

## Plantes de la période houillère

par A. NELSON, F. G. S. (Fellow of the Geological Society).

Exclusivité du « Iron and Coal Trades Review » (14 janvier 1949).

Traduit par L. BATAILLE.

Ingénieur civil des Mines, Ingénieur Géologue.

*L'auteur de cet article discute la botanique de la période houillère et la lumière qu'elle jette sur les conditions climatiques et physiographiques de cette période.*

Bien que la connaissance des plantes de la période houillère soit constamment enrichie par d'enthousiastes collectionneurs parmi le personnel des mines et par les paléobotanistes, les matériaux dont on dispose pour l'étude sont encore incomplets et il est extrêmement difficile de se former une claire vision de chaque espèce de plante qui florissait au cours de cette période. En dépit du fait que les éléments recueillis à ce jour sont fragmentaires, la luxuriance de la végétation et les conditions favorables pour sa préservation ont rendu possible une connaissance plus étendue de la flore houillère que de celle de toute autre période de l'histoire de la terre. Celui qui récolte les échantillons à la mine est souvent enclin à négliger les très fines distinctions dans les formes de la plante, mais le paléobotaniste doit être plus précis. De même le géologue minier a une tendance à rechercher et à comparer suivant des lignes « horizontales », aux fins de relier les formes comparables de plantes et d'établir ainsi une zone ou un horizon; mais le botaniste étudie les lignes « verticales » de l'évolution des formes qui ont produit une espèce ou un genre déterminé.

Les plantes fossiles se trouvent généralement dans les sédiments à grains fins du toit des couches de houille. Les débris sont de nature très fragmentaire et consistent surtout en feuilles, branchettes, spores, graines et portions de bois et d'écorce. Malheureusement une étude des empreintes végétales des schistes du toit donne peu d'information sur la nature des plantes qui contribuèrent à la composition des couches de charbon, car les types, dans les deux cas, possèdent des différences caractérisées. Ce que l'on voit montre que les plantes qui ont formé la tourbe poussaient dans des régions marécageuses, tandis que celles qui ont été conservées dans les schistes sont des restes d'une végétation charriée qui croissait dans des endroits plus secs, situés probablement à l'intérieur des terres, derrière les marais côtiers.

Les couches des assises supérieures sont plus riches en fossiles de la forme fougère que les assises moyennes; l'étude de l'évolution végétale montre

que les espèces les plus primitives se trouvent dans les plus vieilles roches précambriennes et que dans les formations qui ont suivi, se révèle une évolution graduelle des formes. Quand un genre ou une espèce devient rare, l'un ou l'autre fait son apparition, s'épanouit, et puis, à son tour, devient rare et disparaît. La plupart des plantes fossiles bien connues appartiennent à des genres et à des familles éteintes depuis longtemps.

### PLANTES HOUILLÈRES

Ces plantes, comme il était à supposer, étaient différentes de celles d'aujourd'hui et bien qu'il y ait actuellement des représentants de certains groupes, les espèces et les genres carbonifères ont disparu. Bien que l'on trouve un certain nombre de gymnospermes (plantes ayant leurs graines sur écailles ouvertes comme celles des pins), la plupart des plantes appartenaient aux Ptéridophytes (un groupe de végétaux qui comprend les Lycopodiées, les Fougères et les Equisétinées). Le groupe connu sous le nom d'Angiospermes, qui comprend la plupart des plantes à fleurs actuelles et dont les graines sont contenues dans une enveloppe, n'avait pas fait son apparition aux temps carbonifères. Les plantes houillères les mieux connues et les plus abondantes sont décrites ci-dessous. Pour les détails botaniques, on devra consulter les travaux sur la paléobotanique.

