



HAL
open science

Le Séisme du 1er Janvier 2024 sous la Péninsule de Noto au Japon

Robin Lacassin

► **To cite this version:**

Robin Lacassin. Le Séisme du 1er Janvier 2024 sous la Péninsule de Noto au Japon. 2024. insu-04741148

HAL Id: insu-04741148

<https://insu.hal.science/insu-04741148v1>

Preprint submitted on 17 Oct 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - ShareAlike 4.0 International License

Le Séisme du 1er Janvier 2024 sous la Péninsule de Noto au Japon

Robin Lacassin, IPGP-CNRS

Université de Paris, Institut de physique du globe de Paris, CNRS UMR 7154, 75005 Paris, France

Dans l'après-midi du 1er Janvier 2024, une violent séisme suivi d'un tsunami de plusieurs mètres a frappé la péninsule de Noto sur la côte ouest de la plus grande île du Japon, Honshu. A partir de l'étude des ondes sismiques, les sismologues ont mesuré une magnitude de moment M_w^1 de 7,5. Selon les autorités japonaises, ce tremblement de terre a fait plus de 280 victimes et quelque 15 milliards d'euros (2600 milliards de yens) de dégâts, répartis équitablement entre les habitations et les dommages aux infrastructures telles que les routes, ponts, tunnels, et ports. Une part importante des dommages à ces infrastructures est due aux très nombreux glissements de terrain déclenchés par le séisme (plus de 2000 documentés). L'intensité sismique², déduite de la sévérité des dommages, a atteint la valeur la plus haute (7) de l'échelle japonaise (JMA seismic intensity, JMA pour Japan Meteorological Agency) aux endroits les plus affectées. Elle a été estimée à X-XI (désastreux à catastrophique) sur l'échelle internationale (MMI pour Modified Mercalli Intensity). Le séisme de Noto du 1er Janvier 2024 a ainsi été le plus destructeur au Japon depuis celui de Tohoku en Mars 2011, de magnitude M_w 9, responsable de la catastrophe nucléaire de Fukushima.

Le Japon, un pays très sismique situé entre plusieurs plaques tectoniques

Le Japon est situé à la jonction entre plusieurs plaques tectoniques. Sur sa facade est et sud-est, les plaques océaniques Pacifique et Philippines convergent vers l'Eurasie à plusieurs centimètres par an. Ces deux plaques océaniques plongent sous la plaque eurasiennne au niveau des fosses du Japon et de Nankai. Elles s'enfoncent sous l'archipel japonais par le biais de grandes failles sismiques appelées méga-chevauchements de subduction. C'est le méga-chevauchement faisant face aux villes de Sendai et Fukushima qui a rompu lors du séisme de Tohoku en 2011, avec un glissement cosismique sur la faille d'une ampleur exceptionnelle (plusieurs dizaines de mètres), générant de ce fait un tsunami dévastateur. L'inondation due à ce tsunami a atteint 14m à la centrale de Fukushima déclenchant la plus grosse catastrophe nucléaire depuis Tchernobyl.

La moitié septentrionale du Japon constitue la partie sud de la micro-plaque Okhotsk dont la limite ouest, face à la mer du Japon, est marquée par une zone de failles assez complexe et segmentée, située au large de la côte japonaise (schématisée en tirets rouge sur la carte ci-jointe). Ces failles absorbent le rapprochement entre la micro-plaque Okhotsk et l'Eurasie, convergence qui se produit à une vitesse de l'ordre du centimètre par an. Notons que certains modèles introduisent une micro-plaque supplémentaire, appelée Amour, à laquelle appartiendrait la Mer du Japon et qui serait une subdivision de la plaque Eurasie avec un mouvement partiellement indépendant.

¹ La magnitude de moment, notée M_w , représente l'énergie mise en jeu par le séisme.

² L'intensité sismique est une valeur déduite de la sévérité des dégâts qui mesure les effets du séisme à un lieu donné.



Depuis 1940, la bordure ouest de la micro-plaque Okhotsk a été marquée par au moins quatre séismes de magnitude supérieure à 7,5 (épicesentres localisés par les étoiles grises sur la carte). Ces séismes ont tous rompu des failles chevauchantes situées en mer et ont induit d'importants tsunamis. Ainsi, le tsunami provoqué par le séisme d'Hokkaido, en 1993, de magnitude 7,7, a affecté tout le pourtour de la Mer du Japon jusqu'aux côtes russes et coréennes. Il a atteint la hauteur exceptionnelle de 30m sur la petite île d'Okushiri, située à proximité de l'épicentre. Le tremblement de terre du 1er Janvier 2024 (étoile jaune sur la carte) fait suite à cette série de séismes du vingtième siècle sur la marge nord-est de la Mer du Japon. Il a rompu une faille située en mer le long de la péninsule de Noto (faille figurée en violet sur la carte), dans la prolongation de la zone de faille qui borde la côte nord-ouest d'Honshu et marque la limite de la micro-plaque Okhotsk.

Caractéristiques sismo-tectoniques du séisme du 1er Janvier 2024

La rupture sismique du 1er Janvier 2024 a été rapidement bien cernée grâce aux nombreuses données sismologiques combinées aux observations de terrain. L'épicentre du séisme est situé près de la pointe nord-est de la péninsule de Noto. Son foyer, ou hypocentre, qui correspond à l'endroit de la faille où s'est initié le séisme, est localisé à 10-15 km de kilomètres de profondeur. La zone couverte par les répliques s'étend sur environ 150 km parallèlement à la côte nord-ouest

de la péninsule. Deux répliques ont dépassé la magnitude Mw 6, l'une le 1er Janvier, 8h après le choc principal, l'autre le 9 Janvier.

