

accompagnent et ne les coupent jamais. Elles sont tantôt presque horizontales, tantôt fortement inclinées à l'horizon, mais le plus souvent elles sont disposées en fond de bateau, c'est-à-dire qu'elles se relèvent également de chaque côté. D'autres fois, comme on peut l'observer dans les houillères de Mons et de Valenciennes, les couches se replient sur elles-mêmes en zig-zag, et forment en descendant une suite de crochets qui conservent une sorte de régularité. Les deux lisières schisteuses suivent les mêmes inflexions, en sorte que les trois couches ne cessent pas d'être parallèles entre elles.

Les fossiles du terrain houiller sont très-variés et appartiennent principalement aux végétaux. Ce sont des empreintes bien conservées de leurs feuilles et de leurs tiges, quelquefois ce sont les tiges elles-mêmes que l'on retrouve dans le grès ou dans les schistes, et que l'on peut suivre sur une grande longueur.

Voici le tableau générique et numérique des végétaux recueillis dans les houillères, et qui ont été soigneusement décrits par M. Adolphe Brongniart :

CRYPTOGAMES VASCULAIRES.	ÉQUISÉTACÉES.....	<i>Equisetum</i>	2 espèces.	} 14
		<i>Calamites</i>	12	
	FOUGÈRES.....	<i>Sphenopteris</i>	21	} 130
		<i>Cyclopteris</i>	2	
		<i>Nevropteris</i>	11	
		<i>Glossopteris</i>	1	
		<i>Pecopteris</i>	46	
		<i>Lonchopteris</i>	2	
	MARSILEACÉES.....	<i>Odonpteris</i>	5	} 7
		<i>Schizopteris</i>	1	
		<i>Sigillaria</i>	41	
	LYCOPODIACÉES.....	<i>Sphenophillum</i> ..	7	} 68
		<i>Lycopodites</i>	10	
		<i>Selaginites</i>	2	
<i>Lepidodendron</i> ..		34		
<i>Lepidophillum</i> ..		5		
<i>Lepidostrobus</i> ..		4		
PHANÉROGAMES MONOCOTYLÉDONES.	PALMIERS.....	<i>Cardiocarpon</i> ..	5	} 14
		<i>Stigmaria</i>	8	
		<i>Flabellaria</i>	1	
	CANNÉES.....	<i>Næggerathia</i> ..	1	} 3
		<i>Zeugophyllites</i> ..	1	
	FAMILLES INCERTAINES...	<i>Cannophyllites</i> ..	1	} 1
		<i>Sternbergia</i>	3	
		<i>Poacites</i>	3	
		<i>Trigonocarpum</i> ..	5	
	Plantes dont la classe est incertaine, mais qui paraissent se rapprocher davantage des deux classes ci-dessus que des autres.	<i>Musocarpum</i>	3	} 21
<i>Phyllothea</i>		1		
<i>Annularia</i>		7		
<i>Asterophyllites</i> ..		10		
	<i>Volkmania</i>	3		
Total.....				258

On a trouvé aussi dans les houillères plusieurs débris d'animaux appartenant à des espèces marines et à des espèces d'eaux douces. Tels sont les genres *unio*, *mytilus*, *ammonites*, *orthocera*, *terebratula*, *pecten*, *lingula* et quelques restes de poissons.

Ce n'est cependant qu'en petit nombre et très-rarement que l'on rencontre des fossiles étrangers au règne végétal; ce sont les végétaux qui caractérisent la formation des houilles, et l'on peut même affirmer que la houille elle-même est le produit de leur décomposition et de leur enfouissement.

La vie végétale a pris, à l'époque dont nous nous occupons, un développement vraiment extraordinaire, et qui ne s'est pas représenté depuis lors. En effet, toutes les circonstances étaient alors réunies pour activer la végétation.

