

# CONFÉRENCES

SUR LES

## CHARBONS DE TERRE.

---

### PREMIÈRE CONFÉRENCE

FAITE A LA

*Société Belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie*

LE 30 MAI 1893

PAR LE

**Dr C.-E. Bertrand**

Professeur à la Faculté des Sciences de Lille.

---

### PREMIÈRE PARTIE : **Les Bogheads à Algues.**

PLANCHES IV ET V

MESSIEURS,

Pardonnez la liberté grande que prend un botaniste en se permettant de parler des Charbons de terre dans une réunion de géologues. Mon excuse est que des spécialistes éminents comme MM. Dupont, Renard, Gosselet, Ch. Barrois, vivement intéressés par les résultats de mes premières observations sur les Houilles, ont bien voulu m'encourager et m'ont demandé de vous raconter ce que j'y ai déjà vu.

N'oubliez pas que dans la découverte des faits dont je vais vous entretenir nous sommes deux collaborateurs inséparables. M. Bernard Renault, le grand maître de la paléontologie végétale française, et moi.

Regardez avec quelque attention la tranche d'un morceau de houille ordinaire, vous y remarquez tout d'abord des filets noirs brillants ressemblant à du jais. Ces parties sont tendres, elles se clivent et se cassent en corps rhomboédriques. Entre ces filets brillants sont des lits de fusains. On dirait de petits morceaux de charbon de bois. Pour désigner ces lits le mot fusain est très commode, malheureusement il

n'est pas exact. Il s'agit là, non de corps brûlés par le feu, mais de végétaux altérés à l'air, ou sous l'eau, ou après enfouissement, et ayant revêtu cette physionomie qui rappelle le bois brûlé. Dans certains charbons on trouve encore des zones noires, ternes, homogènes, qui ne se clivent pas contrairement aux filets brillants. Ces zones ternes tranchent nettement sur les filets brillants, elles sont particulièrement riches en gaz très éclairants. On voit aussi dans la houille des filets terreux noirs en schiste très fin. Ces filets terreux sont tantôt des lentilles enfermées dans la couche de houille et tantôt des coins qui se rattachent latéralement aux schistes encaissants. La veine de houille unique en un point est représentée un peu plus loin par deux couches séparées par un lit de schiste. Beaucoup de couches de houille contiennent en outre des *boulets*, c'est-à-dire des nodules de sidérose, de calcaire, de pyrite même, dont les formes sont remarquablement constantes pour chaque couche. C'est dans ces *coal-balls*, dans ces *bullions* que les paléobotanistes vont chercher les végétaux à structure conservée qui font l'objet de leurs études. — Dans les *charbons bitumineux* ou *Houilles proprement dites* ce sont les filets brillants qui prédominent. Dans d'autres charbons ce sont les fusains. Dans d'autres couches ce sont les bandes ternes riches en gaz. Quand ce sont les filets terreux qui l'emportent, la couche prend l'aspect d'une image réduite du terrain houiller, on a l'*escaillage*, le *mauvais charbon*, le charbon impur surchargé de matières minérales laissant beaucoup de cendres à la combustion. Les boulets eux-mêmes peuvent devenir très nombreux, rendre la couche inexploitable. Le charbon est broyé entre les boulets, on ne peut obtenir que des *menus*. Si les boulets sont plus nombreux encore, ils s'aplatissent, se soudent en un lit de minerai de fer qui coupe la couche de houille.

La houille présente aussi des fractures verticales ou obliques remplies de matières secondaires comme la calcite, la barytine, la pyrite.

La couche de houille est comprise entre deux nappes de terrain que l'on appelle le *mur* et le *toit*. Le mur de la veine de houille, c'est-à-dire la couche sur laquelle elle repose, est ordinairement un schiste fin devenant noir ou très foncé au voisinage immédiat du charbon. On y trouve des rhizomes ou tiges horizontales pourvues de leurs feuilles qui pénètrent la roche dans toutes les directions. Ces rhizomes sont donc à la place même ou ils ont vécu. Le mur et la veine sont intimement liés « *le mari et la femme* » disent nos mineurs du Nord, qui en leur qualité d'excellents maris entendent dire par là que ces deux termes de la formation ont toujours la même allure et sont attachés l'un à l'autre. Le toit, c'est-à-dire la nappe qui recouvre la houille,

n'est pas lié à la veine, son allure n'est pas nécessairement la même. Ce peut être un grès aussi bien qu'un schiste. Quand le toit est en schiste fin, on y trouve de belles empreintes, des frondes de fougères magnifiquement étalées, conservées dans tous leurs détails. *L'organe même a laissé dans l'empreinte un filet charbonneux* BRILLANT. Malgré leur belle conservation toutes ces empreintes ont un caractère fragmentaire profondément accusé. Ce sont cependant ces empreintes des toits qui sont employées le plus souvent pour raccorder les veines de houille. On cherche dans deux faisceaux houillers voisins des toits ayant les mêmes empreintes. On admet ensuite que ces toits semblables font partie d'un même banc et l'on raccorde tant bien que mal les veines comprises entre les toits communs. Vous voyez combien cette méthode est peu rigoureuse, combien elle comporte d'alea. Il est bien rare que la veine elle-même se prête à un raccordement direct autrement que quand une galerie de mine passe d'un faisceau dans l'autre en restant dans cette veine. Encore voit-on trop souvent, par suite de failles et de déplacement, que la galerie qui suit une veine pénètre directement dans une autre veine quand on passe d'un faisceau houiller dans le faisceau voisin. La houille elle-même donne très peu d'indications quand on se borne à un examen superficiel et macroscopique. Ainsi la matière noire brillante ne montre rien à l'œil nu. Elle paraît homogène. Il en est de même de la matière noire terne. Les fusains, les empreintes des filets terreux sont quelquefois employés, mais ces débris informes ne donnent le plus souvent que des indications bien incertaines. On a recours aussi à la composition chimique de la couche. Pauvre caractère, puisque dans la hauteur d'une même veine nous trouvons d'un point à l'autre des variations énormes. Je vous en montrerai des exemples dans un moment à propos des bogheads. Dans quelques houilles plus favorables on reconnaît des troncs d'arbres, des écorces, des feuilles; ces houilles organisées qui pourraient servir à des raccordements sont extrêmement rares, ce sont des exceptions.

