

LES TREMBLEMENTS DE TERRE EN EURO-MÉDITERRANÉE

Flashez ce QR Code pour obtenir l'URL de téléchargement de cette carte : <http://www.citizenscience.org/index-fr.html#materials>

BON À SAVOIR

L'**aléa** caractérise le niveau de l'activité sismique; il prend en compte le nombre, la magnitude et la localisation des séismes dans la région considérée. Plus l'aléa est élevé, plus les violents mouvements du sol seront fréquents. L'aléa étant le résultat de l'activité sismique, il ne peut pas être modifié.

L'aléa peut être diffus (par exemple dans les Balkans) ou localisé le long de grandes failles, comme c'est le cas dans le nord de la Turquie, le long de la faille Nord-Anatolienne ou au Moyen-Orient le long de la faille du Levant. Dans ces zones, les séismes les plus violents se produisent sur ces failles et plus on s'en éloigne, plus l'aléa diminue.

Comment sont calculées les cartes d'aléa sismique ?

Les cartes d'aléa sont déterminées à partir de la sismicité du passé. Elles incluent les séismes observés par les réseaux de surveillance, typiquement depuis les années 1970. Mais cette quarantaine d'années d'observation n'est pas représentative de la sismicité à long terme. Il faut donc ajouter des informations plus anciennes extraites des écrits historiques, des cicatrices dans les monuments anciens ou des marques dans le paysage. Ces études sont toujours complexes mais sont essentielles notamment dans les régions à sismicité modérée où les séismes destructeurs sont rares.

Avez-vous un exemple de séisme historique en Europe ?

En 1356, un séisme dont la magnitude est estimée de M6 à M6,5 a détruit la ville de Bâle en Suisse et provoqué des destructions en France et en Allemagne. Si les estimations de magnitude basées sur les écrits de l'époque varient, ce séisme reste le principal séisme historique pour cette partie d'Europe.

La magnitude mesure l'énergie libérée par un séisme. Quand la magnitude augmente de 1, l'énergie est multipliée par 32. Ainsi un séisme de magnitude 7 (noté M7) libère 32 fois plus d'énergie qu'un M6 et, faites le calcul, mille fois plus qu'un M5 !

Si la surface de ce cercle représente l'énergie libérée par un séisme de M5, alors la surface des cercles suivants représente l'énergie libérée par des séismes M6, M7 et M8.

J'ai déjà ressenti un séisme M6,5 au Japon, et ce n'est pas si impressionnant ! Je crois que le risque est exagéré.

On ne ressent pas une magnitude, on ressent les vibrations du sol causées par le séisme. Les ondes générées par un séisme M6,5 sont capables d'endommager des bâtiments à plusieurs kilomètres de distance. Plus on s'éloigne, plus ces vibrations sont faibles. Si vous n'avez pas été impressionné, c'est que la secousse ressentie n'était plus très violente car vous étiez probablement loin du séisme.

J'habite dans une région où l'aléa est modéré. Il y a eu un fort séisme l'an dernier. Cela veut-il dire que nous sommes maintenant tranquilles pour longtemps ?

Malheureusement non ! On peut tout à fait avoir plusieurs séismes pendant une courte période de temps puis plus rien pendant un ou plusieurs siècles !

Mais pourquoi ce séisme a eu lieu dans ma région alors que l'aléa est plus élevé dans la région voisine où il n'y en a pas eu depuis plus de 50 ans ?

Cette situation n'est pas anormale. L'aléa est calculé sur de très grandes périodes de temps, typiquement sur 500 ans. Sur cette période, il y a plus de séismes dans les régions où l'aléa est plus élevé, mais sur 50 ou 100 ans, la situation peut être différente. C'est le cas dans votre exemple. Prenons l'analogie avec le climat: s'il fait en moyenne plus chaud à Tunis qu'à Londres, certains jours, il pleut à Tunis et le soleil brille à Londres.

L'intensité décrit les effets d'un séisme. Pour un même séisme, l'intensité varie d'une localité à une autre.

