misphère sud (1) que dans l'hémisphère nord, fut, à une époque fort éloignée de nous, le théâtre de phénomènes semblables à ceux que nous observons aujourd'hui au milieu de la solennelle magnificence des Alpes et dans les déserts glacés des régions arctiques. A cette époque, d'énormes glaciers descendaient lentement des hauteurs couvertes de neige par d'innombrables vallées riches maintenant des fruits de la terre; de lourds bancs de glace flottaient sur les vastes espaces de l'Océan, là où nous voyons maintenant apparaître la terre ferme, et des monceaux de décombres entassés pêle-mêle, ainsi que d'énormes blocs à angles vifs, étaient déposés sur les flancs et sur les sommets de montagnes sous-marines qui s'élèvent actuellement à des centaines de pieds au-dessus du niveau de la mer (2).

Nous commencerons l'examen de cette théorie par un pays où les traces des anciennes opérations glaciaires peuvent être étudiées tout à côté de phénomènes semblables de l'époque actuelle. Il n'est pas besoin d'une grande habileté pour reconnaître en Suisse les marques d'anciens glaciers là où il n'en existe plus actuellement. Le voyageur intelligent qui descend, par exemple, la vallée du Hasli ou celle du Rhône, observera facilement comme les roches sont striées et sillonnées tout alentour, absolument de la même manière que les roches situées dans la partie supérieure des mêmes vallées sont actuellement striées et sillonnées par les glaciers de l'Aar et du Rhône. Par intervalles aussi, on peut voir de longs dépôts de gravier et de limon, ainsi que de gros fragments de roches, ressemblant en tout point aux moraines terminales qui vont s'accumulant au-

(1) L'existence d'une période glaciaire dans l'hémisphère méridional est loin d'être démontrée. (*Trad.*)

(2) Voir note B, fin du volume.

jourd'hui aux extrémités des glaciers actuellement existants. Lorsqu'on s'est bien pénétré de ces faits, il est impossible de ne pas en tirer la conclusion que les glaciers des Alpes s'étendirent autrefois bien au delà de leurs limites actuelles, dans la partie inférieure des vallées suisses.

Si de là nous passons aux montagnes du Jura, aujourd'hui tout à fait dépourvues de glaciers, nous y retrouverons les mêmes phénomènes glaciaires que nous avons observés dans les Alpes, et, instinctivement, nous nous sentirons poussés à en tirer la même conséquence. Nous savons, en effet, par une expérience plus que suffisante, que la glace en mouvement est capable de produire de tels effets; nous savons aussi que des effets de cette sorte n'ont jamais été produits par une autre cause; nous savons encore qu'aucun autre agent naturel connu n'est capable de produire de tels effets; il est donc raisonnable d'en conclure que la glace a été la cause de ces effets, et que, dans des temps antérieurs, de grandes masses de glaces descendirent lentement les vallées du Jura comme elles descendent maintenant les vallées des Alpes.

Mais il est une autre circonstance, vraiment digne de quelque attention, qu'il faut noter ici. Les Alpes sont composées de granite, de gneiss et d'autres roches cristallines; le Jura, de calcaire et de diverses autres formations tout à fait différentes de celles des Alpes. Or, nous trouvons aujourd'hui, disséminés sur les vallées du Jura et sur ses crêtes élevées, d'immenses blocs anguleux, gros quelquefois comme des chaumières, appartenant aux roches des Alpes. On se demande naturellement comment ils ont pu être transportés là où ils sont. Ce n'a certes pas été par l'action de l'eau. Dans ce cas, les angles saillants seraient émoussés et les bords tranchants de la pierre auraient disparu.