L'acide carbonique, si nécessaire à la nutrition des plantes, venait de se répandre en abondance dans l'atmosphère, et comme l'a indiqué M. Ad. Brongniart, dans un travail très-remarquable sur ce sujet, il dut être absorbé par les feuilles nombreuses des grandes monocotylédones qui vivaient alors sur la terre. La vapeur, si nécessaire aussi à un prompt développement, se formait sans cesse à la surface des eaux tiédies par la haute température que produisaient nécessairement les injections de porphyre et des différentes roches d'épanchement, qui perçaient alors la croûte déjà épaissie de notre planète. Nous ne pouvons nous faire une idée de l'activité que devaient imprimer à la végétation toutes ces circonstances réunies, jointes encore à l'humidité qui devait régner sur le sol où ces plantes implantaient leurs racines. Ce qui le prouve, c'est la grande élévation qu'atteignaient ces *lycopodiacées*, ces gigantesques *equisetum*, et tous ces grands monocoty-

lédons qui formaient alors d'impénétrables forêts. En comparant cette végétation à celle qui existe maintenant sur le globe, nous ne trouvons plus d'analogie que dans les contrées les plus chaudes; car nos petits *equisetum*, nos fougères herbacées et nos *lycopodiacées* rampantes ne peuvent pas être placés sur la même ligne que leurs analogues de l'époque houillère. Ce n'est donc que dans les îles situées sous les tropiques, que nous retrouvons quelques plantes que leur organisation spéciale et leur haute stature rapprochent singulièrement de celles qui paraissent avoir couvert à cette époque la majeure partie des terres émergées. Mais ce ne serait pas un motif de croire que ces forêts primitives couvraient des îles ou se développaient sur des archipels, nous devons présumer au contraire qu'elles croissaient déjà sur des continents étendus; car il a fallu une masse prodigieuse de végétaux pour former les couches puissantes de houille que nous trouvons enfouies sur une grande partie de la terre.

Nous ignorons de quelle manière le dépôt s'est opéré, et quelles sont les circonstances qui l'ont accompagné. L'expalation des feuilles, et l'extrême régularité des empreintes que l'on trouve dans les schistes, nous prouvent de la manière la plus évidente que les végétaux ont flotté, et que leurs feuilles, d'abord étalées à la surface, se sont déposées avec les argiles boueuses que la compression a transformées en schistes bitumineux. La disposition presque toujours curviligne des couches, annonce que les matières sédimenteuses étaient épaisses, et que les eaux étaient tranquilles; car, sans ces circonstances, les couches eussent été formées horizontalement et n'auraient pas indiqué, comme elles le font, par des ondulations variées, la forme extérieure du terrain sur lequel elles se sont déposées. Il faut donc admettre que

le dépôt des grès, des schistes et de la houille a eu lieu simultanément dans des golfes, de grands lacs, ou dans une série de bassins contigus et souvent alignés. Les matériaux n'ont pu être charriés de loin, car les découpures si délicates des feuilles de fougère eussent certainement été détruites, malgré la facilité avec laquelle elles peuvent flotter sur un cours d'eau peu rapide. On ne peut non plus supposer que de grands amas de végétaux aient été enfouis sur la place où ils ont vécu; car, dans ce cas, on trouverait ces végétaux entiers et ensablés verticalement comme ceux des forêts sous-marines. Il existe, il est vrai, plusieurs faisceaux de tiges trouvées dans cette position et munies de leur racine. M. Al. Brongniart énumère un grand nombre d'exemples de ces troncs enfouis verticalement (1); mais il n'en est pas moins vrai que ces positions sont exceptionnelles. Aucun de ces troncs n'était muni de ses branches ou de son faisceau terminal, tous étaient coupés à une certaine distance au-dessus de la racine. Tous les jours on rencontre des arbres placés dans une semblable situation à l'embouchure des grands fleuves d'Amérique; ils y restent des années entières et finissent par s'ensabler. Ces arbres cependant sont descendus de très-loin et n'ont pas vécu sur place. La même chose a eu lieu pour les tiges verticales des grès houillers. Quelques plantes arrachées avec la terre qui tenait à leurs racines, auront pris la position verticale et auront flotté sur les cours d'eau jusqu'aux bassins où venaient se réunir les matériaux des houilles.

