

La Lettre du RAP Second semestre 2022 – Numéro 35

► S'inscrire à la newsletter
► Ne plus recevoir la newsletter

Au sommaire :

- Page 1. Retour sur la Biennale du RAP qui s'est déroulée du 8 au 10 novembre.
- Page 2. Focus : Les effets du mégaséisme de 365 (Crète) à travers l'Europe.
- Page 3. Focus : Estimation de l'aléa sismique probabiliste au Liban.
- Page 4. Le spectacle interactif « Sain et Sauf ? », les brèves du RAP (événements et liens utiles).



Retour sur la Biennale du RAP

Biennale pluvieuse, Biennale heureuse.



Après 3 reports et donc après 4 organisations complètes, la Biennale du RAP 2020, qui fut finalement la Biennale du RAP 2022, s'est déroulée parfaitement **du 8 au 10 novembre à Vogüé en Ardèche ❶**, grâce au **soutien du MTECT et de la DGPR**. Cette 10^{ème} édition a réuni **80 scientifiques** de la communauté Résif, chercheurs et étudiants, techniciens et ingénieurs, sur la thématique de l'aléa et du risque sismique. Trois ans après le séisme du Teil 2019, presque jour pour jour, ce fut l'occasion de dresser un panorama des avancées scientifiques qui ont découlées de cet événement exceptionnel, mais aussi d'échanger sur les nombreuses questions qui restent en suspens quant à l'aléa sismique de la vallée du Rhône. **Nous avons eu le plaisir d'avoir comme invité Denis Hatzfeld ❷**, chercheur



retraité du LGIT, qui nous a offert une rétrospective très intéressante sur la genèse du RAP, dont l'opération pilote a été lancée en 1993. Outre les présentations scientifiques et les sessions posters ❸, nous avons pu apprécier une **session technique**



enthousiasmante qui a montré l'implication sincère des personnels IT sur l'entretien de tout le réseau RAP. La Biennale fut aussi l'occasion de remettre le **prix du RAP édition 2022**, qui fut donc **attribué à Philippe Guéguen ❹**, chercheur de l'UGE et d'ISterre, pour ses travaux innovants sur la sismologie urbaine et pour sa carrière marquée par un gros travail d'observation fine de la dynamique des structures et de la réponse des villes aux séismes. Philippe fut aussi directeur du RAP pendant 12 ans et il a organisé 8 Biennesales, ce qui est héroïque et mérite bien une récompense. Enfin cette 10^{ème} Biennale du RAP fut plutôt pluvieuse, mais fort heureuse, et ses participants ont dignement fêté leurs retrouvailles en dansant follement jusqu'à 3 heures du matin ❺.



Le seul instant sans pluie...



