

forment ce qu'on nomme des *scories*. D'autres portions sont réduites en une poudre impalpable. La chute des diverses matières rejetées autour de l'orifice d'éruption donne naissance à un monticule conique, dans lequel les dépôts successifs de débris de minerais fondus et de scories forment, autour d'un axe central, des couches plongeant vers tous les points de l'horizon. Le passage continu des vapeurs et des gaz produit, au milieu de ce monticule, une ouverture qu'on nomme *cratère*. La lave, dans quelques circonstances, se répand par-dessus le bord de ce cratère, et, en tombant sur les flancs du cône, en augmente l'épaisseur; d'autres fois elle occasionne une rupture dans l'un des flancs de la colline, et alors elle s'échappe par sa base sous forme de coulées.

Nous allons actuellement faire connaître, d'après M. Lyell, les principales roches volcaniques.

Basalte. — Le pyroxène domine dans le basalte. On donne généralement le nom de basalte à toutes les roches de trapp à texture uniforme et compacte, de couleur noire, bleue ou gris de plomb. Pris dans le sens le plus rigoureux, le basalte consiste en un mélange intime de pyroxène, de feldspath et d'oxide de fer, auquel est joint souvent de l'olivine. L'oxide de fer que contient le basalte est magnétique, et souvent accompagné de titane. Quant aux deux minéraux qui entrent dans sa composition, c'est le pyroxène qui domine; le feldspath ne s'y trouve qu'en proportion moindre. Plusieurs des roches trappéennes à grains fins et de couleur foncée, désignées comme basalte, contiennent de l'amphibole au lieu de pyroxène. Le basalte renferme encore d'autres minéraux, et peut passer insensiblement à presque toutes les variétés de trapp, telles, entre autres, que le grunstein, la phonolite et la wacke.

Grunstein. — On donne ce nom à une roche granulaire, composée d'amphibole et de feldspath imparfaitement cristallisé; le feldspath s'y trouve en plus grande abondance que dans le basalte, et les grains ou cristaux des deux minéraux y sont distincts. Ce nom s'applique encore à la roche dans laquelle le pyroxène est substitué à l'amphibole ou à celle que l'on désigne quelquefois par le nom d'Andésite, et dans laquelle l'albite remplace le feldspath commun.

Grunstein syénitique. — Cette roche est composée de feldspath et d'amphibole, ayant une texture granitoïde, et étant quelquefois accompagnés de quartz. Cette roche passe souvent au granit, et souvent aussi au trapp ordinaire.

Trachyte. — On donne ce nom à une roche porphyrique d'une couleur blanchâtre, composée principalement de feldspath vitreux, avec des cristaux de ce même minéral, et renfermant ordinaire-

ment de l'amphibole et du fer titanifère. Sous le rapport de la composition, il diffère du basalte, qui est une roche pyroxénique, tandis que le trachyte est une roche feldspathique. Il est rude au toucher, d'où lui est venu le nom de *τραχυς*, *trachus*, rude. Quelques variétés de trachyte contiennent des cristaux de quartz.

Porphyre. — On donne ce nom à une roche caractéristique des formations volcaniques. Lorsque des cristaux distincts, soit d'un seul minéral, soit de plusieurs minéraux, sont disséminés dans une base terreuse ou compacte, la roche prend le nom de porphyre.

Amygdaloïde. — On donne ce nom à une autre structure de roche ignée, dont la composition varie à l'infini. On l'applique à toutes les roches à base de basalte, de grunstein ou de toute autre sorte de trapp, dans lesquelles sont disséminés des noyaux en forme d'amandes de quelque minéral, tel que l'agate, la calcédoine, le spath calcaire, ou la zéolite. Son nom dérive du grec *amygdala*, amande. L'origine de cette structure peut être suivie à la trace dans les laves modernes, où l'on distingue des cellules qui, produites par des bulles de vapeur renfermées dans la matière fondue, se sont, après ou durant la consolidation, remplies peu à peu de matière détachée de la masse. Ces bulles ayant quelquefois été allongées par la coulée de la lave avant son entier refroidissement, il s'ensuit que le contenu des cavités a la forme d'amandes.

Scories et Ponce. — Ces deux substances sont rangées parmi les roches poreuses produites par l'action des gaz sur les matières fondues dans les volcans. Les *scories* sont noires ou d'un brun rougeâtre; elles constituent l'écume des laves basaltiques ou pyroxéniques. La *Pierre ponce* est généralement connue: c'est une substance légère, spongieuse, résultant de l'action des gaz sur les laves trachytiques et autres.

