

L'Allemagne (y compris l'Autriche allemande), qui compte parmi les pays les plus pauvres en tremblements de terre, présente pendant cette période 94 tremblements en divers endroits.

De ces 1184 tremblements de terre quelques-uns ne comprirent qu'un seul choc ; beaucoup durèrent plusieurs semaines ou plusieurs mois et certains durèrent même plusieurs années. On a noté pour chaque jour particulier de cette période de 9 ans, un ou plusieurs ébranlements. Du 1^{er} au 6 mai 1870 la seule ville de Yokohama éprouva 123 chocs, et lorsque la ville de Batang, en Chine, fut détruite le 10 avril 1871, les secousses qui suivirent cette catastrophe durèrent presque sans interruption pendant 10 jours de façon que le sol était agité comme un vaisseau sur une mer houleuse. Pendant un de ces tremblements de terre qui dura plusieurs mois, en 1868, à l'île Hawaï, on compta, pendant le mois de mars seulement, 2000 secousses et encore avait-on négligé de tenir compte des plus faibles.

Il n'y a donc point de jour ni même d'heure sans tressaillements terrestres. On peut même soutenir sans exagération que la terre est dans un état perpétuel d'ébranlement et de mouvement soit sur un point soit sur un autre de sa surface.

PHÉNOMÈNES QUI ACCOMPAGNENT LES TREMBLEMENTS DE TERRE.

Les tremblements de terre sont habituellement accompagnés d'un fracas souterrain. Ce bruit ne fait défaut que dans les très-faibles ébranlements ; mais son énergie n'est cependant pas toujours en rapport avec la violence du phénomène.

Le tremblement de terre du 4 février 1797, à Riobamba, qui a cependant été des plus violents, parcourut toutes ses phases sans fracas souterrain.

Le bruit, en se propageant à travers les roches solides de la terre, peut s'étendre au loin et être perçu dans une très-grande étendue.

On entendit ainsi pendant sept heures consécutives et dans un cercle de 2625 kilomètres le fracas violent qui accompagna le tremblement de terre du 15 mars 1835, à San-Martha, en Colombie. — Pendant l'éruption du Cotopaxi de 1774, qui fut accompagnée de nombreux chocs terrestres, on perçut le fracas souterrain à Honda sur les rives de la Madeleine, et ce-

pendant cette ville est éloignée de 817 kilomètres du volcan et en est séparée par les massifs considérables des montagnes de Quito et de Popoyan.

Le plus souvent les mouvements du sol apparaissent en même temps que le fracas ; dans d'autres cas, au contraire, comme dans le tremblement de terre de la Nouvelle-Grenade, du 16 novembre 1827, les mouvements du sol ne se font sentir qu'après le bruit souterrain. Comme la vitesse de translation du son ne concorde pas toujours avec celle des mouvements de la terre, il arrive fréquemment que dans les endroits éloignés du point de départ, le bruit et les mouvements ne se font point sentir en même temps. Le plus souvent c'est le son qui précède l'ébranlement et qui en annonce l'arrivée, et comme la propagation du premier ne rencontre pas autant d'obstacles que celle du second, il est arrivé souvent que le bruit dépassait le cercle d'extension des secousses et jetait l'alarme parmi les habitants de ces contrées, sans qu'il fût suivi de tremblements de terre. Le 30 avril 1812, on entendit dans la province de Venezuela et surtout le long du Rio-Apure, un bruit souterrain formidable qui ne fut pas suivi de tremblement de terre. On apprit plus tard que le volcan Saint-Vincent, dans les petites Antilles, s'était mis en éruption, et que la petite île de Saint-Vincent avait été ravagée par un tremblement de terre.

Le bruit souterrain est très-variable : le plus souvent il ressemble à un roulement de tonnerre qui peut atteindre souvent une violence épouvantable. Mais les variétés de ce bruit sont si nombreuses qu'on peut trouver pour elles les comparaisons les plus diverses ; tantôt c'est un roulement ou un grondement sourd, d'autres fois c'est un grincement, un cliquetis ou un bruissement.