*Lycopodiales.* — Les plantes carbonifères les mieux connues de ce groupe important sont les *Lepidodendron* et les *Sigillaria*, dont les tissus et les spores contribuent largement à la constitution de beaucoup de couches de houille. Bien que, sous certains aspects, elles montrent des affinités avec les Lycopodiées actuelles, celles du Carbonifère atteignaient les dimensions d'arbres forestiers.

*Lepidodendron.* — Membre commun du groupe des Lycopodes, le genre *Lepidodendron* fit son apparition dans les roches dévonniennes, atteignit son apogée au cours du Carbonifère et déclina rapidement au cours de la période Permienne.

Les troncs droits de cet arbre atteignent parfois une hauteur de 30 m, s'amincissant graduellement en partant d'une base de plus de 60 cm de diamètre. Sur une longueur considérable le tronc était dépourvu de branches, mais au delà d'une certaine hauteur il y avait des branchements réguliers en forme de fourche. Les branches les plus jeunes portaient de nombreuses feuilles en forme de lames arrangées en spirale (fig. 1). Une fois les feuilles



Fig. 1. — *Lepidodendron acutum*. Petites tiges avec feuilles attachées, trouvées dans la couche « Pentre », à Gilfach.

disparues, il restait des cicatrices foliaires en forme de losanges donnant à l'écorce du *Lepidodendron* son ornementation écailleuse caractéristique. La reproduction se faisait par spores libérées de cônes portés au bout de quelques petites branches. Les cônes, appelés *Lepidostrobus*, étaient habituellement cylindriques, d'une longueur de 30 cm et d'un diamètre de 5 cm.

*Sigillaria*. — Groupe étendu et important des arbres houillers et probablement plus proche des petites « herbes aux massues » que de n'importe quelle autre plante actuelle. La structure des *Sigillaria* variait considérablement. Certaines espèces avaient de grands troncs droits souvent d'une hauteur de plus de 30 m. D'autres possédaient des troncs petits et trapus d'environ 1,80 m de diamètre à la base et de moins de 6 m de hauteur. L'arbre se branchait beaucoup moins que le *Lepidodendron* et bien des formes consistaient en une haute tige sans branche. Les cicatrices foliaires sont de forme hexagonale grossière et sont arrangées en lignes verticales bien marquées, les cicatrices foliaires des lignes adjacentes étant alternées.

*Stigmaria*. — Les parties souterraines des *Sigillaria*, des *Lepidodendron* et probablement d'autres arbres forment les *Stigmaria*, qui se trouvent ordinairement dans les argiles sous-jacentes en forme de moules. Elles varient considérablement en gran-

deur : depuis moins de 2 mm jusqu'à 60 cm et plus. Ces « racines » s'étendent latéralement sur de grandes distances, partant parfois de souches encore debout et qui, lorsqu'elles disparaissent, laissent des cicatrices circulaires creuses arrangées en forme de spirale sur la surface. Parfois la racine principale avec les radicelles attachées, sont trouvées « in situ » (fig. 2). La structure des *Sigillaria* indique



Fig. 2. — *Stigmaria*. Racine avec radicelles attachées et schiste, trouvée dans la couche « Four Feet » (Quatre pieds), à Gilfach.

que ces plantes croissaient dans des marécages soit d'eau douce, soit d'eau saumâtre. Les racines se trouvaient près de la surface et évitaient ainsi les couches plus profondes et pauvres en oxygène de la tourbe; néanmoins, elles supportaient et ancrèrent les grandes arborescences houillères.