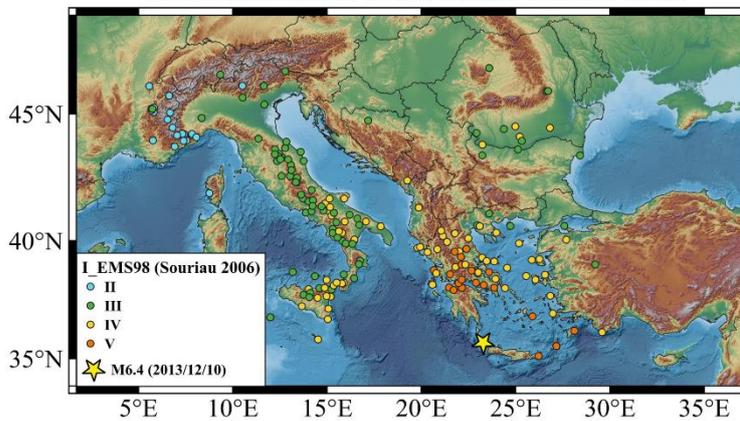
FOCUS

Les effets du mégaséisme de 365 (Crète) à travers l'Europe

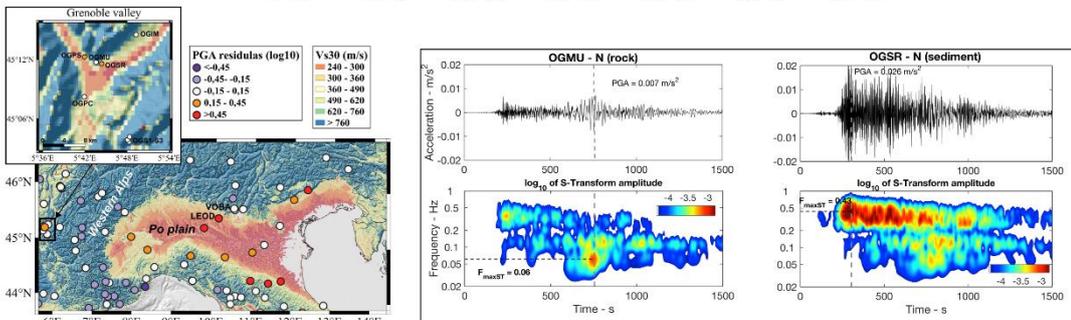
Les effets du mégaséisme de Crète de 365, au IV^{ème} siècle pendant l'empire romain sont relativement bien connus dans les régions proches de la faille qui a rompu (en Crète, à Chypre et en Lybie), bien que les sources documentaires de l'antiquité soient entachées de fortes incertitudes. Les effets à plus grande distance restent pratiquement inconnus.

Cet événement a néanmoins eu un retentissement dans toute l'Europe romaine. L'observation puis la modélisation du soulèvement d'une partie de la côte ouest de la Crète a permis d'estimer sa magnitude à environ 8.4 (Shaw et al. 2008), ce qui en fait un des plus gros séismes recensés en Europe. Il a engendré un important tsunami qui a causé de nombreux dégâts de Chypre à la Lybie. On observe dans la littérature non scientifique des mentions de ce séisme pour expliquer les dommages présumés en Europe sur les constructions de l'époque, toutefois sans véritable fondement scientifique. Ce point peut être précisé grâce à des simulations des mouvements du sol générés par le séisme. L'approche choisie est celle des fonctions de Green empiriques. Pour cela, un séisme de magnitude 6.4 survenu en 2013 proche de l'hypocentre de 365 et avec des caractéristiques de rupture similaires est utilisé. Des enregistrements sismologiques de ce séisme étant nécessaires, la simulation peut donner une information à l'endroit où étaient déployées les stations sismologiques actives cette année-là. La fonction source du petit séisme est d'abord déconvoluée des sismogrammes contemporains. La fonction source du grand séisme, obtenue en simulant un grand nombre de scénarios de propagation de la rupture, est appliquée sur les fonctions de Green obtenues pour associer ses caractéristiques avec celles de la propagation des ondes sismiques. Cette approche a été appliquée aux stations accélérométriques et vélocimétriques européennes qui ont enregistré le séisme de magnitude 6.4 de 2013, dont les stations Résif, jusqu'à une distance de 2000 km (Fig. 1).

Simulated Intensity (EMS98) for an Mw8.4 event



« Figure 1. Haut : simulation de l'intensité à partir du modèle de Souriau (2006) reliant pic d'accélération du sol et intensité macrosismique (EMS98). Bas gauche : pic d'accélération du sol simulé (exprimé en résidus par rapport à l'accélération moyenne à une distance donnée). La carte indique également les valeurs de V_{S30} obtenues à partir de la géologie et de la pente (issues du modèle européen ESRM20, Weatherill et al. 2021), permettant d'identifier au 1^{er} ordre les bassins sédimentaires profonds (plaine du Po, bassin grenoblois). Bas droite : accélération simulée (pour un modèle de rupture du séisme de 365) dans la ville de Grenoble au rocher (station RAP OGMU) et dans le bassin (station RAP OGSR).



