

plus directement léchées par les gaz intérieurs, peuvent, à des moments déterminés, provoquer la vaporisation subite de l'eau



Fig. 18. — Le Grand Geysier du Yellowstone en éruption, en 1878.

qui, soulevée par les bulles de vapeur venant du bas, arrive à leur contact, d'où résulte une explosion.

Le dépôt de silice des geysers provient d'une réaction chimique très simple : les eaux chaudes attaquent les roches poreuses qu'elles traversent et leur enlèvent les silicates de potasse et de soude. Mais les vapeurs par lesquelles se fait l'échauffement de ces eaux contiennent une certaine proportion d'acide chlorhydrique et de gaz sulfureux. Ces acides tendent à s'emparer des alcalis pour les transformer en sulfates et en chlorures. Bientôt la silice des silicates n'est plus assez énergiquement retenue en combinaison et l'excès se dépose au fur et à mesure sous la forme hydratée.

Comme tous les phénomènes que nous avons étudiés, l'action des geysers est loin d'être permanente. A plusieurs années de distance, on remarque une diminution sensible dans son intensité. Les éruptions du Grand Geysier d'Islande n'ont plus la régularité qui les avait rendues classiques, et celles du Yellowstone, observées pour la première fois en 1872, offrent déjà des symptômes de décroissance. Là, comme partout, le temps, loin d'accentuer l'effet des forces naturelles, met plutôt en évidence cette tendance générale au repos, que nous avons tant de fois signalée.

Geysers calcaires. Travertins. — Si le phénomène physique des geysers est indépendant de la nature du terrain traversé par les émanations, il n'en est pas de même du phénomène chimique. Lorsque la roche encaissante est un calcaire, c'est du carbonate de chaux que les eaux lui enlèvent, à la faveur de l'acide carbonique, et qu'elles vont déposer ensuite à leurs points d'émergence. Ainsi se forment, sur les bords du Yellowstone, de vrais *geysers calcaires*.

Dans la même famille, mais avec une moindre violence des émissions, doivent être rangées ces sources chaudes, en relation évidente avec l'action volcanique, qui, en déposant à l'air, surtout dans les cascades, le calcaire dont elles étaient chargées, donnent naissance à des dépôts concrétionnés de tuf dit *travertin*. Les travertins les plus connus sont ceux de Tivoli, en Italie, ceux des anciens bains d'Hiéropolis, près de Smyrne (fig. 19), enfin les dépôts formés à Clermont-Ferrand par la fontaine incrustante de Saint-Alyre, dernier écho d'une activité volcanique depuis longtemps endormie.

Sources thermominérales. — Après avoir passé des volcans aux solfatares, de celles-ci aux jets de vapeur et des ces derniers aux sources bouillantes, descendons encore d'un degré sous le rapport de l'énergie des émissions. Nous arriverons à une catégorie de dégagements, dont la liaison avec le volcanisme pourrait facilement échapper, si toute une série de types intermédiaires n'établissait une chaîne continue entre les deux ordres

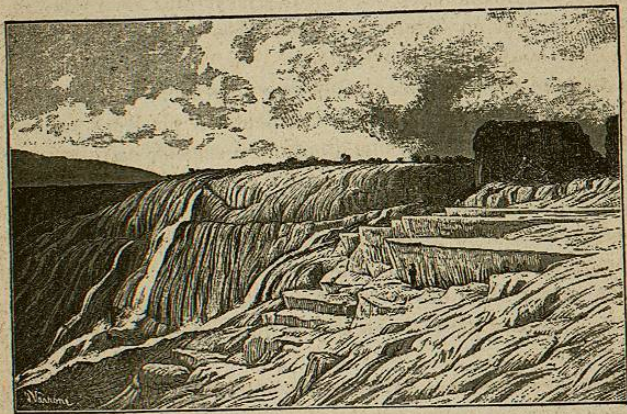


Fig. 19. — Les terrasses calcaires de travertin d'Hierapolis.

de faits. Nous voulons parler des *sources thermales* ou *thermominales*, qui sortent en divers points, parfois avec une pression notable et une température assez élevée, entraînant en dissolution certains principes actifs, tels que des chlorures et des sulfates.

