

Progressivement les idées changent. Il y a dix ans, Thomas Heaton et Garry Rogers, des services géologiques américain et canadien, prévenaient que des séismes catastrophiques pourraient frapper cette bande côtière, en apparence tranquille. On doutait naguère de leurs avertissements, mais la plupart des sceptiques ont dû admettre que de tels séismes s'étaient produits par le passé et se reproduiraient.

Dans les années 1930, Beno Gutenberg et Charles Richter ont montré que, dans les zones actives, la fréquence des tremblements de terre diminue lorsque leur taille augmente. Cette tendance s'applique même aux séismes les plus importants, qui correspondent à la rupture de la totalité du plan de faille. À l'aide de cette loi, les sismologues déterminent la fréquence des séismes dévas-

tateurs pour une région donnée, même en l'absence de tels événements connus. Les ingénieurs conçoivent ensuite les constructions et les ouvrages d'art en connaissance de cause.

Cette stratégie échoue dans quelques zones, où de grands séismes peuvent survenir sans avoir été annoncés par l'existence de petits ; comment y définir alors le risque d'occurrence des grands tremblements de terre ? C'est le cas pour la région des Cascades, où l'une des plaques tectoniques de l'océan Pacifique s'enfonce par subduction sous la côte Ouest de l'Amérique du Nord. Alors que l'activité sismique est intense à l'intérieur des terres, aucun tremblement de terre, aussi faible soit-il, n'a été détecté le long de la faille qui sépare la plaque Juan de Fuca et le continent Nord-américain.

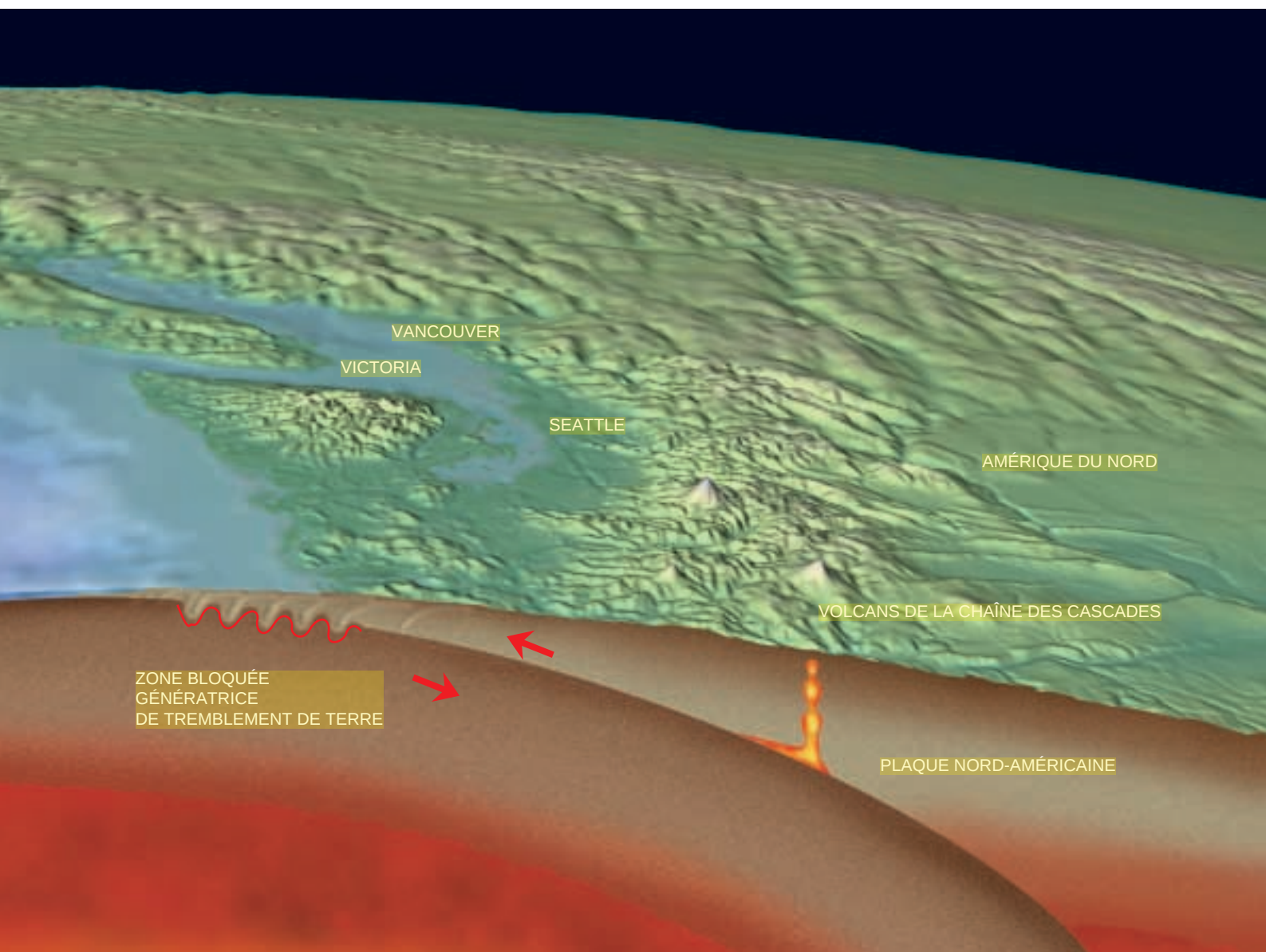
Cette absence de tremblement de terre est surprenante. Au cours de leur histoire, la plupart des zones de subduction ont été le sites de séismes géants, c'est-à-dire dont la magnitude est supérieure à huit sur l'échelle de Richter. Les foyers de ces tremblements de terre sont principalement rassemblés dans la « ceinture de feu », sur le pourtour de l'océan Pacifique, où l'on trouve de nombreux volcans en activité dans les régions de subduction de plusieurs plaques.

