
CHAPITRE TRENTE-QUATRIÈME.

DES TERRAINS DE SÉDIMENT INFÉRIEURS.

La fin de la période primaire, pendant laquelle les premières roches ont été créées, se lie avec le commencement des dépôts de sédiment. Il semble même que ces roches pouvaient, dans certaines circonstances, cristalliser encore, puisqu'on les voit alterner avec les premières couches sédimenteuses. Le passage est tout-à-fait insensible; les eaux, très-étendues à cette époque, amenaient dans les dépressions tous les fragmens qu'elles arrachaient au sol préexistant, et y déposaient ainsi des roches formées chimiquement par leur grande puissance dissolvante. Les matières qui composent ces terrains sont donc des roches de sédiment et des roches semblables à celles de l'époque primaire, qui alternent quelquefois avec celles de cette période.

La stratification n'est pas régulière; quoiqu'elle paraisse quelquefois concordante avec celle des terrains originaires, elle est presque toujours bouleversée et contournée; ce qui est très-facile à concevoir, puisque ces couches formant la base de tous les terrains sédimenteux, ont nécessairement participé à toutes les dislocations qui ont atteint celles qui leur sont supérieures.

De nombreuses substances métalliques sont disséminées dans ces groupes de terrains; elles y sont généralement en filons, comme dans les terrains primaires.

Les matières charbonneuses y sont très-rares dans leur partie inférieure, tandis qu'elles se sont développées d'une manière extraordinaire à la fin de cette période qui correspond à la formation des houilles.

Enfin, les corps organisés commencent à se montrer dès la partie inférieure de ces terrains, mais avec des caractères tout-à-fait différens de ceux que nous présentent les espèces actuellement vivantes, et à la fin de cette période les végétaux se développent en abondance et laissent d'innombrables débris dans les lieux de leur enfouissement.

Tous ces terrains paraissent avoir été formés sous l'influence de la chaleur centrale, sous une forte pression, dans une atmosphère extrêmement humide et par l'action d'eaux chaudes et chargées de substances terreuses mécaniquement suspendues.

Nous partagerons les terrains de sédiment inférieurs en trois groupes ou étages qui constituent nécessairement un plus grand nombre de formations indépendantes, mais qu'il semble plus convenable d'étudier groupés qu'isolément.

GROUPE INFÉRIEUR OU SCHISTEUX.

A la fin de la période primaire, les roches qui se déposaient étaient de véritables sédimens qu'une forte chaleur et une grande pression rendaient très-compactes et quelquefois même cristallins. Cependant les violentes agitations de la croûte du globe avaient cessé, et quelques animaux vivant dans les eaux, quelques plantes se développant sur leurs bords, commençaient à offrir leurs formes bizarres et leurs singuliers contrastes. Les grands dépôts de gneiss et de micaschistes n'avaient plus lieu; mais de temps en temps les circonstances fa-

rables à leur création se présentaient encore et quelques couches subordonnées apparaissaient çà et là au milieu des dépôts d'un âge plus moderne. Les roches qui se formaient contenaient une certaine quantité de talc et de mica; c'étaient des *stéaschistes* ou des *amphibolites schisteuses*, ou enfin des *schistes argileux* à pâte plus ou moins fine. A la partie supérieure, se montrent quelques marbres cipolin ou saccharoïde, qui semblent former la partie supérieure de ce dépôt, comme la première apparition de ce calcaire indique la dernière limite des terrains originaires.

Toutes ces roches ont une puissance variable; mais ce sont surtout les schistes argileux ou phyllades qui ont acquis le plus grand développement et qui forment la base de ce groupe. On les voit passer, par nuances insensibles, aux micaschistes qui leur sont inférieurs, et quelquefois, à des hauteurs diverses, dans ce groupe, on voit les schistes redevenir micacés et former des lits subordonnés dans les phyllades; d'autres fois ce sont les roches talqueuses qui remplacent les micacées.