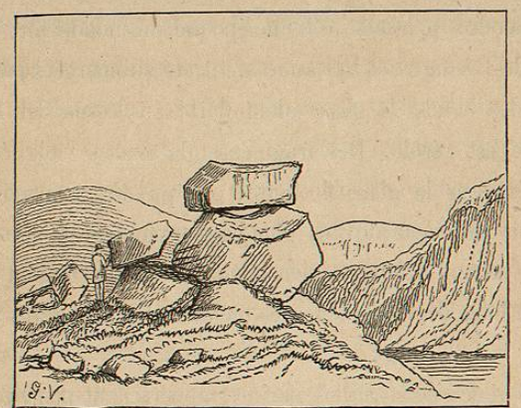
Mais ce transport a pu s'effectuer aisément par des glaciers et n'a pu s'effectuer par aucune autre action naturelle connue. Nous sommes donc amenés à conclure que les glaciers des Alpes ont dû autrefois s'étendre vers le nord, à travers la grande vallée de la Suisse, large de cinquante milles, et déposer leurs pesants fardeaux de graviers, de sables et de blocs erratiques sur les montagnes du Jura.

Ce serait trop nous écarter de notre sujet que d'exposer cette théorie dans tous ses détails. Nous ne pouvons pourtant nous empêcher de toucher à quelques-unes des importantes conclusions auxquelles elle a conduit. Le géologue qui, par des observations patientes et variées dans les régions des glaciers actuellement existants, a appliqué son œil et son jugement à l'examen des phénomènes qui en marquent l'action, découvre bientôt que ces mêmes phénomènes ne sont pas rares dans les autres pays. Il n'en trouve point, il est vrai, sous le soleil brûlant de l'Afrique, ni sur les bords de la mer Méditerranée. Mais à mesure qu'il s'avance vers le nord, ils commencent à apparaître par degrés, et lorsqu'il atteint les rivages de la Baltique, ils sont répandus sous ses yeux avec la même profusion qu'au sein des Alpes. Tout cela a longtemps embarrassé les géologues ; mais enfin le mystère a été pénétré. Ce qui s'effectue aujourd'hui en Suisse, au Groënland et sur les rivages du Labrador a dû s'accomplir autrefois en Allemagne, au Danemark et sur les rivages de la Baltique. Nous pouvons, en effet, remonter de l'effet à la cause. Il y a là des moraines, des blocs erratiques, des blocs perchés et des roches striées et sillonnées par la glace à leur surface : donc il y a eu là, dans le temps passé, des glaciers et des bancs de glace flottants.

Poursuivant ce mode d'argumentation et l'appliquant à des

pays plus voisins du nôtre, les géologues en sont venus à conclure que les monts Grampian, en Écosse, ceux du comté de Kerry, en Irlande, les hauteurs du Snowdon, dans le pays de Galles, et plusieurs autres massifs montagneux de ces îles, furent

Fig. 11.



Blocs perchés (comté de Kerry, Irlande), 707 mètres d'altitude.
(Extrait du *Journal de la Société géologique de Dublin.*)

autrefois soumis à l'action des glaciers. On prétend même, et cela avec beaucoup d'apparence de raison, que ces îles furent, pendant un temps considérable, submergées en grande partie par la mer et traversées par des bancs de glace flottants. Lorsque l'on trouve des blocs erratiques dans le voisinage immédiat de la formation d'où ils proviennent, il est facile d'expliquer leur origine et de décrire leur cours. Mais il arrive souvent que la roche de même composition minérale la plus voisine, et par conséquent la roche d'où ils ont dû provenir, est séparée du lieu qu'ils occupent par une haute chaîne de montagnes. Comment alors expliquer leur transport ? L'eau courante n'y

est pour rien, puisque leurs bords aigus, et que leurs angles saillants existent encore. Les glaciers sont également insuffisants, car un glacier ne peut escalader une chaîne de montagnes. Il semble donc que, dans la distribution géographique actuelle de la terre et de l'eau, il n'y ait aucune cause naturelle qui puisse transporter ces blocs de la roche mère à la position qu'ils occupent. Mais si nous supposons qu'à une époque du monde fort reculée, la Grande-Bretagne et l'Irlande aient été submergées par la mer et que des bancs de glace aient flotté au-dessus des eaux, le problème est résolu. Des fragments de roches éloignées, emprisonnés dans la glace flottante, ont pu être transportés au-dessus des sommets de nos plus hautes montagnes actuelles, et la glace venant à fondre, rien n'empêche qu'ils n'aient été déposés le long de leurs flancs et même sur leurs crêtes les plus élevées.