Lave. — Ce mot a été appliqué indifféremment à toutes les matières fondues qui sortent d'orifices volcaniques, sous forme de courants. Quand ces matières se consolident à l'air, la partie supérieure est ordinairement sous forme de scories; mais la lave acquiert une texture de plus en plus pierreuse, à mesure que l'on approche des couches inférieures ou proportionnellement à la lenteur avec laquelle elle s'est refroidie, et au degré de pression sous lequel ce refroidissement a eu lieu.

Non seulement les laves compactes sont souvent porphyriques, mais la partie scoriacée elle-même contient quelquefois des cristaux imparfaits, qui, provenant de roches anciennes, dans lesquelles ils préexistaient, doivent à leur nature plus infusible que ces roches de n'avoir pas été fondus avec la masse.

La dénomination de lave n'appartient à la matière fondue que

lorsqu'elle a coulé soit en plein air, soit sur le lit d'un lac ou de la mer. Quand, au lieu d'atteindre la surface, cette matière ne fait que s'introduire, par voie d'injection, dans des fissures souterraines, elle retient le nom plus général de trapp.

Les laves doivent naturellement offrir dans leur composition toutes les variétés du trapp; ainsi, les unes sont trachytiques, comme celles du pic de Ténériffe; d'autres, telles que celles du Vésuve et de l'Auvergne, sont basaltiques; quelques unes des laves les plus modernes du Vésuve consistent en pyroxène vert; et la plupart des laves de l'Etna sont formées de pyroxène et de feldspath-labrador, comme l'a prouvé M. G. Rose.

Trapp-tuf, tuf volcanique. — On donne ce nom à la poussière des scories et des ponces, et à de petits fragments de ces mêmes substances, rejetés en dehors par les phénomènes volcaniques. Les tufs abondent dans toutes les régions qui renferment quelque volcan actif, là où des ondées de ces matières, mélangées avec de petits fragments d'autres roches vomis par le cratère, tombent sur le sol ou dans les profondeurs de la mer. Lorsque c'est dans la mer que tombent ces matières, souvent elles s'y mêlent à des coquilles et se stratifient régulièrement. Ces tufs sont quelquefois unis par un ciment calcaire, et forment une pierre susceptible d'un beau poli.

Quand les fragments des tufs agglutinés sont grossiers, la roche prend le nom de *brèche volcanique*. Les *conglomérats tufacés* résultent du mélange de fragments roulés provenant de roches volcaniques et de tuf.

Il existe encore un grand nombre de variétés de trapp ou de roches volcaniques; mais les bornes de cet ouvrage ne nous permettent pas de les décrire.

Théorie des volcans. — On a beaucoup discuté sur la théorie des volcans; l'espace nous manque pour exposer convenablement les opinions des savants sur ce sujet difficile; nous nous bornerons à comparer la terre à une immense chaudière contenant dans son intérieur des matières embrasées et des gaz comprimés qui tendent à s'échapper avec une grande puissance; cette comparaison étant admise, les volcans seraient les fissures naturelles de cet immense réservoir. On a calculé la force dont doivent être animées les matières qui sont vomies par les volcans. On peut y arriver en prenant en considération la hauteur des cratères des volcans et la densité des produits lancés dans les airs. Ainsi le cratère de l'Etna est à 3,300 mètres au-dessus des mers, le pic de Ténériffe à 3,710, le sommet de l'Antisana à 5,833. On peut calculer en pressions atmosphériques le poids de la colonne des laves que la force intérieure a dû soutenir pour la déverser à ces hauteurs. Si cette colonne eût

été de l'eau, ce liquide se tenant à 40 m., 5 par la pression atmosphérique, il faudrait plus de 300 atmosphères pour le soutenir au sommet de l'Etna, plus de 350 au pic de Ténériffe, plus de 550 à l'Antisana. Mais le poids spécifique des laves, du moins à l'état solide, étant entre 2 et 3, il a fallu pour l'Etna entre 600 et 900 atmosphères, pour l'Antisana près de 1500, pour élever les laves à la hauteur à laquelle on les observe.

Classification des volcans. — M. de Buch divise les volcans en *volcans centraux* et en *chaines volcaniques*. On distingue encore les *volcans éteints* et les *volcans en activité*; les plus remarquables parmi ces derniers sont ceux de l'Amérique méridionale. Les uns s'étendent au sommet des Andes, sur une ligne de près de 1500 myriamètres dirigée dans le sens du continent; les autres forment dans le Mexique des lignes qui, au contraire, traversent le continent de l'est à l'ouest. En Europe, on remarque principalement l'Etna, le Vésuve et le Stromboli dans le royaume des Deux-Siciles; en Afrique, les volcans des îles Canaries et de l'île de Bourbon, et en Asie ceux du Kamtschatka et des îles de la Sonde. Les volcans en activité sont très abondants dans l'Océanie. En résumé, M. Ordinaire compte 205 volcans brûlants, dont 407 sont dans les îles, et 98 sur les continents, mais en général à de petites distances des mers.

