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

entière, brisant les roches qui apparaissent à la surface du sol, transportant en divers lieux les matériaux qui en proviennent, et là, construisant de nouvelles strates, à l'imitation de celles que l'on aperçoit superposées, partout où une section de l'écorce terrestre est exposée à l'œil. C'est pourquoi il nous est donné, d'un côté, de contempler l'œuvre terminée, telle qu'elle existe dans la croûte de la terre, et de l'autre, de la voir se continuant toujours à la surface du sol; et s'il se trouve que toutes deux s'accordent dans leurs principaux caractères, il n'est pas déraisonnable d'en conclure que les causes de l'une furent aussi les causes de l'autre.

Dans l'examen de cet argument, nous avons porté notre attention sur les nombreux et puissants agents qui sont maintenant employés à désagréger et à transporter les roches existantes. Il était impossible, dans les limites étroites que nous nous sommes tracées, de les énumérer tous. Nous avons choisi ceux qui sont en même temps les plus connus dans leurs opérations et les plus frappants dans leurs résultats : les fleuves puissants déchargeant incessamment dans la mer les dépouilles accumulées des vastes continents ; les brisants de l'Océan se précipitant avec une incessante énergie contre toutes les falaises et toutes les côtes du monde ; les marées et les courants s'emparant des ruines faites par les flots et les entraînant au loin dans les profondeurs de l'Océan ; la glace faisant éclater les roches les plus compactes par sa force d'expansion et en répandant les fragments sur les rochers à pic et dans les ravins profonds pour devenir la proie des torrents montagneux ou peut-être pour aller reposer tranquillement au sein d'un glacier; puis ce glacier lui-même, véritable mer de glace en mouvement, conduisant son lourd fardeau depuis les sommets élevés de la montagne jusqu'aux riantes plaines

inférieures, et, pendant ce trajet, broyant, sillonnant et désagrégeant le sol de la vallée, et laissant après lui une trace que le temps lui-même ne peut effacer ; enfin ces bancs de glace parsemés sur les mers septentrionales et méridionales errant comme des îles flottantes sur les abîmes sans fond de l'Océan et laissant tomber leurs énormes blocs à la surface des montagnes et des vallées sous-marines.

La connaissance de tous ces phénomènes repose sur l'expérience et sur des observations répétées. Ce ne sont point des spéculations philosophiques, mais des faits certains. Nous ne pouvons donc douter que l'œuvre de démolition ne se continue actuellement ; il nous reste à nous occuper de l'œuvre de reconstruction.

Le lecteur est ouvient que les géologues divisent les roches stratifiées en trois classes distinctes : roches mécaniques, roches chimiques et roches organiques. Cette distinction est fondée, disent-ils, sur les opérations actuelles de la nature. Il résulte de l'examen attentif des agents naturels maintenant à l'œuvre dans le monde, que des strates sont dues principalement à l'action des forces mécaniques; d'autres, à l'influence des lois chimiques ; d'autres enfin, à l'intervention de la vie organique. Nous avons ainsi trois classes distinctes de roches se formant actuellement, chacune offrant des caractères particuliers et chacune ayant son correspondant parmi les couches qui composent l'écorce du globe. Nous allons maintenant exposer quelques-unes des preuves qu'on peut apporter à l'appui de ces importantes conclusions, en commençant par les roches que l'on appelle mécaniques.

Et d'abord, il importe d'avoir au moins une idée générale de l'aspect que les roches mécaniques présentent à l'œil. Nous prendrons trois exemples familiers : le conglomérat, le grès et l'argile.

Le *conglomérat* ou *poudingue*, comme on l'appelle quelquefois, est composé de cailloux, de gravier et de sable formant ensemble une masse en général dure et solide, mais plus ou moins compacte. Les matériaux divers dont il est composé, bien que réunis dans une même roche, retiennent néanmoins leurs formes propres, de sorte qu'un œil, même peu exercé, peut facilement les reconnaître et les distinguer. Le *grès* est formé de grains de sable étroitement réunis et cimentés. La qualité et l'aspect de cette roche varient avec le volume et le caractère de ses éléments constituants. Souvent les grains de sable sont gros comme des pois ou même plus. Quelquefois ils sont si petits qu'on ne peut les distinguer qu'à l'aide d'une lentille. La plupart consistent en quartz entremêlé de grains de calcaire, et ils sont habituellement arrondis comme par l'action de l'eau courante. Le mot *argile*, plus vague et plus général, est maintenant employé communément pour désigner une matière finement divisée qui contient de dix à trente pour cent d'alumine et qui pour cela est plastique et devient susceptible, lorsqu'elle est amollie par l'eau, d'être pétrie à la main comme de la pâte. L'argile se présente sous différentes formes dans les couches terrestres, selon les différents minéraux qui entrent dans sa composition et les différentes influences auxquelles elle a été soumise. La marne et la terre glaise peuvent être prises comme exemples bien connus : la première est une argile dans laquelle il y a une grande proportion de matière calcaire ; la dernière est un mélange d'argile et de sable. Quelquefois l'argile est transformée par la pression en une sorte de roche ardoisière appelée *schiste*, qui a la propriété de se fendre aisément en un nombre immense de plaques minces ou de lamelles.

