

Séisme du Japon (Honshu) ou de Tohoku du 11 mars 2011

Le séisme de magnitude Mw 9.0 (8.9 à 9.1 selon estimations ; W-phase/EOST ; GCMT/Harvard ; USGS) a eu lieu au large de la côte Est de l'île de Honshu au Japon, vendredi 11 mars 2011 à 5H46 TU (14h46 heure locale ; 6h46 heure française). Le mécanisme et la profondeur superficielle du séisme ainsi que sa localisation indiquent que cet événement est un séisme qui a eu lieu le long de la zone de subduction de la plaque Pacifique sous l'archipel du Japon.

L'épicentre est situé à 350 km au Nord-Nord-Est de Tokyo (13 M. d'habitants) et à environ 100 km à l'Est de la ville de Sendai (1 M. d'habitants). Il a été suivi de fortes répliques, 14 de magnitude supérieure à 6 et a été suivi de forts séismes, dont un de magnitude Mw 7.9 au sud, environ 30 minutes après le choc principal et un de magnitude Mw 7.1, 40 minutes après, dans la plaque Pacifique. Les répliques se sont étendues bilatéralement vers le Nord et vers le Sud depuis la zone épiscopentrale et couvrent une distance d'environ 600 km le long de la fosse du Japon. La longueur de la rupture est en accord avec une durée du séisme d'environ 2.5-3 minutes (propagation moyenne à 2.7 km/s).