Toutes ces sources se font jour par des *fentes* bien déterminées de l'écorce et ne se trouvent que dans les régions particulièrement disloquées, où elles forment souvent des groupes alignés. Si quelques-unes, comme celles de Plombières, sont assez éloignées de tout centre volcanique, même éteint, d'autres, telles que les sources de Vichy, de Royat, du Mont-Dore, de la Bourboule, etc., se relie sans doute possible à l'ancienne activité éruptive du Plateau Central de la France. Enfin il est des cas, comme au *Sulphur Bank* de Californie, où l'on peut s'assurer que les dégagements thermominéraux représentent l'état actuel

d'une ancienne solfatare. En ce point, au-dessous d'une coulée de lave en partie décomposée, que recouvre une couche de soufre natif, on voit, dans la profondeur, les fissures du terrain parcourues par des *eaux chaudes ascendantes*, qui contiennent une forte proportion de *sulfures alcalins*, avec un excès d'acide carbonique et d'hydrogène sulfuré. Ces eaux déposent du *cinabre*, c'est-à-dire du sulfure de mercure, ainsi que de la silice. Une certaine quantité d'*huile minérale* n'y fait jamais défaut.

Ces observations présentent une extrême importance, en permettant de prendre, en quelque sorte, *sur le fait*, la formation des minéraux métalliques sulfurés, au sein d'un milieu *réducteur* (puisque les hydrocarbures s'y rencontrent). On voit que ces minéraux émanent d'un foyer profond, certainement volcanique dans l'origine, et qu'ils arrivent à la faveur de dissolutions, attaquant leurs canaux d'ascension pour y déposer plus haut, quand la pression et la température sont moindres, avec les sulfures métalliques, les *gangues*, telles que la silice, qui proviennent de la décomposition du terrain traversé.

Salses. Mofettes. — Toutes les émanations dont nous avons parlé jusqu'ici sont chaudes et ne contiennent guère que des substances oxydées. Celles qu'il nous reste à mentionner sont plutôt froides (quoique souvent à une température supérieure à celle du terrain encaissant) et caractérisées par la présence constante des hydrocarbures gazeux ou liquides.

Le type en est fourni par les *Salses* ou *volcans de boue*, petites éminences cratériformes, d'où s'échappe, parfois avec projections violentes, une *boue salée*, traversée par des bulles de gaz hydrocarbonés. Certaines salses, comme celles de Bakou, sur la Caspienne, donnent lieu à une abondante récolte de pétrole. D'autres fournissent des jets de gaz susceptibles de s'enflammer à l'air, en formant des *fontaines ardentes* ou *terrains ardents*. La mer Morte paraît être une ancienne salse, où les dégagements d'hydrocarbures se font jour encore à l'état de *bitume*.

D'autres émanations froides, caractéristiques des régions où l'activité volcanique est depuis longtemps éteinte, comme l'Eifel et les bords du Rhin, sont les *Mofettes* ou exhalaisons d'acide carbonique. On en compte plus de mille dans la région rhénane,

et, quand le gaz se dégage dans l'eau, il en résulte des sources d'eau gazeuse comme celle de Selters.

On peut penser que les mofettes sont le produit de l'action oxydante de l'air sur des émanations d'hydrocarbures, ce qui les rattacherait étroitement aux salses en faisant, des unes et des autres, le dernier terme de la décroissance des manifestations éruptives.

§ 3

GÉOTHERMIQUE. THÉORIE DES PHÉNOMÈNES ÉRUPTIFS

Définition de la géothermique. — Les actions internes que nous avons étudiées offrent ce caractère commun, qu'elles s'exercent en des points bien déterminés de l'écorce terrestre. Sans doute elles ont toutes pour principe l'énergie calorifique intérieure; mais rien ne nous autorise encore à faire dériver cette énergie d'un foyer unique et l'on pourrait, à la rigueur, imaginer qu'il existe, dans le globe supposé solide, autant de cavités distinctes, remplies de matières fluides à haute température, qu'il y a de centres d'activité volcanique ou thermale.