En général, toutes ces roches sont remarquables par leur structure schisteuse, qui paraît du reste inhérente à toutes les couches qui contiennent du talc ou du mica. C'est dans ce groupe que l'on rencontre les schistes ardoisiers qui se divisent avec tant de facilité.

Des masses de quartz ou de petites couches de même minéral sont souvent subordonnées aux schistes, et l'on y trouve aussi, à la partie supérieure, des lits de psammitite ou grauwacke, véritable roche d'agrégation, et qui paraît la première dans la série des sédiments.

Toutes ces couches ont été fréquemment dérangées par l'injection de diverses roches d'épanchement qui les ont en partie fondues et modifiées dans quelques

endroits, au point qu'elles ont pris un aspect étranger et qu'elles semblent se lier par quelques passages aux roches d'injection qui les ont pénétrées. Leur stratification a presque toujours été dérangée par de nombreux soulèvements; car c'est à l'époque de leur dépôt qu'il faut rapporter les premières rides qui ont sillonné les continents ou qui ont contribué à leur élévation.

Les premiers débris organiques que l'on ait rencontrés étaient contenus dans les schistes argileux et les psammites; ce sont, parmi les mollusques, des *orthocératites*, des *spirifer*; parmi les crustacées, quelques *calymènes*, *ogygia* et *paradoxides*. Il paraît que la végétation commença en même temps que le développement des animaux, car déjà on voit dans ces terrains quelques débris appartenant au règne végétal. Ce sont le *sphenopteris dissecta*, le *cyclopteris flabellata* et le *pecopteris aspera*.

Les matières charbonneuses sont encore très-rares dans ce groupe; on y trouve à peine un peu d'anthracite et quelques schistes carburés passant au graphite.

Les métaux y sont encore assez abondants; on y trouve du cuivre, du plomb, de l'or, de l'argent, différents minerais de fer. Les fentes du terrain primaire s'y sont prolongées, et des filons ou des amas se sont formés au milieu des roches talqueuses et micacées.

Le groupe schisteux manque rarement entièrement dans une contrée, mais souvent il n'est représenté que par des couches peu puissantes de stéaschistes, d'amphibolites schisteuses, ou même de micaschistes, tandis que dans d'autres contrées il acquiert une très-grande épaisseur, comme on peut s'en convaincre dans les Ardennes, au Hartz, dans l'Eifel et dans une grande partie de l'Allemagne. L'Angleterre offre aussi de nombreux exemples de ce groupe qui renferme plusieurs for-

mations indépendantes, mais dont la stratification est généralement concordante. MM. Sedgwich et Murchison, qui les ont beaucoup étudiées, les ont désignées sous les noms de systèmes *cambrien* et *silurien* . Une partie des roches de ce dernier système appartient au groupe suivant.

GROUPE MOYEN, ARENACÉ ET CALCAIRE.

Les formations précédentes se sont déposées immédiatement sur le terrain primaire, dont elles pouvaient être considérées comme la suite, ou comme la transition des roches de cette époque à celles que nous allons étudier. A peine si quelques conglomérats ou quelques couches arénacées avaient paru; les calcaires ne s'étaient encore présentés qu'en petite quantité, relativement aux autres matières; enfin, la vie organique s'était montrée, mais sans développement, sans étendue. Il semble qu'elle luttait encore contre les désordres de la surface, et qu'elle ne parvenait à les vaincre que sur des points très-circonscrits.

Les dépôts sédimenteux vont prendre ici une grande extension; les calcaires vont paraître en puissantes assises; les mers attéduées vont nourrir de nombreux animaux, et de grands végétaux, au feuillage étranger, vont orner les rivages et ombrager les nouveaux continents.

Ce groupe, qui atteint une très-grande épaisseur, est principalement composé de deux sortes de roches. Les grès ou psammites, plus généralement connus sous le nom de grauwaque, et les calcaires noirs et bitumineux qui paraissent terminer la série.