Pour expliquer la houille on a dit : La houille résulte de l'enfouissement de forêts sur la place même où elles ont vécu. Pendant un temps très long, le sol émergé a porté une végétation luxuriante. Des plantes énormes s'édifiaient dans un temps très court, couvraient le pays de leurs spores et de leurs menues graines. Gonflées de suc elles laissaient exsuder des gommés et des résines. Très aqueuses, fragiles, elles se brisaient, tombaient, pourrissaient, pendant que de nouveaux jets s'élançaient dans les airs. De là un prodigieux entassement de

matières végétales, d'arbres pourris mêlés de spores, de graines, de résines. Un jour le sol s'affaissait, un cataclysme rasait la forêt. Le flot dévastateur abandonnait après lui des sables, des argiles qui sont devenus les toits de grès et de schistes. Le fait s'est répété autant de fois qu'il y a de couches de houille. Les plantes de l'époque permocarbonifère étant très riches en eau, la quantité de houille laissée par chacune d'elles était bien minime. Une couche de houille de un mètre d'épaisseur représente par conséquent une accumulation végétale poursuivie pendant un temps énorme, pendant des milliers d'années. Comme preuves justifiant cette hypothèse on citait : les *Stigmarias* ou rhizomes encore en place dans le mur de la veine. On citait aussi les arbres dressés coupés par les toits. Le mur c'était le sol de la forêt, la veine de houille c'était la forêt elle-même ou le résidu produit par son accumulation, ce que le flot envahisseur n'avait pas enlevé.

D'autres géologues, des ingénieurs exploitants surtout, remarquèrent que, parmi les arbres dressés, certains comme les *Calamites* dont la fragilité était très grande avaient émis des racines à plusieurs niveaux. La formation des sédiments s'était donc opérée autour d'eux avec une rapidité prodigieuse et cependant sans violence. D'autres remarquèrent que certains arbres dressés avaient leur feuillage en bas et leurs racines relevées en l'air. Puis l'allure fragmentaire des fusains, des empreintes, n'est pas celle d'arbres culbutés sur la place où ils ont vécu. Les ingénieurs des bassins houillers qui bordent le Plateau central de France, arrivaient donc à dire que la houille n'est pas un produit développé *in situ*, mais une alluvion végétale, un produit de transport. Ce sont des trains de bois, des débris flottés, arrivant à l'embouchure de grands fleuves, dans des estuaires ou dans des lacs, s'y enlisant et *donnant très rapidement de la Houille*. Dès 1884, M. B. Renault faisait recueillir dans les grès houillers de Commeny des morceaux de charbons usés, passés à l'état de galet, qui ont tous les caractères de la houille des veines voisines. Bien avant la fin de la période houillère, la houille avait donc tous ses caractères. Les végétaux réellement en place ce sont les végétaux développés sur l'atterrissement où venait s'enliser la matière végétale flottée. Une idée de ces formations nous est donnée dans la nature actuelle par les atterrissements du *delta* du Mississippi.

Telles sont les deux grandes théories de la formation de la houille qui à l'heure présente se partagent la faveur des savants. Il y en a d'autres encore, mais qui ont plutôt en vue l'explication de cas particuliers et qui, dès lors, ne semblent que des compléments des deux précédentes.

Isolez par la pensée les filets noirs ternes très riches en gaz éclairants et sans structure apparente que je vous ai signalés dans quelques houilles. Il y a des couches de charbon, ou des portions de veine, formées uniquement de cette matière. Ces couches sont très homogènes, parfaitement régulières, mais peu étendues. En ne tenant compte que de la matière organique on leur trouve à peu près la composition suivante :

Carbone . . . . .	80
Hydrogène . . . . .	10
Oxygène . . . . .	10

C'est la composition centésimale de l'asphalte ou bitume. D'où cette idée, ces charbons spéciaux, *ces filets de la houille*, sont des coulées de bitume ayant empâté des débris végétaux. Il est vrai qu'on n'a pas retrouvé les puits de sortie de ces bitumes, de ces sources pétrolifères. On ne voit pas non plus nettement dans les schistes houillers l'imprégnation bitumineuse que ces coulées ont dû produire en passant sur ces terrains. Ce sont là de graves objections, aussi l'origine bitumineuse des charbons a-t-elle bien peu de défenseurs.