Ce nombre est certainement de beaucoup inférieur à la réalité, car on a également signalé des volcans dans l'intérieur soit de l'Asie, soit de l'Afrique.

DÉNUDATIONS. — Parmi les phénomènes géologiques de l'époque actuelle, un de ceux dont il est le plus facile d'apprécier l'influence dans toutes les localités montagneuses, c'est la dénudation déterminée par l'influence des agents extérieurs sur la croûte du globe. Tout le monde a pu remarquer que les cimes escarpées des roches les plus dures peuvent être incessamment attaquées par les efforts combinés du froid, de la chaleur, de l'eau, de la foudre, des vents, etc. Le granite lui-même ne résiste pas à ces causes puissantes et incessantes de dégradation. Chacun a pu voir que les côtes escarpées de nos montagnes tendent toujours à se dénuder, soit par toutes les causes réunies que nous venons d'énumérer, soit par l'une d'elles en particulier. On donne en géologie le nom de *Dénudation* à l'enlèvement de matières minérales, soit par l'eau des rivières ou des torrents, soit par les courants marins.

Parmi les phénomènes qui attestent de la manière la plus frappante les vastes étendues mises à découvert par la force érosive des eaux, on peut citer les vallées sur les deux flancs desquelles les mêmes strates se suivent dans le même ordre, et offrent la même

composition minéralogique, en même temps qu'elles renferment les mêmes fossiles.

Après un examen attentif, on ne peut mettre en doute qu'à l'origine les strates aient été primitivement continues; et il reste évident que si elles ont cessé de l'être, c'est qu'il est survenu quelque cause capable d'entraîner les parties qui jadis unissaient la série tout entière. Un torrent qui s'échappe en suivant la pente d'une montagne suffit pour produire des effets analogues à ceux que nous observons. L'homme lui-même, par ses travaux, peut donner lieu à des phénomènes semblables: ainsi, lorsque l'abaissement d'une route nécessite des tranchées artificielles dans le sol, on voit les lits que ces travaux mettent à découvert se correspondre exactement des deux côtés des ouvertures, comme elles se correspondent sur les deux bords d'un torrent. Dans la nature, ces apparences se présentent souvent dans des montagnes hautes de plusieurs centaines de mètres, et séparées les unes des autres par des espaces de plusieurs lieues d'étendue, tant avaient de puissance les causes qui ont produit ces dénudations.

ALLUVIONS. — On emploie dans les descriptions géologiques les mots *alluvium* et *diluvium* par opposition aux mots *strates régulières*, ou *roches en place*.

La surface du globe offre, en général, une couche de terre végétale, laquelle doit son origine, en partie, à des débris de plantes. Quelquefois il arrive qu'immédiatement au-dessous de cette terre végétale se présentent les roches régulières stratifiées ou non stratifiées, propres à la région qu'on connaît: mais le plus ordinairement on rencontre entre la première couche et ces roches, sinon une masse d'alluvion, du moins une certaine quantité de fragments brisés et angulaires provenant de la roche sous-jacente. Ces fragments peuvent être attribués soit à l'influence atmosphérique, soit à la désagrégation de la pierre sur place, produite par les effets de l'air et de l'eau, du soleil et de la gelée, et par les décompositions chimiques, soit à la force expansive des racines d'arbres qui ont pu jadis prendre de la croissance dans de petites fissures du rocher. On peut admettre encore qu'à quelque époque ancienne, les vibrations des tremblements de terre aient eu assez de force pour briser une surface préalablement crevassée.

Le terrain *d'alluvion* diffère de celui dont il vient d'être parlé par sa composition, qui consiste non seulement en sable et en gravier, plus ou moins roulés et en partie locaux, mais souvent aussi en matières transportées d'une assez grande distance. Ce mot *alluvion* dérive *d'alluvio*, inondation, ou *alluo*, laver. Rarement le gravier qui constitue l'alluvion est consolidé; quelquefois il est divisé

en couches obliques et ondulées, qui indiquent les dépôts opérés successivement par les eaux; mais le plus ordinairement il n'offre aucune apparence de stratification, et ressemble, quant à la disposition, à un amas confus de gravier. Les alluvions sont répandues tantôt sur les couches inclinées, tantôt sur les couches horizontales. On le trouve plus communément dans les vallées; néanmoins il se rencontre aussi sur des plateaux élevés.

