

CHAPITRE XII

TREMBLEMENTS DE TERRE ET VOLCANS

Tous les agents naturels décrits dans les trois chapitres précédents, quelque différents qu'ils puissent être entre eux, se ressemblent en ce qu'ils sont en somme les agents d'une destruction à la fois lente et certaine. Pluie et fleuves, gelée et dégel, vents et vagues, tous conspirent à la même œuvre, attaquent le sol avec persistance et lui enlèvent ses éléments superficiels. Ce n'est pas qu'une seule molécule de cette matière soit anéantie. Chaque grain dérobé à la terre se retrouve tôt ou tard soigneusement déposé quelque part dans l'Océan. Cependant ce transport graduel de matière de la terre aux eaux, doit avoir pour conséquence finale de ramener le niveau général de la terre à celui de la mer par l'action de la pluie et des rivières, et plus tard d'éroder la plaine ainsi formée et de la rabaisser jusqu'à la profondeur où la dénudation marine devient insensible. Si donc l'action de ces agents se développait sans obstacle, non seulement il viendrait un temps où chaque mètre carré de la surface de la France serait enseveli au-dessous des eaux, mais l'étendue des océans étant bien supérieure à celle des terres qui s'élèvent au-dessus du niveau de la mer, avec le temps toute la terre ferme du globe finirait par disparaître sous le linceul des eaux.

Mais il n'est pas difficile de découvrir dans les opérations de la nature des forces qui, contre-balançant cette action, sont capables de soulever les dépôts for-

més sur le fond de la mer et d'accumuler comme des approvisionnements nouveaux de matière solide sur la surface de la terre. Parmi ces forces élévatrices, et par conséquent réparatrices, la place la plus importante appartient aux tremblements de terre et aux volcans. Il n'est point rare, après un tremblement de terre, de constater que le niveau du sol s'est modifié. Parfois, il est vrai, la surface s'est déprimée; mais le plus souvent c'est un mouvement d'exhaussement qui se produit.

L'exemple le mieux constaté peut-être d'un soulèvement de ce genre est celui qui fut observé par l'amiral Fitzroy et par Darwin, au moment où ils étaient en train d'explorer la côte occidentale de l'Amérique du Sud. Cette région est particulièrement sujette aux perturbations souterraines, et en 1835 un violent tremblement de terre y détruisit plusieurs villes, de Copiapo à l'île Chiloe, le long de la côte du Chili. On constata, après la secousse, que le sol, dans la baie de Conception, ne s'était pas exhaussé de moins de 1^m,20 à 1^m,50. Dans l'île de Santa Maria, à 40 kilomètres environ sud-ouest de Conception, on eut toute facilité pour mesurer verticalement le soulèvement sur les falaises à pic; les mesures prises montrèrent que la partie sud-ouest de l'île avait été soulevée de 2^m,40 et l'extrémité nord de plus de 3 mètres. Des lits de moules mortes furent en effet portés à 3 mètres au-dessus de la ligne de haute mer, et un plateau rocheux assez étendu, précédemment couvert par la mer, se trouva exposé à découvert et mis à sec. Le lit de la mer environnante s'exhaussa sans doute d'une manière analogue, car les sondes trouvèrent le fond tout autour de l'île à une profondeur de 2^m,70 moindre que précédemment. Il y eut, il est vrai, un peu plus tard, un affaissement partiel; mais il ne compensa point, tant s'en faut, le soulèvement, et le résultat définitif témoigna d'un exhaussement permanent. On croit que la plus

grande partie du littoral de l'Amérique du Sud a dû s'élever de plusieurs centaines de mètres à la suite d'une série de soulèvements de ce genre, médiocres, mais répétés.

Quand une surface est ainsi soulevée par une secousse de tremblement de terre, il arrive parfois que l'accession que reçoit tout d'un coup la terre ferme est très considérable et capable de contre-balancer pour longtemps les effets de la dénudation. Sir C. Lyell, par exemple, a calculé qu'un tremblement de terre qui se produisit au Chili en 1822 accrut le continent de l'Amérique du Sud d'une masse rocheuse dont le poids dépasserait celui de cent mille des grandes pyramides de l'Égypte. S'il suffit d'une seule convulsion de ce genre pour faire surgir des eaux une telle étendue de terre ferme, il est évident que les tremblements de terre rendent de grands services en renouvelant la surface de la terre et en mettant des matériaux nouveaux à la portée des agents toujours actifs de dénudation. C'est ici le lieu de remarquer que les mouvements oscillatoires qui se produisent dans les tremblements de terre, paraissent, d'après des considérations théoriques, n'être capables de déterminer qu'un soulèvement très faible. Néanmoins l'oscillation s'accompagne souvent de forces élévatrices distinctes qui amènent dans le niveau du sol des modifications d'une amplitude considérable.