On remarque souvent, pendant les tremblements de terre, des changements opérés sur les sources : ces changements sont très-variés et présentent les plus grandes oppositions. Les sources sont appauvries ou même complètement tarées dans un endroit, tandis que dans un autre elles deviennent plus abondantes ; ou bien il se forme des sources nouvelles sur des points autrefois arides. Les sources chaudes perdent fréquemment une partie de leur température, les unes temporairement, les autres pour toujours : on a cependant aussi remarqué, de temps en temps, une augmentation de température pour certaines sources. Parfois des sources d'eau minérale disparaissent, d'autres fois il s'en produit de nouvelles et leur tenue en principes minéraux est augmentée ou diminuée. Les ob-

servations sur la hauteur de l'eau dans les puits sont moins remarquables, mais elles sont généralement connues dans les pays riches en tremblements de terre.

Pendant le tremblement de terre qui, en 1855, ébranla pendant presque une année le canton du Valais, en Suisse, un grand nombre de nouvelles sources jaillirent dans les environs de Visp. Beaucoup de ces sources donnaient une eau douce et pure, d'autres étaient ferrugineuses et recouvraient bientôt le sol, sur lequel elles s'étaient épanchées, de précipités brun rouge d'ocre ferrugineuse.

La température des sources chaudes d'Ardebil, qui était d'environ 46° C. avant le tremblement de terre d'octobre 1848, arriva presque au point d'ébullition à cette époque. — Les sources chaudes de Louèche ont gagné, dit-on, 7 degrés et la masse d'eau qu'elles fournissent a considérablement augmenté, depuis que la vallée supérieure du Rhône a été dévastée par le tremblement de terre de 1855.

Les auteurs anciens, Aristote et Pline entre autres, nous ont transmis la croyance d'une relation entre les tremblements de terre et certains phénomènes atmosphériques. Cette antique croyance n'a pu être, jusqu'ici, ni complètement confirmée ni complètement réfutée.

On prétend qu'un abaissement considérable de la colonne barométrique, coïncidant avec une violente tempête, favorise les tremblements de terre ou les annonce à l'avance. De violents coups de vent se firent sentir pendant les tremblements de terre qui ébranlèrent l'Italie en 1870 et l'Angleterre en 1795. Dans 84 cas de tremblements de terre en Suisse, le Föhn¹ soufflait avec violence et l'un des plus grands chocs qui se fit sentir à Grossgerau, dans la nuit du 19 au 20 janvier, avait été précédé d'un abaissement barométrique considérable et d'une tempête. Il y a donc eu indubitablement des cas où le tremblement de terre a coïncidé avec un abaissement considérable de la colonne barométrique et avec des mouvements atmosphériques extraordinaires, mais dans un plus grand nombre de cas encore cette coïncidence a manqué complètement; il est donc difficile de savoir au juste, si les tremblements de terre et cet état remarquable de l'atmosphère ne se sont pas rencontrés par hasard ou s'il existe réellement entre eux un rapport intime.

Les tremblements de terre coïncident plus fréquemment avec des pluies prolongées. Les mois d'été de 1755 qui précé-

1. Vent du sud.

dièrent le tremblement de terre de Lisbonne avaient été remarquables par leur richesse en pluies. Dans le Dauphiné, on prétend que les tremblements de terre ont lieu le plus souvent au printemps, à la fonte des neiges: le tremblement de terre qui, le 5 février 1851, s'étendit à la Suisse, au Tyrol et à une partie de l'Italie, fut accompagné dans tous ces pays de pluies abondantes. La période de tremblements de terre qui eut lieu à Grossgerau, de 1869 à 1873, fut remarquable par les chocs nombreux et violents qui se manifestèrent en 87 jours; 73 de ces jours sont compris dans la période pluvieuse de nos contrées, c'est-à-dire du 1^{er} octobre au 30 avril, et 14 seulement dans la période de sécheresse, du 1^{er} mai au 30 septembre.