Une catastrophe oubliée

Les géophysiciens ont proposé plusieurs explications à l'absence de grands séismes dans cette zone de subduction. Tout d'abord, bien que la région des Cascades présente la plupart des caractéristiques d'une zone

1. LA PLAQUE TECTONIQUE qui se crée à l'Est de la dorsale Juan de Fuca se déplace vers l'Amérique (les flèches indiquent le mouvement) avant de plonger sous la côte Ouest du continent. Une partie de la

faille qui sépare les deux plaques est bloquée, ce qui provoque le bombement élastique du continent. La brusque libération de cette énergie accumulée se traduirait par un gigantesque séisme.



de subduction, certains ont supposé que le mouvement vers le Nord de la plaque Juan de Fuca s'était arrêté récemment (à l'échelle des temps géologiques). Il y a 20 ans, quand cette hypothèse est apparue, j'ai soutenu, avec Robin Riddihough, que la convergence de ces plaques et l'augmentation des contraintes sous-jacentes se poursuivaient. Depuis, de nombreux géophysiciens ont confirmé que la plaque Juan de Fuca ne s'était pas arrêtée brusquement. Des traces d'un mouvement continu existent dans les sédiments marins de la base du talus continental : alors que ces sables et ces boues se déposent en couches horizontales au fond de la mer, les couches les plus récentes sont très déformées. Le continent Nord-américain, comme une gigantesque lame de rabot, a décollé ces couches du plancher océanique, les a froissées, puis a rejeté en surface ces preuves d'une subduction continue.

L'éruption du volcan du mont Saint Helens, en 1980, dans le Sud-Ouest de

l'État de Washington, est l'une des manifestations les plus spectaculaires de cette subduction. Certains géophysiciens pensaient que les volcans de la chaîne des Cascades étaient éteints, mais cette éruption est venue leur rappeler que la région appartient toujours à la ceinture de feu du Pacifique.

Comment la plaque Juan de Fuca peut-elle s'enfoncer sans provoquer de séismes ? Certains ont proposé que la subduction soit régulière plutôt qu'une alternance de glissements et de blocages. D'autres ont imaginé un verrouillage des plaques par un frottement important : dans ce cas, il n'y aurait aucun mouvement pour engendrer le moindre séisme. Si la faille coulisait librement, la probabilité d'un séisme majeur est faible ; en revanche, si elle est bloquée les déformations résultant de la convergence des plaques provoquent une accumulation de contraintes sur les roches qui entourent la faille. Les conditions d'un tremblement de terre géant sont alors réunies.