La surface inférieure d'un dépôt alluvien est conforme à toutes les inégalités de la roche sur laquelle elle repose.

Il n'est pas toujours facile d'établir une ligne de démarcation bien nette entre les roches *fixes*, ou strates régulières, et les dépôts d'alluvion. Lorsque le lit d'un torrent est mis à sec, on donne le nom *d'alluvion* au gravier, au sable et au limon qui restent dans son lit, ou aux matières quelconques que, durant ses inondations, il n'a pas répandues sur les plaines voisines. Les mêmes matières sont designées comme des strates régulières lorsque, transportées dans un lac ou dans la mer, l'eau y opère leur triage et les dispose en couches distinctes et ayant des caractères propres.

Lorsque, dans une formation analogue à celles dont on vient de parler, on rencontre des fossiles, la masse conserve la dénomination d'alluvienne, pourvu, toutefois, que quelque circonstance puisse indiquer le transport de ces fossiles au lieu où on les trouve. Mais si plusieurs d'entre eux, tels, par exemple, que des coquilles marines ou d'eau douce, semblaient avoir vécu et être morts à l'endroit où ils sont enfouis, le dépôt, alors, quoique consistant presque exclusivement en matières transportées, n'est plus considéré comme un dépôt alluvien, mais comme une formation régulière d'eau douce ou marine. On comprend sans peine qu'il doit y avoir des passages insensibles entre les dépôts d'alluvion et les dépôts réguliers, et il n'est pas toujours facile de les distinguer les uns des autres.

FORMATIONS MADRÉPORIQUES, RÉCIFS DE CORAIL. — C'est un des phénomènes géologiques de la période actuelle les plus importants, que celui de la formation des îles ou récifs de corail, qu'on observe dans un grand nombre de localités de l'océan Pacifique et dans les mers des Indes.

On pensait que des bancs géologiques considérables pouvaient s'élever des profondeurs des mers par l'intervention successive de ces polypiers; mais cette influence a été certainement exagérée. MM. Quoy et Gaimard, qui faisaient partie de l'expédition de M. de Freycinet, portèrent une attention particulière sur les îles et les récifs de corail qu'ils eurent l'occasion d'examiner; et il résulte de leurs observations que l'importance géologique de ces

îles et récifs avait été grandement exagérée. Loin d'admettre que les polypiers élèvent des masses de profondeurs considérables, ils pensent que ces animaux ne produisent que des incrustations de quelques brasses d'épaisseur. Dans les régions où la chaleur est constamment intense, et où les rivages sont découpés par des baies dans lesquelles les eaux sont tranquilles et peu profondes, les polypes saxigènes prennent un accroissement considérable en incrustant les roches inférieures. Les mêmes auteurs observent que les espèces qui produisent constamment les bancs les plus solides appartiennent aux genres *meandrina*, *caryophyllia* et *astrea*; mais surtout au dernier, et que ces genres ne vivant que près de la surface, ne se rencontrent plus au-dessous d'une profondeur de quelques brasses. Ils en tirent cette conséquence, qu'à moins qu'on n'attribue à ces animaux la faculté de vivre à toutes les profondeurs, sous toutes les pressions et à toutes les températures, il est impossible d'admettre qu'ils aient produit les masses qu'on leur a attribuées. Des considérations précédentes et de plusieurs autres, ils concluent que la disposition que présentent les îles et récifs de corail dépend des inégalités des masses minérales inférieures, et que le caractère circulaire de quelques groupes est dû à des cratères sous-marins.

On a, en effet, observé toujours des phénomènes volcaniques dans tous les lieux où l'on a signalé des îles de corail.

DÉPÔTS FORMÉS PAR LES SOURCES. PÉTRIFICATIONS. TRAVERTINS. — Les eaux des fontaines ne sont jamais pures; elles contiennent toujours des principes fixes en proportion plus ou moins grande; ce sont en général des sels de chaux, de magnésie, de soude, des carbonates, des sulfates et des chlorures. Quelques unes sont tellement chargées de ces substances qu'elles en laissent déposer des proportions assez considérables dans un long laps de temps. Ces dépôts sont essentiellement formés, soit de carbonate de chaux qui était tenu en dissolution à la faveur de l'acide carbonique, soit de silice; quoique cette substance soit très peu soluble, plusieurs sources thermales en contiennent une certaine quantité, comme le prouvent les dépôts siliceux des *geysers* en Islande. Sir George Mackenzie rapporte qu'on y trouve, à l'état fossile, des feuilles de bouleau et de saule, dont on distingue toutes les fibres; on y rencontre des graminées, des juncs et de la tourbe présentant toutes sortes de variétés de pétrification; on y voit aussi des dépôts d'argile contenant des pyrites, qui, en se décomposant, leur donnent de très belles couleurs. Les dépôts des *geysers* s'étendent jusqu'à environ un demi-mille dans diverses directions; et leur

épaisseur doit surpasser 4 mètres, à en juger d'après celles qu'ils présentent dans un escarpement près du grand geyser.

