

Pourquoi il y a des séismes en cascade en Turquie et en Syrie

jeudi 9 février 2023, par [JOLIVET Laurent](#), [JOLIVET Romain](#) (Date de rédaction antérieure : 9 février 2023).

Les séismes peuvent en déclencher d'autres : des répliques, mais aussi des séismes plus distants.

Sommaire

- [Des répliques et un second \(...\)](#)
- [Un risque pour Istanbul](#)
- [Quand des séismes géants \(...\)](#)

Ce lundi 6 février, à 4h17 du matin, un [séisme](#) de magnitude 7,8 a frappé la Turquie et la Syrie. Les séismes dans cette région du monde sont courants, mais l'ampleur de celui-ci est clairement impressionnante : pour trouver un séisme aussi violent sur cette faille, il faut [remonter en 1114](#).

Une dizaine de minutes après le séisme le plus puissant, une réplique de magnitude 6,7 s'est produite à proximité de l'épicentre et d'autres répliques continuent aujourd'hui de se produire dans une zone allongée sur plus de 350 kilomètres, depuis l'est de la Turquie jusqu'à la frontière syrienne. Ces « répliques », les séismes qui se produisent après un grand tremblement de terre, sont attendues et leur comportement statistique est bien connu.

De façon plus étonnante et surtout dramatique, un second séisme de magnitude 7,5 a eu lieu à 13h24 heure locale, plus au nord. Ce séisme n'est pas une réplique : d'après les premières données traitées en direct par les grandes agences sismologiques internationales, il se serait produit sur une faille est-ouest coupant la rupture principale.



La micro-plaque Anatolienne est poussée vers l'ouest par la remontée de la plaque Arabie vers le nord, et tractée à l'ouest. Ce mouvement vers l'ouest est accommodé par deux grandes failles tectoniques : la faille nord-anatolienne (2 cm par an de mouvement relatif entre les plaques Anatolie et Eurasie) et la faille est-anatolienne (entre 5 mm et 1 cm par an de mouvement relatif entre les plaques Arabie et Anatolie). Nous savons bien comment et pourquoi l'Anatolie bouge, mais cette

connaissance est encore trop parcellaire pour prévoir les séismes. Romain Jolivet/ENS. Fond de carte GoogleEarth, Fourni par l'auteur

Nous n'avons pas encore toutes les [informations que fournissent les images satellites et les mesures GPS](#), mais il est possible que le second séisme ait été causé par le premier, une hypothèse qu'il va falloir vérifier dans les jours à venir avec les données qui arrivent au compte-goutte.

Cette activité sismique majeure sur deux failles proches reflète que les contraintes qui sont à l'origine des tremblements de terre se réorganisent petit à petit. L'autre grande faille de la région (la faille « nord-anatolienne ») a vu se propager une séquence de séismes au long du XX^e siècle, comme une série de dominos, jusqu'à la mer de Marmara et la mégalopole d'Istanbul.

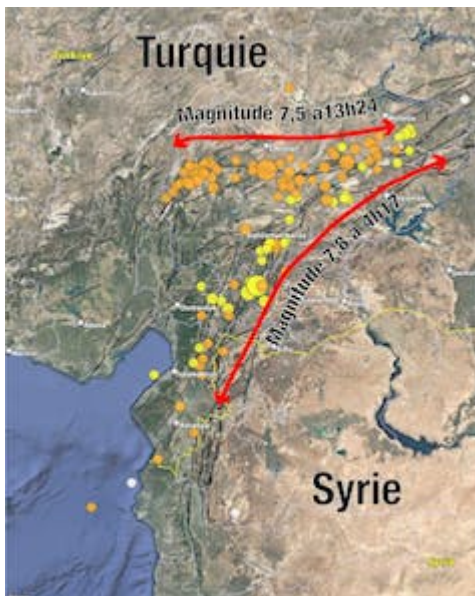
Toute la communauté scientifique, ainsi que les autorités turques, [attendent un séisme](#) proche de cette ville de 8 millions d'habitants. Nous ne savons pas quand ce séisme aura lieu ni quelle sera sa taille. Nul ne peut, en l'état actuel des connaissances, proposer une date et une magnitude pour ce séisme à venir, et le séisme de ce lundi nous rappelle malheureusement que la Turquie peut aussi être frappée durement ailleurs.

Des répliques et un second séisme

Le comportement des répliques suite au séisme de lundi n'est en lui-même pas du tout une surprise. En 1894, Omori observait déjà une décroissance logarithmique du nombre de répliques avec le temps (selon une loi en $1/t$, t étant le temps écoulé depuis le choc principal).

Ces mêmes lois empiriques, dites « lois d'échelles », prévoient que la plus grosse réplique aura une magnitude d'un ordre de grandeur inférieur au choc principal : ici, la plus grosse réplique du premier séisme a été d'une magnitude de 6,7, proche des 6,8 attendus. Rappelons que cette échelle est logarithmique, et qu'un séisme de magnitude 6 libère 30 fois moins d'énergie qu'un séisme de magnitude 7.

Les répliques s'arrêtent lorsque les forces engendrées par le séisme principal sont accommodées, un peu comme lorsque, après avoir mis un coup de pied dans un tas de sable, les grains continuent de rouler les uns après les autres, puis se stabilisent.



