

La préparation d'un grand séisme

ARMANDO CISTERNAS • LOUIS DORBATH • BERTRAND DELOUIS • HERVÉ PHILIP

Un tremblement de terre a dévasté la côte Nord du Chili il y a 120 ans. L'accumulation des contraintes tectoniques dans la région déclenchera bientôt une catastrophe semblable.

Le 13 août 1868, un séisme destructeur, d'une magnitude estimée à neuf sur l'échelle de Richter, frappe la côte Sud du Pérou. La rupture de la croûte terrestre sur une longueur de 400 kilomètres engendre un raz de marée. Federico Greve, ancien directeur du service sismologique au Chili, écrit en 1940 : «Le raz de marée a balayé sept fois le port d'Arica, atteignant une hauteur de 13 mètres au-dessus du niveau normal. Le port et la ville ont été réduits en ruines. [...] Le tsunami est arrivé, au Nord, jusqu'en Californie et, à l'Ouest, en Nouvelle-Zélande et en Australie après avoir traversé l'océan Pacifique. La région la plus touchée va de la ville d'Ica au Pérou jusqu'à Tarapaca au Chili, [...] les villes les plus détruites étant Arequipa, Moquegua, Arica, Tacna et Mollendo».

Selon un autre récit, «le tremblement de terre a duré cinq minutes, et la plupart des bâtiments sont tombés, la terre s'est ouverte et de l'eau a surgi. [...] Tout a été rasé, et deux bateaux de guerre, le *Wateree*, des États-Unis, et l'*America*, du Pérou, se sont échoués à plus de deux milles (près de quatre kilomètres) de la plage. La vague a arraché de lourdes pièces d'artillerie du fort, une locomotive et des wagons avec leur cargaison. Les maisons en argile ont été détruites, celles en bois ont été déplacées. [...] Le jour suivant, on a découvert le corps d'une femme en haut d'un palmier de l'Hôtel de France, ce qui indique la hauteur atteinte par l'eau.» Le Français Montessus de Ballore, pionnier de la sismologie et premier directeur du service sismologique au Chili rapporte que «Le tsunami a tellement secoué la ban-

quise Antarctique qu'il s'en est détaché, tout à fait hors saison, de nombreux icebergs, plus tard rencontrés dans les mers australes loin de leur lieu d'origine.»

Neuf ans plus tard, le 9 mai 1877, un autre séisme rompt une autre faille de 400 kilomètres qui prolonge celle du Pérou le long des côtes au Nord du Chili, entre les villes d'Antofagasta et d'Arica. Un tsunami similaire détruit ce qui restait du port d'Arica et ramène la coque du *Wateree* vers la côte. Seule la chaudière de ce navire est longtemps restée sur la plage, témoignage des deux catastrophes. C'est le premier séisme observé à grande distance avec des instruments de mesure : Montessus de Ballore rapporte que, le 10 mai, Magnus Nyren, géophysicien à l'observatoire astronomique de Pulkowa, à Saint-Petersbourg, vit un niveau osciller avec une période de 20 secondes environ ; le tremblement de terre chilien fut reconnu comme la cause de ces oscillations.

Depuis ces deux séismes voisins et de magnitude similaire, la terre tremble fréquemment dans la région, mais beaucoup moins violemment. Dans cette région, les tremblements de terre résultent des à-coups dans l'avancée d'une plaque tectonique sous une autre : des séismes semblables se répètent plus ou moins régulièrement aux mêmes endroits.

Le même phénomène d'enfoncement d'une plaque tectonique sous une autre, la subduction, est la cause de séismes dans de nombreuses régions du Globe, parmi lesquelles des régions très peuplées telles que la côte Ouest de l'Amérique du Sud, le Japon ou l'Indo-

nésie. Pour prévoir l'arrivée de ces séismes et leur magnitude, afin d'édicter des normes de construction parasismiques adaptées et de conseiller les populations, préservant ainsi des milliers de vies humaines, les tectoniciens s'attachent à décrire en détail les mécanismes de la subduction. Paradoxalement, les tremblements de terre sont des moments privilégiés d'observation : c'est alors que les plaques avancent d'un coup l'une par rapport à l'autre.

