

corps se putréfient rapidement et se déversent, sous forme de produits gazeux et liquides, dans l'air et dans l'eau. Les os étant durs résistent plus longtemps à la décomposition; mais tôt ou tard les sels de chaux eux-mêmes, cause de leur dureté, sont dissous, et la charpente solide de l'animal va de nouveau accroître la masse des liquides et des gaz qui, par l'intermédiaire de la plante, ont contribué à la former. Mais dans des conditions analogues à celles que nous avons mentionnées dans le cas de la plante, il se peut que les os soient recouverts et mis à l'abri de toute décomposition ultérieure, ou bien soient pénétrés par des matières calcaires ou siliceuses; c'est ainsi que sous la forme d'« oiseau fossile », un pigeon peut devenir partie intégrante de la croûte solide de la terre.

On voit que les pigeons et les pois ou, d'une manière plus générale, l'animal et la plante, représentent respectivement dans le monde de la vie, les pouvoirs destructifs et réparateurs du monde inanimé, les forces de dénudation et de soulèvement. L'animal détruit la matière vivante et les produits de son activité, puis restitue à la terre les éléments dont cette matière se compose, sous la forme d'acide carbonique, de sels ammoniacaux et minéraux. La plante au contraire est un architecte de matière vivante et fait entrer l'inanimé dans le monde de la vie. La matière, à la surface du globe, est donc dans une circulation continue; elle passe sans cesse de la mort à la vie, et de la vie sans cesse retombe dans la mort.

Si les pigeons étaient les seules formes de la vie, l'équilibre entre les éléments solides et fluides du globe ne serait guère affecté par leur existence. Chaque pigeon et chaque pois, comme on l'a vu, représente une certaine quantité de liquides et de gaz convertis en une masse solide; mais, dans les circonstances ordinaires,

les matières solides ainsi formées des éléments gazeux et liquides leur sont restituées peu après la mort du corps qu'elles constituent. Il est difficile d'imaginer que les pigeons ou les pois fossiles puissent jamais constituer une addition sensible à ce qu'on peut appeler, au moins dans un sens relatif, l'écorce permanente de la terre.

Mais il en est autrement des plantes et des animaux qui vivent dans des conditions plus favorables à leur préservation et chez lesquels les éléments plus persistants et moins périssables entrent pour une large proportion dans la composition du corps. Il y a donc plus de probabilité de retrouver fossilisés les restes des animaux et des plantes qui vivent dans la mer ou les rivières, ou peuplent les marais et les lacs, que ceux des animaux qui habitent les continents. Et plus est grande la proportion des sels de chaux, de silice ou des autres éléments peu solubles qui entrent dans la composition du corps d'un animal ou d'une plante, plus son squelette sera long à se dissoudre, et plus il y aura de chances qu'il se conservera. Sur les rivages de l'île de Sheppey, dans l'estuaire de la Tamise, il n'est pas rare de trouver des fossiles, tombés des falaises dans le cours de leur destruction par la mer. Nombre de ces fossiles sont les fruits pétrifiés d'arbres qui vivaient à l'époque où le sol argileux des falaises était en formation. Il est probable que ces fruits tombèrent des arbres qui les portaient et qui croissaient vraisemblablement sur les rives d'une rivière, puis furent entraînés par le courant du fleuve jusqu'à son estuaire où ils furent ensevelis dans la vase fine qui, durcie depuis, a formé l'argile des falaises de Sheppey. Cette argile est de même nature que celle sur laquelle s'élève la capitale de la Grande-Bretagne, l'argile appelée de son nom *londonienne*. La végétation dans cette partie du monde, à l'époque représentée par cette argile, dut différer beaucoup de celle que nous voyons

de nos jours. C'est ainsi que beaucoup de ces fruits fossiles (fig. 68) proviennent d'arbres du genre des palmiers (*Nipa*) et semblables à ceux qui croissent maintenant au Bengale, dans les îles Philippines et dans les îles de la Sonde; d'autres sont des cônes de plantes analogues à celles qui fleurissent à présent en Australie. La figure 68 reproduit un de ces fruits trouvés dans l'argile de Sheppey. Il faut se rappeler que ces fossiles ne forment qu'une partie insignifiante de la roche dans laquelle ils sont encastrés. Mais il y a d'autres organismes qui entrent en telle quantité dans la composition de certains dépôts qu'ils en constituent de beaucoup la plus grande partie.



