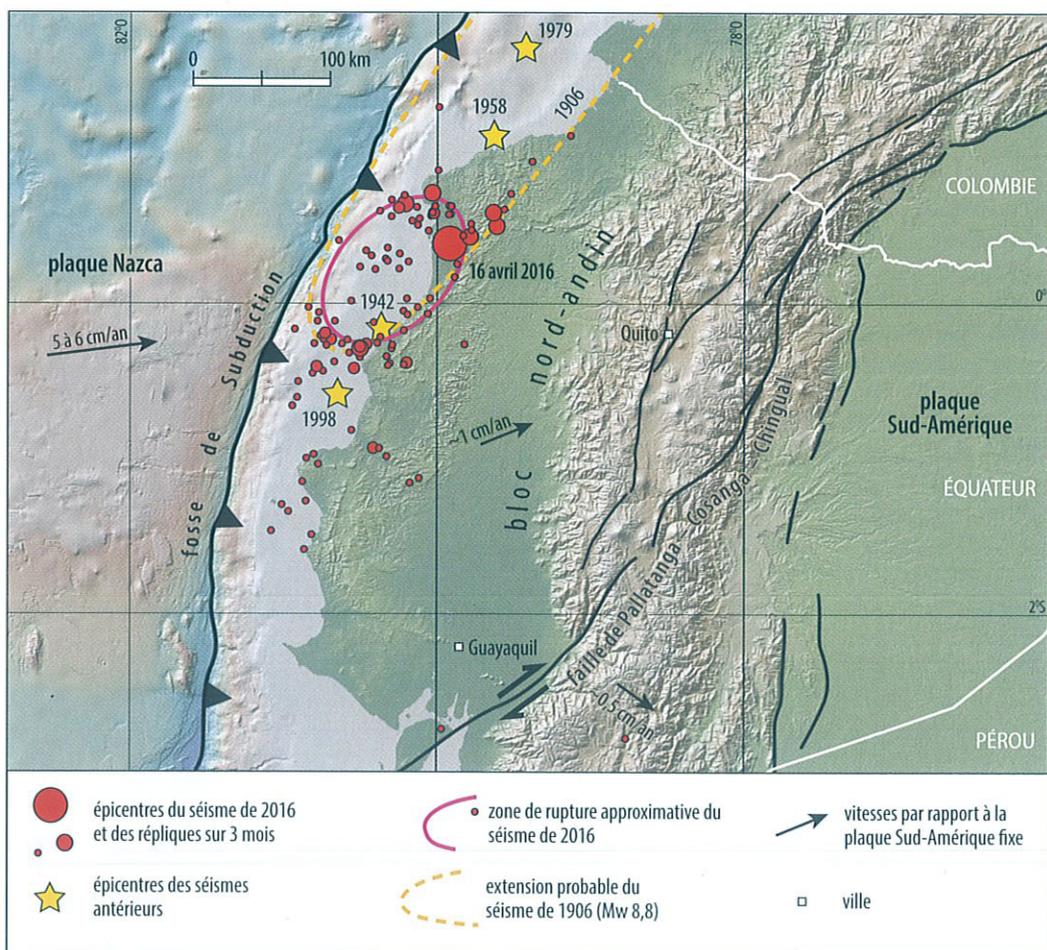


LE SÉISME DU 16 AVRIL 2016 EN ÉQUATEUR

Le tremblement de terre du 16 avril 2016, dont la magnitude de moment (M_w) – représentation de l'énergie mise en jeu par le séisme, où celle-ci est multipliée par 30 à chaque incrément, et seule mesure fiable de l'intensité des grands séismes – fut de 7,8, est survenu en Équateur à 18h 58 (heure locale, soit 23h 58 UTC), faisant au moins 660 morts, plus de 25 000 blessés, et de très nombreux dégâts matériels. L'épicentre était proche de la côte pacifique, juste au sud du promontoire d'Atacames à proximité des localités de Muisne et de Pedernales, et à environ 170 kilomètres à l'ouest de la capitale du pays, Quito. L'hypocentre (ou foyer) du