Le plus bel exemple de dépôts de ce genre que l'on connaisse jusqu'à présent se trouve dans le terrain volcanique de l'île de *Saint-Michel*, l'une des Açores. Le docteur Webster, dans la description qu'il donne des sources chaudes de Furnas, rapporte que leur température varie de 73° à 207 Fahr. (environ 23° à 97° centigrades), et qu'elles déposent des quantités considérables d'argile et de matière silicieuse, qui enveloppent et font plus ou moins passer à l'état fossile les herbes, les feuilles et les autres substances végétales qui se trouvent en contact avec elles: on peut observer ces végétaux à tous les états de pétrification. Le docteur Webster a trouvé des branches provenant de fougères qui croissent maintenant dans l'île, complètement pétrifiées et ayant la même apparence que celles qui sont en pleine végétation, si ce n'est, toutefois, que la couleur a passé au gris de cendre. On rencontre des fragments de bois qui sont plus ou moins transformés; et il existe un lit de 4 mètres d'épaisseur, entièrement composé des mêmes roseaux qui sont si communs dans l'île. Ils sont complètement minéralisés, et remplis vers le centre de chaque nœud de petits cristaux de soufre.

En France, à Paris, la fontaine d'Auteuil jouit de propriétés incrustantes, mais à un faible degré. C'est du Carbonate de chaux principalement, qui se dépose et obstrue les tuyaux de conduite. Les dépôts de la fontaine de Saint-Allyre, près Clermont, sont plus célèbres. On citait un pont formé par le dépôt de ces eaux qui, en 1754, avait 100 pas de long et 3 mètres d'épaisseur à sa base et près d'un mètre à sa partie supérieure.

Dans les Apennins, particulièrement près de la région volcanique de l'Italie méridionale, il n'est pas rare de rencontrer des Travertins déposés par des sources froides. Les célèbres cascades de Terni sont, comme on le sait, l'ouvrage de l'art: on les a formées en creusant, dans un ancien dépôt calcaire, un canal pour y introduire le *Velino*, qui maintenant tombe du haut d'un précipice dans la Néra, qui passe au-dessous. On observe sur le plateau supérieur un dépôt calcaire considérable qui s'est formé à une époque qu'on ne peut pas déterminer d'une manière certaine, mais qui probablement n'est pas antérieure à la période actuelle. L'eau, malgré sa vitesse, a un pouvoir érosif très faible, et le canal supérieur conserve toutes les traces du travail de l'art. La contrée environnante présente un grand nombre de dépôts calcaires formés par des sources chargées de Carbonate de chaux. L'explication que l'on donne ordinairement de ce phénomène paraît très probable.

On suppose que l'acide carbonique provient des régions volcaniques qui se trouvent au-dessous (à la surface il paraît qu'il en existe à peu de distance), et que l'eau chargée de gaz, traversant des couches calcaires, dissout du Carbonate de chaux autant qu'elle peut s'en saturer, et qu'elle le laisse ensuite déposer, lorsqu'au contact de l'air, où la pression est moindre, son excès d'acide carbonique vient à se dégager.

FORÊTS SOUS-MARINES. — Sur plusieurs points des côtes nord de la France et sur celles de l'Angleterre, on trouve dans le sol, dit M. de La Bèche, des amas de bois et autres végétaux qui paraissent être identiques avec ceux qui existent aujourd'hui dans la contrée. Ces amas se rencontrent à des niveaux inférieurs à celui des hautes mers; et il est impossible que ces végétaux aient pu croître tant que les hauteurs relatives de la mer et des côtes ont été telles que nous les voyons aujourd'hui. On a donné le nom de Forêts sous-marines à ces débris de bois et autres végétaux. On ne peut ordinairement les observer qu'à marée basse ou lorsque les vagues ont entraîné temporairement un banc qui bordait le rivage ou dégradé la côte dans un endroit peu élevé.

On a fait différentes hypothèses pour expliquer ce phénomène; mais celle qui l'attribue à un abaissement des côtes produit par des tremblements de terre ou des mouvements souterrains est celle qui s'accorde le mieux avec les observations particulières et avec tous les faits généraux de la géologie.