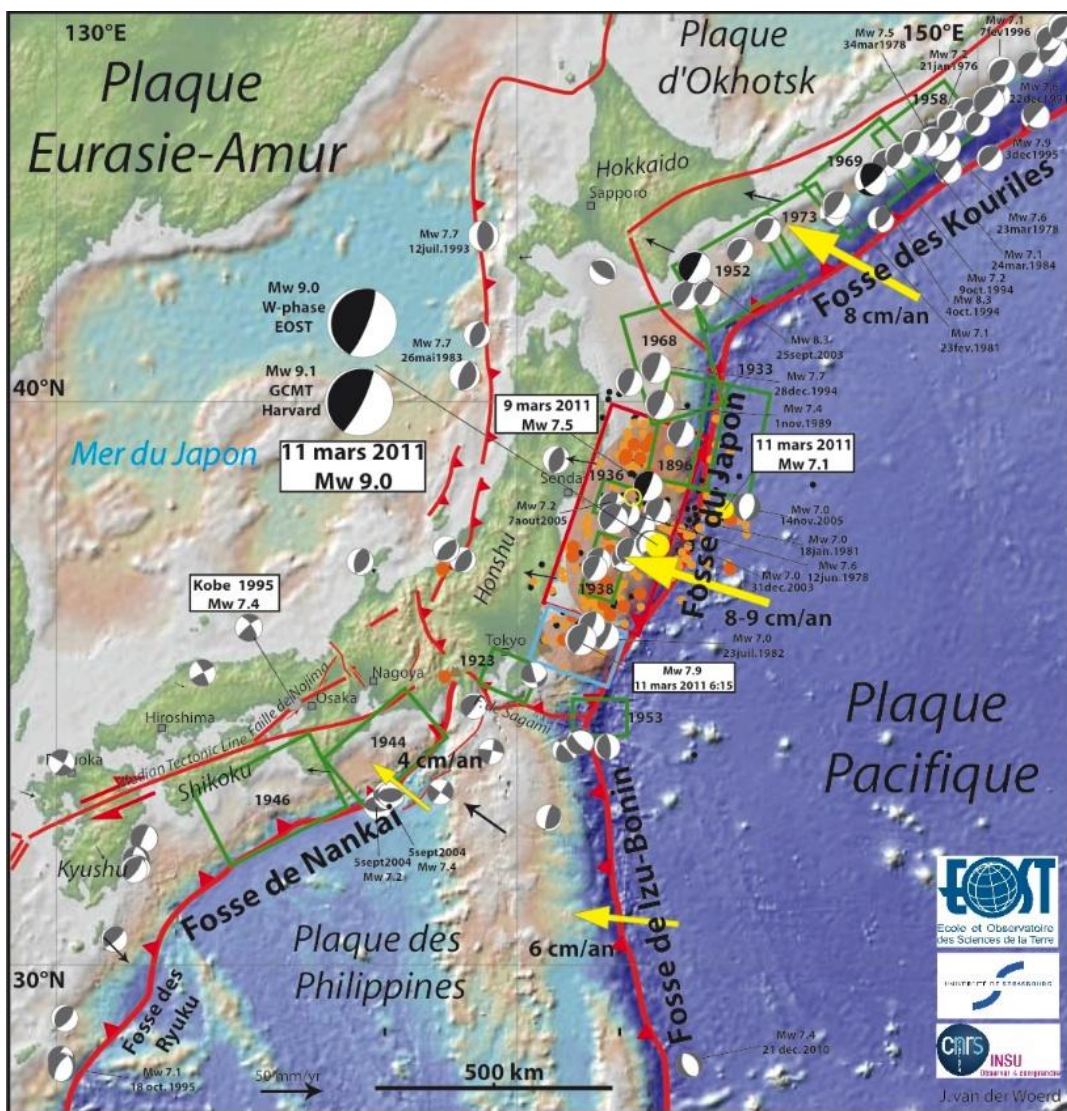


Figure 1. Carte sismo-tectonique de l'archipel du Japon situé le long des zones de subduction des plaques du Pacifique et des Philippines. Principaux mécanismes au foyer des séismes de magnitude supérieure à Mw 6.5 (catalogue GCMT). Mécanisme au foyer de l'événement du 11 mars 2011, GCMT (Harvard) et W-Phase (EOST).

Le séisme a provoqué un tsunami qui a d'abord frappé la côte proche du Japon avant de se propager à travers l'océan Pacifique. Une vague de près de 10 m de hauteur est signalée à Sendai et une rentrée à terre de plus de 5 km de la vague de tsunami.

Les dégâts liés au séisme et au tsunami sont en cours d'évaluation. Le bilan actuel est de plus de 20000 victimes et nombreux disparus (24/03/11). L'arrêt de 11 centrales nucléaires provoqué par le séisme puis les dégâts liés au tsunami ont entraîné des dysfonctionnements du refroidissement du cœur de réacteurs dans certaines centrales (Fukushima Daiichi, 240 km au nord de Tokyo).

Le séisme a eu lieu le long de la zone de subduction entre la plaque Pacifique et la plaque Eurasiatique, le long de la fosse du Japon où un séisme aussi fort n'avait pas encore été observé. La convergence entre l'archipel du Japon et la plaque Pacifique est d'environ 8-9 cm/an.

Ce séisme a été précédé deux jours avant le 9 mars 2011 par un séisme de magnitude Mw 7.2, suivi de 3 répliques supérieures à 6 le même jour, proche de la zone épiscopentrale du choc du 11 mars.

Mécanisme du choc principal

Le mécanisme du choc principal (W-phase, USGS) montre que le séisme a eu lieu sur un plan à faible pendage (14° W) orienté N 13° E, sub-parallèle à la direction moyenne N 16° E de la fosse du Japon, à une profondeur de 24 km. La magnitude déterminée est de Mw 9.0 ($M_0=3.9 \times 10^{22}$ N.m), localisé N38.321, E142.969.

Le mécanisme GCMT (Harvard) indique des caractéristiques semblables avec un pendage de 10° , une direction N 23° E à une profondeur de 20 km, localisé N37.52, E143.05.

Le mécanisme donné par le GFZ est problématique avec un pendage de 9° vers l'Est (plan N 17° E) (Mw 8.9 ; $M_0=2.4 \times 10^{22}$ N.m).

Répliques

Au 13/03/2011, les répliques de magnitude supérieures à 5 sont au nombre de 200 et se répartissent dans un rectangle de 500 km de long de Tokyo au sud à Miako au nord (entre 35.5° N et 39.7° N) et 150-200 km de large entre la côte et la fosse du Japon. Elles se répartissent sur un plan incliné de 15° vers l'ouest entre 10 et 50 km de profondeur.

On dénombre : 29 répliques ≥ 6.0 , dont 2 de magnitude 6.8 ; 178 ≥ 5 ; et 96 ≥ 4.5 .