Des modèles empiriques ont ensuite été utilisés pour convertir le mouvement sismique en intensité macrosismique. Gardons à l'esprit que ces modèles ont été calibrés à partir de plus petits séismes enregistrés à des distances plus faibles, et que le bâti a considérablement évolué depuis l'antiquité ! Ils ne fournissent donc qu'une estimation au 1^{er} ordre des effets du séisme de 365. Il apparaît que le séisme n'a probablement pas causé de dégâts au-delà d'une distance d'environ 400 km. Il est cependant probable qu'il ait été très largement ressenti en Sicile et dans le sud de l'Italie. Il aurait également tout à fait pu être ressenti dans la plaine du Po et dans certaines villes alpines telles que Grenoble. Cela peut s'expliquer par les effets de site causés par des bassins sédimentaires d'épaisseur importante, susceptibles d'amplifier largement des fréquences assez basses (inférieures à 1 Hz) qui vont parvenir à se propager depuis la Crète sans subir autant d'atténuation que les fréquences supérieures. L'exemple le plus flagrant est celui de Grenoble, où l'analyse spectrale des simulations (Fig. 1 bas droite) montre que la partie finale de la propagation, c'est-à-dire les dernières centaines de mètres parcourues par les ondes sismiques, domine le signal enregistré dans le centre-ville, malgré les 1800 km de distance épicentrale. L'amplification du bassin sédimentaire est telle que les simulations donnent à Grenoble un pic d'accélération (PGA) moyen proche de 1 cm/s² sur une durée de plusieurs minutes et une énergie dominante proche de 0.4 Hz (fréquence fondamentale de résonance du bassin), fréquence à laquelle les vibrations du sol sont bien perceptibles par les humains.

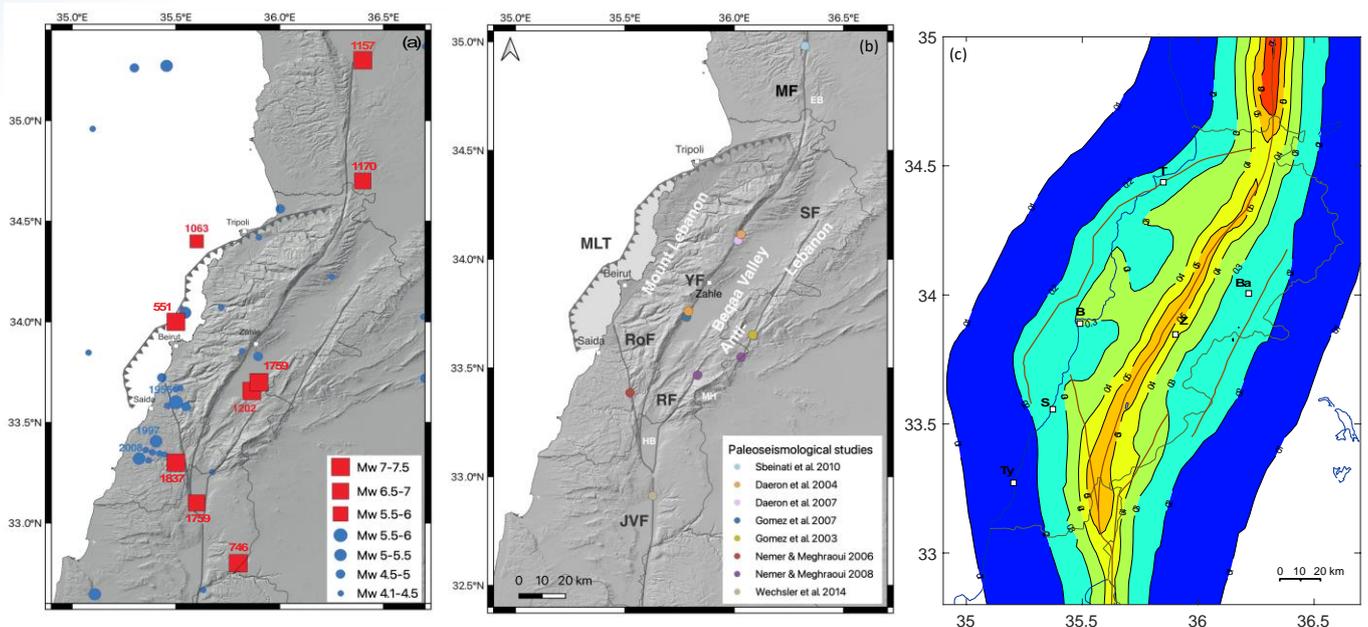
► Contact : [Mathieu Causse](#)

Étude réalisée par Mathieu Causse, Emeline Maufroy, Lucile André et Pierre-Yves Bard (ISTerre, Univ. Gustave Eiffel, Univ. Grenoble Alpes).