*Lycopodes*. — Les *Lycopodes* sont représentées aujourd'hui par de petites plantes et le Dr. F. J. North (1) dit ce qui suit à leur sujet :

« Cela ne veut pas dire, bien entendu, que ces formes inférieures soient les descendantes directes des arbres gigantesques des forêts charbonnières : de simples dégénérées; cela signifie plutôt que certains membres de ce grand groupe de longue durée auquel elles appartiennent ont trouvé des conditions tellement favorables aux Temps Houillers, qu'ils ont progressé en organisation et en dimensions jusqu'à devenir les plantes dominantes de leur ère; et lorsque les conditions changèrent, ils payèrent la rançon de leur « spécialisation » parce qu'ils n'étaient plus à même de s'adapter aux nouvelles conditions d'humidité et d'approvisionnement : ils disparurent. D'autres membres du groupe, moins spécialisés, purent supporter le changement et ce sont leurs descendants que nous voyons dans les minces « Queues de Cheval » et les « Herbes à Massues » (Club Mosses) à cônes que nous rencontrons parfois dans les endroits marécageux. »

(1) North F. J. : « Coal and the Coalfields of Wales » (Charbon et bassins houillers de Galles), 2<sup>e</sup> édition, 1931, p. 144-145. The National Museum of Wales.

*Equisétales.* — Celles-ci poussaient en grand nombre et étaient bien représentées dans les forêts houillères par l'arbre Calamites. Les seuls représentants actuels sont les inférieures « Queues de Cheval », dont l'espèce d'Angleterre dépasse rarement quelques pieds de hauteur. L'arbre était droit, atteignant 25 mètres et plus; il était lisse ou légèrement nervuré. Les côtes verticales étaient interrompues, à intervalles, par des verticilles de feuilles étroites dont certaines sont appelées *Annularia*. La reproduction se faisait au moyen de spores formées dans des cônes allongés et attachés aux plus petites branches. Les Calamites étaient des plantes Carbonifères qui préféraient les endroits humides et marécageux.

*Ptéridospermes.* — La majorité des empreintes ayant la forme de fougères et trouvées dans les schistes houillers n'étaient pas des filicales ou fougères, mais des plantes à graines. Sans doute, certaines d'entre elles appartenaient à des genres fougères, mais elles n'étaient pas communes.

Les Ptéridospermes comprennent les feuillages bien connus de *Neuropteris*, *Alethopteris*, *Mariopteris*, *Pecopteris* et *Sphenopteris*. Elles portaient leurs fructifications sur leurs feuilles et non pas sur cônes ou châtons.

Les Ptéridospermes montrent des variations marquées dans les conditions houillères. Certaines possédaient des racines de plantes marécageuses, tandis que d'autres demandaient des habitats plus secs. Certaines espèces avaient les dimensions et la forme d'arbres; d'autres, croit-on, étaient des plantes grimpantes ayant comme support les plantes environnantes. Les caractéristiques des Fougères et des Ptéridospermes suggèrent qu'elles dérivent d'un ancêtre commun qui s'épanouissait

avant les Temps Carbonifères et comme le dit A. C. Seward (2) :

« C'est à la découverte de types ainsi généralisés, sortes d'indicateurs montrant le chemin des filiations évolutives, que celui qui étudie les plantes préexistantes a été à même de jeter quelque lumière sur l'antiquité relative des formes existantes et de retracer vers un ancêtre commun, des plantes qui maintenant montrent peu d'affinités sanguines. »

*Neuropteris.* — Les *Neuropteris* (fig. 3) étaient probablement semblables à de grandes fougères arborescentes dont les troncs de 60 cm environ contenaient plusieurs cylindres ligneux à l'intérieur de la tige au lieu d'une seule colonne comme dans

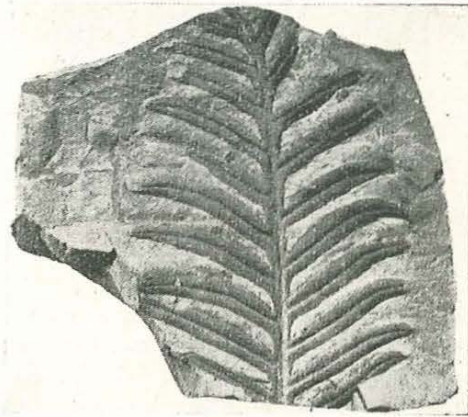


Fig. 4. — *Alethopteris* de la veine « Soap » Ironstones. Abercarn.

les arbres modernes. Les frondes avec de nombreuses pinnules ressemblent à une fougère royale ou *Osmunda*. Les frondes d'*Alethopteris* (fig. 4)



Fig. 3. — *Neuropteris* trouvé au charbonnage Blackbrook.