1. Contexte sismo-tectonique du séisme en Équateur du 16 avril 2016. Lors du séisme du 16 avril 2016, l'interface de subduction a rompu sur environ 100 km de long, entre les ruptures de 1942 et 1958, reprenant partiellement la zone du grand séisme de 1906. La convergence des plaques Nazca et Sud-Amérique est absorbée majoritairement par la subduction, mais aussi par le déplacement du bloc nord-andin vers le nord-est.



séisme était situé entre 20 et 30 kilomètres de profondeur. Sa localisation et le mécanisme au foyer, déterminés par plusieurs agences, indiquent qu'il s'agit d'un séisme de subduction lié à la convergence entre les plaques de Nazca – correspondant à la partie sud-est du Pacifique – et Amérique du Sud. Dans les trois mois qui ont suivi le choc principal, on a enregistré plus de 120 répliques de magnitude supérieure à 4, dont deux de magnitude 6,7 à 6,9 le 18 mai, localisées à proximité du séisme principal du 16 avril.

Une région mise sous tension depuis 1906

Le contexte tectonique de la marge ouest de l'Amérique du Sud est dominé par la convergence rapide – 5 à 7 centimètres par an environ – entre la plaque océanique de Nazca et la plaque continentale sud-américaine. L'essentiel de cette convergence se localise à la limite entre les deux plaques sur l'interface de subduction, méga-chevauchement qui marque l'enfoncement progressif de la plaque Nazca sous le continent et qui émerge au niveau de la fosse de subduction. Reste une petite proportion de la convergence qui est absorbée par déformation de la plaque continentale elle-même, construisant par exemple les reliefs de la chaîne des Andes. Ainsi, à la latitude de l'Équateur, c'est plus de 80 p. 100

du mouvement de la plaque de Nazca qui se localise sur le méga-chevauchement de subduction et se traduit régulièrement par de grands tremblements de terre, tel celui du 16 avril 2016 (fig. 1). Ce dernier séisme a rompu un segment d'environ 100 kilomètres de long de l'interface entre les plaques. Il a généré localement un faible tsunami (quelques dizaines de centimètres sur la côte de l'Équateur). L'épicentre de ce séisme équatorien correspond à une région de « lacune sismique » identifiée entre les zones de rupture des séismes historiques de 1942 (Mw 7,8) et de 1958 (Mw 7,7), assimilées aux zones de plus fortes destructions. Dans cette zone épiscopentrale, le dernier grand glissement date du séisme géant de 1906, de magnitude 8,8. Cette zone accusait donc un fort déficit de glissement, accumulé par chargement élastique pendant un siècle, qui a pu être relâché lors du séisme du 16 avril. Ce mécanisme de chargement et de rebond élastique est bien documenté par les géophysiciens.

Les processus sismo-tectoniques en action

Si, à grande échelle et sur le long terme, les plaques se rapprochent de façon inexorable et progressive, le mouvement sur le méga-chevauchement de subduction lui-même est discontinu. En effet, la majorité des grandes failles sur la Terre ne glissent pas de façon régulière, mais lors d'événements sismiques brutaux. Entre ces épisodes sismiques, les failles sont bloquées et c'est le volume de roches de part et d'autre qui accumule les déplacements imposés par la tectonique des plaques en se déformant de façon élastique. On



2. Subduction sud-américaine et séismes. Dans la subduction sud-américaine, le plongement de la plaque Nazca sous le continent américain provoque régulièrement des séismes géants : sont ici représentés ceux de magnitude supérieure à 8 depuis 1900. L'étoile rouge localise l'épicentre du séisme du 16 avril 2016.

peut comparer ce phénomène à des blocs de caoutchouc, sorte de « ressorts » à l'échelle de la partie superficielle de la croûte terrestre (jusqu'à 30-40 km sous nos pieds dans le cas des failles de subduction), qui se déforment progressivement pendant des dizaines ou des centaines d'années. Un séisme se déclenche lorsque les forces accumulées dépassent le « seuil de rupture » sur la faille, ce qui libère par un glissement quasi instantané tout ou partie de l'énergie accumulée lentement par les « ressorts ». Depuis quelques décennies, ces phénomènes caractérisant le « cycle sismique » se mesurent avec précision grâce aux techniques de géodésie spatiale telles qu'un réseau dense de stations GPS.