Pour déterminer laquelle des deux hypothèses doit être préférée, il importe de rechercher s'il ne se passe pas, dans l'écorce terrestre, quelque phénomène absolument général, propre à démontrer la continuité de la source de chaleur. C'est ce que nous allons vérifier en dirigeant notre attention vers un nouvel ordre de faits, dont l'étude forme, sous le nom de *Géothermique*, un des chapitres les plus intéressants de la science du globe.

Propagation de la chaleur dans le sol. Zone à température invariable. — Nous avons vu plus haut quel ensemble de conditions réglait, en chaque point, la température de l'air au-dessus de la terre ferme. Cette température, que partage la couche superficielle du sol en contact immédiat avec l'atmosphère, varie à tout instant, en raison de la hauteur du soleil et du jeu des saisons. Mais, pour peu qu'on s'enfonce dans le sous-sol, les variations de la chaleur sont lentes à se propager, les roches, meubles ou compactes, ayant en général une très

faible conductibilité calorifique. Ainsi, à Paris, l'influence d'un changement survenu dans la température de l'air ne devient sensible qu'au bout de *trente-huit jours* à travers une tranche de sol de *un mètre* d'épaisseur.

Il suit de là qu'à une certaine profondeur, variable en chaque lieu avec l'amplitude des oscillations annuelles de la colonne thermométrique, il existe une zone où les variations de la température ne peuvent plus se faire sentir et où, par conséquent, le thermomètre doit demeurer immobile, accusant toujours la *moyenne annuelle de l'air* au lieu correspondant. Cette invariabilité est réalisée à Paris pour une profondeur de 10 mètres, et c'est ainsi que, dans les caves de l'Observatoire, le thermomètre centigrade se tient constamment à 10°,8 au-dessus de zéro, moyenne de la température pour l'atmosphère parisienne depuis le moment où l'on a commencé à l'observer régulièrement. Sous l'équateur, où les saisons sont à peine marquées, la couche de température constante se rencontre à peu près à 1 mètre de profondeur. Mais plus on remonte vers les cercles polaires et plus il faut l'aller chercher loin de la surface.

Augmentation de la chaleur avec la profondeur. — S'il n'existait aucune source de chaleur à l'intérieur du globe, la température, à partir de la couche invariable, devrait être constante jusqu'au centre. Il n'en est pas ainsi, et l'expérience des mineurs a depuis longtemps établi que plus on descend, plus la température s'élève, dans des proportions que ni la combustion des lampes, ni la respiration des ouvriers, ni les réactions chimiques admissibles ne sauraient expliquer. Ce résultat est absolument général. Il n'est pas une excavation profonde qui n'en fournisse la démonstration, non seulement près des volcans, mais à des milliers de kilomètres de tout centre éruptif. Le fait se vérifie jusque sous le sol glacé des plaines de la Sibérie, dans les environs d'Iakoutsk, dont la moyenne annuelle est de 10° *au-dessous de zéro*, et où les puits finissent par rencontrer, à 125 mètres de la surface, une zone qui permet l'existence de l'eau à l'état liquide. L'eau des puits artésiens de Paris jaillit, d'une profondeur de 600 mètres, avec une température de 28 degrés centigrades et, pendant le percement du souterrain du Saint-Gothard, le thermomètre, qui

marquait 10 degrés aux extrémités, montait au milieu, sous une épaisseur de 1700 mètres de terrain, à 30°,8, tandis qu'au mont Cenis, sous une verticale de 1600 mètres il avait atteint 30°,1.

Degré géothermique. — Le fait de l'augmentation de la chaleur avec la profondeur étant ainsi universellement constaté, il reste à voir à quelles règles obéit cet accroissement.

Si l'on appelle *degré géothermique* la distance verticale qu'il faut parcourir pour que le thermomètre monte de 1 degré centigrade, on trouve, à la suite d'un premier examen des résultats fournis par un grand nombre de mines, que la valeur de ce degré varie d'une mine à une autre et qu'elle oscille depuis un minimum de 16 mètres jusqu'à un maximum de 118 mètres, la moyenne se tenant habituellement entre 42 et 55 mètres. D'autre part, les sondages artésiens, pour des profondeurs atteignant 600 mètres, donnent des résultats à la fois plus faibles et beaucoup plus concordants, presque toujours compris entre 30 et 32 mètres.