La présence de coquilles marines, appartenant principalement à des espèces qui maintenant ne vivent plus que dans les mers arctiques, vient confirmer cette hypothèse. On les trouve, en effet, intimement associées aux blocs erratiques, non seulement dans les vallées, où l'on pourrait supposer que la mer a eu accès dans des temps d'inondations extraordinaires, mais sur de hautes montagnes, à une altitude de cinq cents, six cents et même treize cents pieds au-dessus du niveau de la mer. Il n'y a aucune difficulté à expliquer ce phénomène, si nous supposons que la contrée a été submergée pendant quelque temps, et que le drift (1) glaciaire, dans lequel les coquilles sont trouvées enfouies, a été déposé par les bancs de glace sur le lit de

(1) On appelle *drift*, en Angleterre, des terrains de transport ou dépôts de la période quaternaire qui semblent résulter de l'action des courants diluviens. (*N. du trad.*)

l'Océan. Si nous refusons de faire cette supposition, la difficulté est simplement insurmontable (1).

Mais c'est un peu nous écarter du but que nous nous proposons que d'errer si longtemps dans la région des théories et des spéculations. Notre objet principal, dans ces chapitres, a été d'établir que la dénudation s'exerce toujours sur une très vaste échelle, dans l'âge actuel du monde. Dans ce but, nous avons énuméré les principaux agents de ce travail et nous avons essayé de montrer, par les recherches authentiques des voyageurs et des savants, qu'ils ont été à l'œuvre dans des temps historiques et qu'ils sont encore à l'œuvre actuellement autour de nous. Notre résumé est un peu sommaire, il est vrai ; mais il suffit pour démontrer que, même dans la période actuelle, toute la surface du globe a été soumise à de perpétuels changements, que des pics montagneux ont été désagrégés, que des vallées ont été creusées, que des rochers élevés ont disparu, que des promontoires ont été coupés en deux, enfin, que des roches et des terres ont été, jour par jour, brisées, dissoutes et décomposées par l'action incessante de causes naturelles.

Le lecteur n'aura pas de peine à déduire de ces faits l'explication de beaucoup de phénomènes remarquables dans la géographie physique du globe. De même que les énormes blocs à angles vifs, qui ont été transportés à des distances considérables, nous retracent l'histoire des anciens glaciers et bancs de glace, de même les cailloux polis et arrondis de nos carrières de sable marquent l'action de l'eau courante dans les âges antérieurs.

(1) Agassiz, *Études sur les Glaciers;* Tyndall, *Glaciers of the Alps; Heat as a mode of Motion*, par le même auteur; Lyell, *Principes de Géologie*, t. II, chap. XVI; *Éléments de Géologie*, chap. XI, XII; Vogt, *Lehrbuch der Geologie*, t. II, p. 8-49.

La riche plaine d'alluvion est un mémorial silencieux d'une ancienne rivière, quoique cette rivière ait disparu ou se soit transformée peut-être en un petit ruisseau ; pendant que les longues et épaisses collines de gravier ou de sable, si communes dans notre pays, reportent l'esprit au temps où les courants de l'Océan recouvraient les plaines ondulées qu'enrichissent aujourd'hui de gras pâturages et de beaux champs de blé.