Un tremblement de terre est une perturbation du sol en tout semblable à celle qui résulterait d'une secousse soudaine ou d'un coup appliqué de bas en haut à l'écorce terrestre; de l'intérieur de la terre comme centre, les oscillations ou tremblements peuvent se propager dans toutes les directions à travers le sol. Dans nombre de cas, la secousse est précédée ou accompagnée d'un grondement sourd comme celui du tonnerre à distance, ou d'autres bruits résultant de la perturbation souterraine. Dans tout tremblement de terre, l'ondulation,

à mesure qu'elle se propage, soulève et déprime le sol tour à tour; elle produit souvent des crevasses irrégulières qui en se refermant peuvent engloutir tout ce qui s'y est engouffré ou qui, restant ouvertes comme des abîmes béants, modifient les conditions de l'écoulement des eaux de la région. La secousse peut se transmettre à travers la terre à une distance prodigieuse; ainsi le grand tremblement de terre qui détruisit Lisbonne en 1755 se fit ressentir, directement ou indirectement, jusque sur les eaux du Loch Lomond en Écosse. Quand le centre de la perturbation est voisin de la mer, l'eau est encore plus affectée que la terre et les vagues de la mer peuvent devenir bien plus terribles que la vague terrestre. On se rappelle encore les désastres causés par le grand ras de marée qui suivit le tremblement de terre à Lima, Arica, Iquique et en d'autres points du littoral de l'Amérique du Sud, au mois de mai 1877. Quant à la commotion sous-marine du 27 août 1883, qui engloutit la moitié de l'île de Krakatoa (détroit de la Sonde), soit une surface de 23 kilomètres carrés, elle détermina la formation d'une vague énorme qui se propagea jusqu'à Aden et jusqu'au Cap.

M. R. Mallet, qui a longtemps étudié le phénomène des tremblements de terre, a été amené à conclure que le point de départ de la perturbation n'est point situé généralement à une grande profondeur dans l'intérieur de la terre; d'après lui, elle ne dépasse probablement jamais une profondeur de 48 kilomètres, et même, dans nombre de cas, elle est certainement bien loin de l'atteindre. C'est ainsi qu'il a constaté que la grande secousse ressentie à Naples en 1857 a eu son point de départ à une profondeur de douze à quatorze kilomètres seulement au-dessous de la surface de la terre. M. Oldham a depuis reconnu qu'un grand tremblement de terre, à Cachar, dans l'Inde, en 1869, eut son foyer ou

centre de secousse à une profondeur de 48 kilomètres environ.

Quoique les secousses de tremblement de terre soient heureusement rares en France, on doit se rappeler que dans bien des parties du monde, ce sont des phénomènes habituels ; on n'exagère pas probablement en disant qu'il se produit en moyenne trois fois par semaine des secousses de tremblement de terre en quelque partie du monde. Durant l'année 1876, par exemple, le relevé annuel de M. Fuchs n'enregistre pas moins de 104 tremblements de terre, et l'année précédente, il n'y avait pas eu moins de 100 jours signalés par des secousses. Mais il y a en outre, sans aucun doute, dans des régions peu fréquentées, nombre de légères perturbations que n'enregistrent jamais ces comptes rendus. Il s'en faut donc que l'action de perturbations semblables sur la surface de la terre soit insignifiante dans l'ensemble, même dans le cours d'une seule année.