De telles différences n'ont rien qui puisse étonner. En effet, le mode de propagation de la chaleur dans l'écorce terrestre doit varier avec la nature et la porosité des roches, avec l'inclinaison des couches et leur état de dislocation, qui permet tantôt la descente des eaux froides de la surface, tantôt l'accès des eaux ou des vapeurs chaudes venant de l'intérieur. Il n'y a donc pas lieu de s'arrêter à ces variations de détail, dont l'importance s'efface absolument devant le résultat des expériences décisives exécutées, avec toutes les précautions convenables, à l'occasion des deux sondages les plus profonds qui aient encore été entrepris. Nous voulons parler du sondage de Sprengberg, près de Berlin, poussé à 1267 mètres de la surface, et de celui de Schladebach, non loin de Leipzig, dont la profondeur a dépassé 1700 mètres.

Le premier a donné une température au fond de 48°,1 et, dans le second, à 1656 mètres, le thermomètre s'est tenu à 55 degrés centigrades.

Il est donc permis de dire que, aussi loin qu'on soit descendu, *la température ne cesse de croître régulièrement*. En outre, le taux moyen de cet accroissement, lorsqu'on part d'une

altitude voisine du niveau de la mer, s'exprime par un degré géothermique compris entre 32 et 37 mètres.

Hypothèse du noyau igné. — Or il ne s'agit plus ici d'un échauffement local, qu'il soit loisible de rapporter à une cause accidentelle. C'est toute l'écorce terrestre qui se montre ainsi le siège d'un *échange incessant et régulier de chaleur entre les couches profondes et les couches extérieures*. Les données expérimentales que nous venons d'enregistrer nous autoriseraient, à la rigueur, à calculer la profondeur pour laquelle la température atteindrait le degré nécessaire à la fusion de toutes les roches, et nous trouverions que cette profondeur n'est vraisemblablement qu'une très petite fraction du rayon terrestre. Mais cela même n'est pas nécessaire. Il nous suffira de constater que l'échange observé nécessite l'existence d'un noyau à température élevée et que la provision de chaleur de ce noyau doit être telle qu'elle puisse lutter avec efficacité contre le refroidissement de l'espace, alors que la chaleur solaire, réduite à ses seules forces, ne pourrait entretenir à la surface du globe qu'une température *moyenne* d'une *quinzaine* de degrés. De plus, comme cette source interne, d'après ce que nous savons de l'ancienneté de l'écorce, doit suffire à sa tâche depuis un nombre incalculable de siècles, le bon sens commande de la chercher dans un vaste réservoir de matières, à très haute température, que l'écorce solide défend contre le rayonnement, absolument comme la croûte scoriacée d'une coulée de lave lui permet quelquefois de garder sa chaleur pendant des années.

Ce réservoir représenterait le reste de l'énergie calorifique, emmagasinée à l'origine dans la masse brillante de notre planète, alors que, selon la belle conception de Laplace, elle venait de se détacher de la nébuleuse solaire, avec laquelle jusqu'alors elle avait été confondue. On pourrait le considérer comme un bain de matières métalliques, où dominerait le fer, et qui tiendrait en dissolution des gaz réducteurs, tels que les composés hydrogénés du soufre et du carbone. Ainsi s'expliquerait la forte densité du globe, égale à plus de trois fois le poids spécifique moyen des matières de l'écorce superficielle, et il serait également permis d'y trouver la justification du

magnétisme de notre planète. Ajoutons que les météorites, qui sont considérées comme des fragments de matière planétaire, se montrent riches en fer, natif ou combiné au soufre, au phosphore, même au carbone; enfin que les comètes laissent reconnaître au spectroscope la flamme des hydrocarbures, ce qui, par analogie, semble justifier l'hypothèse qui vient d'être exposée relativement à la constitution du noyau.