Fig. 5. — *Mariopteris* trouvé dans Ironstone. Mon.

étaient grandes aussi et chaque longue pinnule est attachée au rachis par la largeur entière de la pinnule. Les pinnules de *Mariopteris* (fig. 5) sont

(2) Seward A. C. : « Links with the Past in the Plant World » (Liens avec le passé dans le monde végétal), Cambridge, 1911.

grandes et contractées à la base. Les Pecopteris (fig. 6) possèdent de petites pinnules ovoïdes attachées par leur entière largeur sur l'axe des pennes. Les Sphenopteris sont caractérisées par des pinnules arrondies et contractées à la base.



Fig. 6. — Pecopteris de la couche « Pentre », Gilfach.

*Cordaitales.* — Ce groupe, maintenant éteint, appartient à la grande division des Gymnospermes et comprend les Coniférales et les Cycadales. Les Cordaites étaient de grands arbres élancés qui atteignaient fréquemment des hauteurs de 30 m. Ils étaient dépourvus de branches sur une grande hauteur au-dessus du sol. Les feuilles semblables à des lanières forment comme des nattes parmi les plantes fossiles houillères.

#### UNE RECONSTRUCTION DE LA PÉRIODE HOUILLÈRE

La connaissance de la flore de la période houillère se confine presque entièrement à des plantes qui occupaient des régions basses et marécageuses. Celles (s'il y en a) qui ont poussé sur des terrains élevés ont dû se décomposer sous des conditions atmosphériques normales et ainsi leur structure a été perdue.

Cependant, des faits connus à présent, il est possible de déduire et de se faire une idée des conditions moyennes de la période. Une meilleure reconstruction des conditions d'une période déterminée est possible en se concentrant sur une couche donnée à un endroit défini. Pour le moment, il semble que cela ne peut être fait que dans le cas du bassin houiller de la Galles du Sud, où, grâce à une récolte intensive d'échantillons entreprise par feu David Davies, des informations exactes concernant la vie végétale existent pour toutes les principales couches du comté de Glamorgan. Dans la portion centrale du bassin, il apparaît que, dans les forêts associées à certaines couches, c'étaient les plantes préférant un habitat modérément sec qui dominaient, tandis que pour d'autres la flore se compose presque entièrement de plantes de marécages. L'assemblage de plantes encore associées à

d'autres couches indique une distribution à peu près égale de conditions sèches et humides à l'endroit considéré (3).

Toutefois, ces variations dans la vie végétale étaient étroitement liées aux petites différences d'altitude au-dessus du niveau de la mer et ne signifient nullement un changement appréciable du climat.

La structure des racines des fougères des Ptéridospermes et des Cordaitales fait penser que ces plantes préféraient des conditions plus sèches que les Calamites et les Lycopodes. A ce sujet, Davies fit une découverte intéressante lorsqu'il examina les plantes forestières de la partie ouest du bassin houiller gallois. En comparant les assemblages de plantes associées avec les diverses couches, il trouva que lorsque les Calamites et les Lycopodes croissaient en abondance relative, les Ptéridospermes et les Cordaites décroissaient et vice versa. Ce phénomène donne à penser qu'il y avait de légères variations dans les conditions dans lesquelles croissaient les forêts houillères successives et que les conditions qui favorisaient un groupe de plantes étaient moins favorables pour les autres. Comme le dit le Dr. F. J. North (4) :