Ici, comme dans tous les grands dépôts complets, on voit d'abord les grès ou les matières arénacées for-

mer les parties inférieures, et les calcaires se déposer au-dessus. Les premiers sont un dépôt mécanique, les seconds un sédiment auquel une action chimique a certainement concouru.

Les dépôts arénacés ou la grauwaque sont principalement composés de grains de quartz et parfois de feldspath, de paillettes de mica et d'un ciment argileux et quelquefois ferrifère, qui lie la pâte. Les grains sont plus ou moins volumineux, le mica plus ou moins abondant, et les assises, tantôt compactes et quelquefois feuilletées, varient aussi beaucoup en étendue et en épaisseur.

La couleur de cette grande formation arénacée est le gris ou le brun, mais on voit aussi la roche prendre une teinte rougeâtre, quelquefois très-intense, qui lui a fait donner le nom particulier de *grès rouge* ou *vieux grès rouge* , pour le distinguer d'un dépôt analogue qui s'est reproduit à une époque plus moderne. Quelques savans, et notamment les géologues anglais, ont considéré ce vieux grès rouge comme un dépôt distinct de la grauwaque, séparation que les apparences confirment dans certaines localités, mais que l'on ne peut admettre dans le plus grand nombre. Ce sont donc les parties supérieures de la grauwaque qui ont été colorées par l'oxide de fer et qui inférieurement se lient à la roche ordinaire, dans la plupart des localités, tandis que dans d'autres, des différences de stratification indiqueraient une formation indépendante de la grauwaque. Il y a aussi quelque différence de composition entre ces deux grès. L'étage supérieur ou grès rouge est ordinairement plus quarzeux et contient quelquefois des bancs de pouddingue ou de conglomérats de nature variée. Quelques couches de calcaire sont subordonnées à ces grès,

puis cette première roche se développe et forme des assises qui atteignent jusqu'à 250 mètres d'épaisseur.

Ce calcaire est gris-bleuâtre ou noirâtre, offrant souvent des lamelles cristallines de carbonate de chaux blanc. Il a une odeur de bitume très-prononcée, et renferme assez souvent, surtout en Angleterre, des veines ou des amas de plomb sulfuré, du zinc et du fer oligiste. Sa partie supérieure offre quelquefois de nouvelles assises de grès, et l'anhracite que l'on commence à rencontrer dans la grauwacke se développe dans la partie supérieure du calcaire, en offrant déjà les phénomènes de la formation des houilles, à laquelle elle semble prélude. Ce groupe renferme les débris d'un grand nombre d'êtres organisés; mais ils sont bien plus abondans dans les calcaires que dans les roches arénacées.

On peut citer parmi les zoophites, des *cyatophillum*, des *calamopora*, des *astrea*, des *scyphia*, l'*amplexus coralloïdes*, etc.; parmi les radiaires, les genres *pentacrinites*, *actinocrinites*, *rhodocrinites*, *sphaeronites*, mais ce sont surtout les diverses espèces d'*encrines* qui caractérisent ce terrain; dans les annélides, divers *serpula*; dans les conchifères, des *spirifer*, de nombreuses et singulières *térébratules*, des *producta*, des *cardium*, de nombreux mollusques, dans lesquels on voit figurer des *melania*, des *trochus*, *turbo*, *evomphalus*, *bellorophon*, *buccinium*, *patella*, beaucoup d'*ortoceratites*, des *nautilus*, et même quelques *ammonites* qui commencent à paraître à cette époque. Les crustacées sont aussi abondamment répandus; les *calymènes*, qui avaient déjà paru dans le groupe précédent avec des *ogygia*, se retrouvent ici avec des *asaphus*, *ampyx*, *olenus*, *isotelus*, *paradoxides*, etc. On y a rencontré aussi quelques dents ou défenses de poissons.