Explication des phénomènes volcaniques. — Si l'on adopte cette manière de voir, rien n'est plus simple que l'explication qu'on en tire pour les phénomènes volcaniques. On se représente sans peine, sous la croûte solide, la masse ignée, qui peut-être est pratiquement solide à cause de la pression qu'elle supporte, mais qui reste capable de reprendre l'état liquide si la pression vient à diminuer. Dans ce cas, la masse ignée devient le siège de réactions incessantes, et notamment de dégagements gazeux, qui doivent la faire monter à travers les fissures de l'enveloppe et l'amener au jour dans les parties disloquées, lesquelles correspondent aux rides de l'écorce les mieux accentuées, et coïncident pour ce motif avec les rivages maritimes. Ainsi se détachent du réservoir commun, pour cheminer, désormais isolées, dans les sillons intérieurs de la croûte, des colonnes liquides destinées à s'épancher sous la forme de laves, et cela d'autant plus aisément que les fissures demeureront mieux ouvertes. De temps en temps, les gaz emprisonnés dans ces nappes atteignent une tension suffisante pour provoquer de violentes explosions: d'autres fois, au contraire, comme aux îles Sandwich, les matières sont assez fluides pour que les cheminées ne s'obstruent pas, et alors l'ascension de la lave est continue et exempte de phénomènes explosifs.

On a pensé plus d'une fois que l'intervention de la mer était nécessaire pour expliquer les paroxysmes, dont chacun résulterait d'une vaporisation subite des eaux marines, arrivant par quelques fissures au contact de la masse ignée. Mais il semble qu'on puisse aisément se passer de cette hypothèse. Nombre de volcans, parmi les plus actifs, sont éloignés de la mer de plus de *deux cents kilomètres*, et l'on se figure mal les eaux océaniques parcourant une telle distance, à travers des canaux étroits et sinueux, en quantités suffisantes pour provoquer une

explosion. Quand, de plus, aux îles Sandwich, on voit la lave bouillante se maintenir constamment à une grande hauteur, dans un massif entièrement volcanique, situé en plein océan et où les preuves abondent d'une facile communication avec la mer, *sans que jamais il se produise une seule explosion*, il doit paraître évident que l'ascension des laves n'a pas besoin du secours des eaux marines. La provision des gaz dissous dans le réservoir interne suffit à expliquer les violents dégagements de vapeurs qui accompagnent certaines éruptions, d'autant mieux que l'expérience des laboratoires, par exemple celle du *rochage* qui se produit dans la coupellation de l'argent, montre que les gaz retenus par un métal en fusion tendent à se dégager par saccades, au moment où une première croûte est déjà formée.

Réponse à quelques objections. — On a soutenu plus d'une fois, au nom des mathématiques, l'impossibilité de l'existence d'un noyau liquide à l'intérieur de notre planète. Tantôt on s'est fondé sur certaines données astronomiques, dont la valeur serait différente, affirmait-on, si le globe était en majeure partie liquide. Tantôt on a invoqué l'aplatissement terrestre, trop considérable, au dire de quelques-uns, pour l'hypothèse en question. Tous ces calculs sont obligés d'accepter, pour point de départ, des données numériques établies par des expériences de laboratoire et dont il est illégitime d'étendre la signification à une masse telle que notre terre. Parmi ces données, les unes s'appliquent à des liquides parfaits, qui ne peuvent rien avoir de commun avec le mélange de métaux et de gaz dont se composerait le noyau; les autres concernent des solides plus ou moins homogènes et élastiques, auxquels la croûte terrestre n'est en rien comparable. Aussi pensons-nous que ces objections théoriques (dont quelques-unes ont déjà dû être abandonnées par leurs auteurs) ne sauraient prévaloir contre le témoignage de tant de faits, en faveur de l'existence d'une source d'où dérivent les énergies calorifiques internes. Elles perdent d'ailleurs toute leur force, si l'on admet que la pression imprime aux matières ignées, malgré leur température, un état *pratiquement* équivalent à la solidité.

§ 4

MOUVEMENTS DE L'ÉCORCE TERRESTRE.

Conséquences de la chaleur interne. — Si l'écorce terrestre n'est qu'une enveloppe, entourant une masse ignée qui, de temps en temps, s'épanche au dehors, il est impossible que la position de la croûte soit stable. Des affaissements doivent se produire, formant la contre-partie de la sortie des laves. De plus, le noyau doit se refroidir et se contracter peu à peu, faisant naître, dans l'écorce devenue trop large, une tendance au *ridement* qui se manifestera, sur certains points, par la formation de bourrelets et de fissures, sur d'autres par des effondrements.