« Ceci coïncide très bien avec ce que l'on connaît des conditions physiques qui existaient aux Temps Houillers quand, de façon répétée, les affaissements causaient la disparition d'une forêt et que la sédimentation qui suivait, préparait le terrain pour une autre forêt; il aurait été surprenant si, dans de telles circonstances, les conditions n'eussent pas varié du très humide au modérément sec. »

#### STRUCTURE DES PLANTES

Bien qu'une grande proportion des plantes croissait dans des endroits humides et marécageux, il faut noter que certaines d'entre elles montrent des traits structuraux qui sont caractéristiques de plantes qui doivent résister à la sécheresse. Ces modifications de structure comprennent d'épais cuticules, une quantité énorme de tissus palissadiques et de pores de respiration (stomates) situés de façon à minimiser la perte d'humidité par transpiration. Ces structures spéciales n'impliquent pas nécessairement une croissance sous des conditions désertiques, car elles sont présentes également chez les plantes qui peuplent les marais salés ou les endroits où le sel contenu dans le sol rend difficile l'absorption d'eau douce par les racines (5). Ceci

(3) Davies D. : « The Ecology of the Westphalian and the Lower Part of the staffordian series of Clydach Vale and Gilfach Gock » (Ecologie du Westphalien et de la partie inférieure des séries de Stafford de la vallée de Clydach et Gilfach), 1921. Q.J.G.S. Vol. 77, pp. 30-74.

(4) Loc. cit. page 150.

(5) Henslow G. : « On the Xerophytic Characters of certain Coals Plants and a suggested origin of Coal Beds » (Sur le caractère xérophytique de certaines plantes houillères et origine présumée des couches de charbon). 1907. Q.J.G.S. (Quarterly Journal of the Geological Society). Vol. 63, pp. 282-293.

donne à croire que l'eau des marais houillers était salée et semblable à celle des marais modernes de mangliers.

Jusqu'à un certain point cette théorie est supportée par le fait qu'aucun coquillage houiller ne peut être considéré comme exclusivement d'eau douce. Manifestement l'eau n'est pas celle de la mer, mais elle peut avoir été anormalement chargée de matière minérale dissoute, d'où les adaptations structurales particulières de certaines plantes pour minimiser la perte d'humidité par transpiration. De plus, on trouve parfois des coquilles de *Spirorbis* attachées aux plantes. Aux temps actuels, des animaux semblables vivent en eau marine claire adhérant aux algues de mer. C'est pourquoi la présence de coquilles de *Spirorbis* dans le terrain houiller suggère dans certains cas la submersion par de l'eau comparativement libre de sédiment et saumâtre, si pas salée. Des fossiles, comprenant les genres *Leaia* et *Estheria*, se trouvent dans certains horizons houillers et ils ont pour habitat usuel des lacs d'eau saumâtre.

Les forêts charbonnières de l'époque carbonifère présentent, sans aucun doute, une luxuriance de végétation qui suggère un climat tropical ou au moins l'existence d'un climat anormalement favorable. Des faits connus, il apparaît cependant que ni le climat ni l'atmosphère des temps carbonifères n'étaient pas bien différents de ceux qui existent de nos jours, quoique la distribution des zones climatiques ait pu ne pas être la même. La croyance populaire est que la grande abondance de soi-disant fougères dans les roches houillères indique un climat chaud et humide, mais très peu de ces plantes étaient de véritables fougères et il serait erroné de formuler des conclusions en se basant sur l'étude des fougères modernes.

Le facteur principal de la vigoureuse croissance de la végétation et de l'accumulation d'épais dépôts d'humus paraît être l'uniformité des conditions pendant une longue période et c'est ce qui semble avoir prévalu au cours des Temps Houillers.

