible Environments: Seismology, Earth Observation and Artificial Intelligence – HighLand

Le projet HighLand propose de combiner la sismologie, la télédétection et l'apprentissage machine pour quantifier l'impact du climat sur l'activité gravitaire dans les

régions de haute latitude ou d'altitude. Le premier objectif du projet est le développement de nouvelles chaînes de traitement pour construire, à partir des enregistrements en continu produits par les réseaux sismologiques régionaux, des catalogues instrumentaux de glissements de terrain. L'exploration systématique de ces chroniques sismologiques sera rendue possible par l'utilisation d'algorithmes d'apprentissage machine et permettra la production de catalogues offrant une résolution spatio-temporelle inégalée. La détection sismologique sera confrontée à des observations satellitaires à haute répétition temporelle possible grâce aux constellations de satellites Sentinel et LandSat. Trois régions du monde seront d'abord ciblées par cette nouvelle chaîne de traitement: l'Alaska, les Alpes et le Népal. Cette approche pluridisciplinaire permettra de produire les observations nécessaires et de construire et contraindre des modèles pour mieux comprendre les liens à long et court terme entre climat et activité gravitaire. Le prototype de la chaîne de traitement servira de base à un

système d'observation et d'écoute de l'activité des glissements de terrain en temps quasi réel dans ces régions du monde.

Le projet : anr.fr/Project-ANR-20-CE01-0006

Début : Février 2021 - Durée : 42 mois

Financement : 337 100 euros

Coordination : Clément Hibert

Illustration >

[17] Photographie aérienne du glissement de terrain d'Orville-Wilbur (Alaska) dont la date exacte d'occurrence a pu être déduite grâce à une détection sismologique. © Marlen Geertsema, Ministry of Forests, Lands, Natural Resource Operations and Rural Development (Canada)



PROJET PESTIPOND

Rôle des retenues d'eau artificielles et naturelles dans le transfert et l'impact des pesticides dans les eaux de surface de la zone critique en milieu agricole

Dans les bassins versants agricoles, les zones humides et les étangs naturels ou artificiels ('ponds') constituent des écosystèmes complexes et dynamiques qui agissent comme des réacteurs biogéochimiques pour dégrader les polluants. Leur rôle dans le transfert de pesticides à l'échelle de bassins versants reste inexploré et les processus impliqués dans la dissipation des pesticides dans les ponds reste largement méconnue.

Le projet Pestipond vise à apporter des éléments de réponse à ces questions à partir de données d'enquêtes de terrain référencées, d'une approche hydro-biogéochimique combinée à une modélisation intégrative à différentes échelles spatiales permettant d'évaluer les processus clés des compartiments de bassin impliqués dans le cycle, le stockage et la transformation des pesticides. Pestipond s'appuie sur les sites pilotes de trois bassins versants en France : Auradé en Gascogne, Rampillon en Brie et Hohrain en Alsace.

Centré sur les retenues d'eau d'origine agricole, naturelle et artificielle, Pestipond apporte un concept novateur pour l'étude des processus de stockage et de transformation des pesticides dans les différents compartiments des ponds. Ces processus sont inclus dans une démarche de modélisation multicritère spatialisée et intégrative des prévisions du risque de transfert de pesticides à l'échelle du bassin versant. Le projet est mené en étroite collaboration avec 15 partenaires socio-économiques qui participent à l'élaboration des scénarios de structure et d'organisation des éléments du paysage comme les ponds. Ces scénarios sont intégrés dans la modélisation, pour définir des aménagements et réduire les transferts de pesticides. Les résultats de Pestipond seront utiles aux gestionnaires impliqués dans la protection des captages d'eau sur le territoire.