FIG. 68 — Fruit fossile.  
(*Nipadites ellipticus*.)

Ainsi il y a une substance bien connue qu'on emploie depuis longues années dans les arts comme matière polissante sous le nom de *tripoli*. C'est une sorte de terre pourrie dont on trouve de vastes dépôts en beaucoup de régions, mais qui est particulièrement abondante à Bilin, en Bohême, où elle forme des couches considérables, car l'un des lits n'y mesure pas moins de 4<sup>m</sup>,20 d'épaisseur. En certains endroits, le *tripoli* est une roche tendre et friable; en d'autres, il est si dur qu'on le connaît sous le nom de « schiste polissant ». Chimiquement, c'est de la silice presque pure, comme la silice du cristal de roche; mais l'examen au microscope montre immédiatement que ce n'est point simplement de la silice minérale. En effet, en obtenant un grossissement convenable d'un morceau de *tripoli*, on voit qu'il est fait, non de particules minérales informes ou de cristaux de silice extrêmement ténus, mais d'organismes aux formes hammo-

nieuses, tels que les représente la figure 69. M. le professeur Ehrenberg, de Berlin, a démontré il y a longtemps déjà que ces corps délicats si abondants dans le *tripoli* sont identiques aux carapaces siliceuses qui caractérisent un groupe d'organismes microscopiques nommés *diatomées*. Les diatomées vivent dans l'eau salée et dans l'eau douce, mais celles que l'on trouve d'ordinaire conservées dans le *tripoli*, ont les caractères de l'espèce vivant dans l'eau douce et on en conclut que le *tripoli* s'est probablement déposé au fond des lacs ou des marais primitifs.

Quand on examine une diatomée vivante, on voit que son enveloppe siliceuse renferme une mince particule de protoplasma. Une diatomée n'est en effet qu'une simple cellule végétale, mais douée de la propriété caractéristique de séparer de l'eau am-



FIG. 69. — Coupe verticale d'un dépôt diatomacé (Mourne Mountains, Irlande).  
Le diamètre est grossi 160 fois environ.

biante cette combinaison chimique qu'on appelle la « silice » et qui existe en très faible proportion et à l'état de dissolution dans la plupart des eaux naturelles. La silice que la diatomée s'approprie de la sorte, forme une carapace solide qui enveloppe le protoplasma et laisse voir souvent une surface curieusement ciselée.

A la mort de la diatomée, le protoplasma se décompose et disparaît; mais la gaine siliceuse, quoique lentement dissoute par l'eau, résiste longtemps à la destruction; elle demeure donc sous forme de corps solide au fond des flots. Les diatomées, il est vrai, sont

de proportions microscopiques, mais leur abondance extraordinaire compense leur petitesse. Dans certains estuaires, elles sont en quantités telles que leurs parties dures ou carapaces contribuent dans une large mesure par leur accumulation à diminuer la profondeur de l'eau et à fermer les ports. Ehrenberg estimait que dans le port de Wismar, dans la Baltique, il ne se dépose pas moins de 514 mètres cubes d'organismes siliceux par an. Sir J. Hooker parle des multitudes infinies de diatomées qui se rencontrent dans les eaux et les glaces de l'Océan Glacial Antarctique : on a trouvé le long des escarpements de la grande Terre Victoria un banc formé presque uniquement des carapaces siliceuses de ces animalcules; or ce dépôt s'étendait sur une surface qui ne mesurait pas moins de 643 kilomètres de longueur et 322 de largeur. Pendant l'expédition du *Challenger*, on releva, dans certaines parties de l'Océan Pacifique, des dépôts analogues d'une vase diatomacée d'un blanc jaunâtre. On peut voir dans nombre de mers les diatomées couvrant en grande abondance la surface, surtout aux endroits où les rivières déversent l'eau douce. Si insignifiantes que semblent les diatomées quand on les regarde séparément, il est évident que par leurs quantités innombrables et l'indestructibilité relative de leurs carapaces, elles peuvent jouer un rôle important dans la formation de certains dépôts destinés à constituer plus tard des roches siliceuses. En effet, Ehrenberg a démontré que les particules siliceuses non compactes du dépôt diatomacé de Bilin peuvent se convertir en une roche compacte si l'eau s'y infiltre. Cette eau dissout très lentement la silice et en forme un nouveau dépôt qui a la consistance d'une roche dure comme l'opale et dans laquelle la structure organique a presque complètement disparu.

