

Le mégaséisme

Pierre Henry

Les sismologues n'avaient prévu ni le mégaséisme qui a secoué la grande île de Honshu au Japon, ni le raz de marée de 20 mètres de haut qui a suivi. Des mécanismes inédits jusqu'à présent sont en cause.

Le 11 mars 2011, une demi-heure après un mégaséisme, un raz de marée frappe la côte Nord-Est de la grande île nipponne de Honshu. Il atteint 20 mètres de haut face à certains endroits encaissés et 10 mètres à Sendai, la plus grande ville de la région. Ces amplitudes expliquent la terrible dévastation due à la vague, mais elles sont relativement modestes si l'on considère la violence inouïe du séisme qui l'a formée : sa magnitude est de 9, ce qui en fait le quatrième plus grand séisme jamais enregistré.

Pareille magnitude est une très mauvaise surprise : personne ne s'attendait à un séisme de cette ampleur à cet endroit. Comment cette possibilité a-t-elle pu échapper à la vigilance des sismologues, notamment de ceux qui furent consultés lors de l'implantation des centrales nucléaires de la région, dans les années 1970 ? Nous expliquons ici les origines de cette erreur d'appréciation et les implications de la nouvelle vision sismologique de la région qui émerge aujourd'hui.

Les Japonais nomment le tremblement de terre du 11 mars 2011 séisme du Tohoku. Ce terme, qui signifie Nord-Est en japonais, désigne la partie Nord de la grande île de Honshu secouée par le séisme. Bien connue pour sa constante activité sismique, la zone dont il provient – la fosse du Japon – se trouve au Nord du point triple du Japon, lieu où se rencontrent les plaques eurasiennne, philippine et pacifique (voir la figure 2). La subduction (plongement d'une plaque sous une autre) qui s'y produit depuis des millénaires engendre de nombreux séismes, parfois accompagnés d'importants tsunamis. Ainsi,



1. LE TSUNAMI DU 11 MARS 2011, consécutif à un mégaséisme, a emporté de nombreuses maisons de la ville japonaise de Natori, qui comptait plus de 72 000 habitants. Ces derniers n'ont eu que 30 minutes pour se mettre en sécurité après que le quatrième plus puissant séisme jamais enregistré a secoué leur ville.

de subduction du Japon



L'ESSENTIEL

- ✓ Le quatrième plus grand séisme jamais mesuré a eu lieu le 11 mars 2011 dans la fosse du Japon.
- ✓ Les sismologues ne s'attendaient pas à un tel séisme à cet endroit.
- ✓ Le Tohoku, la côte Nord-Est de la grande île de Honshu, avait été jugé assez sûr pour que l'on y plante des centrales nucléaires.
- ✓ La très grande longueur de faille qui a rompu montre qu'il faut désormais compter avec de tels mégaséismes au Japon.
- ✓ Les dépôts de tsunami retrouvés sur la plaine côtière de Sendai suggèrent qu'ils ont lieu tous les 1 000 ans environ.

en 1896, la moitié du Tohoku située au Nord de Sendai avait encaissé un raz de marée comparable à celui qui vient de se produire : sa vague excédait 25 mètres. Ce séisme a longtemps intrigué les sismologues, car la hauteur du tsunami était sans commune mesure avec l'intensité sismique perçue alors, ce qui introduisit un doute sur sa magnitude réelle. Comme celui du 11 mars 2011, ce tsunami était lié à la rupture d'une portion de faille proche de la fosse de subduction située à 120 kilomètres de la côte Nord-Est, là où la plaque pacifique s'enfonce sous le Japon à une vitesse d'environ neuf centimètres par an (voir la figure 2).

Soulignons que tous les séismes comparables à celui du Tohoku ont aussi été créés par le glissement brusque de failles de subduction. Dès lors, se demande-t-on, comment les sismologues ont-ils été

conduits à estimer que la zone de subduction située face à la côte Nord-Est du Japon ne produirait probablement jamais un séisme d'une telle magnitude ?

S'ils se sont laissés abuser, c'est parce que cette zone de subduction a une activité sismique régulière en apparence et distribuée sur l'ensemble de la surface de glissement (le plan de faille). De par le monde, on connaît en effet de nombreuses failles, ou segments de faille, qui n'engendrent que de petits séismes, les deux surfaces en contact ne coulissant pas forcément de façon constante, mais du moins sans grandes secousses. Le segment central de la faille de San Andreas, entre Hollister et Parkfield, en Californie, est dans ce cas. Il en serait de même de certaines failles de subduction, comme la fosse des Mariannes (connue pour sa profondeur de 11 000 mètres), dont, semble-t-il, la zone sismogène est très réduite.