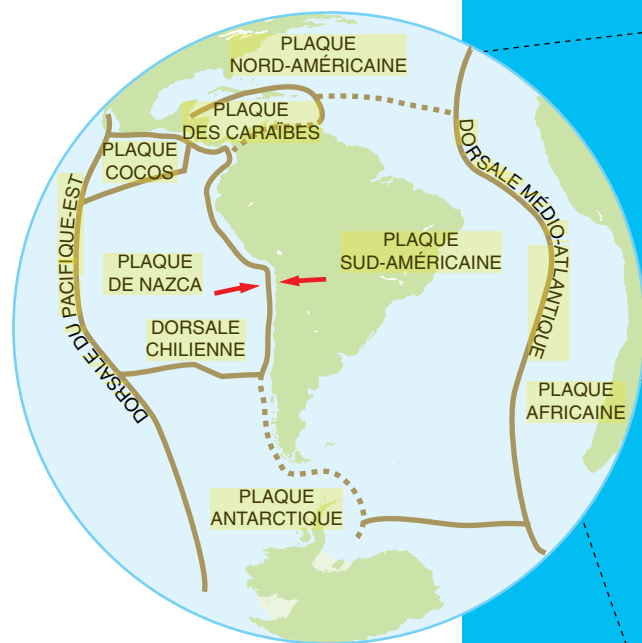
La Terre ébranlée

La côte Ouest de l'Amérique du Sud est particulièrement intéressante : les paramètres caractéristiques de la subduction y ont des valeurs extrêmes ; la vitesse de convergence des deux plaques tectoniques est l'une des plus élevées au monde, dix centimètres par an en moyenne, et le frottement entre les deux plaques est aussi l'un des plus forts. Les séismes qui s'y produisent sont parmi les plus violents que nous connaissions. Ainsi, au Sud du Chili, en 1960, un séisme de magnitude 9,6 a accompagné la rupture de la croûte terrestre sur une longueur de 1 000 kilomètres (la distance de Lille à Marseille) : le tsunami engendré par le mouvement du fond marin a ravagé les zones côtières sur tout le pourtour du Pacifique ; pour la première fois on a observé les oscillations propres de la Terre dans son ensemble ; l'orientation de l'axe de rotation de la Terre a même été légèrement modifiée. Un tel séisme se répète tous les 128 ans en moyenne.

La situation extrême inverse se produit au niveau de l'archipel des

L'étude de la carte des séismes qui se sont produits depuis le siècle dernier sur cette côte (*voir la figure 1*) indique que le prochain grand séisme dans la région sera une répétition de celui de 1868 au Pérou ou de celui de 1877 au Chili. Ce sont les plus anciennes «lacunes sismiques» (zones de calme relatif) de toute la côte ; en outre, les deux plaques se sont rapprochées de 13 mètres depuis le séisme de 1868 (12 mètres depuis le séisme de 1877) et les glissements correspondants, sur la même largeur qu'au siècle dernier, produirait un séisme de magnitude neuf. Les conditions sont donc mûres pour le déclenchement de l'un des plus grands séismes du siècle.

Pour connaître la place de ces séismes géants dans l'histoire sismique de la région et, un jour, en observer un «en direct», nous étudions, depuis 1988, la sismicité dans la région touchée par le séisme de 1877. Nous avons enregistré la sismicité ambiante à son extrémité Sud, autour de la ville d'Antofagasta, d'abord avec un réseau temporaire de mesure, ensuite, depuis



1. LA CÔTE OUEST DE L'AMÉRIQUE DU SUD est l'une des régions du monde où se produisent les plus grands séismes (*on a porté en rouge, sous chaque année, la magnitude*). D'ici une dizaine d'années, on assistera à la répétition du tremblement de terre de 1868 au Sud du Pérou ou de celui de 1877 au Nord du Chili (*zones en rouge sur la carte*). Les séismes plus petits qui ont eu lieu en 1995 au Chili et en 1996 au Pérou (*zones oranges*) autour de ces zones indiquent que

l'écorce terrestre est tout près d'y rompre. Cette activité sismique résulte du mouvement convergent de deux plaques tectoniques (*en bas, à gauche, les limites des plaques sont schématisées en marron*) : la plaque océanique de Nazca, qui prend naissance sur la dorsale du Pacifique Est, plonge sous la plaque Sud-américaine, qui se forme sur la dorsale médio-atlantique. Un fort frottement entre les deux plaques bloque le mouvement, qui ne se produit que par à-coups.