Si au lieu de nous borner à examiner les empreintes des toits et des murs, à analyser chimiquement les zones de houille, nous coupons le charbon en plaques minces, et que nous le regardions au microscope par transparence, surtout s'il s'agit de ces charbons ternes si homogènes, nous contemplons un spectacle merveilleux. La matière est formée de corps jaune miel, de corps rouge sang, couchés en lits serrés dans une matière brun foncé. La richesse de teinte de ces corps est extraordinaire. Les corps jaunes ou rouge sang sont des boules à structure radiée et des cordons à structure fluidale qui sont quelquefois fusibles par la chaleur. On arrive donc à penser qu'il s'agit probablement de carbures d'hydrogène, de résines injectées dans un détrit, dans une bouillie végétale; soit qu'on ait affaire à des produits de distillation, soit qu'on ait affaire à des produits de décomposition de la matière végétale. Comme un très grand nombre de houilles contiennent des corps jaune miel, des corps rouge sang, la remarque que nous venons de faire acquiert une portée très générale.

En 1870, dans une causerie charmante sur l'origine de la houille, le célèbre naturaliste anglais Th. Huxley avança une tout autre hypothèse (1). L'aide naturaliste de M. Huxley, le savant géologue

(1) TH. HUXLEY. *Contemporary Review*, novembre 1870.

M. E. T. Newton, venait d'étudier trois charbons très particuliers, la *Tasmanite*, le *Charbon blanc d'Australie* et le *Better Bed de Bradford* (1). Frappé par les caractères si spéciaux de ces trois sortes de charbons, le grand zoologiste de Londres lança cette idée que la houille, ou du moins que de nombreuses houilles étaient le résultat d'un prodigieux empilement de spores noyées dans un bitume. Les spores étaient les corps jaunes du charbon, la matière brune représentait le bitume. Au premier abord cette idée parut bien surprenante. On connaît cependant des exemples étonnants d'accumulation de spores. Le plus remarquable est peut-être celui de la Grotte du Piton des Roches dans la Plaine des Palmistes, île de la Réunion (2). La

(1) E. T. NEWTON. *On Tasmanite and Australian White Coal. Geological Magazine*. New Serie. Decade II, vol. II. August 1875, p. 337, pl. X.

(2) M. Koriau, Chef du service des Eaux et Forêts de la Réunion, a bien voulu me faire parvenir des échantillons de la Sporite de la Caverne du Piton des Roches, d'une part par l'entremise de Brossard, Directeur de l'École Normale de Saint-Denis et de M. Le Goff, Proviseur du Lycée de Lille, d'autre part par M. Lucien Trézaune, Garde d'artillerie de marine. Je prie ces Messieurs d'agréer l'expression de ma bien vive reconnaissance pour les précieux documents qu'ils m'ont procurés.

La sporite de la Réunion a déjà été étudiée par MM Bureau et Poisson (\*). Les savants botanistes du Muséum ont trouvé que la sporite est uniquement formée par les spores d'une Polypodiacee à grandes frondes, demeurée indéterminée, mais que M. G. de l'Isle avait récoltée croissant à la même altitude. Ils remarquèrent en outre que ces spores étaient vides et souvent ouvertes. Ce dernier caractère joint à la cohésion des spores entre elles conduisit MM. Bureau et Poisson à conclure que l'accumulation de la sporite a dû se faire, non par le vent, mais par l'action de l'eau.

Dans les échantillons de sporite que j'ai examinés, échantillons de surface, échantillons pris à 30 centimètres de profondeur, j'ai trouvé non seulement ces spores ovoïdes, réticulées, avec une face déprimée, portant une déchirure, que mes savants collègues ont rapportée à une Polypodiacee, mais encore de très nombreuses spores ovoïdes, lisses, beaucoup plus petites que les premières, vides également, mais ne paraissant pas ouvertes, et qui sont des spores de champignons. Ces spores n'ont pas trace d'organe d'attache; elles ont le facies et l'allure des spores de Mucorinées. Les échantillons de surface aussi bien que les échantillons pris dans la profondeur de la sporite en contiennent une égale proportion. Je n'ai pas trouvé dans la sporite trace de filaments mycéliens, ni de sporanges de champignons. Si à la rigueur on peut admettre que la paroi des sporanges ait été détruite par l'eau, la disparition totale du mycelium est beaucoup moins facile à expliquer. Les spores de Mucorinées sont non seulement placées entre les spores de la fougère, mais on en trouve souvent de 1 à 4 dans les spores de la fougère. Je crois donc que la présence de ces spores de Champignons dans la sporite est un fait régulier et normal et qu'elle ne résulte pas simplement d'un envahissement accidentel des échantillons par une moisissure commune.

(\*) BUREAU ET POISSON. — *Sur une roche d'origine végétale. Comptes-Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*. 17 juillet 1876.

Tasmanite et le Charbon blanc sont, en effet, une accumulation de corps jaunes tous semblables entre eux; ce sont des corps aplatis devenus lenticulaires ou discoïdes dans lesquels le savant Dr Newton a cru reconnaître, *mais non sans hésitation*, des spores affaissées, comprimées. Dans le Better Bed de Bradford, les corps jaunes sont de deux sortes, il y en a de petits et de gros. Dans les plus petits on a vu des microspores ou spores mâles de Lycopodiacées. Les plus grands ont été lus, interprétés, comme des macrospores ou spores femelles de Lycopodiacées. Je ferai connaître la véritable nature de ces corps en exposant la structure du charbon de la veine Marquin d'Hardinghen. Quoi qu'il en soit, nous voyons qu'en 1870 les corps jaunes des charbons représentent pour M. Huxley des vestiges, des restes de corps organisés noyés dans un bitume. Presque immédiatement, dans une sorte de note réponse à Huxley, le grand paléontologiste canadien, J.-W. Dawson, fit connaître un grand nombre de charbons à *spore-cases* ou à corps jaunes lenticulaires (1).

