

70 CLÉS POUR COMPRENDRE LES SÉISMES



Louis Géli
Hélène Géli

éditions
Quæ

70 clés pour comprendre les séismes

Louis Géli et Hélène Géli

éditions
Quæ

Cet ouvrage a fait l'objet d'une première publication, illustrée, en 2012, dans la collection Clés pour comprendre.

© Éditions Quæ, 2024

ISBN (papier) : 978-2-7592-3959-7

ISBN (PDF) : 978-2-7592-3960-3

ISBN (epub) : 978-2-7592-3961-0

Éditions Quæ

RD 10, 78026 Versailles Cedex

www.quae.com

www.quae-open.com

Le code de la propriété intellectuelle interdit la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Le non-respect de cette disposition met en danger l'édition, notamment scientifique, et est sanctionné pénalement. Toute reproduction même partielle du présent ouvrage est interdite sans autorisation du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC), 20 rue des Grands-Augustins, Paris 6^e.

Sommaire

Avant-propos	9
Chapitre 1. Que sont les séismes et tsunamis?	11
1. Qu'est-ce qu'un séisme?.....	12
2. Où se produisent les séismes?.....	12
3. Les séismes sont-ils tous à la frontière de plaques?.....	13
4. Les séismes sont-ils toujours suivis de répliques?	14
5. Tous les séismes se ressemblent-ils?.....	14
6. Quel a été le plus fort séisme de tous les temps?	16
7. La Terre est-elle la seule planète à trembler?.....	17
8. L'échelle de Richter, c'est quoi?.....	17
9. Qu'est-ce que la magnitude d'un séisme?.....	18
10. C'est quoi la différence entre magnitude et intensité?	19
11. Comment mesure-t-on les mouvements du sol?.....	19
12. Comment met-on le sol sur écoute?	21
13. Y a-t-il des valeurs minimales et maximales pour les séismes?	21
14. L'homme peut-il provoquer un tremblement de terre?	23
15. Y a-t-il des saisons pour les séismes?	23
16. Y a-t-il plus de séismes qu'avant?	24
17. Qu'est-ce qu'un tsunami?.....	25
18. Un volcan ou une météorite peuvent-ils engendrer un tsunami?..27	
19. Quelle différence entre tsunami et raz-de-marée?.....	28
20. Y a-t-il un rapport avec les vagues scélérates?.....	29
Chapitre 2. Évaluation et prédiction des risques	33
21. Qu'est-ce que la prédiction à moyen et long terme?.....	34
22. Peut-on prévoir à court terme?.....	34
23. Qu'est-ce que l'aléa sismique?.....	35
24. Qu'est-ce que la vulnérabilité sismique?.....	36
25. Comment évalue-t-on le risque sismique?	37
26. Les séismes en une région donnée sont-ils récurrents?.....	38

27. Comment savoir si une faille est active ou non?.....	39
28. Peut-il y avoir des failles cachées?.....	41
29. Un séisme de magnitude 9 pourrait-il se produire en France métropolitaine?.....	42
30. La France d'outre-mer est-elle exposée aux séismes?.....	43
31. Peut-on détecter un tsunami?.....	44
32. Les réseaux d'alerte au tsunami sont-ils efficaces?.....	44
33. Y a-t-il un réseau d'alerte des tsunamis en Méditerranée?.....	46
34. Les côtes françaises sont-elles à l'abri d'un tsunami?.....	47
35. Peut-il y avoir des tsunamis sur les côtes européennes?.....	48
36. Pourquoi y a-t-il tant de villes dans les zones à risques?.....	48
Chapitre 3. Prévention sismique, une planète à deux vitesses	51
37. Peut-on se protéger d'un tsunami?.....	52
38. Quelles mesures adopter contre un séisme?.....	52
39. Sait-on construire des bâtiments résistant aux secousses telluriques?.....	54
40. Un bâtiment parasismique est-il fait « sur mesure »?.....	54
41. L'alerte post-sismique, c'est quoi?.....	55
42. En cas de doute, pourquoi ne pas recourir systématiquement à l'évacuation?.....	56
43. L'évacuation est-elle une décision difficile?.....	57
44. La sismologie contribue-t-elle à optimiser l'organisation des secours?.....	58
45. Les programmes d'éducation des populations sont-ils efficaces?...60	
46. Y a-t-il moins de victimes dans les pays riches?.....	61
47. Que révèlent les tremblements de terre sur le niveau d'organisation des sociétés?.....	62
48. Pourquoi autant de victimes en Haïti, le 12 janvier 2010?.....	64
49. Qu'est-ce qui peut alourdir le bilan?.....	65
Chapitre 4. Les signes avant-coureurs sont-ils vraiment fiables?	67
50. Y a-t-il des signes avant-coureurs précédant un séisme?.....	68
51. Les « trémors » sismiques représentent-ils une piste d'avenir?.....	69
52. Que penser quand le sol se met à gonfler?.....	70