Corréa a montré que ces forêts sous-marines étaient composées de racines, de troncs, de branches et de feuilles d'arbres et d'arbrisseaux entremêlés de plantes aquatiques; dans plusieurs, les racines se trouvaient encore dans la position dans laquelle elles avaient poussé, tandis que les troncs étaient abattus. On distinguait des Bouleaux, des Sapins et des Chênes; mais les autres arbres étaient indéterminables. En général, le bois était altéré et comprimé; cependant on en a trouvé des pièces entières bien conservées, que les habitants de la contrée ont employées dans des constructions. Cet amas de végétaux repose sur une argile recouverte par plusieurs pouces de feuilles comprimées, dont quelques unes ont été regardées comme appartenant à l'*Ilex aquifolium*. On a aussi trouvé au milieu d'elles des racines de l'*Arundo phragmites*. Ces dépôts de débris de végétaux n'existent pas seulement sur la côte; ils s'étendent à de grandes distances dans l'intérieur du pays; de sorte que ce qu'on voit sur le rivage n'est qu'une coupe naturelle d'un dépôt qui occupe une surface considérable dans la contrée.

M. de La Bèche a observé deux Forêts sous-marines sur les côtes

de la Normandie, l'une à l'est des rochers des Vaches-Noires, et l'autre près de Sainte-Honorine, toutes les deux à l'embouchure des vallées.

TOURBIÈRES. — Il est un phénomène de dépôt qu'on peut facilement observer: c'est celui des Tourbières. On donne ce nom à des amas plus ou moins considérables de végétaux qui, déposés dans des fonds bas et marécageux, donnent lieu par leur décomposition lente à la formation d'une substance combustible connue sous le nom de *Tourbe*; cette matière est particulièrement formée aux dépens d'espèces qui vivent habituellement submergées, comme les Algues, les Conferves, etc., dont la masse est augmentée par les débris de Cypéracées et d'autres plantes aquatiques. On y trouve encore des débris d'arbres, tels que des Pins, des Sapins, des Frênes, etc., et des débris d'animaux vivant sur la terre, tels que des os de Chevaux, de Bœufs, de bois de Cerfs, etc.

On trouve en France des dépôts de Tourbe assez abondants, et particulièrement dans les vallées de la Somme, entre Abbeville et Amiens. La Hollande renferme également de vastes dépôts de Tourbe. Les Tourbières sont exploitées avec soin; elles forment un assez bon combustible. Il est quelquefois utile de carboniser les couches supérieures, qui ont une texture lâche et où l'on reconnaît facilement les débris de végétaux.

Application des notions précédentes à l'étude du mode de formation de la croûte du globe.

Les notions que nous avons précédemment exposées peuvent servir à nous montrer comment se sont formées les couches qui composent la croûte du globe. Si dans les phénomènes modernes nous apercevons des roches telles que les produits volcaniques qui ont une origine ignée; de même, en examinant les produits anciens, il est des roches auxquelles on ne peut refuser cette même origine ignée.

Si nous avons vu que les eaux et les êtres organisés qui les habitent tendent continuellement à modifier la surface du globe, de même, en étudiant son écorce, on aperçoit des traces profondes de ces modifications lentes, produites par les eaux et par les êtres organisés. Ainsi, des deux parts, ce sont les mêmes causes qui produisent les mêmes effets. En considérant d'une manière générale les terrains de cristallisation et de sédiments, cela deviendra plus clair.

TERRAINS DE CRISTALLISATION. — LEURS CARACTÈRES. — D'après l'examen des phénomènes modernes, nous avons prouvé l'existence de deux ordres de masses minérales: 1^o les masses

aqueuses, 2° les masses volcaniques. Si maintenant nous examinons quelque grande portion de continent, renfermant une chaîne de montagnes considérable, nous trouverons presque toujours deux autres classes de roches distinctes de celles formées par les causes actuelles, et qui ne peuvent être directement assimilées ni aux dépôts accumulés de nos jours dans les lacs ou dans les bas-fonds des mers, ni aux éruptions dépendant de l'action volcanique ordinaire. Les roches qui composent ces deux dernières divisions se ressemblent sous un point de vue très important; 1° elles sont cristallines; 2° elles manquent de débris organiques. Les unes sont appelées *plutoniques*; elles comprennent les granites et certains porphyres, qui, sous plus d'un rapport, peuvent être rapprochés des formations volcaniques. Les autres offrent une stratification évidente; elles comprennent le gneiss, le micaschiste, le schiste amphibolique, le marbre statuaire, les ardoises, etc.: on les nomme *roches métamorphiques*.