Une réplique de Mw 7.1 proche de la zone épiscopentrale se situe 50 km à l'Est de la fosse, probablement dans la plaque Pacifique à la même latitude que l'épicentre (38° N). Peut-être un séisme intra-plaque comme observé au Samoa-Tonga en 2009 (Lay et al., Nature, 2010) ou comme le séisme de Mw 7.4 en faille normale du 21 décembre 2010 le long de la [subduction des Bonins](#). Il se situe également proche de l'épicentre du séisme en faille normale du 14 novembre 2005 de magnitude Mw7.0.

Notons également l'occurrence d'un séisme de magnitude 6.2 à 200 km au nord-ouest de Tokyo, entre Nagano et Joetsu, proche de la côte ouest de Honshu ; et un séisme de magnitude 6.5 dans la Mer du Japon à 85 km à l'ouest de Noshiro, dans la zone épiscopentrale du séisme de magnitude Mw 7.7 du 26 mai 1983..

Un séisme de magnitude Mw 6.0 a eu lieu le mardi 15 mars, au Sud-Ouest de Tokyo et à 50 km au nord de Shizuoka.

Géodésie

Le réseau dense de stations permanentes GPS a enregistré le déplacement occasionné lors du séisme. Les déplacements co-sismiques les plus importants sont enregistrés au Nord-Est de Sendai et atteignent 4.5 m vers l'Est-Sud-Est, avec près de 80 cm de subsidence. De manière générale, toute la partie de Honshu au nord de 36°N, au nord de Tokyo, est affecté par un déplacement vers l'Est, qui augmente d'Ouest en Est, avec un maximum au niveau de la région située au Nord de Sendai.

Les déplacements co-sismiques du séisme-réplique de Mw 7.9 (6h15TU) sont d'un ordre de grandeur inférieur et atteignent 0.5 m à l'Est de Tokyo.