Des perturbations souterraines qui débutent simplement par des tremblements du sol se terminent souvent par l'expansion impétueuse de matières brûlantes rejetées de l'intérieur de la terre. Il peut en effet se produire une déchirure en quelque endroit plus fragile de l'écorce terrestre, et cette rupture donne alors issue à d'immenses quantités de vapeur d'eau et d'autres gaz, en même temps qu'à des pluies de cendres chauffées au rouge vif et accompagnées ou suivies de fleuves de roches en fusion. Les matières solides sont lancées en l'air et retombent en pluie autour de l'orifice où elles forment, en s'accumulant, une levée ou une montagne de forme conique. Une telle montagne s'appelle *volcan*¹. Un volcan n'est pas une montagne de feu, car il faut se rappeler qu'une telle montagne ne « brûle » pas au sens

1. *Volcan*, en italien *Vulcano*, de Vulcain la divinité romaine du feu.

dans lequel le feu brûle ; mais elle offre simplement un canal par lequel la matière brûlante fait éruption de l'intérieur. Elle diffère, d'autre part, d'une montagne ordinaire en ce qu'elle est simplement un amas de matériaux non compacts et de matières en fusion entassées couche sur couche autour d'un orifice s'ouvrant vers l'intérieur de la terre. Si donc on coupait verticalement un volcan, il présenterait probablement une section analogue à celle que montre la figure 55. Un canal *a* s'est

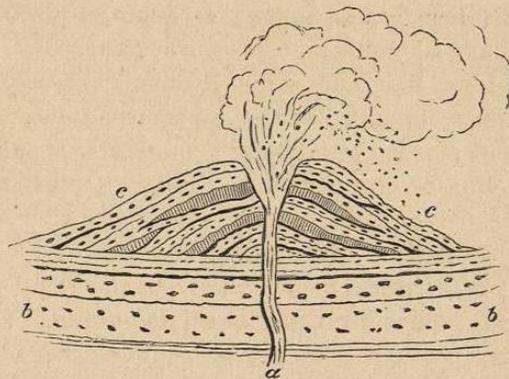


Fig. 55. — Section verticale d'un volcan.

creusé à travers les couches *b, b*, à l'origine horizontales, et les matières rejetées se sont accumulées tout autour de l'orifice en assises coniques, dont chacune forme comme un manteau jeté irrégulièrement sur l'assise inférieure et qui divergent du puits central en s'inclinant dans toutes les directions.

L'évent volcanique est généralement couronné par un orifice en forme d'entonnoir : c'est ce qu'on appelle le *cratère*. Les débris retombant dans cette sorte de coupe ou y roulant le long des pentes du cratère, forment des couches dont l'inclinaison est du côté du vent et par

conséquent dans la direction opposée à l'inclinaison des assises volcaniques constituant la masse du soulèvement. La section d'un cône de matières cendreuses non compactes donnée dans la figure 56 montre la différence d'inclinaison dont nous venons de parler. La matière en fusion qui jaillit de la bouche du cratère cimente les cendres éparses, les réduit en une masse compacte dès qu'elle vient en contact avec elles, et forme ainsi un tube pierreux qui recouvre la cheminée du volcan.

Au début d'une éruption, le volcan vomit en abondance des nuages de vapeur, ce qui prouve que l'eau

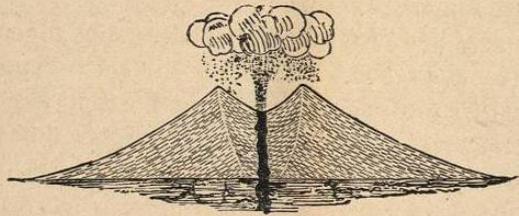


FIG. 56. — Section verticale d'un cône de cendres.

joue un rôle, même dans ces phénomènes ignés. En général la vapeur s'échappe d'une manière spasmodique, chaque bouffée donnant naissance à des nuages qui s'élèvent à une grande hauteur et finissent par se dissiper ou par se condenser en averses. Différentes émanations gazeuses, mais dont la plupart ne sont pas combustibles, sont associées à la vapeur. Il en résulte que l'apparition d'une colonne de flamme, qu'on a prétendu fréquemment avoir vue s'élancer d'un volcan, ne doit être le plus souvent que le résultat d'une illusion. Cette illusion est produite par l'illumination des vapeurs qui semblent enflammer, d'une part, les étincelles, les pierres chauffées au rouge vif et les cendres vomies simultanément, et de l'autre, la réverbération des murs