Ainsi le séisme M6,1 du 20 Mai 2012 dans le nord de l'Italie a provoqué des dégâts à proximité de l'épicentre, et a été faiblement ressenti dans des villes comme Berne, Nice, Zagreb ou Munich.

ORIGINE

Un **séisme** est une rupture, deux masses rocheuses qui bougent brusquement l'une par rapport à l'autre le long d'une faille. Cette rupture génère des ondes sismiques qui se propagent dans la Terre.

La principale cause des tremblements de terre est liée à la **tectonique des plaques**, autrement dit aux contraintes engendrées par les mouvements des plaques.

Dans la région Euro-Méditerranéenne, la tectonique est contrôlée par la lente remontée vers le nord de la plaque Africaine à une vitesse d'environ 6,5 mm/an et celle de la plaque Arabique à 26 mm/an entrant ainsi en collision avec la plaque Eurasienne. Ces vitesses de déplacement sont lentes. En comparaison, les ongles des mains poussent de 40 mm/an !

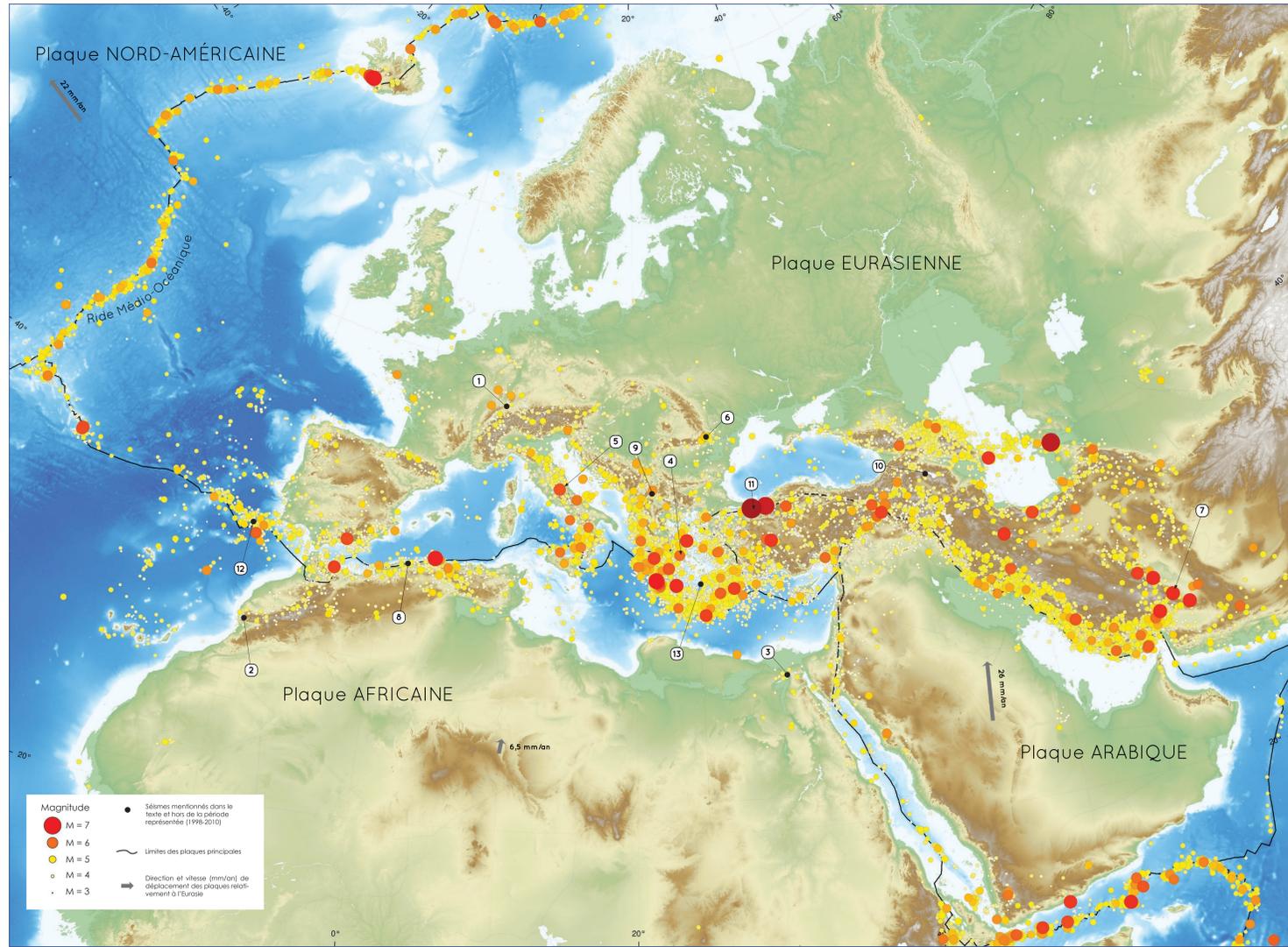
Certains limites de plaques sont bien marquées et les blocs glissent horizontalement l'un par rapport à l'autre, comme le long de la faille du Levant (Méditerranée orientale) et de la faille Nord-Anatolienne (Turquie).