Quelques années plus tard, en 1881, dans un grand mémoire in-4°,

Je n'ai trouvé aucun sporange ou poil de fougère mêlés à ces spores. Il n'y a pas non plus d'autres débris végétaux. Il n'y a pas non plus d'éléments clastiques ni de matière fondamentale interposée entre les spores. Ces caractères s'accordent mal avec l'hypothèse d'une accumulation formée par les eaux, ils conduisent plutôt, me semble-t-il, à penser qu'il s'agit là d'un transport éolien effectué par un vent très faible, quelque chose comme le courant d'air qui existe à l'entrée d'une grotte. — L'adhérence des éléments de la roche est si faible qu'elle peut bien n'être que le résultat d'un entassement prolongé.

Les parois des spores de la Fougère comme les parois des spores de la Mucorinée, condensent la fuchsine ammoniacale, l'iode. Elles se colorent en brun par l'iode et l'acide sulfurique. Elles paraissent fortement cutinisées.

Mon collègue, M. le Professeur A. Buisine, de la Faculté des sciences de Lille, a bien voulu, sur ma demande, faire l'analyse de la Sporite. M. Buisine a obtenu les nombres suivants :

Eau	6.80		6.80
Matières organiques	76.70	Carbone	52.50
		Hydrogène	9.02
		Oxygène	14.60
		Azote	0.58
Matières minérales	16.50	Fe <sup>2</sup> O <sup>3</sup> , Al <sup>2</sup> O <sup>3</sup> ,	16.50
		CaO, MgO	
	<hr/>		<hr/>
	100.00		100.00

(1) J.-W. DAWSON. — *On Spore cases in Coals. American Journal Science.* 1871, p. 250-263.

le D<sup>r</sup> P. F. Reinsch, d'Erlangen (1), étudiant spécialement les corps jaunes des houilles, arrivait à cette conclusion que ces corps jaunes représentaient les restes de végétaux inférieurs dont nous n'avons plus d'exemples dans la nature actuelle. Dans 54 planches M. Reinsch figurait toutes les formes qu'il avait rencontrées, et qu'il décrivait dans son mémoire. Devant ce résultat, intervention possible des êtres inférieurs dans la formation des houilles, il y eut chez les géologues un moment de stupeur et de doute. Cette solution était tellement éloignée de tout ce que l'on avait pensé, supposé, admis, qu'on hésita, attendant une confirmation. M. Reinsch, pour permettre le contrôle de ses observations, avait mis en vente des séries de préparations. Il en avait distribué aux sociétés savantes. Bientôt MM. Fischer et Rüst, les deux habiles minéralogistes de Fribourg, constatèrent que Reinsch avait pris pour des organismes inférieurs des écorces et des bois passés à l'état de fusain, des sphérocristaux de sidérose. Le savant d'Erlangen semblait donc avoir commis de telles fautes d'observation que quand les minéralogistes de Fribourg ajoutèrent que les corps jaunes des houilles de Saarbrück, de Zwickau et d'ailleurs étaient des carbures d'hydrogène présentant un commencement de cristallisation. le travail de Reinsch fut regardé comme une immense erreur. L'idée de Reinsch fut abandonnée. C'est que la lecture des corps jaunes des charbons est une des plus difficiles qui puisse exercer la sagacité des micrographes. Il y a manifestement plusieurs sortes de corps jaunes dans les charbons et certains répondent à des trames jadis organisées. Dès lors il faut les étudier avec une patience que rien ne lasse ni ne décourage. Le temps ne doit pas compter quand on entreprend de telles études; et quand après des mois, des années d'efforts on arrive à dire : je ne vois pas, je ne comprends pas encore, il faut se contenter de multiplier les préparations jusqu'au jour où de meilleurs échantillons apportent avec toute l'évidence désirable la solution de la question cherchée et sa démonstration complète, rigoureuse. Les préparations de Reinsch que j'ai vues et que j'ai pu étudier à loisir sont extrêmement difficiles à lire et demandent une très grande habitude de l'examen des charbons. M. Reinsch n'a certainement pas compris la plupart d'entre elles. Que restera-t-il de toutes les formes qu'il a décrites, peu de chose probablement, car un même corps est désigné sous des noms tout différents. Des fautes graves ont perdu l'œuvre de Reinsch, elles ont fait aban-

(1) P. F. Reinsch. — Neue Untersuchungen über die Mikrostruktur der Steinkohle des Carbon der Dyas und Trias. Leipzig, 1881, in 4<sup>o</sup>, 108 p., 54 pl. et 3 pl. supplémentaires.

donner hâtivement cette belle idée de l'intervention possible des êtres inférieurs dans la formation des houilles. Ne restât-il rien de toutes les descriptions de Reinsch, que j'estime cependant que la science devrait encore voir dans cet auteur un précurseur, car Reinsch a entrevu l'une des solutions de l'origine des charbons de terre.