brillants et de la surface des laves en fusion qui s'étendent au-dessous. Dans les premières phases d'une éruption, d'énormes fragments de roc sont parfois rejetés; car, lorsqu'après une période de repos la vapeur et les gaz comprimés trouvent enfin une issue, ils expulsent violemment les matières qui se sont accumulées dans la cheminée et en ont bouché l'orifice. Des blocs de roche, dont quelques-uns ne pesaient pas moins de vingt mille kilogrammes, furent, dit-on, rejetés du mont Ararat pendant l'éruption de 1840, et dans l'éruption du Cotopaxi, en 1553, on vit des pierres de trois mètres de diamètre projetées à plus de vingt-quatre kilomètres du volcan.

Durant une éruption, les cendres sont généralement rejetées en grande quantité, mais il faut se rappeler que la matière ainsi désignée est très différente du combustible incomplètement brûlé de nos foyers domestiques. Les cendres volcaniques ne sont en effet que des fragments de lave ou de matière rocheuse partiellement fondue. Quand des jets de lave sont lancés d'un volcan, le liquide est divisé par l'air et si bien éparpillé qu'il retombe en gouttes qui forment en durcissant de petits fragments spongieux, ressemblant aux cendres et aux escarbilles. Dans certains cas, la lave se brise en particules si fines qu'on peut leur donner le nom de *poussière* ou *sable volcanique*; on a vu des pluies épaisses de cette poussière obscurcir le ciel dans un rayon de plusieurs kilomètres autour d'un volcan et être transportées par les vents jusqu'à des centaines de kilomètres. Un fait intéressant révélé par l'examen du fond de la mer auquel se livra l'expédition du *Challenger*, c'est que des débris volcaniques tapissent presque partout le lit des mers profondes.

Quand la vapeur, qui est abondante dans la plupart des éruptions, se condense en torrents de pluie, la poussière

volcanique est transformée en une boue chaude qui roule le long des flancs du volcan en un courant épais qui consume tout sur son passage. Herculaneum fut scellée par une croûte de boue volcanique vomie par le Vésuve, et la même éruption ensevelit Pompéi sous un linceul de cendres et de poussières.

La roche partiellement fondue qu'on appelle *lave* monte dans la cheminée volcanique et s'écoule ensuite sur les pentes extérieures du cratère ou se fraye un chemin à travers les crevasses de la montagne, en formant des torrents de feu, des ruisseaux d'un rouge vif, qui présentent en général une consistance rappelant celle de la mélasse. Ces torrents de lave sont souvent de proportions grandioses; ainsi on a estimé que dans la fameuse éruption du Skaptar Jokul, en Islande, en 1783, le volume de la lave vomie des régions souterraines égala la masse du mont Blanc. La lave se refroidit rapidement à la surface, mais conserve longtemps sa chaleur au-dessous de la croûte protectrice; finalement la masse entière se solidifie en une roche dure plus ou moins semblable à une scorie sortant d'un fourneau à fer. Mais la lave est différente dans chaque spécimen, tour à tour de couleur sombre et comparativement lourde, ou plus claire et beaucoup moins dense; ici la roche est compacte, ailleurs elle est spongieuse ou cendreuse: on l'appelle alors *scoriacée*. Les petites cavités de ces *scories*, ou laves cellulaires, sont formées par le dégagement de bulles de gaz ou de vapeur au moment où la matière est à l'état pâteux, comme la texture poreuse d'un morceau de pain est due à la présence de bulles de gaz développées par la fermentation du levain. La substance qu'on emploie communément pour effacer la peinture et qu'on nomme *Pierre ponce*¹ est une lave de texture très poreuse; son

1. *Ponce*, du latin *pumex*, primitivement *spumex*, dont la racine est *spuma*, écume

nom rappelle qu'elle tire son origine de la mousse ou écume de lave. Parfois les masses de lave projetées dans l'air sont soumises dans leur vol à un mouvement de rotation et retombent sous la forme de corps plus ou moins arrondis, connus sous le nom de *bombes volcaniques*. Parfois aussi une lave réellement liquide saisie par le vent est étirée en fibres délicates, semblables au verre filé; cette belle forme est abondante à Kilauea, volcan d'Hawaii, une des îles Sandwich, où on l'appelle *chevelure de Pélé* du nom d'une vieille divinité qu'on suppose résider dans le cratère. D'autres laves sont vitreuses et ressemblent beaucoup au verre de bouteille



FIG. 57. — Cônes volcaniques brisés (Pays-d'Auvergne).

coloré: ce sont celles qu'on nomme *obsidiennes*. Les anciens Mexicains faisaient grand usage de cette espèce de lave pour fabriquer des couteaux grossiers et d'autres instruments tranchants; dans le Mexique septentrional, une colline creusée jadis pour l'exploitation de cette matière est encore connue sous le nom de *Cerro de Navajas* (Colline des couteaux).