Essaims de répliques des deux séismes ayant eu lieu à la frontière entre Turquie et Syrie le 6 février. Romain Jolivet/ENS. Fond de carte Google Earth, Fourni par l'auteur

Mais le séisme de magnitude 7,5 de 13h24 sort complètement de ce comportement statistiquement vérifié depuis 1894 sur des milliers de séismes dans le monde : ce n'est pas une réplique mais bien un second séisme. Il faut ainsi noter qu'il s'est produit sur une faille qui semble orientée à 45° par rapport à la faille Est-Anatolienne, comme en témoigne la forme de l'essaim de répliques qui l'ont suivi.

On parlera donc plutôt ici de « séisme déclenché », ou tout du moins, on tentera d'explorer des mécanismes permettant d'expliquer la coïncidence temporelle entre ces deux grands séismes.

Un risque pour Istanbul

Certains séismes sont effectivement liés les uns aux autres : en « accommodant » les contraintes qui s'accumulent au niveau des failles tectoniques, ils relâchent de l'énergie et réorganisent ces contraintes, ce qui peut déclencher de nouveaux séismes.

Sur la faille nord-anatolienne, très active et qui accomode un déplacement relatif d'environ 2 centimètres par an entre les plaques Anatolie et Eurasie, une série de séismes de magnitude supérieure à 7 a eu lieu en cascade d'est en ouest sur environ 800 kilomètres au cours du XX^e siècle.

Le point notable est que toute la longueur de la faille nord-anatolienne a rompu entre 1939 et 1999. Le dernier segment n'ayant pas rompu se trouve en mer de Marmara, tout près d'Istanbul, entre les séismes de Izmit en 1999 et de Ganos en 1912.



Une séquence historique de séismes s'est produite au XX^e siècle : initiée à l'est avec le séisme de Erzincan en 1939 (7,8), elle a continué avec des séismes en 1943, 1944, 1967 et enfin en 1999 avec les deux séismes d'Izmit (7,6) et Duzce (7,3), séparés d'à peine quelques mois. Romain Jolivet, ENS. Fond de carte GoogleEarth, Fourni par l'auteur

Cette succession de séismes s'explique par le transfert de la contrainte tectonique d'un segment à l'autre de la faille. Un séisme relâche localement les contraintes accumulées par le mouvement relatif des plaques, mais en même temps, augmente celles sur les segments de faille adjacents qui se rapprochent donc d'une rupture future.

Si ce segment est déjà bien chargé (proche de la rupture), alors un séisme peut en déclencher un autre. Sinon, il faudra attendre que le mouvement des plaques tectoniques apporte le reste de contrainte nécessaire pour déclencher un séisme. On parle ici de « déclenchement statique » car l'état de la croûte après le séisme est la cause du séisme suivant.

Quand des séismes géants déclenchent d'autres séismes... à distance

Il existe aussi un type de déclenchement dit « dynamique ». Dans certains cas, la variation de contrainte résultant d'un grand séisme n'est pas assez grande pour expliquer l'occurrence de certains séismes, notamment s'ils sont situés à plusieurs centaines de kilomètres de l'épicentre du choc principal.

Par exemple, suite aux séismes californiens de Landers en 1992 et Hector Mine en 1999, des essaims de séismes ont été observés à plusieurs centaines de kilomètres de l'épicentre. Il a été démontré que [ces séismes ont eu lieu exactement lors du passage des ondes sismiques les plus fortes émises par ces deux séismes](#).

Des observations similaires ont été effectuées en laboratoire pour démontrer que [lors du passage de ces ondes sismiques, le matériau qui constitue le cœur de la faille s'affaiblit](#), provoquant un relâchement des contraintes par glissement, c'est-à-dire un séisme.

Ce genre de comportement vient de la physique des milieux granulaires, qui lorsqu'ils sont secoués, peuvent se comporter comme des fluides. Secouer rapidement un tas de sable va le conduire à s'aplatir sous son propre poids alors que sans ces secousses, il tient très bien tout seul.

Secouer rapidement une faille peut donc la conduire à glisser, produisant ainsi des séismes. Il a aussi été observé que [ces ondes sismiques peuvent déclencher des glissements lents à des distances colossales](#). Les ondes sismiques émises par le séisme de Maule, un séisme de magnitude 8,9 en 2010 au Chili, ont provoqué un glissement lent le long de la subduction du Mexique, à environ

7 000 kilomètres de l'épicentre.< !—> <http://theconversation.com/republishing-guidelines> —>

[Romain Jolivet](#), Professeur des Universités, [École normale supérieure \(ENS\) - PSL](#) et [Laurent Jolivet](#), Professeur, [Sorbonne Université](#)

P.-S.

- The Conversation. Publié : 8 février 2023, 20:59 CET Mis à jour le : 9 février 2023, 08:48 CET/

Cet article est republié à partir de [The Conversation](#) sous licence Creative Commons. Lire l'[article original](#).

[Romain Jolivet](#), [École normale supérieure \(ENS\) - PSL](#) et [Laurent Jolivet](#), [Sorbonne Université](#)

Mes travaux (Romain Jolivet) portent sur l'analyse des déformations de la surface de notre planète, aussi bien à partir de données satellitaires que sismiques. Cela me conduit principalement vers l'étude des zones de faille actives et des séismes associés.

- The Conversation est un média indépendant, sous un statut associatif. Avec exigence, nos journalistes vont à la rencontre d'expert•es et d'universitaires pour replacer l'intelligence au cœur du débat. Si vous le pouvez, pour nous soutenir [faites un don](#).