Peu de plantes ont, comme les simples diatomées, la

faculté d'envelopper leurs cellules d'une matière aussi dure que la silice. Cependant, dans les graminées, les cellules formant le revêtement intérieur des tiges, contiennent de la silice en assez grande quantité pour que leur structure en acquière une certaine rigidité; il existe même une prêle si riche en silice qu'on l'exporte de Hollande, sous le nom de « Jonc hollandais », pour l'employer comme substance polissante. Mais même dans les plantes dont les cellules ne renferment pas de dépôt particulier de matière minérale, les parois des cellules elles-mêmes sont généralement formées d'une membrane compacte qui présente parfois une texture très résistante. La membrane cellulaire consiste en une substance appelée *cellulose*, qui diffère essentiellement du protoplasma qu'elle enveloppe en ce qu'elle ne contient pas d'azote, mais ressemble plutôt à de l'amidon par sa composition chimique. Dans les plantes ligneuses, les parois de la cellule prennent une épaisseur considérable, l'accumulation de la substance ligneuse qui est insoluble dans l'eau ajoute à leur force, en même temps qu'elle contribue à l'alimentation de la structure végétale, et plus tard elles ne se décomposent que lentement. C'est ainsi que les restes des plantes, en s'accumulant, peuvent dans des conditions déterminées former des dépôts d'un caractère très durable.

Les accumulations de matières végétales décomposées partiellement forment la substance connue sous le nom de *tourbe*. La tourbe ne se produit que sous l'influence de certaines conditions d'humidité et de température; un sol détrempé dans un climat tempéré constitue la situation la plus favorable à sa formation. Dans nos régions, les plantes qui entrent principalement dans la composition de la tourbe, sont certaines mousses connues des botanistes sous le nom générique de *sphaignes*. La partie inférieure de la tige de la mousse des marais

meurt, tandis que le haut continue à grandir librement. Les parties mortes, entremêlées les unes aux autres, forment une masse enchevêtrée qui absorbe l'eau à la façon d'une éponge et favorise la croissance des parties supérieures. Des débris d'autres plantes se mêlent aux mousses et contribuent à la formation de la tourbe, en même temps que des troncs d'arbres s'enlisent dans le marais. Quant à la vase, elle est apportée par les inondations; c'est elle qui aide à consolider la masse, à la rendre compacte et à produire un dépôt d'une dureté considérable. La rapidité avec laquelle la tourbe se développe varie beaucoup selon les circonstances, mais on peut s'en faire une idée par ce fait que des objets d'origine romaine, et même des voies romaines, ont été trouvés recouverts d'une couche de tourbe de 2<sup>m</sup>,40. En Irlande, les tourbières sont si abondantes qu'elles couvrent près d'un tiers de la surface totale du pays, et dans certains cas, la tourbe atteint une épaisseur de douze mètres. On coupe la tourbe dans la tourbière par petits blocs en forme de briques; puis après les avoir desséchées on les empile en tas dans lesquels l'air circule librement, on les emploie comme combustible. Nous avons mentionné dans le chapitre précédent qu'en Angleterre un sol tourbeux très ancien, mais n'émergeant pas à la surface, s'étend sur plusieurs kilomètres le long de l'estuaire de la Tamise. En France, les tourbières les plus vastes se rencontrent dans la vallée de la Somme, mais la tourbe est aussi exploitée aux portes mêmes de Paris; les principales tourbières du bassin de la Seine sont dans la vallée de l'Essonne, mais de moins importantes abondent aussi sur les bords de la Seine, de la Marne et de l'Oise.