Mais la partie boréale de notre zone tempérée présente un caractère météorologique si capricieux et si pluvieux, et le nombre des tremblements de terre est si considérable qu'il n'est pas étonnant qu'ils se rencontrent fréquemment avec la pluie, même s'il n'existe pas de relation entre eux. Cependant la croyance à cette relation est tellement répandue, que les habitants des pays riches en tremblements de terre, comme le Pérou et les Moluques, redoutent surtout la saison pluvieuse, et que certains insulaires abandonnent leurs maisons pour aller habiter, à cette époque, dans des cabanes construites légèrement.

La relation que l'on dit exister entre les tremblements de terre et des états magnétiques et électriques de l'atmosphère et les aurores boréales, est encore bien plus incertaine. On n'a pas pu non plus prouver l'influence du soleil ni de la lune que l'on avait acceptée autrefois et que l'on a invoquée de nouveau récemment. Le perfectionnement de la statistique des tremblements de terre fournira plus tard les éléments nécessaires pour élucider toutes ces questions.

MOUVEMENTS DE LA MER.

La plupart des tremblements du fond de la mer passent inaperçus, parce qu'ils se divisent rapidement et s'éteignent dans l'eau. Dans certains cas toutefois, probablement dans les chocs perpendiculaires, l'ébranlement traverse la masse de l'eau jusqu'à la surface, et si un vaisseau se trouve en ce point, il le ressentira aussi sous forme de choc et sans qu'il y ait mouvement apparent de la mer. Ce phénomène constitue les *tremblements de mer*, et ces tremblements nous fournis-

sent la preuve que le sol situé dans les profondeurs de la mer peut être agité de la même façon que la surface de la terre ferme.

Mais parmi les phénomènes les plus intéressants qui accompagnent souvent les grands tremblements de terre, il faut ranger les *mouvements de l'eau de mer*, qui se font sans tremblement de mer.

Pendant les forts tremblements de terre qui s'exercent dans les pays côtiers, un mouvement très-vif des eaux de la mer se produit, soit en même temps que les chocs terrestres, soit immédiatement après. L'eau s'éloigne d'abord rapidement des rives et sur une étendue souvent très-considérable, le fond de la mer est mis à sec même pendant le flux, jusqu'à ce que l'eau rassemblée en une vague immense revienne avec une violence inouïe, et, franchissant ses bords, inonde l'intérieur du pays.

La retraite et le retour des eaux se répètent ordinairement plusieurs fois avec une énergie décroissante, jusqu'à ce que l'équilibre soit rétabli. Mais si la cause de l'agitation persiste, l'eau de la mer se retire de plus en plus, les vagues deviennent de plus en plus hautes avant de revenir à l'assaut, le ressac augmente et devient de plus en plus violent et de plus en plus élevé.

Lorsque les côtes ne sont pas escarpées, de grandes étendues de la plage peuvent ainsi être mises à nu. Pendant le tremblement de terre qui coïncida avec l'éruption du Monte Nuovo, près de Pouzzoles, le 27 septembre 1538, l'eau se retira si loin que presque tout le golfe de Baja se trouvait à sec. En 1699, pendant un tremblement de terre, la mer se retira de la côte de Catane à 4000 mètres de distance, et en 1690, pendant le tremblement de terre de Pisco, la mer se retira même à la distance de 15 kilomètres, et la grande vague n'apparut qu'au bout de trois heures pour reprendre de nouveau possession de l'ancien domaine de la mer.

Quelquefois la vague apparaît d'abord et la retraite ne se fait qu'après. La structure de la côte a peut-être quelque influence sur ce phénomène, mais d'ordinaire ce mode de mouvement se fait sur des points éloignés du siège du tremblement de terre, et la vague n'est que la contre-partie de la retraite des eaux sur un autre point.

En effet la rupture d'équilibre qui se fait dans l'eau ne se borne pas aux côtes frappées par le tremblement de terre, mais se propage en grandes vagues au milieu de l'Océan. On ne remarque pas ces vagues en pleine mer, car elles sont très-

larges et elles se gonflent si graduellement que leur élévation disparaît dans l'immensité de l'espace. On peut aussi difficilement voir sur la mer la vague produite par un tremblement de terre qu'on y peut apercevoir la grande vague, qui, suivant le mouvement de la lune, roule perpétuellement sur l'Océan. Ce n'est que sur les côtes, où les vagues viennent se heurter, que l'on peut reconnaître le mouvement par le gonflement des flots et par leur débordement.