Il faut se rappeler aussi qu'il n'y a pas toujours une parfaite uniformité dans la structure de ces roches. Dans le conglomérat,

par exemple, les cailloux peuvent égaler en grosseur des boulets de canon, comme ils peuvent n'être pas plus gros que des noix. De même, nous avons plusieurs variétés de finesse ou de grossièreté dans la qualité du grès. De plus, le conglomérat et le grès admettent souvent une proportion considérable d'argile, comme l'argile contient quelquefois plus que sa proportion habituelle de sable ou de chaux. Enfin, dans un endroit, ces matériaux forment une roche compacte et solide ; dans l'autre, ils sont désunis et incohérents.

Mais parmi toutes ces variétés de formes et de texture, les roches que nous avons décrites conservent généralement leurs caractères propres. De sorte qu'avec un peu d'expérience, il est facile de les reconnaître. Elles constituent une très grande partie, nous pouvons peut-être dire la plus grande partie des terrains stratifiés dans tous les pays explorés jusqu'ici par les géologues. Partout où nous allons, nous rencontrons les mêmes apparences : des lits de conglomérat, de grès, d'argile, de marne, de schiste, revenant à plusieurs reprises dans une série de plusieurs centaines de couches : ici dans un ordre, là dans un autre, tantôt sans qu'une formation d'une espèce différente intervienne, quelquefois alternant avec le calcaire ou les autres roches dont nous parlerons plus loin.

Tel est le caractère, l'aspect général de ces couches qui sont connues des géologues sous le nom de roches aqueuses d'origine mécanique. Le lecteur a dû remarquer que ces roches sont précisément composées de ces mêmes matériaux, — les mêmes, quant à l'espèce et quant à la forme, — que nous avons vu préparer et façonner journellement dans le vaste laboratoire de la nature. Qu'il se rappelle comment d'énormes blocs sont détachés du flanc de la montagne ou de la falaise, et puis réduits en fragments ;

comment ces fragments deviennent, avec le temps, cailloux, sable et limon, et comment ces cailloux, ce sable et ce limon sont saisis par les fleuves, les marées et les courants, et emportés au loin dans la mer. Nous avons certainement là tous les matériaux nécessaires pour la formation du conglomérat, du grès et du schiste. Nous avons vu comment ils sont préparés par la main de la nature, comment ils sont façonnés, et puis transportés d'un lieu dans un autre. Continuons maintenant leur histoire, et suivons-les jusqu'au bout.

Il est clair qu'ils ne peuvent rester toujours suspendus dans l'eau ; tôt ou tard, ils doivent tomber au fond. Mais tous ne tombent pas à la fois. Car bien qu'ils obéissent tous à la même loi de la pesanteur ; les matériaux plus petits et plus légers trouvent dans la résistance de l'eau un obstacle plus sérieux. Les cailloux et le gros gravier seront les premiers qui atteindront le fond ; puis viendra le sable et enfin l'impalpable limon. Ainsi, à mesure que le courant s'avance, le sédiment qu'il apporte des terres se trouve comme trié, et trois lits distincts de matériaux différents sont déposés au fond de l'Océan : d'abord, le plus près du rivage, un lit de cailloux et de gros gravier ; plus loin, un lit de sable, et enfin, le dernier de tous, un lit de limon ou d'argile. C'est là le premier pas dans la construction de la roche stratifiée. Pour achever l'œuvre, il ne faut plus que la consolidation de ces éléments incohérents. Si cette consolidation peut s'effectuer, nous aurons alors dans le lit de l'Océan une couche solide de conglomérat, une couche solide de grès et une couche solide de schiste.

Nous n'avons plus, il est vrai, en ce qui regarde cette opération, l'avantage dont nous avons joui jusqu'ici, celui de l'observation actuelle. Le travail de la consolidation, s'il existe, s'accomplit dans les profondeurs des mers. Mais s'il est en dehors de la portée de

nos sens, il n'est pas en dehors de la portée de notre intelligence. Nous pouvons, le flambeau de la science à la main, pénétrer dans les mystérieuses retraites du secret laboratoire de la nature.