53. Les fontaines coulent-elles plus fort avant un tremblement de terre?	70
54. Les émissions de gaz comme le radon, une piste pétaradante?	71
55. Un satellite peut-il prévoir un séisme?	72
56. Fait-il plus chaud avant que la Terre tremble?	72
57. La piste des bulles est-elle prometteuse?	73
58. Les animaux sont-ils médiums?	75
59. Un crapaud peut-il détecter un séisme?	77
60. Avec toutes ces observations, pourquoi est-il si difficile de prévoir?	78
61. Pourquoi peut-on prévoir les éruptions volcaniques ou la météo et pas les séismes?	78
62. Arriver à prévoir, est-ce vraiment utile?	80

Chapitre 5. Tohoku et Fukushima, le drame japonais

du 11 mars 2011	83
63. L'École japonaise, victime du mythe de Tokai?	84
64. Pouvait-on prévoir le séisme de Tohoku?	86
65. Pourquoi le tsunami a-t-il fait autant de dégâts?	88
66. Les bâtiments ont-ils résisté au choc?	89
67. Les systèmes d'alerte ont-ils bien fonctionné?	90
68. Pourquoi la centrale de Fukushima n'était-elle pas mieux protégée contre les tsunamis?	91
69. Quels enseignements sismologiques après le séisme japonais du 11 mars 2011?	92
70. Quels enseignements pour la gestion des risques?	94

Pour en savoir plus	97
----------------------------------	----

Crédits iconographiques	99
--------------------------------------	----

Assurons-nous bien du fait avant que de nous inquiéter de la cause. Il est vrai que cette méthode est bien lente pour la plupart des gens qui courent naturellement à la cause, et passent par-dessus la vérité du fait. Mais enfin, nous éviterons le ridicule d'avoir trouvé la cause de ce qui n'est point.

Fontenelle

Avant-propos

Après chaque grand tremblement de terre, les mêmes questions reviennent, immanquablement. Pourquoi n'avait-on pas prévu une telle catastrophe? Pourquoi autant de dégâts? Et avec elles : que font nos scientifiques? À l'ère des progrès technologiques toujours plus performants et de l'exigence toujours plus grande du risque zéro, le public a du mal à comprendre pourquoi l'on n'arrive toujours pas à prédire des phénomènes aussi destructeurs que les tremblements de terre. Des phénomènes susceptibles de libérer en quelques instants une énergie équivalente à plusieurs milliers de fois la bombe d'Hiroshima! Et pourtant. Entre la recherche toujours en cours de signes avant-coureurs fiables et la prévision réussie, le chemin est encore long... Et le sujet complexe. Nous avons tenté de le rendre accessible à tous, à travers une lecture volontairement nomade, simple et attrayante, qui permettra à chacun de zoomer de façon sélective ou d'épuiser *in extenso* le contenu de l'ouvrage.

Après avoir exposé quelques notions élémentaires sur les séismes et tsunamis, le livre propose un état des lieux de la protection contre les risques sismiques et de la prédiction. Comme tout ce qui touche aux relations entre science et société, la prévision est un sujet extrêmement sensible, qui relève autant des sciences sociales que des sciences dites « dures ». Les aspects sociologiques et culturels, qui rendent si difficile la prévision, sont donc également évoqués.

Cette difficulté de prévision pose en effet de nombreuses questions auxquelles la communauté scientifique se doit de rendre compte.

Ces questions, ce sont en premier lieu celles du contribuable, qui s'inquiète à juste titre de savoir si les efforts des scientifiques, qui travaillent à ses frais, ne sont pas inutiles. Certes, si l'on n'arrive toujours pas à prédire la date, l'heure et le lieu des grands séismes, on sait en revanche comment déterminer les zones potentiellement menacées et on connaît les mesures à prendre pour limiter les dégâts provoqués par les tremblements de terre.

Ce sont aussi celles du citoyen, qui s'interroge sur la catastrophe d'Haïti ou de Fukushima. Que savaient vraiment les scientifiques? Pouvait-on prévoir un tsunami d'une telle ampleur? Un tel séisme peut-il se produire en France?