Pour les côtes habitées, ces troubles de la mer sont habituellement beaucoup plus dangereux que les tremblements de terre qui leur ont donné naissance. L'eau se précipite avec une fureur extraordinaire par-dessus les bords, détruit tout ce qui n'est pas capable d'opposer une résistance suffisante, et emporte au retour les débris pour les déposer au fond de l'Océan. Le phénomène se produit en outre d'une manière si imprévue et avec tant de rapidité qu'il est impossible de sauver quelque chose.

Immédiatement après les premiers chocs du tremblement de terre de Lisbonne, en 1755, la mer s'éleva comme un rempart de 15 à 20 mètres de hauteur au-dessus de son plus haut niveau. Les vaisseaux furent jetés de tous côtés comme pendant la tempête la plus violente, puis la mer tomba dans la même proportion au-dessous du niveau le plus bas du reflux. La vague du tremblement de terre se répéta quatre fois mais à un moindre degré. De grands dégâts furent ainsi produits sur toute la côte occidentale de l'Espagne et du Portugal. Cependant le mouvement se propagea encore très-loin dans la mer et fut observé non-seulement sur les côtes de l'Afrique, de l'Irlande, de Madère, mais même à l'autre extrémité de l'Océan, aux Petites Antilles. Le 28 octobre 1724, Lima fut détruit par un tremblement de terre. La mer s'éleva dans la soirée du même jour à 27 mètres au-dessus de son niveau ordinaire à Callao, port de Lima très-rapproché de la ville, se précipita ensuite sur celle-ci et la détruisit si complètement qu'il n'y resta plus une seule maison ni presque plus d'habitants. Il y avait dans le port des vaisseaux dont plusieurs sombrèrent immédiatement et dont les autres, arrachés de leurs ancres, furent entraînés par la vague de sorte qu'on les retrouva, après le départ des eaux, couchés sur la terre à une lieue du rivage. La vague la plus haute que l'on ait observée pendant un tremblement de terre fut celle qui se forma le 6 octobre 1737 sur la côte de Lapatka et que l'on croit avoir atteint 70 mètres.

Les violents tremblements de terre qui régnèrent au mois

d'août 1868 le long de la côte occidentale de l'Amérique du Sud, produisirent, dans l'Océan Pacifique, des phénomènes qui s'étendirent sur toute la mer et qui portèrent leurs ravages sur les rives les plus éloignées. Mais cette fois on eut l'occasion d'étudier le phénomène de la manière la plus exacte.

Les oscillations de la mer et les destructions étaient naturellement plus considérables sur les côtes de l'Amérique méridionale que partout ailleurs. Mais même sur le côté opposé de l'Océan, où l'on ne savait absolument rien du tremblement de terre, les dégâts furent immenses. La côte orientale de la Nouvelle-Zélande et les îles Chatam furent dévastées le 15 août, et surtout la petite baie de la presqu'île de Banks qui se trouve dans l'île la plus méridionale de la Nouvelle-Zélande. A Lyttelton (Litteltown?) la mer se retira, entre 3 et 4 heures du matin, de façon que la baie qui se trouve près de la ville fut mise complètement à sec. Mais à 4 heures et demie elle reparut sous la forme d'une vague de plus de trois mètres de haut et dépassa de plus d'un mètre la hauteur ordinaire du flux. Vers 5 heures du matin l'eau se retira de nouveau et ne revint qu'à 7 heures 1/4. La troisième fois le retour de la mer eut lieu à 9 heures et demie et la dernière fois à 11 heures. A la baie du Pigeon, il y eut successivement sept vagues qui laissèrent une multitude de poissons sur le sol. La première de ces vagues fut la plus forte et les autres allèrent toujours en diminuant; cependant le flux et le reflux ne redevinrent normaux que le 18 août. Les îles Chatam sont éloignées d'environ 3750 kilomètres des îles de Banks, et cependant elles furent elles-mêmes considérablement ravagées. Il s'y forma trois grandes vagues qui détruisirent toutes les habitations de la côte. En Australie ce fut surtout la Nouvelle-Galles du Sud qui fut atteinte, et dans le port de Sidney, l'eau s'éleva et s'abaissa de plusieurs pieds à différentes reprises.