En premier lieu, une consolidation partielle d'argile et de sable, même de gravier, peut s'effectuer sous l'influence de la pression seule. Beaucoup d'entre nous connaissent cette vérité ; mais peu sans doute songent aux nombreuses applications qu'elle a dans les arts pratiques de la vie. Citons quelques exemples curieux et intéressants. Les petits fragments de houille qui résultent du frottement des gros blocs l'un contre l'autre, et que l'on peut trouver en abondance dans le voisinage de toutes nos houillères, sont aujourd'hui transformés en un combustible solide par le simple effet d'une forte pression. La poussière et les rognures de plombagine, que l'on jetait autrefois de côté comme inutiles, sont maintenant ramassées avec soin et converties, par la pression, en une masse solide que l'on emploie dans les manufactures de crayons. « Le graphite ou *mine de plomb* du commerce, dit sir Charles Lyell, commençant à devenir très rare, M. Brockedon a imaginé de recueillir la poussière des portions les plus pures du minéral du Borrowdale et d'en reconstituer une masse aussi solide et aussi compacte que le graphite naturel. Voici son procédé : La poussière de graphite est d'abord préparée avec soin, purgée d'air, placée sous une presse puissante, soigneusement calfeutrée, et sur un coin d'acier très fort ; on donne plusieurs coups de presse, chacun de la puissance de mille tonnes, et après cette opération, la masse est si parfaitement solidifiée qu'on peut la tailler pour faire des crayons, et qu'elle montre dans la cassure la même texture que le graphite natif (1). » Un exemple qui

(1) Lyell, *Éléments de Géologie*, t. I, p. 62.

convient mieux encore à notre but se tire des expériences que l'on fait pour essayer la force de la poudre à canon. Des sacs de cuir remplis de sable sont placés dans le mortier destiné à recevoir le boulet à une distance de cinquante pieds de la bouche du canon, et souvent il arrive que, par suite de la percussion répétée du boulet, le sable se trouve transformé en une masse solide de grès (1). Or, les dépôts dont nous parlons ne peuvent manquer d'être soumis à une pression continue extrêmement puissante. Car, depuis que le dépôt va s'effectuant, la matière déposée chaque jour est recouverte le lendemain d'un nouveau lit, et avec le temps, elle finit par supporter une immense pile de matière minérale, de plusieurs centaines ou même de plusieurs milliers de pieds d'épaisseur.

Mais il existe un autre agent plus important encore. Lorsque les blocs les plus durs et les plus compactes de conglomérat et de grès sont soumis à une analyse détaillée dans le laboratoire du chimiste, on trouve qu'ils sont fortement cimentés ensemble, quelquefois par une solution de chaux comblant les interstices entre les grains de sable et les cailloux, ou bien par une solution de silice, ou encore par une solution de fer. Or, cette découverte est pour nous le fil qui nous guidera dans l'étude des opérations actuelles de la nature. C'est à l'action d'un ciment naturel que nous devons avoir recours pour la parfaite consolidation des roches mécaniques. Voyons si nous pouvons trouver un ciment de cette sorte.

On sait que l'eau des rivières, des lacs et des sources est chargée d'acide carbonique; c'est pourquoi, lorsqu'elle vient en contact avec le calcaire, elle en dissout une portion qu'elle re-

(1) Mantell, *Wonders of Geology*, t. I, p. 102.

tient à l'état de solution. Il suit de là que dans tout pays il existe une abondante provision de ciment calcaire. Nos lecteurs ont dû remarquer, en outre, l'aspect brunâtre et rouillé que donnent certaines eaux aux roches et aux herbages au milieu desquels elles passent; cela vient de ce que ces eaux sont imprégnées de fer. Or, nous savons, par les récits des voyageurs, que dans la plupart des contrées il existe des eaux contenant du fer en solution. La solution de silice dans l'eau est moins commune, parce que la silice pure ne peut se dissoudre dans l'eau qu'à une température fort élevée. Néanmoins, il a été clairement démontré, par l'observation, que la silice, lorsqu'elle se présente dans certaines combinaisons avec d'autres substances minérales, peut être dissoute assez aisément : par exemple, dans la décomposition du feldspath et de toutes les roches dans lesquelles entre le feldspath, la silice est emportée à l'état de solution (1). Comme ces roches sont très nombreuses et distribuées sur toutes les parties de la terre, nous pouvons en conclure que la silice en solution existe en grande abondance dans la nature.

Nous savons donc maintenant que nous avons, d'une part, dans l'écorce terrestre, des couches solides de conglomérat et de grès offrant les traces manifestes d'une cimentation minérale, et d'autre part, à la surface du sol, les éléments du conglomérat et du grès, ainsi que, tout à côté, le ciment minéral lui-même sous une forme convenable. Il n'est donc pas déraisonnable d'en conclure que cette cimentation s'effectue encore actuellement; — que l'eau chargée de fer, de chaux ou de silice, s'infiltrant à travers le gravier et le sable, y dépose son ciment minéral et convertit en une roche compacte et solide les couches nouvellement formées.

(1) Lyell, *Éléments de Géologie*, t. I, p. 70; *Principes de Géologie*, t. I, p. 540.