Mon intention n'est pas de faire un historique complet des découvertes qui nous ont peu à peu amenés aux idées que nous avons actuellement sur l'origine des houilles. Vous pouvez constater cependant par l'exposition que j'ai faite des principales théories en vogue, qu'à mesure qu'on avance dans l'étude des houilles, qu'à mesure qu'on s'adresse de plus en plus à la houille même pour connaître le secret de son origine, l'importance des corps jaune miel qu'elle contient devient de plus en plus grande.

Depuis quand, comment je suis venu à l'étude des corps jaunes des charbons; je l'ai raconté en détail l'an dernier à Hardingen, dans une conférence que j'ai donnée aux membres de la société de l'Industrie minérale (1). Un jour je me suis trouvé en présence du problème des corps jaunes des houilles avec toutes ses difficultés mais aussi avec des matériaux d'une conservation exceptionnelle. Mon savant ami M. Renault avait rencontré le même problème de son côté; nous unîmes nos efforts, mais instruits par la cruelle expérience de Reinsch nous résolûmes, avant de donner nos observations sur Hardingen, de faire connaître quelques types de charbons très simples, bien tranchés, faciles à obtenir, permettant par conséquent le contrôle immédiat de nos découvertes et préparant les esprits à l'analyse de charbons plus difficiles et plus complexes. C'est alors que nous décidâmes de faire connaître pour commencer trois *bogheads* types : Le *Boghead* d'Au-

(1) C. Eg. Bertrand. — *Le Boghead d'Autun*. Conférence faite devant les membres de la Société de l'Industrie minérale réunis en séance extraordinaire à Hardingen le 26 juin 1892. — Dans l'avant propos de cette conférence j'ai résumé les découvertes que j'ai faites à Hardingen, avec mon élève et ami M. le Dr Maurice Hovelacque au cours de notre première étude sur les nodules de la veine Marquise (\*).

(\*) Consulter aussi les travaux suivants : C. Eg. Bertrand et B. Renault. *Premières remarques sur le boghead d'Autun* in Annales de la Société Géologique du Nord, t. XX, p. 213. 1<sup>er</sup> juin 1892. — C. Eg. Bertrand et B. Renault. *Pila bibractensis et le boghead d'Autun*. Extrait des bulletins de la Société d'Histoire naturelle d'Autun, tome V. 1892. — C. Eg. Bertrand et B. Renault. *Album photographique des préparations de l'algue du boghead d'Autun*. Lille 1892. — C. Eg. Bertrand et B. Renault. — *Reinschia australis et Premières remarques sur le Kerosene shale de la Nouvelle Galles du Sud*. Bulletins de la Société d'Histoire naturelle d'Autun. Tome VI. 1893. — C. EG BERTRAND et B. RENAULT. *Album photographique des préparations de l'algue du Kerosene shale d'Australie*. Lille. 1894.

tun, le *Kerosene shale* de la Nouvelle Galles du Sud et la *Torbanite brune* d'Écosse.

Les charbons *bogheads* sont des charbons qui, à la distillation, donnent en abondance des gaz très éclairants. Leur homogénéité est remarquable, ce sont eux surtout qui ont conduit les minéralogistes à ces notions sur l'origine des charbons que j'ai rappelées savoir : des coulées de bitume, des injections de carbures d'hydrogène ou de résines dans une bouillie végétale. Que voit-on dans ces *bogheads*? — Permettez-moi de procéder dans cette exposition comme je le fais dans mon cours de Botanique de la Faculté de Lille lorsque j'étudie les Familles végétales. Quand je veux faire connaître une famille, je choisis comme exemple la plante qui réalise le mieux l'idée que je me fais de l'organisation de cette famille, et je la décris. J'ai soin de savoir la place exacte de ce type dans la famille, c'est affaire de savoir mais aussi de tact. Je prends de même un second, un troisième exemple, autant qu'il est nécessaire, et quand la route est ainsi jalonnée, les caractères essentiels de la famille et leurs modifications principales sont mis en relief. J'ai montré quelles sont les formes typiques de la famille, ce que valent les modifications qui conduisent de l'une à l'autre. Cette méthode me réussit toujours. Permettez-moi de procéder de la même manière dans ce nouveau champ d'étude.

Comme premier exemple je prendrai le *boghead* d'Autun. C'est une petite couche de 25 centimètres d'épaisseur qui s'étend au nord d'Autun sur environ 7 kilomètres de longueur avec une largeur moyenne de 450 mètres; c'est donc d'une bien petite couche que je vais vous entretenir. Je vois le mot de *formation locale* errer sur les lèvres souriantes des ingénieurs des mines. Patience, je vous prie, vous apprécierez tout à l'heure la portée des faits que je vais vous signaler. L'épaisseur du *boghead* d'Autun reste constante dans toute son étendue depuis le puits des Thélots à l'Est jusqu'à la descenderie de Margenne à l'Ouest. C'est une mince lentille de charbon qui repose sur des schistes gris noir, très fins, terreux, dont la tranche montre des lits très minces. Sur la surface des plaquettes de schiste on voit des squelettes entiers de petits batraciens tels que le *Protriton petrolei*. Au-dessus du *boghead*, formant son toit, est un schiste gris noir également, très fin lui aussi, terreux, divisé aussi en lits très minces. On y voit quelques lenticules de *boghead*. Puis les schistes deviennent plus clairs. Certains lits presque blancs sont plus durs, un peu siliceux. L'impression première est que tous ces minces lits et surtout les lits blancs indiquent des assèchements répétés du petit lac où se formaient

ces dépôts. Une étude plus attentive ne confirme pas cette première impression.