Toutefois, si la structure du globe atteste, comme nous le verrons plus tard, que des mouvements de ce genre se sont souvent répétés à travers les âges, nous ne devons pas nous attendre d'une manière absolue à trouver, parmi les phénomènes actuels, la vérification de ces inductions. En effet, la déperdition de la chaleur interne, au point où elle est aujourd'hui parvenue, marche avec assez de lenteur pour ne produire des effets appréciables qu'au bout d'un temps très long. De plus, la terre ayant 510 millions de kilomètres carrés de surface, un affaissement général de *un millimètre*, totalement insensible par lui-même, suffirait à contre-balancer la sortie de 510 *kilomètres cubes* de laves, quantité comparable à tout ce qui a pu être rejeté par les volcans depuis les temps historiques.

Dès lors il est logique d'admettre que nous traversons une de ces périodes d'équilibre, où l'écorce ne peut être affectée que de mouvements insignifiants. Sous cette réserve, nous allons passer en revue les phénomènes de ce genre qui peuvent s'offrir à l'observation.

Tremblements de terre. — En divers points du globe, la croûte solide se montre plus ou moins fréquemment agitée de frémissements, en général très courts, caractérisés par l'état de trépidation du sol et que, pour ce motif, on nomme *tremblements de terre*. Ces mouvements se traduisent, à la surface,

quelquefois par des ondulations, plus souvent par des *secousses*, parfois assez fortes pour entraîner la ruine des édifices et le crevassement du sol, bien que leur durée puisse ne pas dépasser quelques secondes.

Les plus grandes catastrophes de ce genre que l'histoire de l'Europe ait enregistrées sont celles de 526, où 120 000 personnes au moins périrent sur le littoral méditerranéen, et de 1693, où un tremblement de terre, survenu en Sicile, coûta la vie à 60 000 habitants. Les secousses qui détruisirent Lisbonne en 1753 firent 30 000 victimes. A Casamicciola, dans l'île d'Ischia, le 28 juillet 1883, dix secondes suffirent pour amener la destruction de 1200 maisons et causer la mort de plus de 2300 personnes.

Dislocations du sol causées par les phénomènes volcaniques. — Assez souvent, notamment en Calabre, des crevasses béantes se forment dans le sol à la suite de ces ébranlements;

quelquefois aussi une portion de terrain se soulève ou s'abaisse d'une manière durable. C'est ainsi qu'en Italie, près de Pouzzoles, le sol du temple de Sérapis, construit par Marc-Aurèle, a subi, sans doute lors de l'éruption de 4498, un affaissement local, par suite duquel les colonnes se sont trouvées immergées au moins sur 6 m. 50. Pendant plus de 300 ans cette immersion a persisté, peut-être avec quelques oscillations, si bien que les mollusques *lithophages*, ceux qui vivent à la surface de l'eau, en pratiquant des logements dans les roches du rivage, ont pu cribler le fût des colonnes, sur 3 mètres de hauteur, de leurs incisions caractéristiques (fig. 20). Puis le sol s'est relevé et aujourd'hui le pavé du temple est seul baigné par l'eau. Plusieurs faits du même genre, mais toujours localisés, ont été signalés sur la côte du Chili ainsi que dans l'Inde.

Seulement il n'est pas du tout prouvé que les déplacements

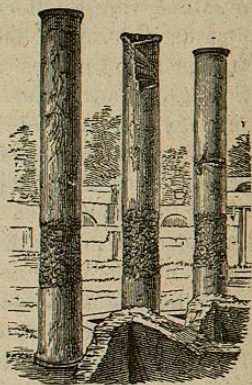


Fig. 20. — Les colonnes du temple de Sérapis.

verticaux alternatifs, comme celui dont les colonnes de Pouzoles portent la trace, soient le résultat de phénomènes mécaniques brusques. Il est fort possible que des nappes de lave, injectées souterrainement dans les profondeurs du terrain, subissent dans leur volume des variations qui doivent déterminer, tantôt le soulèvement en masse, tantôt l'affaissement du sol qu'elles supportent.