Les plantes offrent aussi de nombreuses espèces. Quelques *algues* ou *fucus* ont laissé leur empreinte. Les *calamites radiatus* et *voltzii* y représentent les *équisétacées*; des *lepidodendron* marquent la place des *lycopodium*, et les *fougères* offrent les genres des *sigillaria*, *pécoptère*, *cycloptère sphénoptère*, dont quelques-uns avaient déjà essayé de paraître dans la période précédente.

La présence de ces débris indique des formations marines dans lesquelles des restes de corps organisés terrestres ont été entraînés. Il est bien évident que les roches arénacées et calcaires se sont formées au milieu des eaux. Nous ignorons si les mers au fond desquelles ces matières se sont déposées étaient profondes et agitées, ou calmes et superficielles. Nous ne savons pas si déjà elles étaient traversées par des courans et si les graviers qui ont été agglutinés pour former les grauwackes ont été amenés de très-loin ou arrachés sur les lieux mêmes. Il semble cependant que le dépôt s'est opéré tranquillement, et que la réunion de ces innombrables fragmens est due à des pluies abondantes qui dégradaient les roches primaires qui n'étaient pas recouvertes et qui charriaient les débris dans de vastes bassins, où ils étaient nivelés par les oscillations des vagues. Quelques couches de fragmens plus gros, intercalés au milieu des autres, feraient soupçonner l'action d'eaux courantes animées d'une certaine vitesse, tandis que dans d'autres lieux, d'abondantes lamelles de mica, posées à plat sur une surface horizontale, sont des indices presque certains d'un dépôt lentement formé au milieu d'une eau paisible.

Nous ne connaissons pas non plus l'origine de ces grandes couches de calcaires qui, pour la première fois, se montrent avec une telle abondance; car, jusque-là,

cette matière était réduite à des amas très-circonscrits, ou à quelques couches subordonnées. Elle apparaît tout-à-coup avec une puissance de 250 mètres, et elle s'étend sur de très-grands espaces; car une partie du continent en a été couvert, et l'Angleterre nous l'offre aussi sur une grande partie de son territoire. Nous ne pensons pas qu'on puisse le considérer comme formé par les êtres organiques, quoique cependant quelques-uns, du genre des coraux qui s'occupent maintenant de construire les terrains madréporiques sous la zone torride, existassent déjà lors du dépôt de ces calcaires. La seule opinion qui puisse expliquer les faits d'une manière plausible, est celle qui consiste à regarder les calcaires comme produits par des sources minérales dont l'émission était en rapport avec l'intensité des phénomènes géologiques de cette époque. Deux causes doivent faire admettre cette supposition: le développement des êtres organisés et le dépôt des houilles.

A toutes les époques géologiques, le développement des animaux et des végétaux a coïncidé avec le dépôt des matières calcaires, ou pour parler plus exactement, avec l'émission des eaux qui les ont déposées. La matière calcaire a pu favoriser la formation du test des mollusques, des tiges des coraux; les matières salines ont activé, comme elles le font aujourd'hui, l'accroissement des végétaux; ou peut-être même, de la matière organique, sortant avec l'eau des sources, comme il s'en échappe encore aujourd'hui, a-t-elle favorisé l'assimilation et donné aux forces vitales un nouveau degré d'énergie.

D'un autre côté, nous savons que le carbonate de chaux, qui arrive avec les eaux minérales, sort de terre à l'état de bicarbonate et perd bientôt une grande partie de son acide pour se déposer à l'état de carbo-