L'origine des séismes peut aussi être **volcanique**. Ils sont alors localisés à proximité des volcans. En Scandinavie et en Écosse, la fonte de l'épaisse couche de glace débutée à la fin de la dernière glaciation il y a 15 000 ans environ décompresse les masses rocheuses. Libérées du poids de la glace, ces masses s'élèvent lentement générant une faible activité sismique. On parle de **rebond post-glaciaire**.

Enfin, **certaines activités humaines** peuvent provoquer des séismes, généralement de faible magnitude. On observe ainsi des séismes autour de certaines mines du nord-est de l'Angleterre ou de la Pologne, ou autour d'exploitations gazières ou Pays-Bas. Le lien de cause à effet entre un séisme donné et les activités humaines est souvent difficile à démontrer.

Dans l'arc Egéen (Grèce), ou l'arc Calabrien, une plaque glisse et s'enfonce lentement sous une autre plaque. C'est le **phénomène de subduction**. En plongeant, la plaque se déforme générant des séismes qui dessinent la géométrie de la plaque.

La région de Vrancea (Roumanie) et la région d'Alboran (Sud de l'Espagne) sont des zones anciennes de subduction dont le fonctionnement actuel est complexe.



Période couverte par cette carte de sismicité : 1998-2010. Les séismes d'origine non tectonique (Ils ont été écartés lorsque les informations disponibles permettaient de les identifier. Cette carte a pour objet de présenter la sismicité à l'échelle de l'Euro-Méditerranée, et non le détail des sismicités nationales. Si vous désirez des informations détaillées sur un pays en particulier, renseignez-vous auprès des autorités nationales. Concernant la France, contactez le Bureau Central de Séismologie (BCE) ou le Département d'Andalous et de Surveillance de l'Énergie Atomique (DASEA) (<http://www.bce.fr>). Carte de sismicité générée avec le logiciel QGIS (©Berndt & Smith, 1991), projection Mercator Transverse. Données topographiques et bathymétriques : GCGECO Digital Atlas. Référence pour les limites des plaques tectoniques : Bird, P. (2003) An updated digital model of plate boundaries. *Geochimica Geophysica Geostrophica*, 4(10), 1027. doi:10.1029/2001GC002522. Référence pour le modèle de mouvement des plaques : NUVEL 1A (DeMets et al., 1994). Référence QGIS : Wesset, F. and W. H. F. Smith. Une sismologie mesurée par des données GPS. *Ins*, 4(2), 72-84, 1999.

EFFETS

Les plaques disparaissent dans les zones de subduction, mais où sont-elles créées ?