#### ERE DE LA FORET CHARBONNIERE

Sans oublier qu'on ne peut donner que des généralités quant aux conditions qui ont régné pendant une période qui s'est étendue sur des millions d'années, on peut présenter comme suit l'ère de la forêt charbonnière : les faits indiquent une absence mar-

quée de relief accentué dans la région occupée maintenant par une couche de charbon. Les lignes de rivage n'étaient pas bien délinées. L'affaissement graduel de la surface aboutit à la formation de vastes étendues plates presque au même niveau que celui de la mer. Le sol n'était autre chose qu'une grande plaine de boue consolidée par les racines d'une végétation dense. Ces conditions expliquent l'uniformité relative des caractères climatiques et la vaste distribution des mêmes espèces d'arbres et de végétaux dont la majorité se reproduisait au moyen de spores facilement dispersées par le vent. Les arbres de la forêt charbonnière ne montraient pas trace d'anneaux annuels; c'est pourquoi l'on doit conclure qu'il n'y avait pas de changements saisonniers bien marqués et cette condition ne peut être remplie qu'à des altitudes basses et uniformes.

La surface entière était couverte de vastes forêts de plantes sans fleurs. Les plantes de marécages, principalement des types *Calamites* et *Sigillaires*, prédominaient dans des eaux peu profondes et croissaient avec leurs racines et une partie de leur tronc sous eau.

Éventuellement, ces végétaux à croissance vigoureuse fournissaient l'humus et créaient un sol sur lequel une flore plus riche pouvait s'établir. C'est ainsi que de nouvelles générations de plantes poussaient sur les restes en décomposition de leurs ancêtres.

Les énormes Lycopodes, tels que les *Lepidodendron*, prospéraient rapidement et leurs débris tombés accroissaient le dépôt tourbeux sur lequel d'épaisses broussailles de plantes semblables aux fougères pouvaient prospérer et se propager. Il est probable que les *Sphenophyllum* et les plantes similaires grimpaient autour des troncs d'arbres.

Il apparaît donc que ni le climat ni les conditions physiographiques ne peuvent être les seules causes de la vigoureuse croissance de la période Carbonifère. Il semble plutôt que certaines conditions géographiques et climatiques survenant au cours d'une période critique dans le développement organique, ont favorisé la croissance de la végétation et sa conservation sur de vastes étendues et à une échelle qu'on peut considérer comme sans précédent.

L'auteur exprime ses remerciements au Dr. F. J. North et au Musée National de Galles pour lui avoir permis de reproduire les photographies.

#### RESUME

Au début de son étude, l'auteur dit qu'il est bien difficile de se former une idée exacte des plantes et des conditions de la période houillère et cela pour les raisons suivantes :

- 1) Échantillons incomplets et fragmentaires;
- 2) Différences entre la flore du toit des couches (qui a été charriée) et celle qui forme le charbon sous-jacent;

- 3) Extinction de la plupart des plantes houillères.

Il donne ensuite une description résumée des plantes ou parties de plantes les plus connues et les plus abondamment trouvées dans les roches carbonifères : *Lycopodiales*, *Lepidodendron*, *Sigillaires*, *Stigmaria*, *Lycopodes*, *Equisétales*, *Ptéridospermes*, *Neuropteris*, *Alethopteris*, *Mariopteris*, *Pecopteris*, *Sphenopteris* et *Cordaitales*.

Il discute certaines caractéristiques de cette flore et, partant de là, il esquisse une reconstruction des conditions de la période houillère en se basant surtout sur l'étude des plantes du bassin houiller de la Galles du Sud, qu'il considère comme celui sur lequel on possède le plus d'informations exactes grâce aux abondantes récoltes d'échantillons faites par David Davies.

Les points principaux de cette reconstruction sont :

- 1) Les forêts charbonnières successives occupaient de vastes étendues à relief peu accentué et situées presque au niveau de la mer. Une à une ces forêts s'affaissaient, disparaissaient et la sédimentation qui suivait, préparait le terrain pour la forêt suivante.
- 2) Ces étendues étaient marécageuses en général.
- 3) Dans ces forêts on pouvait distinguer deux groupes de plantes : l'un, comprenant les Fougères, les Ptéridospermes et les Cordai-

tales, préférait un terrain plus sec (donc plus élevé) que l'autre, qui se composait surtout de Calamites et de Lycopodes, et qui exigeait un sol marécageux. La proportion de chacun de ces groupes dans la flore associée à une couche de charbon variait d'une couche à l'autre, ce qui indique non un changement de climat, mais que certaines forêts étaient situées à une altitude un peu plus élevée que d'autres par rapport au niveau de la mer.