nate terreux. Dès-lors, une énorme quantité d'acide carbonique s'est répandue dans l'atmosphère. Nous pourrions la calculer, si nous connaissions le poids de la masse calcaire déposée à cette époque. Il est bien probable que des dégagemens de gaz analogues à ceux qui ont lieu de nos jours, mais bien plus intenses, ont accompagné aussi l'émission des matières calcaires, et l'atmosphère s'est trouvée saturée, pour ainsi dire, de ce gaz, qui a bientôt déterminé une végétation des plus actives, celle dont les débris ont formé les houilles, en conduisant de nouveau dans le sein de la terre le carbone qui s'en était échappé. Avant la création de ces calcaires, notre atmosphère ne contenait peut-être aucune partie d'acide carbonique; car s'il eût existé, la potasse et la soude qui ont été formées dès le commencement de la création des terrains primaires, l'eussent certainement absorbée, et les carbonates qui manquent dans cette série de terrains ou qui y sont à peine représentés, se seraient montrés dès le principe, si le carbone eût été répandu dans la couche de matière gazeuse qui enveloppait la terre. Dans cette hypothèse, le dépôt des houilles serait une conséquence nécessaire de celui des calcaires qui les ont précédées; mais il nous suffit de constater, pour le moment, ce grand changement chimique dans la composition de l'atmosphère; nous verrons ensuite comment on peut expliquer la formation houillère et l'excessive végétation de ces temps reculés.

Les calcaires de ce groupe sont remarquables par leur couleur qui paraît due à la présence du bitume, ou du moins d'une matière organique, puisque cette roche, souvent exploitée comme marbre et fréquemment employée comme pierre à chaux, se décolore complètement par la chaleur. Faut-il attribuer cette ma-

tière organique à l'eau qui, encore aujourd'hui, amène du bitume des profondeurs de la terre, ou faut-il considérer cette odeur fétide comme produite par la décomposition des animaux nombreux qui habitaient alors les eaux tièdes de la mer? M. de Labèche penche pour cette dernière explication. Il suppose que, dans le commencement de la vie organique, les animaux ont dû être excessivement multipliés, mais appartenir à la classe des zoophytes, animaux mous et privés de test, puisque le calcaire manquait à cette époque. Ils se sont décomposés sans laisser la moindre trace d'existence. Quel que soit le degré de vérité de cette manière de voir, qui est parfaitement fondée, il ne reste pas moins comme un fait très-remarquable, le mélange singulier des êtres organisés qui se développèrent alors et parurent pour la première fois lors des sédiments de la grauwacke et du calcaire carbonifère. C'est à cette époque seulement que commence bien évidemment la vie organique; car auparavant de simples essais avaient lieu sur la terre et de petites créations prélevaient à cette prise de possession qui eut lieu définitivement à l'apparition des premiers calcaires.

Beaucoup de genres qui existaient alors ont maintenant disparu, mais plusieurs ont traversé tous les dépôts, toutes les périodes géologiques, et vivent encore aujourd'hui dans les mers. Tels sont principalement les *astrées* et les *caryophyllies* qui, depuis ces premiers calcaires, n'ont pas cessé de construire des îles ou de les entourer de rescifs : telles sont les térébratules qui commencent à cette époque, mais n'acquièrent leur période de plus grand développement que dans un étage plus élevé. Les *producta*, les *spirifer*, les *orthocératites*, quoique ayant continué de se montrer un peu au-dessus des groupes qui nous occupent, ont cependant at-

teint ici le développement complet de l'espèce, et quelques individus du dernier de ces genres ont acquis plus d'un mètre de longueur.

Tout le groupe des *trilobites* s'est éteint avec cette série de formations; mais les crustacées ont pris sur quelques points un tel développement, que des roches en sont presque entièrement composées. Ils fourmillaient dans les eaux chaudes de certains rivages, mais n'ont pas survécu à la période précédente, pendant laquelle le calcaire s'est formé. Les poissons ont aussi commencé avec ces singuliers animaux et ont laissé leurs premières dépouilles dans la grauwacke.

La présence de l'acide carbonique a aussi donné le signal de la végétation. Les espèces que nous avons vu paraître dans la période précédente se sont conservées et ont acquis un certain développement, d'autres s'y sont associées. Les *équisétacées*, les *fougères* et les *lycopodiacées* ont formé des forêts étendues, et ont immédiatement commencé le dépôt des houilles. Aussi, c'est à la partie supérieure du calcaire que se sont formés les premiers dépôts charbonneux qui renferment peu de bitume, et dont le charbon, désigné sous le nom d'*anthracite*, est exploité sur quelques points de l'Angleterre et de la France.