Voici donc une couche de charbon en rapport avec un mur et un toit, qui tous deux sont schisteux.

Le *boghead* d'Autun est un charbon léger, élastique, très tenace; sa cassure transversale récente est brillante, noire, résineuse. Un œil de paléontologiste y discerne de fines lignes d'une ténuité extrême qui lui indiquent une structure conservée ou une stratification. Abandonné à l'air ce boghead devient roux, terne, terreux, sa stratification se montre plus nette. Ce boghead ne se clive pas comme les houilles ordinaires. Il sent légèrement l'huile de schiste. Prévenus par nos études antérieures de l'importance toute particulière que présenteraient les nodules et les enclaves d'une telle couche, nous avons recherché d'une manière toute spéciale les boulets du boghead d'Autun et nous en avons rencontré de très spéciaux et de très intéressants. On y trouve d'abord des modules siliceux, sortes d'ovoïdes allongés à section transversale elliptique, toujours *en position instable*. Ils sont fendus dans un plan vertical qui coïncide avec leur plus grande épaisseur. Une deuxième catégorie est formée par des nodules charbonneux tendres, d'un noir mat sur la cassure fraîche. Il sont très adhérents à la roche contrairement aux nodules siliceux, qui s'en séparent facilement. Par une exposition prolongée à l'air la cassure de ces nodules charbonneux blanchit. Ils sont toujours placés dans le boghead dans leur maximum de stabilité. Comme autres enclaves on voit encore des cadavres de poissons. Les corps sont entiers couchés sur le flanc, par conséquent en position stable. Signalons enfin des plaquettes horizontales d'une substance noire brillante, plus dure que le boghead, mais très fragile et ayant une forte tendance à se briser en morceaux rhombiques. D'après la cassure fraîche de ces plaquettes on dirait une résine noire, ou à cause de sa dureté, un verre noir, une sorte d'obsidienne. M. Renault et moi avons appelé cette matière la *thélotite*(1). Permettez-moi l'usage de ce mot.

Dans les schistes du toit on trouve aussi des nodules siliceux, mais ceux-ci sont framboisés à leur surface et couchés dans le schiste en position stable. On trouve encore dans ces schistes les cadavres de poissons, les nodules charbonneux blanchissant à l'air, les filets brillants très minces de thélotite et souvent des empreintes végétales. Dans ces schistes on voit de distance en distance des lentilles de

(1) C. EG. BERTRAND et B. RENAULT. — *Pila bibractensis* et le boghead d'Autun, p. 82 et 83 du tirage à part.

*boghead* de toutes les dimensions. La plus importante forme un petit banc qui atteint jusqu'à 12 centimètres d'épaisseur. Les ouvriers appellent ce lit supérieur le *faux boghead*. La couche est trop mince pour être exploitée. La présence de ces petites masses de *boghead* dans les schistes du toit nous permet d'affirmer que la production du *boghead* s'est continuée après la formation de la couche principale pendant la formation des schistes.

Dans les schistes du mur nous trouvons des squelettes entiers, des os isolés, *les uns et les autres sous forme de corps noirs blanchissant à l'air*, des nodules charbonneux, noir mat, informes, posés dans leur maximum de stabilité, des filets brillants de thélotite. Jusqu'ici nous n'avons pas rencontré de nodules siliceux dans ces schistes inférieurs.

Étudions la structure de ces couches par la méthode des anatomistes, c'est-à-dire en pratiquant de nombreuses coupes passant par des points déterminés et orientées dans une direction connue. Voici ce que nous y avons constaté. (Voir Pl. IV et V et Explication détaillée des planches p. 76 et suiv.)

Le *boghead* est formé de boules jaune d'or à structure radiée disposées en lits serrés. Ces corps forment les 750 millièmes de la masse. Il y en a 250,000 par centimètre cube, et quand leurs dimensions sont plus exiguës le nombre s'élève à 1,000,000. Ces corps jaunes sont ceux que l'on a regardés comme des sphérolithes de carbures d'hydrogène, comme des gouttelettes de résine présentant un commencement de cristallisation. Leur structure radiée est favorable à cette interprétation. Une étude attentive a montré que ces corps sont les restes des thalles ou appareils végétatifs d'une algue gélatineuse que nous avons nommée M. Renault et moi *Pila bibractensis*. Chaque compartiment du thalle que l'on prenait pour un cristal contient une cavité. Dans celle-ci, grâce aux nodules siliceux, nous avons pu faire voir avec toute la netteté désirable, une masse protoplasmique et son noyau cellulaire, c'est-à-dire les caractéristiques de la cellule des êtres organisés. Tels que nous les voyons dans le *boghead*, c'est-à-dire rétractés au  $\frac{1}{6}$  de leur volume primitif, serrés et affaissés, les corps jaunes du *boghead* d'Autun sont surtout formés par les parois cellulaires d'une algue gélatineuse libre.

Le *boghead* contient aussi des grains de *pollen*, représentés par de très fines membranes jaune d'or également. On trouve jusqu'à 26,000 de ces grains par centimètre cube. Malgré leur grand nombre, ces grains de pollen très aplatis interviennent à peine dans la masse de la couche.