Il est un témoignage aussi intéressant que satisfaisant d'une ancienne dénudation, auquel nous devons plus particulièrement renvoyer nos lecteurs avant de mettre fin à cette partie de notre sujet. Il arrive quelquefois que, sur les flancs opposés d'une vallée, nous trouvons une série de roches disposées de telle façon que celles qui sont situées d'un côté correspondent exactement et sous tout rapport à celles qui sont situées de l'autre. Chaque lit de roche, à son tour, se compose précisément des mêmes matériaux que le lit correspondant de la colline opposée et se présente dans le même ordre de succession. Lorsque l'on considère attentivement un tel phénomène il est presque impossible de ne pas se sentir convaincu que les couches s'étendaient autrefois sans interruption à travers l'espace intermédiaire, et que leur continuité a disparu lorsque la vallée a été creusée par l'action des eaux. Notre gravure, empruntée au *Journal de la Société géologique de Dublin*, fournit un bon exemple d'une semblable vallée. Elle représente une section des collines situées sur la côte du Donegal (Irlande), non loin de la ville de Buncrana.

Le fait de la dénudation étant bien établi, il reste à considérer ce que deviennent les fragments brisés qui, comme nous l'avons vu, se meuvent sans cesse à la surface de la terre ou dans les profondeurs des mers. Les géologues nous disent que ce sont là les matériaux d'une nouvelle construction qui s'élève de notre

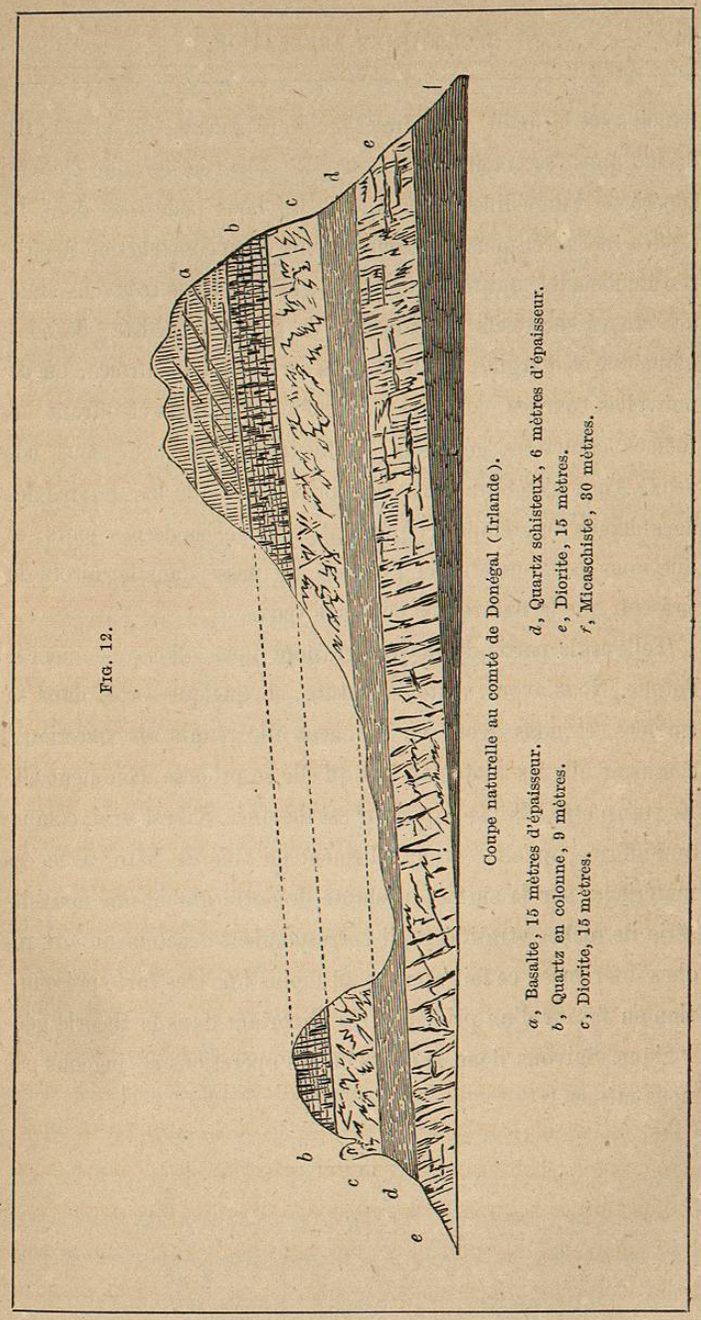


Fig. 12.