L'absence de grands séismes au cours de l'histoire plaiderait en faveur d'un glissement régulier de la faille. Malheureusement, cette histoire est courte : nous possédons des données sur la tectonique de cette région depuis moins de deux siècles. En revanche, au Japon, des archives qui remontent au VII^e siècle de notre ère décrivent de nombreux séismes de zone de subduction, ainsi que les raz de marée associés, ou tsunamis.

Le dernier tremblement de terre

Pour étudier les époques antérieures à l'arrivée en Amérique de Juan Perez et de James Cook, les géophysiciens ont essayé de retrouver les traces géologiques des tremblements de terre. Des indices existent dans des baies abritées où des marais salants se forment entre la marée haute et la marée basse. Brian Atwater, du Service géologique américain, a d'abord décou-



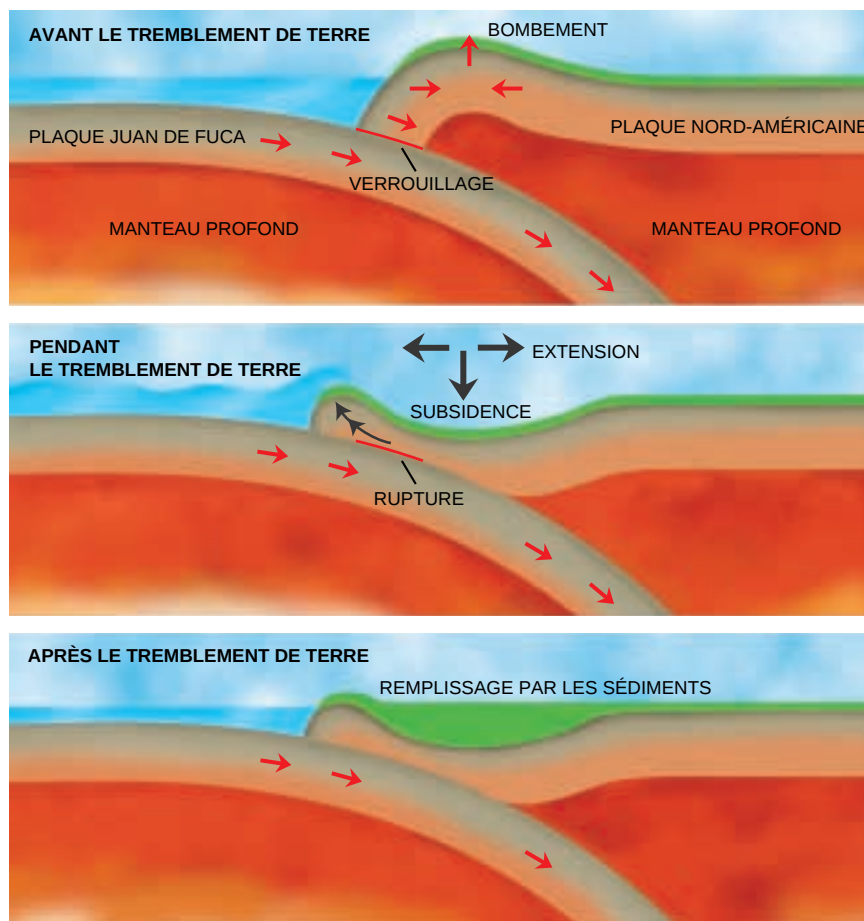
2. L'ALASKA a été complètement dévasté par un tremblement de terre géant en 1964. La plus grande partie d'Anchorage (en haut à droite) ainsi que la côte de la péninsule de Seward (ci-dessus) ont été ravagées par le mouvement du sol. Sur la côte Sud de l'Alaska, de nombreux arbres morts (en bas à droite) sont des séquelles encore visibles de la catastrophe. Lorsque le sol s'est enfoncé l'eau salée a noyé leur racines.



vert que plusieurs couches espacées de un mètre environ contiennent des tourbes constituées des restes d'une végétation identique à celle qui vit aujourd'hui dans la zone intertidale. Il en a déduit que chaque couche de tourbe était un ancien marais, enfoui lors de l'affaissement du sol après la brusque relaxation des contraintes, lors d'un séisme important. Cette déduction est corroborée par la présence de sable au-dessus de la plupart des dépôts de tourbe : ce sable a sans doute été apporté par les gigantesques raz de marée qui ont balayé la côte affaissée. Les modèles théoriques de tsunamis, ainsi que les observations géologiques des modifications du littoral, indiquent que ces vagues atteignaient dix mètres de hauteur, voire plus dans certaines baies abritées.