ROCHES PLUTONIQUES. — Les roches plutoniques et les roches volcaniques présentent une grande analogie d'origine. On a directement observé le passage de diverses sortes de granites à différentes espèces de roches volcaniques, et puis ensuite on a vu que certaines masses de granite poussaient des dykes et des veines dans les couches contiguës, à la manière, à très peu près, dont la lave pénètre les dépôts sédimentaires; les masses granitiques et les veines occasionnent alors des changements presque tout semblables à ceux qu'engendrent la lave et les produits volcaniques. Mais les roches plutoniques diffèrent essentiellement des roches volcaniques, non seulement par une texture plus cristalline, mais aussi par l'absence des tufs et des brèches. Elles en diffèrent aussi par l'absence des cavités cellulaires, auxquelles, dans la lave ordinaire, donnent naissance les gaz comprimés. D'après ces faits, on en a conclu que les granites ont été formés à de grandes profondeurs dans la terre; qu'ils se sont refroidis et ont cristallisé lentement sous une pression considérable qui empêchait les gaz comprimés de se dilater. Les roches volcaniques, au contraire, quoique sorties aussi de bas en haut et dans un état de fusion, se sont refroidies plus rapidement sur la surface, ou près de la surface. Cette supposition de la grande profondeur à laquelle se forment les granites leur a fait donner le nom de *roches plutoniques*, pour les distinguer des *roches volcaniques*.

Le granite, dans plusieurs localités, pénètre d'autres couches; mais jamais peut-être on ne l'a observé reposant sur ces couches comme s'il y eût été répandu. Les produits volcaniques, au contraire, sont toujours ainsi disposés.

ROCHES MÉTAMORPHIQUES. — La quatrième grande division de roches comprend les couches cristallines composées de gneiss, de micaschiste, de schiste argileux, de schiste chloritique, de marbre, etc. Elles ne contiennent ni galets, ni sables, ni scories, ni aucunes traces de corps organisés; elles sont souvent cristallines comme le granite, quoique divisées en couches et se rapprochant sous ce rapport des formations sédimentaires; de là vient qu'on les dit roches cristallines stratifiées. Suivant la théorie adoptée par M. Lyell, les matières qui composent ces couches furent originellement déposées par l'eau, sous la forme accoutumée de sédiment, mais elles furent ensuite altérées par la chaleur souterraine, de manière à prendre une texture toute spéciale. Certaines couches laissent apercevoir, près de leur point de contact avec des veines et des dykes de roches volcaniques, des altérations semblables à celles que pourrait produire une chaleur intense. Ces altérations ne s'offrent, dans ces couches volcaniques, que sur une échelle limitée; tandis que sous l'influence de ces circonstances plus puissantes, une modification pareille s'est exercée d'une manière beaucoup plus énergique dans le voisinage de plusieurs roches plutoniques. Les effets produits de la sorte sur les couches contenant des fossiles se sont manifestés quelquefois à de grandes distances; les couches à fossiles ont échangé leur texture terreuse pour une texture cristalline, et toutes traces de débris organiques ont disparu. Ainsi les calcaires colorés remplis de coquilles ou de coraux sont transformés en marbre blanc statuaire, et des argiles sont transformées en ardoises.

La nature précise de cette influence est encore inconnue; il est presque certain qu'elle a une grande analogie avec celle que la chaleur volcanique est capable de produire.

D'après cette hypothèse, M. Lyell a proposé le mot *métamorphique* pour désigner les couches altérées, mot qui dérive de *μετα*, *trans*, et *μορφη*, *forma*.

Ainsi considérées par rapport à leur origine, on doit compter quatre grandes classes de roches: 1° les roches sédimentaires, 2° les roches volcaniques, 3° les roches plutoniques, 4° les roches métamorphiques.

On sait positivement aujourd'hui que des portions de chacune de ces quatre classes de roches ont été produites à plusieurs époques successives; mais il n'est point vrai, comme on le supposait jadis, que toutes les roches granitiques, ainsi que les couches métamorphiques, aient été formées les premières, et que, par suite, on ait dû leur donner le nom de *primitives*. C'était à tort aussi qu'on prétendait que les roches sédimentaires et volcaniques avaient

été plus tard superposées à celles-ci, et que par conséquent elles avaient dû être appelées *secondaires*. Cette idée avait été adoptée dans l'enfance de la science, alors que toutes les formations, stratifiées ou non stratifiées, terreuses ou cristallines, avec ou sans fossiles, étaient considérées comme étant toutes d'origine sédimentaire. A cette époque, on pensait naturellement que la fondation devait être plus ancienne que l'édifice; et, par suite, on supposait que le granite, étant placé à une profondeur plus considérable que les autres roches, devait avoir été le premier précipité des eaux de l'Océan primitif, dont, à l'origine, le globe était entouré; et que les roches cristallines, et enfin les couches à fossiles, avaient été déposées successivement.