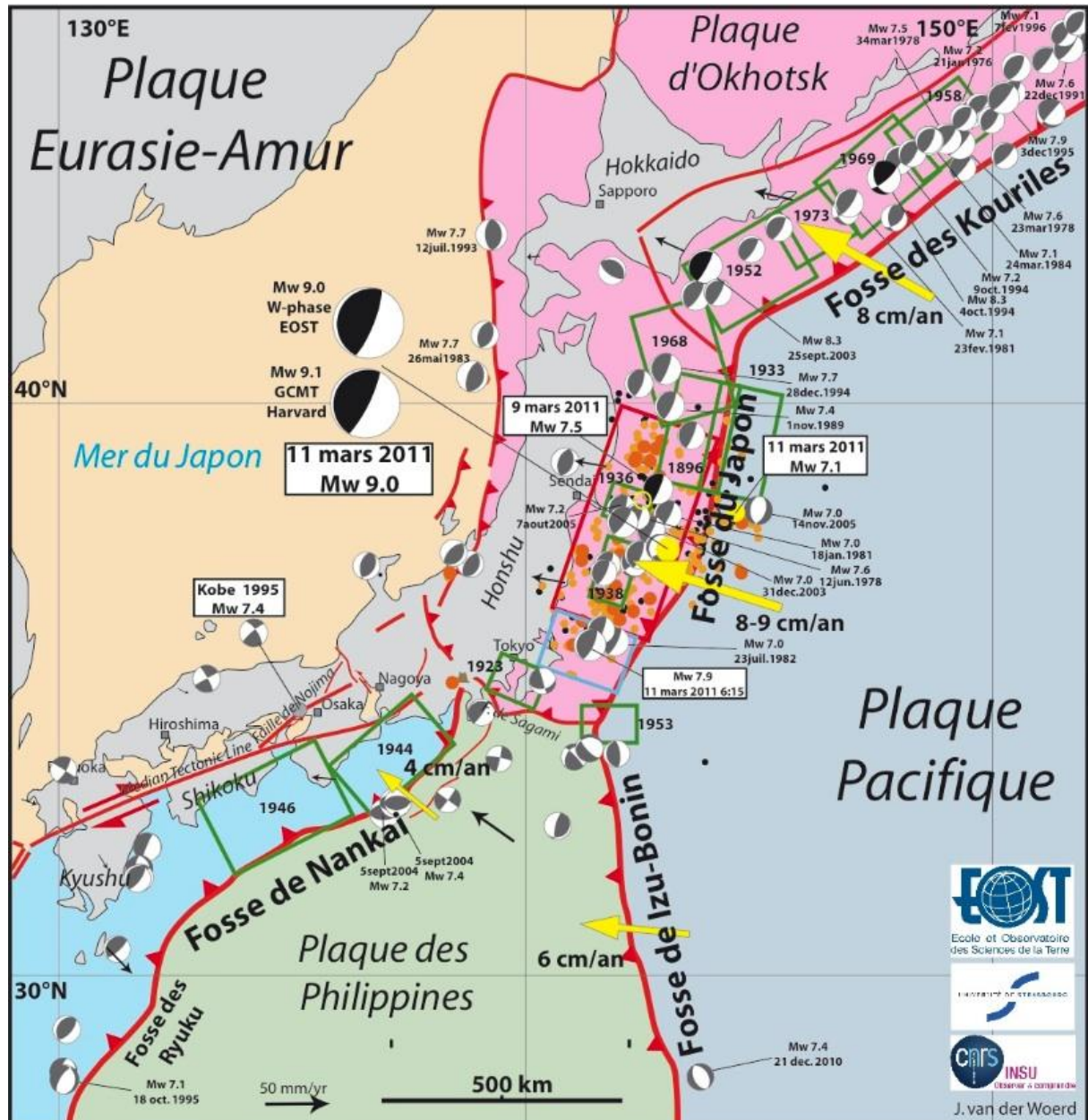


Figure 2. Carte des plaques tectoniques et des failles principales. La sismicité historique récente est précisée pour les zones de subduction.

Tectonique des plaques

L'archipel du Japon se situe le long de la bordure occidentale de la plaque du Pacifique soulignée par une zone de subduction de plus de 5000 km de long entre la fosse des

Aléoutiennes au nord jusqu'à la fosse des Mariannes au sud. Le Japon se situe à la jonction entre 4 plaques tectoniques, la plaque Pacifique à l'Est, la plaque d'Okhotsk au Nord (dont fait partie le nord de l'île de Honshu ; plaque rattachée parfois à la plaque Nord-Américaine), la plaque Eurasiatique à l'ouest (bloc d'Amur) et la plaque des Philippines au sud. La subduction de la plaque des Philippines sous la plaque Eurasiatique à une vitesse d'environ 4 cm/an le long de la fosse de Nankai suit la bordure sud-est de la partie sud de l'île de Honshu. Alors que la bordure de la plaque Pacifique est marquée par une fosse continue du nord au sud, fosse du Japon puis fosse de Izu-Bonin, la fosse de Nankai s'interrompt au sud de Tokyo, ville qui se situe à la jonction triple de ces zones de subduction.

Ainsi, la sismicité du Japon et de l'île de Honshu se répartit au premier ordre entre la subduction Sud-Ouest (fosse de Nankai), la subduction Est (fosse du Japon-fosse des Bonin), de la déformation intra-plaque décrochante au centre de la partie sud-ouest de l'île de Honshu (faille Median Tectonic Line, faille de Nojima ; séisme de Kobé, Mw 7.4 en 1995) et une zone de déformation complexe à la jonction de ces failles au centre de Honshu (séisme du Kanto, 1923). A ces zones sismiques importantes, il faut rajouter de la sismicité sur la bordure ouest de l'île de Honshu et dans la mer du Japon.

Sismicité historique

Nord Honshu - Fosse du Japon

Le dernier grand séisme connu au large de Tokyo est le séisme de 1677. Le séisme n'a pas été ressenti fortement, mais a provoqué un tsunami important. Depuis, les derniers grands séismes connus sont celui de 1896 (8.5) et celui de 1933 (8.4) à 400 km au nord de Tokyo. Si le séisme de 1677 était un séisme similaire à celui du 11 mars 2011, alors cela ferait 300 ans qu'il n'y aurait pas eu de fort séisme le long de cette partie de la subduction de 500 km de long. A la vitesse de 8-9 cm/an cela fait un déficit de glissement de 25 à 30 m, une amplitude supérieure au glissement observé lors du séisme du 11 mars 2011. Ainsi, ce séisme confirmerait l'occurrence et le rôle important de séismes lents dans l'accommodation des mouvements de subduction, tout en confirmant également que ceux-ci n'excluent pas l'occurrence de séismes majeurs.