Quand on considère attentivement cette singulière formation, on est bientôt convaincu que toutes ses par-

(1) *Annales des Mines*, 1821, 5^e livraison.

ties se sont formées assez tranquillement comme tous les terrains de sédiment, bien différens en cela des terrains de transport, et cependant ce serait à un terrain de transport qu'il faudrait rapporter les houilles, si l'on supposait que les plantes dont elles proviennent ont été ensevelies sur les lieux mêmes où elles ont vécu, tandis qu'elles sont dues à une action de transport unie à un dépôt de sédiment.

Les végétaux et les matériaux des roches qui ont donné naissance à la formation houillère, ont été transportés par des cours d'eau étendus jusqu'au point où le dépôt s'opérait. Rarement quelques courans plus rapides ont charrié de plus gros fragmens, qui se sont déposés en couches caillouteuses et en forme de poudingue.

Les sédimens ont eu lieu comme à l'ordinaire; les parties pesantes les premières, les argiles ensuite, puis les matières végétales, qui ont ainsi formé les trois couches de grès, de schiste et de charbon.

C'est la pesanteur spécifique qui a déterminé cet arrangement et non l'ordre de transport. Après le dépôt de ce système de trois couches constituant une seule et même formation, les eaux, plus tranquilles, n'ont plus amené que des feuilles et quelques tiges qui flottaient sans altération, et arrivaient avec des matières terreuses, qui se déposaient avec elles au-dessus des houilles qui n'étaient pas encore recouvertes. C'est à cette période de tranquillité qu'il faut rapporter la création des schistes à empreintes qui forment le toit de la houille, et dans lesquels on rencontre aussi les longues tiges articulées de ces grands cryptogames vasculaires. Les eaux n'avaient pas alors assez de vitesse pour charrier des grès, mais bientôt après les mêmes phénomènes se reproduisaient; les cours d'eau débordés arrachaient des groupes énormes de végétaux, érodaient les terrains

originaires et les sédiments qui les recouvraient sur plusieurs points, et charriaient tous ces débris qui se déposaient encore selon l'ordre de leur densité. Une période tranquille permettait à de nouveaux schistes de recouvrir encore ce dépôt et d'y conserver de nouvelles empreintes. Quant à la transformation des matières végétales en houille, on conçoit que les masses, d'abord très-épaisses, se sont successivement affaissées; on comprend que, fortement comprimé, l'hydrogène carboné qui résulte de la décomposition des matières végétales sous l'eau, n'ait pu se dégager et soit resté comprimé dans un grand nombre de cavités dont il s'échappe en sifflant quand les parois trop minces ne peuvent plus résister à sa pression; on comprend que l'affaissement de ces matières ait pu donner lieu à plusieurs petites dislocations provenant du glissement de quelques couches supérieures quand les inférieures s'abaissaient. Le fer, si abondamment répandu à la partie supérieure de la grauwacke, dans le vieux grès rouge, se retrouve ici en masses plus ou moins volumineuses qui se groupent et se déposent avec les argiles, au lieu de se disséminer dans toute la masse.

La houille est essentiellement une formation terrestre dont les matériaux ont été charriés dans l'eau douce ou dans l'eau salée, et dans laquelle s'expliquerait tout naturellement, par voie de transport, la présence de quelques corps marins et de quelques coquilles d'eau douce.