Dans les couches les plus profondes, et par conséquent les plus anciennes, d'une tourbière épaisse où la matière en décomposition est le plus comprimée et altérée, la

tourbe prend d'ordinaire la forme d'une masse brune, assez compacte, dans laquelle la structure végétale finit parfois par disparaître presque entièrement: la tourbe y est en effet convertie en une substance assez semblable à la houille. Cette ressemblance même a suggéré l'hypothèse que les formations houillères ont pu, dans certains cas, résulter de l'altération d'anciennes tourbières. Quoique cette théorie comporte certaines objections, il n'en est pas moins certain que la houille doit son origine à l'altération de matières végétales. On tire les preuves

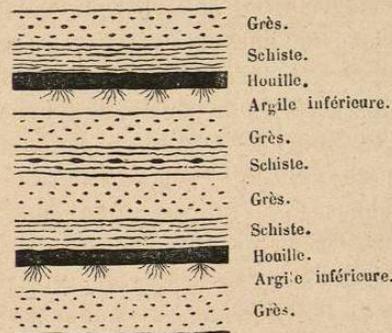


FIG. 70. — Coupe d'une formation houillère.

sur lesquelles s'appuie cette conclusion, en partie de la structure chimique et microscopique de la houille, et en partie des conditions dans lesquelles on trouve cette substance dans la nature.

La houille se rencontre sous la forme de couches ou veines d'une épaisseur variable associées à des schistes, à des grès et à d'autres roches sédimentaires. La succession des couches ou la formation houillère offre, dans une section verticale telle qu'on peut en voir dans une houillère, un aspect généralement semblable à celui que représente la figure 70, mais la série peut comprendre des

centaines de couches distinctes. L'étage supérieur du terrain houiller, c'est-à-dire les couches immédiatement au-dessus de la houille, est le plus souvent composé d'amas schisteux dont les strates, quand on les divise, portent très fréquemment des empreintes de plantes. Les plus communs peut-être de ces restes végétaux sont les feuilles gracieuses ou *frondes*<sup>1</sup> de fougères dont quelques-unes offrent une ressemblance frappante avec les espèces vivantes actuellement. Dans nos régions, les fougères n'atteignent jamais à la taille des arbres, mais dans les pays où le climat est à la fois très chaud et humide, comme dans la Nouvelle-Zélande, elles forment des arbres de 15 à 18 mètres de hauteur. Des fougères arborescentes semblables existaient aussi dans nos contrées à l'époque de la formation des schistes que l'on trouve associés à la houille.

Outre les empreintes de plantes trouvées dans les schistes qui s'étendent au-dessus de la houille, on rencontre encore des restes végétaux dans les grès et les schistes situés au-dessous des couches de houille. Sir W. Logan observa, il y a nombre d'années, en examinant le grand terrain houiller de la partie méridionale du Pays de Galles, que chaque assise de houille est supportée par une couche de schiste connue sous le nom d'argile inférieure, comme le montre la figure 70. Quel que soit le nombre des couches de houille, et dans certains cas elles sont très nombreuses, il y a toujours exactement le même nombre de couches d'argile inférieure. En outre, ces couches contiennent d'ordinaire des corps semblables à celui représenté dans le bas de la figure 70 et qu'on ne trouve jamais dans l'étage supérieur du terrain houiller. Ces corps sont depuis longtemps connus des géologues

1. Une fronde diffère d'une feuille ordinaire en ce qu'elle porte des organes de fructification. Les fougères n'ont pas de fruit et c'est généralement sur la fronde que le fruit se développe.

sous le nom de *stigmariæ*<sup>1</sup>, mais quoiqu'elles représentassent évidemment quelque partie d'une plante, leur nature précise demeura longtemps une énigme. Enfin, en établissant une voie ferrée qui coupait en tranchée le terrain houiller du Lancashire, on mit à jour une douzaine d'arbres implantés dans une veine de houille, mais qui enfonçaient leurs puissantes racines dans la couche d'argile inférieure d'où elles se ramifiaient dans toutes les directions en formant un réseau de radicelles. M. Binney découvrit que ces racines n'étaient autres que les *stigmariæ* déjà bien connues et que les marques caractéristiques ou empreintes n'étaient pas des empreintes de feuilles, comme on l'avait suggéré, mais les alvéoles d'où s'étaient détachées les radicelles. Les *stigmariæ* se rattachaient par en haut à des troncs en forme de flûte qu'on trouve assez communément dans

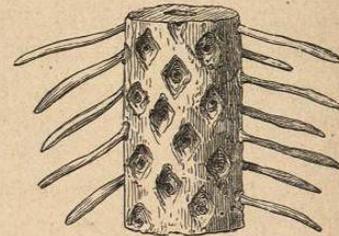


FIG. 71. — *Stigmaria flooides*, fossile de la houille.

la houille et les schistes et qui sont connus sous le nom de *sigillaire*<sup>2</sup> (fig. 72). Il n'est donc pas douteux que la *stigmaria* soit la racine de la *sigillaire* et que l'argile inférieure représente le sol d'une ancienne forêt peuplée de ces arbres et d'autres essences.