Elles sont créées au niveau de reliefs sous-marins appelés rides médio-océaniques; deux plaques tectoniques s'écartent pour laisser apparaître de nouveaux matériaux. Plus on s'éloigne de la ride, plus la plaque est ancienne. Ce phénomène apparaît en Mer Rouge et graduellement l'Afrique et l'Arabie se séparent.



Peut-on prédire les séismes ?

À ce jour, il n'y a aucun moyen de prédire où et quand un séisme va se produire. Il existe cependant quelques cas particuliers. Les sismologues estiment qu'un séisme de M7,5 environ devrait se produire dans la cinquantaine d'années à venir dans la mer de Marmara au sud d'Istanbul. Mais nul ne sait s'il se produira la semaine prochaine ou dans 50 ans.

Les animaux sentent-ils quand un séisme va avoir lieu ?

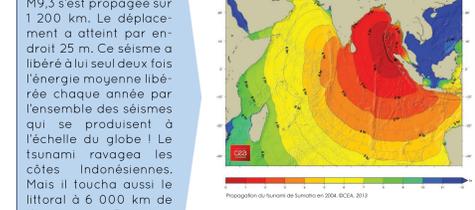
Plusieurs cas de comportements étranges d'animaux ont été rapportés avant des séismes. Citons par exemple, des nuées de crapauds observées dans les rues de Taizhou (Chine), deux jours avant le séisme destructeur du Sichuan en 2008. Mais des nuées de crapauds ont été observées ailleurs sans qu'un séisme ne se produise. Coïncidences? Nous ne savons pas. Néanmoins, de tels comportements ne sont pas systématiques avant un séisme et les études scientifiques menées sur des animaux n'ont donné à ce jour aucun résultat.

Les séismes font trembler le sol et secouent les bâtiments par leurs fondations. Lorsque les secousses sont violentes et/ou les bâtiments vulnérables, ils s'effondrent. Ce phénomène explique généralement la plupart des dommages et des victimes.

Les séismes induisent aussi des dommages indirects comme les incendies, les glissements de terrain et les tsunamis. Après le séisme de M7,9 du 1er septembre 1923 au Japon, les feux se sont propagés dans Tokyo. Les accès à l'eau ayant été coupés, ils ont provoqué des dégâts considérables.

Les **glissements de terrain** sont un risque significatif dans les zones montagneuses et humides comme certaines régions tropicales. En 2001, au Salvador (Amérique Centrale), ils sont la cause de près de la moitié des victimes du séisme de M7,9 qui frappe le pays. Contrairement aux séismes, les **tsunamis** peuvent provoquer des dégâts importants à des milliers de kilomètres de distance. Dans ce cas, l'origine du tsunami est généralement un très fort séisme sous-marin.

En 2004, en Indonésie, la rupture du séisme de M9,3 s'est propagée sur 1 200 km. Le déplacement a atteint par endroit 25 m. Ce séisme a libéré à lui seul deux fois l'énergie moyenne libérée chaque année par l'ensemble des séismes qui se produisent à l'échelle du globe ! Le tsunami ravagea les côtes Indonésiennes. Mais il toucha aussi le littoral à 6 000 km de là, comme en Somalie.



En 1755, un tsunami est généré à 300 km des côtes de Portugal. Il affecte le littoral du pays mais aussi du Maroc. Lisbonne est ravagée par le séisme et les incendies. Cette catastrophe choqua l'Europe entière.

Comment un séisme peut-il provoquer un tsunami ?

Au cours d'un séisme, deux blocs rocheux se déplacent brusquement l'un par rapport à l'autre. Lorsque ce déplacement est vertical et déforme le fond de l'océan, une masse d'eau est brutalement soulevée (ou abaissée), générant ainsi une onde qui se propage dans l'océan.

Les glissements de terrains sous-marins ou les flancs de volcans qui s'effondrent dans la mer génèrent aussi des tsunamis, généralement plus petits et plus localisés. En 2002, un glissement de terrain sur les pentes du volcan Stromboli (Îles Éoliennes au nord de la Sicile) finit sa course dans la mer. Le tsunami blessa plusieurs personnes sur l'île.