Thalles et pollen sont plongés dans une substance fondamentale brune, sorte de précipité floconneux amorphe chargé de menues

parcelles végétales très diversement altérées depuis l'état de simples granulations brunes ou noires jusqu'à des morceaux de bois longs de quelques centimètres. Des Thélots jusqu'à Margenne, c'est-à-dire dans toute sa longueur, le *boghead* a la même structure invariable. Le *boghead* d'Autun est donc le produit d'une accumulation immense d'une seule espèce d'algues gélatineuses libres et de grains de pollen englobés dans une matière ulmique. Celle-ci entraînait dans sa précipitation de menus débris végétaux. D'éléments clastiques, c'est-à-dire de parcelles minérales entraînées par l'alluvion, il n'y en a pas trace.

Le précipité brun ulmique nous fait de suite penser aux eaux brunes de l'Amérique équatoriale, au Rio Negro, à l'Amazone, et aussi aux eaux du Congo que M. Dupont me signalait il y a quelques semaines. Ces eaux noires, couleur café, doivent leur coloration aux acides bruns ulmiques. Ces acides se précipitent en masse quand les eaux brunes rencontrent des eaux calcaires, c'est-à-dire la grande majorité des eaux incolores. Les grains de pollen ce sont les pluies de pollen que nous connaissons partout ou de grandes forêts entourent des nappes d'eau tranquille. Enfin ces algues libres si abondantes ce sont nos *fleurs d'eau*. A certaines époques de l'année et particulièrement par les temps chauds, tranquilles, bien lumineux, la surface des eaux calmes se couvre de végétaux microscopiques qui font l'effet d'une crasse ou d'une poussière verte. Vienne un orage, un coup de vent, des jours plus courts et plus froids, des eaux plus hautes, les fleurs d'eau disparaissent. — Nous concluons pour le *boghead* d'Autun : couche formée dans un petit lac dont les eaux brunes tranquilles précipitaient leur matière ulmique sous l'action d'autres eaux calcaires. Des fleurs d'eau ont envahi la surface du lac pendant que les forêts voisines épandaient leur pollen. Comme il s'agit de pollen de Cordaïtes; nous avons même l'indication des plantes qui habitaient le pourtour du lac d'Autun. On a l'impression qu'il s'agit d'une formation extrêmement rapide. La couche de *boghead* exploitée à Autun s'est faite en une saison. Voici une couche de charbon caractérisée par des données tirées de la couche même. Vérifions et complétons ces résultats par l'examen des nodules et des enclaves de ce *boghead*.

Les menus débris végétaux signalés dans la trame fondamentale brune ce sont les menus débris flottant dans l'eau brune que le vent jetait avec les poussières fines sur les eaux du lac. Le précipité ulmique gélatineux les englobait en se formant et les entraînait dans sa chute. Les nodules noir mat, blanchissant à l'air et posés dans leur maximum de stabilité ce sont des *coprolithes* de poissons, de reptiles, admirablement conservés non seulement dans leur forme mais dans les

détails les plus intimes de leur structure, tellement que nous y avons reconnu des coupes de Taenias, les bactéries mêmes qui habitaient ces fèces. Les cadavres de poissons se montrent comme des corps à divers états de décomposition depuis des lambeaux séparés, des os isolés, jusqu'à des corps entiers si admirablement conservés qu'ils peuvent rivaliser avec les merveilleuses pièces que M. Dupont m'a montrées dans votre Musée national d'Histoire naturelle. Ces coprolithes isolés nombreux nous disent que la vie pullulait dans ce lac d'Autun. Ils disent aussi qu'en cette saison-là tout était calme et bien tranquille. Le coprolithe en se déposant a à peine affaissé le banc de Pilas sur lequel il tombait, il ne l'a pas altéré. Alors comme aujourd'hui les animaux à enveloppes calcaires évitaient les eaux brunes. M. Dupont me signalait l'absence presque complète de mollusques fluviatiles dans les eaux du Congo. Les eaux brunes sont en effet acides. Fait singulier inexpliqué encore, nous n'avons pas trouvé jusqu'ici dans le *boghead* d'Autun ces petites algues à revêtement siliceux que l'on appelle des Diatomées. Je ne sais comment les eaux brunes de notre époque se comportent à ce point de vue spécial.

La matière noire, dure, vitreuse, que nous avons appelée thélotite, est une infiltration rouge sang foncé qui s'est faite quand la masse gélatineuse se déposait. On la voit à tous les niveaux du *boghead*. Elle y forme des poches entre les thalles. Elle descend aussi dans la masse entre les thalles, plus rarement en les traversant. Les thalles voisins des amas de thélotite sont altérés et fortement teintés. La thélotite s'accumulait en masses autour des débris flottés, morceaux de bois, lambeaux de feuilles, comme il arrive aux gouttelettes de goudron et de matières grasses qui s'attachent autour des menues pailles flottant à la surface de l'eau dans les bassins de condensation des moteurs à vapeur. La thélotite remplit aussi des fentes de retrait. Cette thélotite *ne contient pas d'azote*, mais seulement du charbon, de l'hydrogène et de l'oxygène; c'est une sorte d'asphalte très singulière. Ne proviendrait-elle pas de la décomposition à l'air de masses végétales ligniteuses comme il arrive au lac de la Brea, dans l'île de la Trinidad, où des débris végétaux encore à l'état de lignite à une extrémité sont transformés en asphalte à l'autre bout. La thélotite est donc une matière d'infiltration et nous pensons à des bitumes en très minces lenticules entraînés au fond du lac par les parcelles qu'ils *englobaient et imprégnaient*. Ce bitume avait peut-être son origine tout près de là dans la décomposition de masses organiques. Si vraiment la thélotite est un bitume, c'est un bitume bien spécial ou bien modifié puisque elle est insoluble dans les dissolvants ordinaires de l'asphalte.