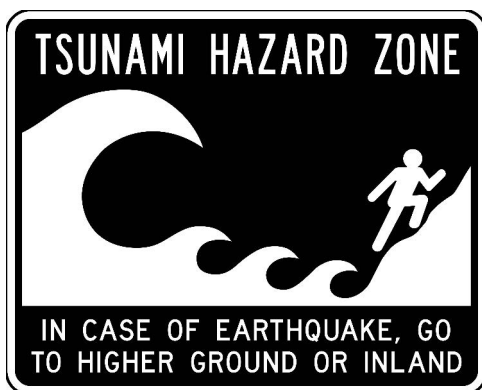
Ce sont enfin celles du scientifique lui-même, qui se demande, comme tout un chacun, pourquoi on n'y arrive pas malgré les espoirs et les moyens mis en œuvre alors qu'on y arrive bien avec la météo ou les éruptions

volcaniques. Les séismes seront-ils un jour prédictibles? Et avec quoi? Cette difficulté est-elle simplement due à l'état actuel de nos connaissances ou est-ce un domaine qui ne sera jamais prédictible? Et si c'est le cas, quels sont alors les obstacles? Les perspectives?

L'exercice de style requis par le parti-pris du question/réponse n'est pas facile. Il demande un véritable art de la vulgarisation qu'un grand nombre de scientifiques pointus ont du mal à intégrer. Vulgariser, c'est aller à l'essentiel, accepter de laisser de côté bon nombre de connaissances qui paraissent toujours indispensables au sujet. Je remercie donc tout particulièrement Hélène, qui, par sa plume de journaliste, m'a aidé et accompagné dans la composition de cette partition à quatre mains.

Chapitre 1

Que sont les séismes et tsunamis ?



*Zone dangereuse. Risque de tsunamis.
En cas de tremblement de terre, grimper sur les hauteurs ou regagner l'intérieur des terres.*

1. Qu'est-ce qu'un séisme ?

Notre planète est recouverte de plaques qui se frottent et s'encastrent les unes dans les autres comme un puzzle. Ces plaques, loin d'être immobiles, bougent et avancent sous l'effet des grands flux générés par la chaleur à l'intérieur de la terre. Cette chaleur crée des courants de convection à l'intérieur du manteau et entraînent du même coup les plaques situées au-dessus. Au sein de cette grande marmite, certaines plaques s'écartent. D'autres se rapprochent et entrent en collision. D'autres encore glissent l'une sur l'autre ou coulissent l'une à côté de l'autre. Quel que soit le cas de figure, c'est là, aux frontières de ces plaques, que se produisent la plupart des séismes.

Mises sous contrainte pendant des centaines, voire des milliers d'années, les roches finissent par atteindre un seuil de rupture mécanique au-delà duquel elles ne peuvent plus résister. Elles cassent alors en libérant brutalement toute l'énergie accumulée, à l'image d'un élastique tiré jusqu'à la rupture. La rupture peut atteindre la surface et créer des bouleversements physiques dans le paysage. Elle peut aussi restée confinée en profondeur et se produire sans que personne ne la ressente.

2. Où se produisent les séismes ?

Les séismes ne sont pas du tout répartis au hasard. Certaines zones du globe sont en effet plus actives que d'autres. La Sibérie, l'Afrique de l'Ouest, l'Australie et le Nord de l'Europe sont des régions considérées comme plutôt stables jusqu'à présent. D'autres vivent en alerte rouge permanente, comme les zones de collision Afrique-Eurasie et Inde-Eurasie, l'arc des Antilles, l'arc indonésien, le pourtour du Pacifique...

Si l'on regarde une carte, on s'aperçoit que ces zones sismiques dessinent sur la Terre des lignes relativement étroites correspondant exactement au découpage des plaques tectoniques. Ainsi, même si certains tremblements de terre dévastateurs peuvent se produire à l'intérieur des plaques, plus de 95 % des séismes se passent aux limites des plaques.

Au total, c'est près d'un million de séismes qui secoue la Terre chaque année ! Évidemment, la plupart sont de tout petits séismes parfaitement imperceptibles. Cent mille d'entre eux sont de magnitude 3 et 4, et un à deux seulement dépassent la magnitude 8. Quant aux séismes géants de magnitude 9, il n'y en a eu que deux depuis le début du XXI^e siècle et probablement plus de 600 depuis la fin de la dernière période glaciaire, il y a 10 000 ans.

Quel est le lien entre séisme et faille ?

Le lien entre séisme et faille n'a été vraiment formalisé que très tard, en 1906. Le 18 avril de cette année, la région de San Francisco aux États-Unis est dévastée par un tremblement de terre de magnitude estimée à 8 et la ville entièrement détruite. La commission d'investigation dirigée par H.F. Reid pour étudier les faits rapporte que le séisme a été provoqué par un glissement de 5 à 10 mètres selon les endroits, sur une portion longue de 400 kilomètres de la faille de San Andreas! Cette relation de cause à effet faille-séisme marque une avancée décisive des connaissances. Reste à comprendre un autre lien essentiel. Celui de ces failles avec la tectonique des plaques, tout un contexte général...