Après le passage du raz de marée, la boue a progressivement envahi la zone affaissée, et la végétation est réapparu. Ainsi, l'alternance des couches de tourbe, de sable et de boues indique que la terre a violemment tremblé dans cette région par le passé. Quand ces séismes ont-ils eu lieu ? L'âge des couches de tourbe aurait été difficile à déterminer si des sapins, noyés par la mer après la subsidence brutale de la côte, n'y avaient été retrouvés. La dendrochronologie (l'examen des anneaux de croissance) et les datations au carbone 14 de ces arbres ont montré qu'ils avaient péri lors du dernier grand tremblement de terre qui a frappé la région, il y a 300 ans. Auparavant, des catastrophes similaires se sont produites à des intervalles irréguliers d'environ 500 ans.

L'étude de sédiments déposés loin de la côte, sur le fond des océans, confirme ces résultats. Des océanographes de l'Université de l'Oregon, qui ont prélevé des carottes de sédiments au large de l'Oregon, ont observé des alternances de boues fines et de couches sablonneuses. Les couches de boues sont caractéristiques de la sédimentation au fond de la mer : elles résultent d'une pluie lente et continue de sédiments qui proviennent de l'océan. En revanche, les sédiments sablonneux sont inattendus loin des côtes. Ils s'expliquent par de gigantesques glissements de terrain sous-marins provoqués par les grands séismes : les sédiments côtiers auraient glissé le long du talus continental jusqu'aux fonds océaniques.



3. LA PLAQUE OCÉANIQUE pousse le bord de la plaque Nord-américaine vers le bas en la bombant (en haut). Après un tremblement de terre, le coulisement de la faille relâche les contraintes, et le continent s'aplanit (au milieu). Les sédiments remplissent alors la subsidence côtière.

Ces événements sont difficiles à dater à partir des sédiments, mais un dépôt trouvé à la base de certaines carottes donne de précieuses indications. Cette couche contient des cendres volcaniques émises lors d'une éruption du mont Mazama (le «Crater Lake» actuel). Cette éruption, similaire à la récente explosion du mont Saint Helens, s'est produite voici 7 700 ans. En supposant constante la vitesse de sédimentation de la boue sur les fonds océaniques, on retrouve la chronologie révélée par la tourbe : le séisme le plus récent date de 300 ans, et les 12 glissements de terrain sous-marins précédents ont été séparés de 300 à 900 ans.

La date du dernier séisme a même été déterminée avec précision. Bien qu'ils s'atténuent en se propageant, les raz de marée résultant des principaux séismes des Cascades devaient être assez puissants pour être ressentis jusqu'au Japon, après avoir traversé l'océan Pacifique. Kenji Satake et ses collègues du Service géologique japonais ont trouvé, dans les archives de

leur pays, des mentions d'une vague de deux mètres de hauteur qui déferla sur la côte de Honshu voici 300 ans. Après avoir déterminé le temps de propagation de la vague vers le Japon, ils ont conclu que le tremblement de terre s'était produit, le long de la côte Nord-américaine, le 26 janvier 1700 vers 21 heures.

Ce résultat recoupe les témoignages oraux d'une catastrophe rapportés par les premiers habitants de Colombie britannique. Les archives provinciales, à Victoria, mentionnent que les Indiens faisaient état d'un tremblement de terre qui frappa la baie Pachena, sur la côte Ouest de l'île de Vancouver, une nuit d'hiver ; au matin, le village situé sur le promontoire de la baie avait disparu. Une histoire semblable se racontait dans la partie la plus septentrionale de la Californie. Ainsi, la tradition orale indienne, les écrits japonais et les dépôts sédimentaires attestent tous qu'un séisme catastrophique a frappé la côte de la région des Cascades.