- 4) L'eau des marécages houillers ne venait pas de la mer, mais possédait une certaine salinité, ce qui est confirmé par la présence d'une faune de Spirorbis, Leaia et Estheria.
- 5) Le climat était uniforme : donc pas de saisons; en général il était chaud et humide.
- 6) La végétation, peu variée, était luxuriante et vigoureuse, ce qui était dû non seulement aux conditions climatiques et physiographiques favorables, mais aussi à ce que ces conditions coïncidaient avec une période critique dans le développement organique.

#### SAMENVATTING

De auteur stipt bij de aanvang van zijn studie aan dat het moeilijk is zich een juist beeld te vormen van de planten en de omstandigheden van het kolentijdperk, en wel om de volgende redenen :

- 1) Onvolledige of fragmentarische monsters;
- 2) Verschil in flora tussen het dak der lagen (dat verspoeld is) en de onderliggende kool;
- 3) Uitsterving van het merendeel der kolenplanten.

Hij geeft vervolgens een bondige beschrijving van de meest gekende planten of delen van planten die het talrijkst voorkomen in de Carboongesteenten : Lycopodiales, Lepidodendron, Sigillaria, Stigmara, Lycopoda, Equisetalia, Pteridosperma, Neuropteris, Alethopteris, Mariopteris, Pecopteris, Sphenopteris en Cordaitaliae.

Zekere karakteristieken van deze flora worden besproken en daarvan de schets afgeleid van een reconstructie van de omstandigheden van het kolentijdperk, zich vooral steunende op de studie van de planten van het kolenbekken van Zuid-Wales, dat beschouwd wordt als datgene waarover men de meest nauwkeurige gegevens bezit, dank zij de overvloedige verzameling van monsters door David Davies bijeengebracht.

De voornaamste kenmerken van deze reconstructie zijn :

- 1) De wouden van het kolentijdperk strekten zich uit over brede gebieden met weinig uitgesproken relief die zich ongeveer op het peil van de zeespiegel bevonden. Een voor een waren deze wouden aan verzakking onder-

hevig, verdwenen ze en de daaropvolgende sedimentatie bereidde de bodem voor voor het volgende woud.

- 2) Deze gebieden waren in 't algemeen moerasachtig.
- 3) In deze wouden kon men twee plantengroepen onderscheiden : de ene, begrijpende de Varens, de Pteridospermae en de Cordaitaliae, verkoos een droger en dus hoger gelegen terrein; de andere, die vooral de Calamites en de Lycopodae omvat, vereiste een moerasachtige bodem.

De verhouding van ieder dezer groepen in de geassocieerde flora van een kolenlaag varieert van laag tot laag, hetgeen niet een klimaatverandering maar wel een verschil in hoogte t.o.v. de zeespiegel betekent van het ene woud tot het andere.

- 4) Het water van de kolenmoerassen was niet van de zee afkomstig, maar bevatte toch een zeker zoutgehalte, hetgeen wordt bevestigd door een fauna van Spirorbis, Leaia en Estheria.
- 5) Het klimaat was eenvormig, dus geen seizoenen; in 't algemeen was het warm en vochtig.
- 6) De weinig gevarieerde plantengroei was weelderig en krachtig, hetgeen niet alleen aan de gunstige klimatologische en physiographische voorwaarden te wijten is, maar ook aan het feit dat deze voorwaarden samenvielen met een kritische periode in de organische ontwikkelingsgang.