3. Les séismes sont-ils tous à la frontière de plaques ?

Non, pas forcément. Certains séismes se produisent à l'intérieur des plaques. Ce sont en général les plus difficiles à prédire sur le long terme et les plus dangereux en raison même de leur caractère singulier. Pour les scientifiques, de tels séismes restent des mystères. Comment se produisent-ils? Selon quels mécanismes? Un certain nombre d'hypothèses existent.

La première est liée à l'existence de failles cachées. L'histoire de la planète Terre est un éternel recommencement, les continents cassent, se disloquent, sont emportés par les tapis roulants formés par les plaques en mouvement, avant de se reformer. Or, il arrive parfois que ces continents se ressoldent à l'endroit même où ils ont cassé, comme une plaie qui se cicatrise. C'est là, dans ces anciennes zones de rupture (qui sont aussi des zones de fragilité) que se situent ces failles cachées. Reste que certaines sutures ne se réactiveront jamais. Et à l'inverse, certaines zones réactivées ne sont pas toutes d'anciennes sutures. Rien n'est jamais simple...

Les séismes intra-plaques, souvent mal compris, sont une véritable source d'angoisse pour les sismologues et les pouvoirs publics qui ne peuvent en aucun cas prévoir leur survenue. Outre les nombreux débats tournant autour de ce sujet, cette difficulté de prévision est aussi la porte ouverte aux prédictions les plus fantaisistes. En 1989, Iben Browning, un climatologue américain, sismologue autoproclamé, a créé un véritable vent de panique en annonçant l'imminence d'un prochain séisme à New Madrid pour décembre 1990. En vain. Pour autant, avec un regain d'activité sismique depuis septembre 2010 et plus de 500 tremblements de terre enregistrés dans le centre de l'Arkansas, la région de New Madrid est aujourd'hui plus que jamais sous haute surveillance.

4. Les séismes sont-ils toujours suivis de répliques ?

Oui, pour la plupart des gros séismes. Et elles terrorisent les populations. Après le choc principal, on assiste souvent à une série de secousses dont le nombre va progressivement diminuer. L'explication est mécanique. Après le premier séisme, la croûte terrestre se réorganise, les choses reprennent leur place et les contraintes libérées par la rupture sont transférées sur le segment voisin. Si ce segment casse à nouveau, la rupture génère une réplique et transfère à nouveau les contraintes sur un autre segment et ainsi de suite. Trois mois après le séisme turc qui a détruit la ville d'Izmit le 17 août 1999 et fait près de 20 000 victimes, un second séisme s'est produit dans la ville voisine de Duzce, ajoutant plusieurs milliers de victimes au bilan de la catastrophe.

Ces répliques générées par ce grand remue-ménage sont le cauchemar des sauveteurs car elles peuvent intervenir plusieurs jours, voire plusieurs mois, après le séisme avec une magnitude presque aussi forte et des effets aussi meurtriers. Déjà fragilisés par la secousse principale, certains bâtiments vont finir de s'effondrer alors même que les secours sont toujours à l'œuvre. La seconde réplique de 7.1 qui a frappé Tangshan le 28 juillet 1976, quelques heures après le premier choc du matin, a achevé d'alourdir le bilan, alors même que 80 % des personnes coincées sous les décombres étaient en train d'être évacuées.

C'est souvent grâce à ces répliques que l'on peut comprendre comment s'est produit le séisme initial. Étudiées, auscultées de près par les sismologues qui, bien souvent, se sont précipités sur les lieux pour installer leurs instruments, elles sont une source essentielle d'enseignement.

5. Tous les séismes se ressemblent-ils ?

Non, car ils diffèrent aussi bien par leur origine — naturelle ou artificielle — que par la profondeur à laquelle ils prennent naissance.

Les causes des séismes d'origine artificielle sont variées : affaissement brutal de cavités, infiltration de fluides dans le sous-sol profond. Les activités humaines comme les tirs de mines, l'exploitation pétrolière, les essais nucléaires souterrains ou la mise en eau des grands barrages peuvent, eux aussi, déclencher des séismes. Exceptés les tirs nucléaires souterrains, (dont les plus importants ont atteint la magnitude 6), les séismes artificiels sont généralement de magnitude faible ou modérée et dépassent rarement la magnitude 4. Une exception peut-être, le séisme de magnitude 6.2 qui