Deux types de données de géodésie spatiale permettent de caractériser les déplacements en surface provoqués par le séisme: d'une part les mesures aux stations du réseau GPS permanent japonais, d'autre part les résultats d'interférométrie radar utilisant les images des satellites européens Sentinel et japonais Alos. Ces données montrent que toute la côte nord-ouest de la péninsule de Noto s'est à la fois soulevée et déplacée de plusieurs mètres vers l'ouest. Le soulèvement atteint 5m sur une zone proche de la ville côtière de Wajima dans l'ouest de la péninsule. De ce fait, de nombreux ports de pêche sont maintenant hors d'eau et la ligne de côte a reculé de 200m par endroit exposant de large portions de la plateforme côtière. En modélisant ces résultats de soulèvement et de déplacement, les sismologues ont montré que la faille responsable du séisme plonge vers le sud-est sous la péninsule de Noto et émerge en surface en mer le long de sa côte nord-ouest. Les segments de faille rompus s'étendent sur environ 100km parallèlement à cette côte. Le glissement cosismique sur cette faille a atteint une dizaine de mètres, ce qui a provoqué le soulèvement des zones de la péninsule situées juste au dessus.

Les observations de terrain tout au long de la côte nord-ouest de la péninsule ont permis d'estimer la hauteur du tsunami déclenché par la rupture sismique entre 4 et 5m. A plus grande distance, toutes les stations marégraphiques situées sur le pourtour de la mer du Japon l'ont aussi détecté. Un point important à souligner est que ce tsunami a impacté la côte de la péninsule après que celle-ci se soit soulevée de plusieurs mètres: en effet le soulèvement cosismique se produit de façon quasi instantanée lors d'un séisme alors que le tsunami met plusieurs minutes à dizaines de minutes pour atteindre la côte proche. Sans le soulèvement côtier, le tsunami aurait probablement atteint la dizaine de mètres et aurait certainement été plus destructeur.

Une forte activité sismique depuis des années sous la péninsule de Noto

Antérieurement à la survenue du séisme du 1er Janvier 2024, la péninsule de Noto était déjà une zone très active sismiquement: depuis 2007, plusieurs essaims de séismes y sont observés³. Ces essaims ont été reliés à la présence de fluides d'origine mantellique. En 2007, un fort séisme de magnitude Mw 6,6, survenu dans la partie sud-ouest de la péninsule, avait été accompagné par de très nombreux micro-séismes et, déjà, un soulèvement côtier d'un demi mètre dans la région proche de son épicentre. Depuis une dizaine d'années, un autre essaim sismique, très intense (plus de 20000 évènements de magnitude supérieure à 1), a débuté sous l'extrémité nord-est de la péninsule, c'est à dire dans la région où surviendra le séisme de 2024. La zone comprenant la majorité des séismes de l'essaim est localisée entre 15 et 20 km de profondeur. Cet essaim sismique s'est fortement intensifié depuis 2020. Un séisme de magnitude Mw 5,4 s'y est produit en Juin 2022, suivi d'un évènement plus puissant (Mw 6,2) en Mai 2023. Cette intense activité sismique a été reliée à la remontée de fluides d'origine profonde, de nature encore mal déterminée. Ces fluides migreraient le long de failles préexistantes et les fragiliseraient, déclenchant ainsi les micro-séismes de l'essaim ainsi que les ruptures sismiques de plus forte magnitude⁴.

³ On parle d'essaim lorsque de nombreux micro-séismes se produisent dans une zone délimitée et pour une certaine durée

⁴ A. Kato, Implications of Fault-Valve Behavior From Immediate Aftershocks Following the 2023 Mj6.5 Earthquake Beneath the Noto Peninsula, Central Japan, *Geophysical Research Letters*, 2023, doi.org/10.1029/2023GL106444

La rupture du séisme du 1er Janvier 2024, bien plus puissant, s'est elle même déclenchée dans la zone de l'essai sismique précédent⁵. Les données sismologiques montrent que cette rupture a commencé lentement pendant une vingtaine de secondes avant de se propager plus rapidement vers le nord et le sud sur une centaine de kilomètres. Les sismologues considèrent que c'est le signe d'une initiation du séisme sur une portion de faille fragilisée par les séismes précédents et la percolation des fluides le long de la zone de faille⁶.

Les essais sismiques sous la péninsule de Noto, suivis d'un séisme majeur en Janvier 2024, représentent un cas d'école d'interaction entre fluides et failles sismiques. Leur étude permettra de mieux comprendre et prévenir les risques dans un tel contexte sismotectonique.

Ce document, généré le 17 Octobre 2024, correspond à une version préliminaire (preprint) d'un article sous presse dans "La Science au Présent" par l'Encyclopedia Universalis.

⁵ R. Okuwaki et al., A Multiplex Rupture Sequence Under Complex Fault Network Due To Preceding Earthquake Swarms During the 2024 Mw 7.5 Noto Peninsula, Japan, Earthquake, *Geophysical Research Letters*, 2024, doi.org/10.1029/2024GL109224

⁶ M. A. ZHANGFENG et al., Slow rupture in a fluid-rich fault zone initiated the 2024 M_w 7.5 Noto earthquake, *Science*, 2024, doi/10.1126/science.ado5143