Le tremblement de terre avait débuté le 13 août 1868. Vers cinq heures, on sentit le premier coup violent dans la contrée montagneuse située derrière Arica, et de là le tremblement s'étendit vers le nord jusqu'à Callao (à 4875 kilomètres) et vers le sud jusqu'à Cobijia (à 2100 kilomètres du point d'origine). Trois oscillations succédèrent à ce premier choc et chacune d'elles fut suivie d'une vague. A Islay et à Iquique la vague avait 13 mètres de hauteur. Comme le premier choc fut ressenti presque en même temps dans ces deux endroits, et qu'Arica se trouve à peu près à égale distance des deux, on peut considérer ce point de la côte comme le point central de l'ébranlement.

La vague qui partit de là pour s'étendre sur tout l'Océan, avait une vitesse de translation différente selon les directions. Les résultats de l'observation de cette vague se trouvent consignés dans la tableau suivant qui est très-instructif.

Chemin suivi par le flot	Distance en millés marins	Durée du parcours	Vitesse de la vague par heure, exprimée en milles marins
D'Arica à Valdivia.....	1420	5 h. 00 m.	284
— à Newcastle.....	7380	16 h. 02 m.	319
— aux îles Chatam	5520	15 h. 19 m.	360
— à l'île Oparo (à 144° 17' long. ouest 27° 40' latit. sud)	4057	11 h. 11 m.	362
— jusqu'à Honolulu (îles Sandwich)	5580	12 h. 37 m.	442

La vitesse différente dans les diverses directions s'explique par la profondeur variable de la mer qui facilitait ou retardait le mouvement parce que toute la masse d'eau y prit part et non pas seulement la surface comme dans les tempêtes.

Le grand flot produit par la lune se meut absolument comme le flot des tremblements de terre; en effet, la rapidité de transmission de la vague lunaire correspond exactement, dans les parages cités précédemment, à la vitesse de la vague du tremblement de terre. Ainsi, par exemple, le flot lunaire met 16 heures pour arriver d'Arica aux îles Samoa, le flot du tremblement de terre y est arrivé en 16 h. 2 min.; le flot lunaire met 13 heures pour aller d'Arica aux îles Sandwich, le flot du tremblement de terre y est arrivé en 12 h. 37 minutes.

Des résultats identiques avaient été déjà obtenus lors du tremblement de terre de Simoda, au Japon, le 23 décembre 1854. Une vague formidable, qui avait d'abord inondé le pays, arriva 12 heures et demie plus tard sur les côtes de Californie qui sont séparées de 4810 milles marins du point d'origine de la vague : elle avait donc parcouru 360 milles marins par heure.

Les grandes vagues produites par les tremblements de terre constituent des phénomènes si remarquables qu'on a, cela se comprend facilement, essayé à diverses reprises de les expliquer. On a prétendu d'abord que les tremblements de terre sous-marins produisaient des affaissements considérables, et que ces affaissements en appelant pour ainsi dire les eaux de la mer, produisaient la retraite des eaux le long des côtes;

on a aussi admis que le fond de la mer se soulevait en formant une espèce de tuméfaction considérable suivie d'un affaissement, et produisait ainsi un dérangement dans l'équilibre des eaux. On a encore recherché des explications bien plus compliquées; on a invoqué le magnétisme terrestre et d'autres forces semblables. Et cependant la cause semble être très-simple et tout à fait mécanique!

L'Océan peut être considéré comme un vase rempli d'eau et dont les parois sont formées par les rivages du continent. Comme chaque coup un peu fort donné contre un vase plein d'eau produit un mouvement très-vif dans le liquide, de même tout ébranlement suffisant des côtes de l'Océan mettra en mouvement les eaux qu'il contient.

Les effets du choc ne sont souvent pas appréciables sur le vase, ses parois tremblent à peine et cependant l'eau éprouve des mouvements marqués. Les ébranlements terrestres des côtes peuvent de même produire des oscillations considérables dans l'eau de la mer sans que le sol de la terre ferme présente des mouvements sensibles.