Comment puis-je me protéger des séismes ?

La principale menace pendant un séisme est la chute d'objets. Assurer sa protection c'est avant tout prévenir ces chutes et s'en protéger. Les règles de construction, qui dépendent du niveau de l'aléa, visent à éviter l'effondrement des bâtiments durant la secousse. À l'intérieur de la maison, il faut vérifier que tous les objets sont bien fixés (étagères, lustres...).

- Pendant le séisme, n'essayez pas de sortir du bâtiment car des objets peuvent tomber des façades, des toits ou des balcons. Protégez-vous des chutes d'objet en vous plaçant par exemple sous une table. Si vous êtes à l'extérieur, écartez-vous des bâtiments.
- À la fin du séisme, avant de sortir du bâtiment, coupez le gaz et l'électricité. Munissez-vous du nécessaire pour passer une nuit dehors (eau, nourriture, vêtements, radio, lampe, etc.). Tenez-vous à l'écart des bâtiments car une réplique peut toujours survenir. Surtout n'utilisez votre téléphone qu'en cas d'urgence pour laisser la priorité aux services de secours.

Pour plus de détails, n'hésitez pas à vous renseigner sur internet et auprès des autorités de votre pays. En France, vous pouvez consulter le site : www.plansisme.fr

HISTOIRES DE SÉISMES

Près des villes, près des monuments

Le 29 février 1960, un séisme frappe la ville d'Agadir (Maroc). Le bilan est estimé à 12 000 victimes, soit un tiers de la population. Pourtant, la magnitude à 5,7 est "modérée". Dans cette gamme de magnitude, les dégâts significatifs se concentrent autour du séisme, typiquement dans la première dizaine de kilomètres. À Agadir, le séisme s'est produit sous la ville expliquant ainsi le bilan catastrophique.

En 1992 au Caire (Égypte), on dénombre plus de 500 morts suite à un séisme de M5,8 localisé à proximité des Pyramides de Gizeh. Il rasa 350 bâtiments fragiles de la vieille ville.

Autre exemple, à Athènes (Grèce), en 1999, 143 personnes perdent la vie suite à un séisme de M5,9 qui frappe à proximité de la ville.

En 2009, la cité médiévale de L'Aquila (Italie) est partiellement détruite par un séisme de M6,3, faisant environ 300 victimes.



Ces séismes nous posent des questions complexes : Comment réduire la vulnérabilité des bâtiments anciens et des monuments historiques ? Comment en assurer la transmission aux générations futures tout en préservant la valeur architecturale et culturelle ?

Au-delà des frontières

En 1977, un séisme de M7,2 localisé dans la région de Vrancea (Roumanie) se joue des frontières : il provoque des dégâts en Roumanie, notamment à Bucarest mais aussi en Bulgarie. Trente-cinq mille bâtiments sont à terre et plus de 1 500 personnes perdent la vie.

Des effets dévastateurs

Les séismes peuvent prendre des dimensions terrifiantes à l'échelle d'une ville ou d'un pays. En 2003, à Bam (Iran), la moitié des 70 000 habitants de la ville périsent dans un séisme M6,6. Bien sûr, la secousse a été violente mais il apparaît rapidement que les bâtiments récents ne respectaient pas les règles de construction en vigueur dans le pays. Le bilan aurait dû être moins lourd. La citadelle, vieille de 2 000 ans et emblème de la ville, ne résista pas.

El Snam (Algérie) est détruite à 80% en 1980 par un violent séisme de M7,3, soit seulement 26 ans après un séisme qui avait déjà causé la perte de 1 300 personnes. Skopje, la capitale de l'Ancienne République Yougoslave de Macédoine subit le même sort en 1963.

En 1988, 1% de la population totale de l'Arménie, soit plus de 30 000 personnes, disparaît suite au séisme de Spitak de M6,8. Le 12 janvier 2010, 300 000 personnes perdent la vie en Haïti suite à un très violent séisme, la capitale Port-au-Prince est dévastée... Comment une ville ou un pays pourrait-il se relever d'un pareil désastre sans notre solidarité ?