GROUPE SUPERIEUR CARBONIFÈRE.

Déjà la houille commençait à se montrer à la partie supérieure du groupe précédent; mais c'est dans celui-ci seulement que ce dépôt de matières charbonneuses a acquis toute son extension. Les géologues ne sont pas d'accord sur l'étendue qu'il convient d'accorder à ce groupe. Quelques-uns le considèrent comme une dépendance du grès rouge qui se trouve au-dessus et

que nous étudierons un peu plus loin; d'autres le réunissent aux calcaires que nous avons décrits dans les pages précédentes. Cette dernière réunion serait plus naturelle que l'autre; mais comme la formation houillère a une grande importance géologique, nous l'étudierons seule comme un de ces points de repère qui servent d'horizon, et qu'il faut bien connaître avant de s'en éloigner.

La formation houillère est composée de couches de grès, de houille et d'argile schisteuse, ainsi que de fer carbonaté, qui se présente le plus souvent sous forme de rognons disséminés ou posés à plat les uns à côté des autres.

La houille ou charbon de terre, qui est la roche principale sans être la plus puissante, offre un grand nombre de variétés de texture et de composition. Elle est plus ou moins compacte, plus ou moins bitumineuse, et présente au microscope un grand nombre de petites cellules fermées, qui contiennent une matière résineuse très-volatile. M. Hutton a remarqué que dans la houille collante les cavités à l'huile résineuse sont allongées et petites; dans la houille schisteuse il y a deux espèces de cellulosités, savoir: des cavités allongées et d'autres circulaires, tandis que dans le cannel-coal où il y a peu d'indices de cristallisation, les premières cavités n'existent que rarement, et il y a une division fibreuse. M. Hutton trouve dans ces données les indications des réticulations et des cellulosités du tissu végétal, et il est ainsi amené à supposer que les diverses houilles ont été produites par des végétaux différens.

Le grès houiller est souvent formé par des fragmens de quartz, quelquefois de feldspath et de mica, dont le volume varie beaucoup. C'est surtout dans la partie inférieure du terrain que l'on rencontre ce grès, et l'on

y voit quelquefois des veines remplies par de l'argile blanche.

L'argile schisteuse semble formée des mêmes élémens que le grès, mais réduite en particules très-fines. Elle est noirâtre ou brunâtre, et se divise très-facilement, même par le seul contact de l'air; elle est quelquefois imprégnée de bitume et passe à la houille, ou bien le mica y domine et elle passe au grès; c'est dans ces argiles schisteuses que se trouvent de nombreuses empreintes de végétaux.

La houille est généralement placée entre deux couches de cette argile, et ses assises sont quelquefois si nombreuses qu'elles se reproduisent jusqu'à soixante fois, mais toujours séparées par l'argile schisteuse et le grès houiller. Leur épaisseur varie beaucoup aussi, depuis 8 à 15 pouces jusqu'à 20 pieds et au-delà.

L'argile bitumineuse, qui enveloppe la houille, contient le fer carbonaté lithoïde, qui forme une série continue d'amas de rognons, de veines, que le grès houiller renferme même quelquefois. Ce fer carbonaté passe facilement à l'état d'hydrate et existe souvent en quantité exploitable.

On rencontre aussi dans le terrain houiller des roches qui ont été injectées pendant sa formation, et qui ont contribué à disloquer ses couches. Ce sont principalement des porphyres ou des roches trappéennes, quelquefois même des basaltes. Enfin, le calcaire paraît aussi par petites couches à la partie supérieure, mais il se développe peu.

La stratification de ce groupe est très-prononcée. On y reconnaît nettement la stratification périodique, c'est-à-dire que l'on observe toujours le même ordre dans la disposition des couches. Les assises de houille sont toujours parallèles aux couches pierreuses qui les