Le projet : pestipond.cnrs.fr

Durée : 2019-2023

Financement : total 2,374.9 k€, obtenu : 687.1 k€

Coordination : Gwenaél Imfeld (Ites, UMR7063)

Référence : Imfeld G. et al. The Role of Ponds in Pesticide Dissipation at the Agricultural Catchment Scale: A Critical Review. (2021). Water 13 (9), 1202. <https://doi.org/10.3390/w13091202>

Photo > [18] Vue de la zone tampon humide artificielle (ZTHA) de Rampillon (source INRAE)

LE PROJET ANR FRLITHO3D : VERS UN MODÈLE DE RÉFÉRENCE 3D DE LA LITHOSPHERE SOUS LA FRANCE MÉTROPOLITAINE

FRLitho3D vise à produire des modèles géophysiques de référence de la lithosphère sous la France métropolitaine en s'appuyant sur les récents efforts de densification des observations sismologiques sur le territoire, notamment dans le cadre de l'infrastructure de recherche Résif. En effet, ces dix dernières années le nombre stations du Réseau large bande permanent (RLBP) est passé de ~40 à ~170 stations et plusieurs grands projets ont permis l'installation temporaire de réseaux denses dans diverses régions du territoire (Pyrénées, Alpes, façade atlantique ...). En combinant ces vastes jeux de données (intégrant également des données d'autres réseaux européens) et des méthodes de pointe d'imagerie, FRLitho3D ambitionne de produire des modèles homogènes et à haute résolution de différents paramètres tels que les vitesses des ondes P et S, la densité, l'atténuation et la géométrie des principales interfaces. Ces modèles fourniront des éléments clés pour mieux comprendre la structure géologique de la croûte et du manteau supérieur sous la France, pour une meilleure utilisation des ressources renouvelables du sous-sol et pour améliorer l'évaluation des risques sismiques sur tout le territoire.

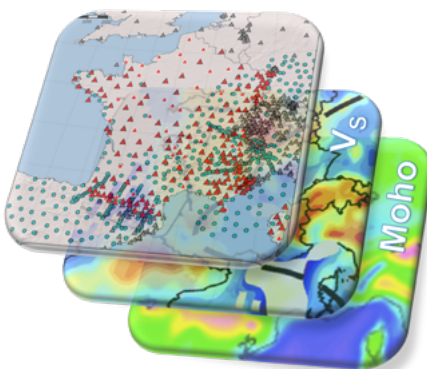
Pour atteindre cet objectif, divers observables seront extraits des données : temps d'arrivée de séismes, fonctions récepteurs, courbes de dispersion des ondes de surface issues des séismes ou du bruit ambiant, coda des séismes régionaux, ... mais aussi les anomalies de Bouguer issues de mesures gravimétriques terrestres et satellitaires. Ces observables ayant des sensibilités complémentaires à nos paramètres cibles, nous appliquerons des stratégies d'inversion optimisées et innovantes en mettant l'accent sur l'estimation de la résolution et des incertitudes des modèles via des approches bayésiennes ou de type Backus-Gilbert. La fiabilité de chaque modèle sera mesurée en le confrontant à des données non utilisées dans les inversions et une approche d'homogénéisation permettra de déterminer la partie effective

commune à tous les modèles. Une dernière partie visera à utiliser ces nouveaux modèles pour une meilleure caractérisation des séismes (localisation, profondeur, magnitude, ...) et pour l'évaluation des risques sismiques.

Tous les modèles développés dans le cadre de FRLitho3D seront qualifiés, versionnés et conformes aux principes F.A.I.R., de manière à être facilement accessibles et réutilisables par une large communauté d'utilisateurs, tant pour des objectifs fondamentaux que pour des objectifs appliqués. FRLitho3D est une initiative communautaire regroupant 23 chercheurs et ingénieurs de 6 laboratoires de recherche français (Eost-Ites, ISTerre Grenoble, LPG Nantes, GET Toulouse, Géosciences Montpellier et CEA) très impliqués dans l'acquisition des données à la base de ce projet et apportant leurs expertises en analyse et inversion de données. Le budget de FRLitho3D (658k€) permettra de proposer plusieurs thèses, post-docs et stages M2 dans les différents laboratoires partenaires.

Illustration> [19] Carte des stations sismologiques qui seront utilisées dans le cadre de FRLitho3D superposée aux modèles de la vitesse des ondes S à 30km de profondeur et de la topographie du Moho issus de l'étude de Lu et al. (2018) - Crédit : @J.Vergne (Eost-Ites)

Coordinateur national : Jérôme Vergne
Durée : Janvier 2022-Décembre 2025



DERNIÈRE MINUTE

Le projet OneWater "Eau, bien commun" fait partie des quatre programmes retenus dans le cadre de la première vague des appels à projets PEPR !