La périodicité extrêmement remarquable que l'on observe dans la stratification des houilles et la multiplicité des assises dans quelques bassins, nous indiquent une cause également périodique dans le transport des matériaux qui ont formé ce groupe. Cette cause, nous ne pouvons la trouver que dans la succession de deux

saisons opposées, une saison d'hiver et une saison d'été, pendant laquelle des pluies abondantes auraient produit des crues périodiques comme celles qui caractérisent encore aujourd'hui les fleuves de la zone torride. Quelque répugnance qu'aient à adopter cette opinion, les géologues qui accordent à la terre une existence qui date de quelques milliers de siècles, il n'en est pas moins vrai que la plupart des phénomènes de stratification ne peuvent être expliqués qu'en faisant intervenir les saisons d'été et d'hiver, ou, ce qui est plus exact, de *pluie* et de *sécheresse*. Des circonstances locales ont pu modifier ces saisons, et peut-être même prolonger certains dépôts d'une saison à un autre homonyme sans qu'il y ait eu d'interruption sensible; mais, dans la plupart des cas, une seule année a pu suffire pour transporter les matériaux d'un dépôt complet des trois couches, et des schistes à empreintes dont la création a eu lieu pendant l'intervalle de tranquillité, séparent le dépôt formé, du suivant qui viendra bientôt le recouvrir.

A une époque où les actions de transport étaient assez actives pour créer des masses de 5 à 600 mètres d'épaisseur, il faut leur supposer un développement si prodigieux, que nos petites forces actuelles ne peuvent leur être comparées que pour le mode d'action, mais non pour le résultat.

La périodicité dans les sédiments, que l'on ne peut guère expliquer d'une autre manière, nous amène à une conclusion à laquelle M. Ad. Brongniart était déjà arrivé par un autre moyen, c'est qu'à l'époque des houilles la température du globe était au moins celle de la zone torride; l'épaisseur des dépôts nous indique, comme lui ont prouvé la nature des végétaux, que cette chaleur était même beaucoup plus élevée. C'était probable-

ment le point le plus favorable à la végétation et le degré auquel l'absorption et la décomposition de l'acide carbonique étaient le plus actifs. Il faut encore ajouter à la chaleur solaire l'action de la chaleur centrale, mais trop affaiblie déjà pour masquer les saisons.

Autant qu'on peut en juger par la position géographique des houilles, la terre jouissait alors d'une température uniforme, et des plantes presque semblables existaient à la fois dans toutes les parties du monde. Les empreintes recueillies en Amérique ont offert, à quelques exceptions près, des végétaux semblables à ceux de l'Europe; des échantillons recueillis au Groenland, au delà du cercle polaire, ont offert aussi des espèces identiques; en sorte que, sous toutes les zones de l'hémisphère boréal, les houilles doivent leur origine aux mêmes espèces, ou du moins à des plantes de même genre et d'espèces analogues. On a peu de données sur cette même formation dans l'hémisphère austral; on a cependant recueilli à la Nouvelle-Hollande des exemples qui indiquent des espèces et même des genres différens, mais pourtant analogues.

Il est, du reste, très-possible que des découvertes ultérieures fassent connaître les mêmes végétaux sur des parties du globe si éloignées. Cette identité, ou au moins cette analogie de végétation pourrait faire supposer que l'ancien et le nouveau continent, ainsi que l'Australie, existaient lors du dépôt des houilles, mais rien ne prouve cependant la contemporanéité de la végétation houillère dans des contrées si éloignées.

La formation houillère seule atteint quelquefois 500 mètres de puissance, et des espaces très-étendus en sont couverts. On la trouve dans plusieurs départemens de la France; l'Angleterre et la Belgique lui doivent une partie de leur richesse; on la retrouve dans toutes

les parties de l'Allemagne, en Sibérie, au Groenland, à la Chine, au Japon, en Amérique et dans l'Océanie.

C'est en Angleterre qu'elle a acquis son plus grand développement; on y compte 5,000 lieues carrées de terrain exploitable pour le combustible qu'il contient, et l'on peut évaluer à 6,400,000,000 de tonnes la quantité de combustible qui s'y trouve enfouie. Dans le pays de Galles, où l'on extrait 3,000,000 tonnes de houille par an, on en pourra retirer la même quantité pendant 1500 ans (1).