Mais quand la doctrine de l'origine ignée du granit eut été généralement admise, le mot primitif, employé par rapport aux roches plutoniques et métamorphiques, n'était plus convenable. Lorsqu'il fut prouvé que le granite avait été produit à plusieurs époques différentes, les unes antérieures, et les autres postérieures à l'origine de beaucoup de couches contenant des fossiles, on prouva bientôt que les couches qui jadis avaient renfermé des fossiles étaient, à différentes époques, devenues métamorphiques; ou, en d'autres termes, que plusieurs des roches qu'on appelait primitives étaient plus récentes que certaines autres qu'on nommait secondaires.

Mais comme toutes les roches cristallines, stratifiées ou non, doivent, à quelques égards, être considérées comme appartenant à une seule grande famille, on pourra souvent, pour plus de commodité, les désigner par un nom unique. Mais comme l'usage du mot primitif impliquerait une contradiction manifeste, M. Lyell a proposé le mot *hypogène*, qui dérive de ὑπο, en dessous, et γινωμαι, naître, et indique que le granite et le gneiss sont, ainsi que toutes les autres formations cristallines, des roches *bas formées*, c'est-à-dire des roches dont la forme et la structure actuelles n'ont point été développées à la surface. Il est vrai que toutes les strates métamorphiques ont dû, dans l'origine, être déposées à la surface, ou sur cette partie de l'extérieur du globe qui était couverte d'eau; mais suivant les opinions exprimées ci-dessus, elles n'auraient jamais pu acquérir leur texture cristalline si elles n'eussent été modifiées par l'action du feu, sous les pressions qui s'exercent dans les profondeurs de la terre.

L'ensemble de ces roches *hypogènes* est désignée habituellement sous le nom commun de *Terrains de cristallisation*.

TERRAINS SÉDIMENTAIRES. — *Leurs caractères.* — Les terrains de sédiment sont surtout caractérisés par la composition des roches qui les constituent, par la nature des fossiles qu'elles

renferment, par leurs rapports de superposition et par les différents modes d'inclinaison.

Nous examinerons successivement ces diverses particularités.

Nous avons déjà traité dans la *Minéralogie* des caractères des roches sédimentaires principales. Nous avons parlé des grès, des argiles, des roches calcaires, du gypse. Nous aurons occasion de revenir sur quelques unes de ces roches, et pour cela nous ne nous y arrêterons pas ici. Nous nous bornerons à traiter des fossiles des terrains de sédiment, de la superposition de leurs couches, etc.

SUPERPOSITION DES COUCHES. — Une série de strates ou de superpositions peut consister en une seule des roches ci-dessus mentionnées, et quelquefois en deux, ou plus, de ces mêmes roches, disposées par couches alternantes. Ainsi, dans plusieurs districts houillers, une série de strates offre souvent plusieurs lits de grès, dont les uns sont à grains fins, les autres à gros grains, les uns blancs et les autres de couleur foncée; ils recouvrent des couches d'argile schisteuse divisible en feuillets, et renfermant des empreintes de plantes. Plus bas, on retrouve des lits de houille pure et impure, alternant encore avec des argiles schisteuses, au-dessous desquelles on trouve des couches calcaires remplies de coraux et de coquilles marines.

Cette superposition alternative de roches diverses produit une stratification distincte. On rencontre souvent des lits de calcaire et de marne, de grès, de sable et d'argile, qui, en alternant un grand nombre de fois, dans un ordre à peu près régulier, forment une série de plusieurs centaines de couches. Si on recherche les causes susceptibles de produire ces phénomènes, on peut admettre, avec M. Lyell, que les fleuves qui affluent dans les mers sont chargés de sédiment, variant en quantité, en composition, en couleur, etc., et suivant les saisons; ces eaux sont quelquefois très hautes et très rapides, tandis qu'en d'autres temps elles sont basses et lentes; différents affluents, en parcourant certains pays, se chargent de sédiments particuliers, et grossissent à des époques déterminées. On peut admettre encore que, durant les orages d'hiver, les vagues et les courants de l'Océan minent les falaises et entraînent dans le fond de la mer les matières qu'ils en ont détachées; tandis que pendant la saison calme qui survient ensuite, les mouvements de l'Océan ne donnent lieu, sur la même étendue sous-marine qu'à la précipitation d'un limon plus fin.

HORIZONTALITÉ PRIMITIVE. — On admet généralement que les plans de stratification sont parallèles. Quoique cela ne soit pas rigoureusement exact, ces plans ne laissent pas d'approcher beaucoup du parallélisme, par la raison que, d'ordinaire, le sédiment s'est