FOCUS

Estimation de l'aléa sismique probabiliste au Liban

Le présent travail développe une étude probabiliste de l'aléa sismique complète pour le territoire libanais. Le Liban est situé sur le système de failles du Levant, qui a généré des séismes destructeurs dans les siècles passés (Fig. 2a). La période instrumentale contraste avec les observations historiques, les niveaux de sismicité instrumentaux sont peu élevés, typiques d'une région de sismicité faible à modérée. Un modèle en zone source aires ne nous semble pas adapté pour cette région. Nous avons établi un modèle de source pour le calcul de l'aléa sismique probabiliste qui combine une représentation des failles principales (Fig. 2b), et un modèle de sismicité lissé. Le modèle de failles prédit les occurrences de séismes sur les failles, il nécessite de proposer une géométrie pour les failles, et il repose sur une estimation des taux de glissement sur ces failles et des magnitudes maximales attendues. Il repose sur les informations issues des études géologiques, tectoniques, et géodésiques dans la région. Le modèle de source est combiné avec plusieurs modèles de prédiction du mouvement du sol potentiellement adaptés à la région.



▲ **Figure 2.** (a) Sismicité passée au Liban ; catalogue de sismicité [Brax et al. \(2019\)](#), en bleu les séismes instrumentaux 1900-2015 (catalogue complet pour $M_w \geq 4.1$ depuis 1985), en rouge les épicentres macrosismiques des événements historiques. (b) Carte des failles actives senestres : Yammouneh (YF), Missyaf (MF), Rachaya (RF), Serghaya (SF), Roum (RoF) et Jordan Valley (JVF) ; Faille chevauchante du Mont Liban (MLT) plongeante vers l'est (et projection du plan de faille à la surface) ; bassin de Hula (HB), bassin d'El Boqueaa (EB), Mont Hermon (MH). Les sites où des études paléosismiques ont été réalisées sont indiqués. (c) Accélération moyenne au PGA pour une période de retour de 475 ans, pour un site générique au rocher (V_{S30} 760 m/s). Sont indiquées les villes de Beyrouth (B), Baalbeck (Ba), Tyr (Ty), Tripoli (T), Zahlé (Z) et Saida (S). Figure tirée de [El Kadri et al. \(in press\)](#).

Le calcul de l'aléa sismique probabiliste montre que la sismicité de background (off-fault) contribue de manière négligeable pour des périodes de retour d'intérêt pour le génie parasismique (≥ 475 ans). Les failles contrôlent les estimations d'aléa. Les incertitudes liées au modèle de source sont nombreuses, notamment le choix du modèle de récurrence des séismes (exponentiel ou caractéristique), la magnitude minimale à prendre en compte sur les failles, la géométrie des failles, les taux de glissement. L'étude de sensibilité montre que le choix du modèle de récurrence et l'incertitude sur les taux de glissement contribuent le plus à la variabilité finale sur les niveaux d'aléa au Liban. Une étude spécifique est menée à Beyrouth, située sur le hanging-wall de la faille off-shore du Mont Liban, pour comprendre d'où proviennent les contributions en termes de magnitudes et de distances. Des cartes d'aléa sismique sont calculées pour le territoire libanais, pour différentes accélérations spectrales à différentes périodes de retour. Au PGA à 475 ans de période de retour (Fig. 2c), les valeurs moyennes d'aléa trouvées sont supérieures à 0.3 g sur une grande partie du territoire libanais, notamment la région côtière entre Saida et Tripoli, qui inclut Beyrouth, et elles dépassent 0.5 g pour les sites situés le long de la faille de Yammouneh. Les incertitudes sur les valeurs d'accélération sont élevées, à Beyrouth l'accélération au PGA varie entre 0.16 et 0.45 g, si l'on considère les percentiles 16 et 84%. Cette étude pourra contribuer aux discussions lors d'une future mise à jour du code de la construction libanais.

► Contacts : [Sarah El Kadri](#) & [Céline Beauval](#)

Étude réalisée par Sarah El Kadri (ISTerre, CNRS Liban), Céline Beauval (ISTerre), Marlène Brax (CNRS Liban), Pierre-Yves Bard (ISTerre), Mathilde Vergnolle (Géoazur) et Yann Klinger (IPGP).