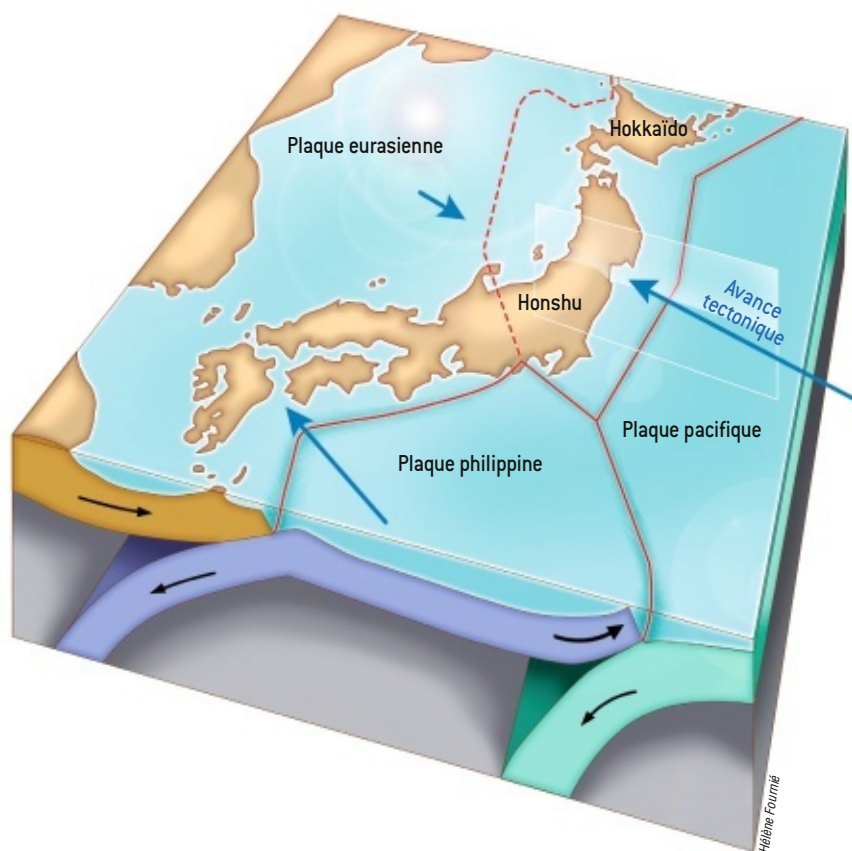
Toutefois, la plupart des failles de subduction produisent de gros séismes, tout en ayant le reste du temps une activité limitée à quelques essais de séismes bien localisés. On dit de telles failles qu'elles sont bloquées, c'est-à-dire que l'essentiel de leur subduction est compensé par le mouvement se faisant à l'occasion de rares mégaséismes. Ces événements majeurs sont suivis de nombreuses répliques. Quand ces mégaséismes arrivent avec une certaine régularité, on les qualifie de séismes caractéristiques. Tel est le cas de la faille de subduction de Nankai, où un *Big one* est attendu.

Premiers calculs du couplage sismique

D'autres failles encore ont un comportement plus complexe, qui ne facilite pas l'estimation du risque. Il en est ainsi de celle de la fosse du Japon. À la fin des années 1960, les modèles de tectonique des plaques avaient déjà fourni une bonne description de la subduction de la plaque pacifique. Les sismologues ont alors pu commencer à estimer le « couplage sismique », qui indique quelle fraction de l'avance de la plaque est compensée par les brusques glissements à l'origine des séismes. Le séisme du 11 mars 2011 aurait ainsi entraîné un glissement le long du plan de faille dépassant la vingtaine de mètres face à Sendai, qui s'est traduit par un déplacement de plusieurs mètres vers l'Est de la côte du Tohoku.

En 1977, Hiroo Kanamori, de l'Institut californien de technologie (Caltech), fut le premier à estimer le couplage sismique de la plaque pacifique. Il obtint un résultat de l'ordre de 25 pour cent, confirmé par tous les travaux qui suivirent. Ainsi, même si la faille de la fosse du Japon produit de forts séismes (jusqu'à 8,2 de magnitude), l'activité sismique est insuffisante pour compenser l'avance de la plaque pacifique. Plus on va vers le point triple situé au Sud, plus l'activité est insuffisante (voir la figure 2).

Dans la zone de subduction de la fosse du Japon, il n'y a donc pas assez de séismes pour compenser la progression de la plaque : les sismologues parlent de déficit sismique. Un détail rendait cette constatation plus inquiétante encore. Le plus gros séisme jamais enregistré dans la zone, le séisme de Sanriku en 1933 (8,4 de magnitude), ne s'est même pas déclenché sur le plan de subduction, mais



2. L'ARCHIPEL NIPPON se trouve sur la ceinture de feu. Cet alignement de volcans, qui borde le Pacifique par le Nord depuis l'Amérique du Sud jusqu'à la Nouvelle-Zélande, coïncide partout avec des frontières de plaques tectoniques et des failles. Au Japon, deux plaques tectoniques – la plaque pacifique au Nord et la plaque philippine au Sud – y passent sous la plaque eurasiennne et la plaque Nord-Amérique. Ces mouvements de subduction ont créé de profondes fosses à l'Est de l'archipel nippon : au Sud, la fosse de Nankai longe l'archipel jusqu'à la région de Tokyo ; elle est reliée par la fosse de Sagami au point triple du Japon, le lieu où se rencontrent les plaques eurasiennne, philippine et pacifique ; de là partent vers le Sud la fosse d'Izu-Bonin et vers le Nord la fosse du Japon. Des failles (en rouge) longent toutes ces fosses, où s'accumulent les contraintes créées par les mouvements de subduction et qui sont responsables de nombreux séismes.