Plusieurs études ont ainsi démontré que, dans l'ensemble, la déformation élastique s'accumule efficacement au-dessus de la subduction Nazca-Amérique du Sud avec ou pas de glissement aisé : on parle d'un fort couplage intersismique sur l'interface de subduction. C'est le cas du méga-chevauchement au large du Chili et du Sud péruvien, qui a été ponctué par toute une série de grands séismes au cours du xx^e siècle et des précédents – dont le plus puissant connu, en 1960 au sud du Chili, de magnitude 9,5. Le schéma devient un peu plus compliqué vers le nord. Au nord-ouest du Pérou et au sud-ouest de l'Équateur, on détecte un faible couplage qui conduit à considérer que le risque de grande

rupture sismique dans un futur proche y est peut-être moins préoccupant. La zone qui a rompu en 2016 au large du centre de l'Équateur est intermédiaire. On y trouve plusieurs zones très couplées entourées de zones relativement moins couplées. On retrouve enfin une grande zone fortement couplée au nord de l'Équateur et au sud de la Colombie.



BIBLIOGRAPHIE

- M. Chlieh, P. A. Mothes, J.-M. Nocquet et al., « Distribution of discrete seismic asperities and aseismic slip along the Ecuadorian megathrust », in *Earth and Planetary Science Letters*, vol. 400, pp. 292-301, 2014 (doi :10.1016/j.epsl.2014.05.027) / J.-M. Nocquet, J. C. Villegas-Lanza, M. Chlieh et al., « Motion of continental slivers and creeping subduction in the northern Andes », in *Nature Geoscience*, vol. 7, pp. 287-291, 2014 (doi :10.1038/ngeo2099) / H. Yepes, L. Audin, A. Alvarado, C. Beauval, J. Aguilar, Y. Font & F. Cotton, « A new view for the geodynamics of Ecuador: Implication in seismogenic source definition and seismic hazard assessment », in *Tectonics*, vol. 35, n° 5, pp. 1249-1279, 2016 (doi :10.1002/2015TC003941).



SITE INTERNET

- CNRS-INSU, « Équateur, séisme du 16 avril 2016 (Mw 7,8) », <http://www.insu.cnrs.fr/node/5775>

Géographie des séismes en Équateur

Le séisme géant de 1906 (magnitude estimée à 8,8) avait généré en une seule fois une rupture s'étendant sur 500 kilomètres, du sud de la Colombie au centre de l'Équateur, et provoqué un tsunami dévastateur. Si l'on considère un chargement élastique à la vitesse de la convergence relative interplaques (5 à 6 cm par an), cette zone accusait ainsi un retard de l'ordre de 5 mètres en 2016, en attente d'être relâchée lors d'un ou plusieurs séismes. Certaines parties de cette même zone avaient de nouveau rompu en une séquence de trois séismes distincts en 1942 (Mw 7,8), 1958 (Mw 7,7), 1979 (Mw 8,1). Le séisme du 16 avril 2016 (fig. 2) se situe dans la lacune sismique localisée entre les aspérités rompues en 1942 et 1958. La durée de 35 secondes de la source sismique ainsi que l'extension de la zone concernée par les répliques – qui se distribuent sur une centaine de kilomètres au sud-ouest de l'épicentre du choc principal – indiquent aussi que ce séisme a réactivé une partie de la zone de rupture de celui de 1942, partiellement rechargée (environ 3 m), et (ou) les aspérités voisines.

Comme pour tout grand séisme, la rupture d'avril 2016 a modifié les contraintes et le chargement élastique sur les segments adjacents du méga-chevauchement, ce qui pourrait les conduire à rompre précocement dans les années à venir. Vers le nord et à grande échelle se pose la question de la répétition du grand séisme de 1906 de magnitude 8,8. Les études récentes suggèrent un temps de retour de l'ordre de cinq cents ans, impliquant donc un risque faible de rupture de même ampleur dans un futur proche. Mais cela n'exclut pas des ruptures partielles du type de celles de 1958, 1979 et 2016, avec des magnitudes comprises entre 7 et 8.

Robin LACASSIN