Les séismes associés à des tsunamis meurtriers sont connus depuis fort longtemps au nord de l'île de Honshu, depuis 1611 on en recense plus de 15. Celui de 1856 a été particulièrement meurtrier.

Meiji-Sanriku Mw 8.5 15 juin 1896

150 km à l'Est de Sanriku. Run-up 38.2 m Ryouri village, Miyagi (2.5 – 9 m à Haiwai). 22000 victimes. Pas de choc fortement ressenti, faibles secousses, plusieurs tsunamis, on parle de « tsunami-earthquake ».

Sanriku Mw 8.4 2 mars 1933

290 km Est de Kamaishi, Iwate. Run-up de 28.5 m à Ofunato. 3000 victimes.

Sud Honshu – Fosse de Nankai

La zone de Nankai ou zone de mégathrust Nankai est l'objet d'une attention particulière en raison du nombre important de séismes connus depuis la fin du 7^{ème} siècle, 13 séismes de magnitude 7 à 8.6. Cette succession de séismes permet de proposer un schéma de rupture de la zone de subduction de Nankai, divisé en 5 segments majeurs qui cassent de manière successive ou concomitante, avec un rythme de 90 à 200 ans (Lay, Kanamori et Ruff, 1982).

Ainsi, le segment oriental (segment E, dit de « Tokai ») qui sort à terre au sud de la ville de Tokyo n'ayant pas rompu depuis le 23 décembre 1854, aurait une probabilité accrue de casser prochainement, sachant que les segments adjacents (segments C&D dits de « Tonankai ») ont rompu en 1944 (7 décembre 1944, M 8), suivi des segments A&B (dits de « Nankai ») le 24 décembre 1946 (M 8.1). Il est important de souligner que cette zone de subduction a rompu au moins deux fois totalement au cours de son histoire connue en 887 et en 1707 (magnitude 8.4 à 8.6), c'est-à-dire sur une longueur de 500-600 km.

Great Yaeyama Tsunami 24 avril 1771.

10000 victimes.

Kanto, Mw 7.9 1^{er} septembre 1923

140000 victimes. Magnitude révisée en 1977. Kanomori, JGR, 1977.

J. van der Woerd

24 mars 2011

Liens :

USGS

Poster sur le séisme de Honshu du 11 mars 2011, USGS

<http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eqarchives/poster/2011/20110311.php>

Inversion modèle de source

http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eqinthenews/2011/usc0001xgp/finite_fault.php

Mécanisme W-phase :

http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eqinthenews/2011/usc0001xgp/neic_c0001xgp_wmt.php

Mécanisme GCMT

http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eqinthenews/2011/usc0001xgp/neic_c0001xgp_gcmt.php

IRIS

<http://www.iris.edu/news/events/japan2011/>

CSEM

<http://www.emsc-csem.org/Page/index.php?id=196>

IPGP

<http://www.ipgp.fr/pages/040117.php>

Geoscope

<http://geoscope.ipgp.fr/seismes/events/2011/japan11070/event.html>

Inversion d'ondes de volume télésismique (Géoazur, Nice).

<http://geoazur.oca.eu/spip.php?article1037>

Page Géoazur, contexte

<http://geoazur.oca.eu/spip.php?article1039>

CEA

http://www-dase.cea.fr/actu/dossiers_scientifiques/2011-03-11/index.html

GFZ

<http://www.gfz->

[potsdam.de/portal/gfz/Neuestes/Aktuelles+aus+den+Abteilungen/110311_Erdbeben_Japan](http://www.gfz-potsdam.de/portal/gfz/Neuestes/Aktuelles+aus+den+Abteilungen/110311_Erdbeben_Japan)

Tsunami – Agence météorologique Japonaise (JMA)- Tokyo

<http://www.jma.go.jp/en/tsunami/info.html>

GEO geohazards supersite

<http://supersites.earthobservations.org/sendai.php#Fri7>