Propagation des secousses. — Divers systèmes ont été imaginés en vue de déterminer le mode de propagation des secousses ou *mouvements sismiques*, et l'on est arrivé à dresser, pour chaque tremblement de terre, des cartes qui rendent sensible aux yeux le développement progressif du phénomène. Le résultat de ces constatations a été de montrer que les tremblements de terre sont des vibrations du sol, déterminées par un ébranlement initial survenu au-dessous de la surface et se propageant comme tous les mouvements vibratoires, c'est-à-dire avec une vitesse influencée par la nature des terrains et leur état de dislocation. En arrivant à la mer, la vibration s'y transmet suivant les lois ordinaires de l'ébranlement des liquides, et une vague immense, dite *vague de translation*, se propage à travers toute la masse océanique. Sa vitesse, variable avec la profondeur d'eau, oscille entre 150 et 300 mètres par seconde dans le Pacifique; tandis que, sur la terre ferme, la vitesse de propagation des vibrations ou *ondes sismiques* peut atteindre 800 mètres, les solides transmettant les ébranlements beaucoup mieux que ne font les liquides.

Recherche des causes des tremblements de terre. — Il reste maintenant à déterminer la cause de ces ébranlements. Pour y arriver, nous commencerons par laisser de côté tous ceux qui peuvent s'expliquer par des circonstances purement locales; par exemple les tremblements de terre produits, dans les pays accidentés, comme la Suisse, par le changement d'assiette de certains massifs de terrain, quand les infiltrations ont délayé ou dissous les couches (argile, sel, gypse, etc.) qui leur servaient de support. Nous négligerons également les désordres occasionnés, dans le voisinage immédiat des volcans, par la violence des éruptions, désordres dont la cause est suffisamment visible.

Cela posé, les grands tremblements de terre, ceux qui affectent des étendues de pays considérables, se montrent souvent tout à fait indépendants de l'action volcanique, tandis que leur mode de propagation est lié aux accidents principaux du relief, tels que les montagnes et les lignes de dislocation. Aussi plus d'une fois a-t-il paru naturel de les considérer comme l'indice de mouvements généraux du sol, déterminés par le défaut d'équilibre de la croûte, de telle sorte qu'il y faudrait voir les phénomènes précurseurs des mouvements *orogéniques*, c'est-à-dire de ceux qui sont destinés à se résoudre dans la formation de chaînes de montagnes.

Faible profondeur des centres d'ébranlement. Nature des secousses et des bruits souterrains. — Nous devons reconnaître cependant que, jusqu'ici, l'observation n'a fourni aucune preuve en faveur de cette manière de voir. Nulle part, à la suite d'un grand phénomène sismique, on n'a constaté de modifications survenues dans l'altitude des points de la surface.

En outre, toutes les fois que, par l'étude de la direction et de l'inclinaison des crevasses, on a pu se faire une idée de la profondeur à laquelle avait dû se produire l'ébranlement initial, on a trouvé, d'une part, que ce premier centre de vibration semblait se réduire à un point (ou du moins à un espace très circonscrit), d'autre part, que sa profondeur variait habituellement entre 5 et 20 kilomètres, sans dépasser jamais le chiffre de 48. En d'autres termes, l'impulsion initiale partirait toujours d'un centre unique, situé à une distance de la surface très inférieure à celle où il faudrait descendre pour atteindre la nappe ignée interne. Enfin en étudiant, à l'aide d'appareils appropriés, le mécanisme des secousses et la nature des bruits qui les accompagnent, on a toujours été frappé de la très grande analogie de ces phénomènes avec ceux qui caractérisent les explosions.

Conclusion. — En résumé, l'hypothèse qui concorde le mieux avec les faits observés consisterait à regarder les tremblements de terre comme des vibrations occasionnées, dans l'écorce terrestre, par des explosions intérieures. On peut penser que les gaz émanés du noyau igné, ou du moins des parties de ce noyau qui montent dans les sillons intérieurs de

l'écorce, parviennent, en certains points, à s'échapper dans des fissures, sans pouvoir arriver jusqu'à la surface, de telle sorte que leur force vive achève de se dépenser dans un violent effort contre les parties superficielles de l'écorce, qu'ils n'ont pas réussi à traverser. On comprend de cette façon que les phénomènes sismiques soient surtout fréquents dans les pays de montagnes, c'est-à-dire dans les régions disloquées, où abondent les fentes, tandis que les grandes dépressions et les pays de plaines, comme la Russie et l'Allemagne du Nord, en sont habituellement exempts.