En 1999, la faille Nord-Anatolienne se rompt sur 120 km dans la région industrielle d'Izmit (Turquie). La magnitude du séisme est de M7,4. On dénombre 17 000 victimes et 600 000 sans-abris. Aujourd'hui, un séisme similaire menace Istanbul.

Comment se préparer ? Comment limiter l'impact humain, culturel, économique de ces séismes à venir ? En investissant dans la prévention et dans l'éducation des populations et des décideurs, et en améliorant l'application des codes de construction en vigueur.

SURVEILLANCE

Détection des séismes

La surveillance est basée sur l'enregistrement par des stations sismologiques des ondes générées par les séismes. Connaissant l'heure à laquelle les ondes arrivent à différentes stations et leur vitesse de propagation, on détermine la localisation du séisme. La magnitude est estimée à partir de l'amplitude des ondes enregistrées.

Combien y a-t-il de séismes par an ?

Leur nombre dépend de la magnitude considérée. Les séismes violents sont plus rares. À l'échelle du globe, sur une année, il y a en moyenne 1 500 séismes supérieurs à M5 (soit environ 4 par jour), 150 séismes supérieurs à M6, et une quinzaine de M7 ou plus. Cinq séismes ont atteint ou dépassé M9 entre 1950 et 2012.

Les réseaux de surveillance actuels localisent tous les séismes de magnitude supérieure à 5 dans le monde. Les séismes plus petits peuvent ne pas être détectés s'ils sont loin des stations sismiques. C'est pourquoi leur nombre ne peut qu'être estimé. Au niveau mondial, il y a environ 15 000 séismes supérieurs à M4, et 150 000 supérieurs à M3 par an.

Alerter tsunamis

Les ondes sismiques voyagent beaucoup plus vite que le tsunami. En localisant très rapidement (typiquement en 10 à 15 minutes) les séismes susceptibles de générer un tsunami, et en calculant les heures d'arrivée du tsunami sur les différentes côtes, il est possible d'avertir les populations avant l'arrivée du tsunami. Plus la distance entre le séisme et la côte est grande, plus la population aura du temps pour se mettre en sécurité.

On parle de plus en plus de séismes et de leurs destructions. Est-ce que leur nombre a augmenté ?

Le nombre moyen de séismes n'augmente pas mais leurs impacts (destructions, victimes) augmentent malheureusement au cours du temps. En effet, la population mondiale a été multipliée par 7 en deux siècles. Des séismes qui il y a 150 ans n'étaient pas ressentis, peuvent aujourd'hui affecter des zones urbaines et provoquer des dégâts. En fait, l'aléa sismique reste inchangé mais le risque a augmenté avec l'accroissement de la population mondiale.

Est-ce que le nombre de séismes va augmenter avec le changement climatique ?

À l'échelle du monde, non car le changement climatique n'a pas d'effets sur le lent mouvement des plaques tectoniques qui est la cause principale des séismes. Cependant, si la fonte des glaces devait se poursuivre, la sismicité dans des régions comme le Groenland pourrait légèrement augmenter à cause du phénomène de rebond post-glaciaire. (voir "Origine").

Existe-t-il des centres d'alerte aux tsunamis dans la région Euro-Méditerranéenne ?

Des centres d'alerte couvrent la Méditerranée, l'Atlantique Nord-Est et la Mer Noire. L'éducation des populations reste néanmoins essentielle. À courte distance du séisme, la population ne peut pas être informée à temps de l'arrivée du tsunami. Le seul fait de ressentir un séisme à proximité de la côte, d'observer un retrait de la mer ou des tourbillons inhabituels doit inciter à se mettre en sécurité en hauteur et plus à l'intérieur des terres.

Pour plus d'informations sur la sismicité en Euro-Méditerranée, consultez notre site internet : www.emsc-csem.org