En examinant un de ces troncs de *sigillaire*, on trouve en général que la masse en est constituée par une substance pierreuse recouverte d'une mince couche de houille, laquelle représente l'écorce primitive de l'arbre.

1. *Stigmaria*, de *στῆμα*, marque, allusion aux empreintes laissées par les radicelles.

2. *Sigillaire*, du latin *sigillum*, sceau, les empreintes des feuilles ressemblant à l'empreinte d'un sceau.

On peut présumer que le tronc primitif pourri et réduit à rien a laissé après lui une sorte de tube creux en écorce qui s'est transformé en houille. Mais quoique la houille ait pu se produire ainsi dans une certaine mesure, il serait téméraire de conclure que toutes les houillères sont le résultat d'une transformation semblable. Quant à la matière végétale qui est intervenue dans la production de la houille, on n'en peut déterminer les caractères qu'à l'aide du microscope.

Quand on essaye de briser un morceau de houille, on trouve généralement qu'il se fend bien plus facilement

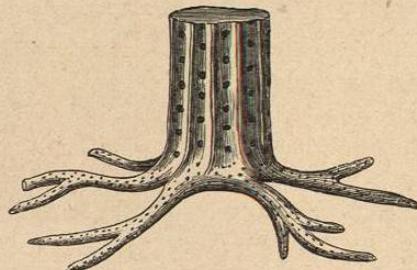


FIG. 72. — *Sigillaria*.

dans certaines directions que dans d'autres. Ainsi il se brise aisément dans le sens du plan de la veine qui est lui-même, cela va sans dire, parallèle à la stratification générale du terrain houiller. Les couches supérieure et inférieure brisées de la sorte présentent généralement des surfaces d'un noir brunâtre, fuligineuses et qui salissent facilement les doigts quand on les touche. Mais un bloc de houille se divise aussi avec facilité dans certaines directions coupant verticalement la stratification, et les surfaces ainsi cassées sont en général brillantes et lisses et ne salissent pas les doigts : la direction de ces joints se désigne souvent sous le nom de « face » de la

houille. Il y a enfin un troisième plan formant angle droit avec les deux autres et moins parfait, en sorte que la cassure y est plus irrégulière. Il y a donc dans l'ensemble trois directions perpendiculaires l'une à l'autre selon lesquelles on peut partager la houille. Elle forme ainsi des blocs de forme plus ou moins régulière ressemblant à des cubes ou à des dés grossiers, comme le montre la figure 73.

On appelle parfois *charbon minéral*, par suite de sa ressemblance avec le charbon ordinaire, la substance d'un noir mat, disposée selon le plan de stratification ou dans le sens de la veine, que l'on trouve dans un morceau de houille. C'est une substance souvent fibreuse qui est constituée en grande partie par des restes de tiges et de feuilles. Mais la constitution de la houille est très différente de celle

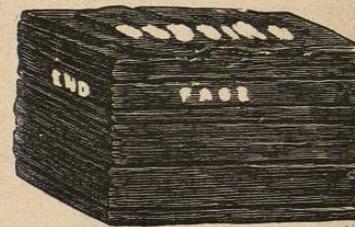


FIG. 73. — Bloc cubique de houille taillé dans le sens de la disposition naturelle des couches.

du charbon minéral qui ne forme que des couches minces s'étendant entre les feuilles de houille. Si l'on examine au microscope, en faisant passer la lumière à travers sa substance, une tranche de houille assez mince pour être légèrement transparente, on trouve d'ordinaire qu'elle offre un aspect analogue à la section représentée dans la figure 74<sup>1</sup>. Cette section, prise parallèlement à la face de la houille, montre un corps noirâtre ou d'un brun sombre qui forme la masse dans laquelle sont encastrés de nombreux granules et des raies de couleur jaunâtre. Ces raies représentent les rebords de tout petits sacs qui

1. Empruntée à un article de M. E. T. Newton dans le *Geological Magazine*, août 1875.