Déplacement des lignes de rivage. — Si l'expérience directe est ainsi muette, jusqu'à présent, à l'égard des mouvements orogéniques brusques, ne peut-on du moins constater de lentes oscillations de l'écorce? Il est certain que, sur plus d'un point, les rivages maritimes subissent des changements, que ces variations ont un caractère local, qu'elles se produisent sans régularité et que les symptômes d'émersion semblent quelquefois alterner, sur une même côte, avec ceux de submersion. Dès lors, au lieu de faire intervenir des changements de niveau de la nappe océanique, qui paraîtraient devoir se produire partout dans le même sens, n'est-il pas naturel d'y voir la preuve de mouvements partiels de l'écorce, se traduisant, grâce à l'invariabilité du niveau de l'océan, par des déplacements en sens contraires dans les lignes de rivages?

Ainsi l'on admet assez généralement que le sol des Pays-Bas s'affaisse et qu'en Scandinavie une sorte de mouvement de bascule se produit, par suite duquel le fond du golfe de Bothnie se relève, tandis que la partie méridionale de la Suède tend à se laisser envahir par les eaux.

Interprétation des faits observés. — Toutefois la signification des faits observés n'est pas toujours aussi nette qu'on pourrait le croire après un premier examen. Dans les contrées comme la Hollande, que de grands fleuves ont anciennement conquises sur la mer, le tassement naturel du sol suffit à expliquer l'affaissement qu'on y remarque. Le régime des courants marins peut d'ailleurs changer, ainsi que la violence des vagues, pour des causes encore mal connues, et rendre périlleuse la situation de côtes auparavant moins exposées aux

assauts de l'océan. De cette manière, l'invasion relativement récente de la mer dans la baie du mont Saint-Michel, par exemple, pourrait se justifier par un progrès constant de la force des grandes marées, sans que le sol se fût réellement affaissé. D'autre part, certaines conquêtes de la terre ferme, comme celles qui ont eu lieu depuis quelques siècles sur le littoral charentais, sont simplement le résultat du progrès des alluvions apportées par les fleuves.

Enfin le niveau de la mer est sujet lui-même à des variations d'une certaine amplitude. Tantôt les glaces polaires, en fondant, diminuent la salure et, par suite, la densité de l'eau marine avoisinante, et celle-ci, pour continuer à faire équilibre aux eaux plus salées des latitudes inférieures, est forcée d'élever son niveau d'une quantité correspondante. Tantôt les glaces continentales, par l'excès de masse qu'elles apportent sur les régions où elles viennent s'accumuler, peuvent augmenter, en vertu des lois de la gravité, l'attraction locale de ces dernières sur les océans voisins, dont elles relèvent les bords d'une manière appréciable, et dans une proportion qui varie avec l'épaisseur des neiges et des glaces. Tantôt enfin une mer intérieure, comme la Caspienne ou la Baltique, subit, par suite de l'inégalité de l'apport des fleuves, des variations de niveau qu'on imputerait bien à tort à un mouvement du sol.

Ces considérations, en partie nouvelles, exigent qu'on apporte désormais une grande prudence dans l'interprétation des *mouvements relatifs* de la terre ferme et de l'océan. Nous ne nions pas qu'il puisse se produire, à l'heure qu'il est, des mouvements lents dans l'écorce, par exemple par suite de la dilatation en masse d'une région qui, longtemps couverte par les glaces et ainsi maintenue à une température constante, se trouve, après la disparition de son manteau glaciaire, exposée de nouveau au rayonnement dans l'espace. Mais ce n'est pas là, suivant nous, qu'il convient de chercher la cause des changements, beaucoup plus brusques et plus tranchés, que le relief du globe a subis aux diverses époques géologiques. Nous vivons actuellement dans une phase d'équilibre, et l'homme ne paraît avoir été jusqu'ici le témoin d'aucun de ces mouvements accentués par lesquels la géographie terrestre a été tant de fois affectée.