Il arrive souvent que la lave qui s'élève dans la cheminée d'un volcan se fait jour par son poids seul à travers les bords du cratère, ou bien qu'elle perce un des flancs du cône d'éruption. Ainsi la figure 57 représente un groupe de petits volcans éteints de la France centrale, laissant voir des cônes qui ont été brisés de cette manière. Dans certains cas, les pentes du cône sont dé-

chirées et la lave envahit alors les fentes en formant, quand elle se refroidit, des filons de roche connus sous le nom de *dykes*. Ailleurs, la cheminée est comme bouchée par un tampon de lave durcie et de nouvelles issues s'ouvrent sur les flancs du cône. La figure 58 est une section idéale de volcan et laisse voir les dykes de lave courant à travers les dépôts stratifiés; elle montre aussi deux cônes secondaires, *a* et *b*, formés aux points où la matière volcanique a pu se frayer un chemin vers la surface. L'Etna est remarquable par ses flancs semés de cônes parasites dont quelques-uns sont de dimen-

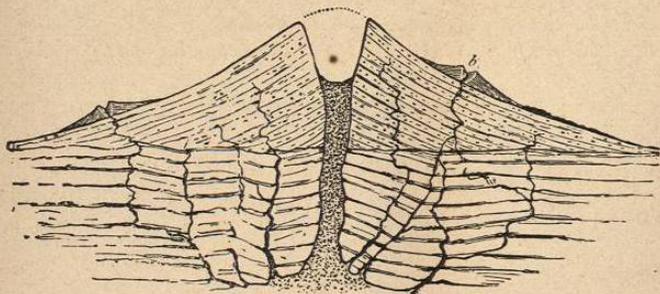


FIG. 58. — Section verticale d'un volcan, avec dykes et cônes secondaires.

sions considérables; l'un d'eux dépasse 270 mètres de hauteur.

Quand un volcan a été longtemps en repos et que le grand cratère est plus ou moins comblé, soit par les laves et les roches qui sont retombées dans la cavité au moment de la dernière éruption, soit par les matières apportées par la pluie, une reprise d'activité se manifestant à travers l'ancien canal peut donner lieu à la formation d'un nouveau cône dans la cavité même de l'ancien cratère. Des éruptions successives peuvent même apporter à l'aspect d'un volcan de grandes modifications, par la formation de cônes nouveaux à une époque et

l'oblitération de cônes anciens à une autre. La figure 59 montre le sommet du Vésuve tel qu'on le voyait en 1756;



FIG. 59. — Sommet du Vésuve en 1756.

il n'y avait pas alors moins de trois cônes distincts, l'un dans l'autre, entourant autant de cratères. Mais dix ans

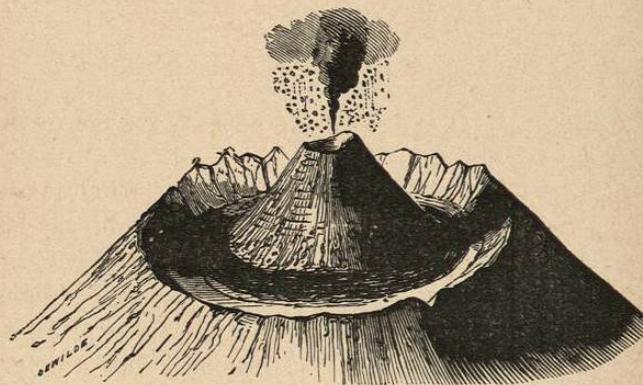


FIG. 60. — Sommet du Vésuve en 1767.

plus tard le sommet présentait la forme reproduite dans la figure 60 où l'on voit un cône unique s'élever de la sur-