Pour en savoir plus :

El Kadri S., Beauval C., Brax M., Bard P.-Y., Vergnolle M., and Klinger Y. (2022). A fault-based probabilistic seismic hazard model for Lebanon, controlling parameters and hazard levels. [In press in the Bulletin of Earthquake Engineering.](#)

« Et là, qu'est-ce que vous faites ? »

Le spectacle interactif « Sain et Sauf ? » est un dispositif original qui vise à faire « vivre » un séisme ou une inondation au travers d'une pièce de théâtre. À l'origine, le spectacle a été conçu comme une méthode d'enquête par une équipe de chercheurs du laboratoire Pacte (Université Grenoble Alpes) et du Laboratoire de Géographie Physique dans le cadre du projet de recherche I²PRI (impact de l'information préventive sur les risques), financé par les fonds FEDER dans le cadre du programme POIA. Dans « Sain et Sauf ? », un comédien raconte une histoire, qui devient l'histoire de la personne mise en situation. Le scénario est conçu sur la base de l'analyse d'événements passés et des consignes officielles. Au fur et à mesure du récit, le comédien demande « et là, qu'est-ce que vous faites ? », en mettant la personne en situation de dilemme (faut-il aller chercher les enfants à leur activité ?) et d'interaction sociale avec un voisin insistant et stressé. L'enquêteur collecte les réactions adoptées et revient sur celles-ci au cours d'un débriefing, qui permet de faire descendre les émotions vécues. Déployée dans six communes alpines, cette méthode d'enquête originale est également un outil de sensibilisation aux risques et aux réactions à adopter en cas d'événement. C'est dans une version organisée devant un public que « Sain et Sauf ? » a été présentée dans les communes d'[Albertville](#) et [Aiguilles](#) à l'automne 2022.



Crédits photo : M. Banton, 2020.

► Pour plus d'information : [contact](#) et [site web](#)

Brèves

ÉVÉNEMENTS

- L'école de printemps URBASIS-EU (Urban seismology and risk analysis) est organisée à Porquerolles du 15 au 20 mai 2023. ► [Contact](#)
- La manipe de caractérisation des conditions de site aux stations RAP et WI de Guadeloupe va se dérouler du 13 au 24 mars 2023, grâce au soutien du MTECT.

DERNIÈRES PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES

Vous pouvez retrouver la liste des publications 1998-2022 utilisant des données du RAP [SUR CETTE PAGE](#)

Si une publication est absente de cette liste, n'hésitez pas à [le signaler](#).

ACCÈS AUX DONNÉES

Retrouvez les liens utiles pour l'accès aux données du RAP [SUR CETTE PAGE](#).

Pour les mentions à faire apparaître lors de l'utilisation de données RAP dans vos publications, [C'EST PAR ICI](#).

Pour plus d'information sur le système d'information du RAP, [C'EST PAR-LÀ](#).

CONDITIONS DE SITE – Le RAP fait l'objet d'un effort de caractérisation systématique de ses stations depuis 2012. Cet effort s'étend désormais aux stations RLBP. 69 stations ont ainsi fait l'objet de mesures géophysiques sur site, orientées vers la détermination des paramètres pour l'évaluation des effets de site lithologique et la classification des sites. Les résultats sont disponibles [SUR CETTE PAGE](#).

Les données paramétriques de mouvement du sol fort, récoltées depuis 1996 pour les séismes majeurs des territoires de l'hexagone et de l'outre-mer, sont disponibles au format **flatfile** :

FLATFILE HEXAGONE



données RAP et RLBP disponible au téléchargement dans l'[entrepôt des produits Résif](#) ou sur la plateforme [RESORCE](#)

► Contact : [Paola Traversa](#) ou [Emeline Maufroy](#)

FLATFILE ANTILLES



données RAP et WI – *en cours de construction, mise à disposition prévue en 2023* –

► Contact : [Rémy Burlot](#) ou [Emeline Maufroy](#)

FLATFILE EUROPE



émis par le [service ESM](#) de Orfeus (données RAP uniquement)

Organigramme 2022 du RAP
[SUR CETTE PAGE](#)

Rédacteurs de ce numéro 35 : BEAUVAL Céline (ISTerre), BECK Élise (Pacte), CAUSSE Mathieu (ISTerre), EL KADRI Sarah (ISTerre), HOLLENDER Fabrice (CEA/ISTerre), MAUFROY Emeline (ISTerre).