L'action « Programmes et équipements prioritaires de recherche » (PEPR) du quatrième programme d'investissements d'avenir (PIA4) vise à construire ou consolider un leadership français dans des domaines scientifiques considérés comme prioritaires aux niveaux national ou européen et liés ou susceptibles d'être liés à une transformation de grande ampleur, qu'elle soit technologique, économique, sociétale, sanitaire, environnementale, etc. Programmes et équipements prioritaires de recherche

19 dossiers ont déposés. Quatre ont été retenus après sélection par un jury international. C'est un immense succès collectif dans ce domaine de recherche, pour Strasbourg et pour la FERED.

Annonce : <https://lc.cx/KXLH5U>

Dossier presse : <https://lc.cx/v58CKZ>

Le projet "FirstMove" a été retenu par l'ANR sur liste complémentaire "Jeunes chercheuses et jeunes chercheurs".

Intitulé "Le Golfe de Gascogne : une clé de voûte de la tectonique des plaques" ce projet porté par Julia Autin a été proposé dans le cadre de l'appel à projets générique 2021 de l'ANR "CE49 - Planétologie, structure et histoire de la Terre".

Nouveau prix de thèse pour Lucille Carbillat

Après le prix BritRock obtenu au congrès général annuel du « Tectonic Studies Group » en janvier 2021 (voir Lettre de l'Eost n°38), Lucille Carbillat récidive avec le prix de la meilleure présentation de thèse à la 14th Euroconference on Rock Physics and Rock Mechanics 2021.

La conférence s'est tenue en ligne du 30 août au 3 septembre.

<https://euroconference2021.org/>

DÉPÔTS DE TSUNAMI EN TUNISIE LIÉS AU SÉISME CRÉTOIS DU 21 JUILLET 365

Des enregistrements géologiques des tsunamis générés par les principaux tremblements de terre des zones de subduction ont été identifiés et caractérisés dans plusieurs régions du monde. En Méditerranée et sud de la Sicile (au nord de la baie d'Augusta), l'étude sédimentologique et autres études géologiques ont permis d'identifier trois grands tremblements de terre de 1542, 1693 et 1908. À l'ouest de la côte d'Alexandrie (Egypte), la détermination des fossiles et les datations au C¹⁴ montrent une corrélation avec les séismes et tsunamis en 1600 av. J.-C. et 365, 1303 et 1870 AD de la zone de subduction hellénique. Par l'étude des carottes de sédiments recueillies à l'est de l'escarpement de Malte, une équipe italienne identifie une mégaturbidite de 20 à 25 m d'épaisseur contemporaine du tremblement de terre de Crète de 365 après JC.

En Tunisie, l'archéologue Di Vita (1995) fait référence à plusieurs inscriptions romaines datées de 368-370 après JC, et parmi elles celle d'Abbir-Thuburbo Maius des dommages causés par des vagues. Au nord de la ville de Sfax, des chercheurs tunisiens mettent en évidence un événement paléotsunami à partir des carottes dans une lagune avec des lits de gastéropodes recouvert de dépôts de charbon et de fragments de poterie romaine. Dans la région côtière de Nabeul (Neapolis) près de Tunis,

une équipe tuniso-italienne a montré la destruction d'une partie de la ville suite à une inondation due à des vagues au IV^{ème} siècle et suggère une corrélation avec le tsunami de 365 après JC.

Dépôts de paleotsunami en Tunisie orientale

Nous avons initié depuis 2019 de nouvelles investigations de terrain avec des datations le long de la côte est tunisienne qui révèlent des dépôts sédimentaires et des sites archéologiques endommagés au IV^{ème} siècle

Au nord de Sfax - Ville de Thyna [20] sur le site de Henchir El Majdoul, une falaise d'environ 3.4 m de haut montre une couche de dépôts mélangés chaotiques de 24 à 57 cm d'épaisseur avec notamment des blocs remaniés, des coquilles brisées de gastéropodes marins et lagunaires et de la poterie romaine.