L'Angleterre et la Belgique paraissent être les deux côtés d'un même bassin maritime, dans lequel se sont déposés des terrains houillers extrêmement abondans; les couches qui les supportent et quelques assises intercalées contiennent de part et d'autre quelques fossiles marins et présentent en outre les mêmes circonstances géologiques.

Il n'en est pas de même des houilles du centre de la France; elles paraissent avoir été formées dans des bassins lacustres, et beaucoup moins étendus, dans lesquels on ne trouve pas de débris marins, mais où l'on rencontre les mêmes espèces végétales.

On n'est pas bien certain que toutes les houilles se soient déposées dans des bassins; on pense que quelques-unes se sont formées à la manière des deltas à l'embouchure des grands fleuves, et non comme les deltas des lacs. Quel que soit leur mode de formation, elles ont été depuis lors fortement disloquées par des affaissemens ou des glissemens qui ont donné naissance à des failles et à des brouillages; par tous les soulè-

(1) ÉLIE DE BEAUMONT, Notes recueillies à son cours. *Écho du Monde Savant*, p. 44, 3^e année.

mens postérieurs à leur dépôt et par de nombreuses injections de roches porphyriques. Aussi trouve-t-on des houilles à de grandes hauteurs et dans des lieux très-profonds. Leblond en cite dans les Cordillères du Pérou, près de Santa-Fé-de-Bogota, à la hauteur de 2,200 toises; M. de Humboldt cite les mêmes couches à 1,360 toises; mais on en indique dans les Cordillères de Huarocheri à 2,300 toises; on en exploite dans les mines de Flandre à 300 toises au-dessous du sol, qui, dans ces plaines, n'est pas élevé de 50 toises au-dessus du niveau de la mer, en sorte que l'on trouve entre les deux limites connues de la houille l'espace énorme de 3,800 toises.

Les couches de houille peuvent s'enflammer spontanément et brûler pendant des années tout entières. Les grès sont souvent vitrifiés par cette chaleur; l'argile schisteuse éprouve une demi-fusion et devient semblable à de la porcelaine de couleur variée, ou bien elle se transforme en scories analogues à celles des volcans. On voit aussi de l'hydrochlorate d'ammoniaque qui se sublime en octaèdre dans les fentes des roches, du sulfate d'ammoniaque, de l'alun et quelquefois des globules d'acier provenant de petits nids d'oxide de fer que contiennent assez souvent les couches d'argile schisteuse.

CHAPITRE TRENTE-CINQUIÈME.

TERRAINS DE SÉDIMENT MOYENS.

AU-DESSUS de la formation houillère, se développe une longue série de grès et de calcaires renfermant çà et là quelques matières combustibles, et comparables, jusqu'à un certain point, aux dépôts que nous venons d'étudier. Nous allons voir revenir successivement les grès, les calcaires, les argiles et les marnes, qui indiquent la succession de plusieurs périodes géologiques pendant lesquelles les dépôts s'opéraient, pour ainsi dire, de la même manière. Nous venons de voir, dans la série précédente, les grès se développer sur une puissance de 5 à 600 mètres, et les calcaires paraître au-dessus d'eux avec une épaisseur égale à la moitié de celle des grès. Au-dessus se développe la formation houillère, pendant laquelle l'acide carbonique répandu dans l'atmosphère est absorbé par la végétation. Maintenant reparaissent de nouvelles couches de conglomérat, auxquelles succèdent aussi des calcaires, mais dont l'épaisseur, en rapport avec les grès qui les supportent, n'est pas aussi considérable que celle des assises qui les ont précédés. Ce n'est que vers la fin de la longue période dont nous allons parler, que l'on voit les calcaires acquérir encore une très-grande puissance dans la formation de la craie.

Pendant cette longue succession de dépôts, nous verrons la végétation changer de nature, de nouveaux