Coupe naturelle au comté de Donégal (Irlande).

a, Basalte, 15 mètres d'épaisseur.
b, Quartz en colonne, 9 mètres.
c, Diorite, 15 mètres.
d, Quartz schisteux, 6 mètres d'épaisseur.
e, Diorite, 15 mètres.
f, Micaschiste, 30 mètres.

temps sous la main et la direction de la nature; ou plutôt, ils disent que c'est moins une nouvelle construction que l'étage supérieur d'un édifice déjà ancien. Si nous pénétrons dans la croûte terrestre, nous pouvons décrire cette construction depuis ses fondements, qui reposent sur le granite. Nous trouvons ainsi des étages successifs de calcaire, de grès, de schiste, de conglomérat et d'argile, et enfin nous arrivons à la surface, où de nouvelles couches, composées des mêmes éléments et offrant les mêmes caractères généraux, s'effectuent lentement sous nos yeux. Ainsi s'établira dans les esprits l'idée que les œuvres des âges depuis longtemps écoulés sont renouvelées de nos jours, et que nous pouvons étudier l'histoire du passé dans le miroir du présent, que la nature met sous nos yeux.

Telle est la partie de la Géologie dont nous allons commencer l'étude. Nous avons visité la nature, en quelque sorte, dans sa carrière, et nous avons vu comment elle réunit ses matériaux, comment elle les adapte au but qu'elle se propose, comment elle les transporte à la place qui leur est destinée. S'il est vrai, comme on l'affirme, qu'elle est actuellement en voie de bâtir avec ces matériaux, sur la surface existante de notre globe, une nouvelle série de roches stratifiées qui correspondent exactement aux roches inférieures, ce fait apporte au moins une très forte présomption en faveur d'un principe très important dans la théorie géologique. Suivons donc le cours de ses opérations et jugeons par nous-mêmes.

CHAPITRE V.

ROCHES STRATIFIÉES D'ORIGINE MÉCANIQUE. — DÉVELOPPEMENT DE LA THÉORIE.

LA FORMATION DES ROCHES STRATIFIÉES EST ATTRIBUÉE A L'ACTION DE CAUSES NATURELLES. — CETTE THÉORIE SE TROUVE CONFIRMÉE PAR LES FAITS. — EXPOSÉ DE L'ARGUMENT. — EXEMPLES DE ROCHES MÉCANIQUES. — ÉLÉMENTS QUI LES COMPOSENT. — ORIGINE ET HISTOIRE DE CES ÉLÉMENTS. — LEUR DÉPÔT ET LEUR CONSOLIDATION. — EXEMPLES DE CONSOLIDATION PAR PRESSION. — CONSOLIDATION ACHEVÉE PAR DES CIMENTS NATURELS. — CURIEUX EXEMPLES. — CONSOLIDATION DU GRÈS EN CORNOUAILLES. — LA DISPOSITION DES COUPES EXPLIQUÉE PAR L'ACTION INTERMITTENTE DES AGENTS DE DÉNUDATION.

La stratification des roches est un des phénomènes les plus remarquables que présente l'écorce terrestre, et les principes qui expliquent ce phénomène appartiennent au fondement même de la théorie géologique. Il est maintenant universellement reçu que les dépôts successifs de strates, qui constituent dans une vaste proportion la croûte de la terre et qui ne peuvent manquer d'attirer l'attention de l'observateur même le plus inattentif, se sont lentement effectués pendant une longue série de siècles par l'action de causes naturelles. A l'appui de cette théorie hardie, les géologues invoquent les opérations qui s'accomplissent actuellement dans la nature ou qui ont été observées et relatées depuis les temps historiques. Il y a, disent-ils, comme une vaste machine qui, maintenant encore, travaille sans cesse sur la terre