EFFETS DES TREMBLEMENTS DE TERRE.

Si les effets des tremblements de terre faibles sont d'ordinaire tout à fait insignifiants, les effets des tremblements de terre violents peuvent devenir terribles, surtout si ces phénomènes se sont produits subitement. Ils deviennent alors plus dangereux pour l'homme que les éruptions volcaniques les plus formidables. Les tremblements de terre de Lisbonne, de Riobamba, de Caracas, du Pérou, en 1868, etc., vivront dans la mémoire des hommes aussi longtemps qu'il y aura une histoire.

La puissance destructrice des tremblements de terre s'exerce d'abord sur les objets qui sont faiblement rattachés à la surface de la terre et qui ne possèdent qu'une élasticité trop faible pour céder aux ébranlements du sol. Les murailles se fendent et s'écroulent, les bâtiments sont arrachés du sol avec leurs fondations et brisés, et leurs ruines présentent l'image d'une effroyable destruction. Peu d'instantanés suffisent pour produire les dévastations les plus formidables.

Pendant le tremblement de terre du 7 juin 1692, à la Jamaïque la terre oscilla visiblement à Port-Royal; tout s'effondra pêle mêle, des hommes furent renversés et jetés de côté et d'autre, tandis que plusieurs d'entre eux furent lancés directement en

l'air. Il y en eut même qui, se trouvant au milieu de la ville, furent lancés par-dessus les ruines jusque dans le port et purent alors se sauver à la nage! Le grand tremblement de terre (déjà plusieurs fois cité) du mois d'août 1868, dans l'Amérique du Sud, détruisit (le 13 du mois) les villes d'Iquique, de Moquegua, de Locumba, de Pisagua; Arica, ville de 12,000 habitants, ne formait plus qu'un monceau de ruines: presque rien ne fut épargné dans un cercle de plusieurs centaines de kilomètres. Le 16 août, jour où le tremblement de terre reprit de nouvelles forces, les villes d'Ibarra, de San-Pablo, d'Atuntaqui et d'Imantad furent dévastées et un grand nombre de petites localités complètement détruites. Le nombre des hommes qui périrent a été évalué à 4,000 dans l'Écuador et à 30,000 dans la Nouvelle-Grenade. — Le 29 juin 1873, c'est-à-dire le premier jour du tremblement de terre de Belluno, que l'on peut compter parmi les plus violents qui se soient fait sentir dans les Alpes, mais qui ne peut être comparé aux grands tremblements de terre des autres contrées, ce jour, dis-je, la plupart des maisons de Conegliano, de Puas, de Curango, de Visone et d'un grand nombre d'autres endroits furent ruinées; plusieurs maisons s'écroulèrent même à Vérone, et l'église Saint-Pierre de Venise fut fortement endommagée. — L'année 1870, qui cependant ne présenta pas de tremblement de terre considérable en Italie, fournit, d'après un relevé officiel, 2,225 maisons ruinées, 98 personnes tuées et 223 grièvement blessées.

Les effets les plus terribles des tremblements de terre ne sont pas dus aux oscillations du sol ni à ses crevassements, mais aux conséquences de ces phénomènes: l'invasion du sol par la mer, la ruine des constructions humaines, la chute des maisons et des églises, les avalanches de roches détachées par les éboulements. Ce sont ces conséquences qui ont coûté la vie à tant d'hommes pendant certains tremblements de terre.

On prétend que le tremblement de terre de Sicile, en 1693, coûta la vie à environ 6,000 personnes, et l'on assure que celui de 526, sous l'empereur Justin, en détruisit plus de 120,000. Dans l'Amérique méridionale, le tremblement de terre de Riobamba coûta la vie à 40,000 personnes à peu près dans la seule journée du 4 juillet 1797, et le désastre ne fut guère moindre, d'après les évaluations les plus faibles, pendant le tremblement de terre du Pérou, au mois d'août 1868.

Les tremblements de terre ont une importance d'une nature toute différente pour le sol parce que la plupart d'entre eux