La couche des dépôts chaotiques U2 recoupe une succession de paléosols sableux-limoneux qui recouvre les constructions romaines recouvertes de restes de feu (~10 cm) et de dépôts alluviaux. Des échantillons de charbon de bois prélevés en dessous et au-dessus de la couche U2

[21] ont permis de dater l'événement catastrophique entre les années 236 - 385 (en-dessous) et 249 - 541 (au-dessus).

Outre le site romain endommagé de Thyna, l'étendue des dégâts s'étend du nord de la Libye au nord de la Tunisie au IV^e siècle et les datations isotopique et archéologique (poteries) convergent vers une corrélation avec le séisme majeur du 21 juillet 365 (Mw ~ 8.5) identifié en Méditerranée orientale à l'ouest de la Crète (Grèce). La modélisation numé-

rique du tsunami causé par séisme majeur issu de la zone de subduction en Grèce montre des vagues de tsunami de 3.5 à 4 mètres au large de la côte tunisienne. Les preuves stratigraphiques, sédimentologiques, archéologiques et datations isotopiques convergent vers l'identification d'un événement catastrophique au 4^{ème} siècle le long de la côte est tunisienne. Les dépôts catastrophiques, les dommages archéologiques et la modélisation des vagues de tsunami suggèrent une nouvelle évaluation du risque de tsunami sur la côte est de la Tunisie.

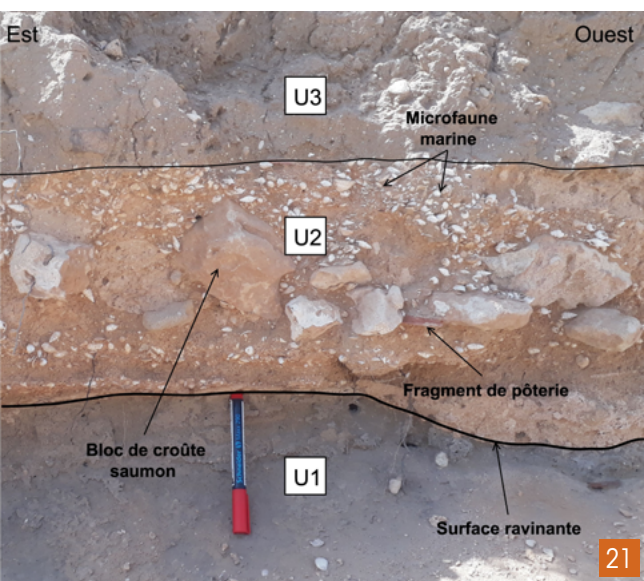
Mustapha Meghraoui

Illustrations

- [20] Sites du paléotsunami du 21 juillet 365 le long de la côte tunisienne. Le séisme historique de 365 après JC a atteint la magnitude M 8.5 et a généré un soulèvement d'environ 9 m observé à l'ouest de l'île de Crète (Grèce).
[21] Coupe stratigraphique avec le dépôt catastrophique U2

Quelques références :

- Bahrouni, Meghraoui, M., et al. 2021, Evidence of a large tsunami event in East Tunisia coastline contemporaneous of the AD 365 Crete earthquake: Coastal deposits, archeological damage and modelling, en préparation
Di Vita A., 1995. Archeologists and earthquakes: the case of 365 AD, *Annali di Geofisica* 38, 5-6, 971-976.
Polonia et al., 2013, Mediterranean megaturbidite triggered by the AD 365 Crete earthquake and tsunami, *Nature Scientific Report* 3, 1285 |DOI: 10.1038/srep01285
Salama A., Meghraoui M., et al., 2018, Paleotsunami deposits along the coast of Egypt correlate with historical earthquake records of eastern Mediterranean. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 18, 2203-2219, 2018 <https://doi.org/10.5194/nhess-18-2203-2018>
Stiros, S., 2001. The AD 365 Crete earthquake and possible seismic clustering during the fourth to sixth centuries AD in the Eastern Mediterranean: a review of historical and archaeological data, *J. Struct. Geol.* 23, 545-562.



fête de la Science 30 ans

Cette année, la Fête de la science a lieu du 1er au 10 octobre 2021, sur le thème L'Émotion de la découverte. Dans le Bas-Rhin, elle est coordonnée par le Jardin des sciences de l'Université de Strasbourg. La physicienne Wiebke Drenckhan, chercheuse CNRS à l'Institut Charles Sadron a d'ailleurs été choisie par la Région Grand Est pour être l'ambassadrice de la manifestation à l'échelle régionale. L'Est collabore avec le Jardin des sciences pour saluer cet anniversaire exceptionnel et propose un programme inédit et varié.

L'EOST FÊTE LA SCIENCE AU VILLAGE DES SCIENCES DE CRONENBOURG

En cette année 2021, la Fête de la Science souffle ses 30 bougies et le campus CNRS de Cronenbourg poursuit la célébration de ses 60 ans. Le campus de Cronenbourg combine ces deux événements en accueillant pour la première fois le Village des Sciences de Strasbourg du 1er au 3 octobre 2021. Tout au long de cette manifestation, l'Ifes faisant partie du campus, participe à cet événement en faisant découvrir au jeune et grand public la plateforme expérimentale SCERES et anime sur maquette le fonctionnement d'une nappe phréatique avec visualisation de la propagation d'une pollution accidentelle ! La plateforme SCERES, implantée depuis 1992 au Campus de Cronenbourg, reconstitue un aquifère alluvial plurimétrique dans un bassin en béton enterré de 25 m sur 12 et d'une profondeur de 3 m, et permet de mener des travaux de recherche en situation réelle sur un domaine parfaitement contrôlé. Par ses caractéristiques et ses dimensions, cette plateforme unique en Europe, est non seulement pertinente dans le cadre de la structuration de la recherche mais aussi dans le cadre de la formation des étudiants où ils pourront approcher concrètement les mécanismes étudiés. Pour la maquette de nappe phréatique, différentes zones de la structure du sous-sol et la circulation horizontale d'eau à travers l'empilement de sables et graviers (aquifère) sont mises en relief. L'analyse de tels mécanismes circulatoires n'est pas possible sur le terrain dans la mesure où les phénomènes d'infiltration et de propagation d'un polluant dans le sous-sol restent cachés à nos yeux.



Barbara Gollain, Olivier Razakarisoa

L'EOST S'IMPLIQUE AUPRÈS DES SCOLAIRES ET DES ÉTUDIANTS

Martine Trautmann (Laboratoire d'analyse des sols), Nathalie Schneider (INRAP) et Benjamin Keller (doctorant au LIVE), ont prévu d'accueillir les classes de lycéens pour une visite guidée du laboratoire d'analyse des sols. Atelier microscope - étude des charbons - atelier binoculaire - observations de sables - ateliers analyse granulométrique et pédologique avec des mesures de pH, autant d'activités proposées aux élèves, pour mieux comprendre l'étude des sols et des formations superficielles afin d'en savoir plus sur les conditions climatiques passées.

1er octobre toute la journée
<http://labsol.unistra.fr/>

L'EOST FÊTE LA SCIENCE À L'INSTITUT DE GÉOLOGIE

Cette année, le musée de minéralogie s'associe aux collègues de l'Institut National de Recherche Archéologique et de Prévention (INRAP) et vous propose de découvrir, à travers différents stands, comment les minéraux et roches ont été utilisés dans l'histoire de l'humanité. Mini conférences, démonstrations, participation du public à l'extraction de pigments naturels, discussions sur les méthodes de fouilles et d'autres thématiques sont prévues pour le public et sont à découvrir en famille. Mais ce n'est pas tout, vous pourrez également découvrir l'exposition temporaire Thébaïde au musée de minéralogie, découvrir les collections de paléontologie (et un spécimen d'ichtyosaure de 3 mètres de long), ou encore tester la réalité virtuelle ! Un ensemble d'animations qui rythmeront l'ensemble du bâtiment de géologie !

Dimanche 3 octobre de 10h à 18h
<https://lc.cx/4Dk0tc>

Du 1er au 3 octobre
<https://jardin-sciences.unistra.fr/evenements/fete-de-la-science/>