Les nodules siliceux sont, avons-nous dit, en position instable et fendus par un plan vertical qui les traverse dans toute leur longueur. Les bancs de Pilas traversent ces nodules horizontalement. Ils ne contiennent rien autre chose que les éléments ordinaires du *boghead*. C'est une partie du *boghead* montrant une fente de retrait qui l'a coupée verticalement et qui s'est silicifiée contre cette fente de retrait. Les thalles enfermés dans les nodules sont altérés. Une dissection merveilleuse, qui défie l'habileté du plus adroit anatomiste, a séparé dans chaque cellule du thalle le protoplasme de la paroi cellulaire. La silice en cristallisant a rejeté d'un côté la paroi et mis en liberté la masse protoplasmique teintée par les acides bruns. La structure du protoplasme nous apparaît dans tous ses détails avec le noyau cellulaire admirablement conservé. Les grains de pollen et la matière fondamentale enfermés dans les nodules sont également regonflés. Malgré ce regonflement, les grains de pollen sont toujours vides, réduits à leur fine membrane d'enveloppe. Ces grains de pollen avaient subi une macération prolongée avant de s'enfoncer. Nous n'y avons vu ni Chytridiacées, ni Bactéries, la légère acidité des eaux brunes s'opposait au développement de ces êtres. Les Indiens de l'Amazone boivent de préférence les eaux brunes comme étant les plus pures et les plus salubres. Les nodules siliceux sont en général localisés dans le haut de la couche et font saillie dans les schistes du toit. Il est bien rare qu'ils occupent toute la hauteur de la couche de *boghead*. Il y en a de toutes les dimensions. Les nodules siliceux sont alignés en files rectilignes et à angle droit, c'est-à-dire comme les systèmes de fentes de retrait. Le *boghead* est laminé au-dessus et au-dessous des nodules. Parfois, par suite d'une torsion résultant de la formation du nodule, les lits d'algues qui le traversent sont placés verticalement, venant buter contre une portion du *boghead* fortement laminée. De tous ces faits, nous concluons que les nodules siliceux ont été produits par une localisation de la silice le long de fentes de retrait alors que la couche gélatineuse était déjà déposée.

En un très petit nombre de points seulement, la couche du *boghead* d'Autun nous a montré sa masse pénétrée par des infiltrations noires très foncées, comme si elle avait subi un commencement d'altération. Dans ces régions nous trouvons une troisième sorte de corps jaune produit par les enveloppes et la trame gélosique d'un singulier Myxomycète aquatique, le *Bretonia Hardingheni*. Le *Bretonia* envahissait le dépôt pendant sa formation. Il n'est là qu'à l'état de trace, nous lui verrons jouer un rôle considérable dans la géogénie d'autres charbons.

Voilà tout ce que nous a dit la petite couche de *boghead* d'Autun. Interrogeons maintenant son toit et son mur.

Les schistes supérieurs au *boghead* nous montrent la même trame fondamentale brune avec pollen de Cordaïtes et de distance en distance des Pilas isolés; il n'en reste plus que quelques milles ou quelques centaines par centimètre cube, mais toujours pas la moindre parcelle clastique. Comme nouveau caractère: de très nombreux cristaux secondaires développés dans une trame organique gélatineuse. Nous revoyons les mêmes coprolithes, les mêmes poissons, les mêmes filets de thélotite imprégnant presque toujours un débris végétal, ou un coprolithe aplati. La formation n'a donc pas changé de caractère. C'était la même couche qui se continuait avec les mêmes algues moins abondantes. Rencontrons-nous alors dans ces schistes supérieurs un lenticule de *boghead*, si petit soit-il, nous sommes certains d'y trouver un amas de lits de Pilas et c'est ce que l'expérience vérifie toujours. Là donc où nous avons les Pilas nous avons du *boghead*. Un Pila isolé a donné un grain microscopique de la matière charbonneuse. Un banc de Pilas a donné une petite lentille de *boghead*. Des bancs empilés nombreux et serrés ont donné le faux *boghead* et la grande couche. Là où les Pilas sont moins nombreux, les cristaux secondaires abondants, nous avons le schiste bitumineux. Même alors chaque thalle isolé a donné son petit point de *boghead*. Le toit, si infidèle ailleurs, est donc ici lié à la couche, formé comme elle, avec les mêmes enclaves. Deux changements se sont produits et encore l'un d'eux semble-t-il être la conséquence de l'autre. Il y a moins de Pilas et de nombreux cristaux secondaires sont développés dans la trame gélatineuse ulmique. Ce mode de formation des schistes et en particulier des schistes bitumineux par des cristaux développés dans une trame gélatineuse organique, leur imprime un caractère à part extrêmement tranché.

Ces schistes, supérieurs à la grande couche de *boghead*, renferment aussi des nodules siliceux, mais j'ai dit que ces nodules étaient posés dans leur maximum de stabilité, framboisés à leur surface et non fendus comme ceux du *boghead*. Quand on connaît par expérience les facultés électives des diverses géloses pour la localisation des matières minérales, on pressent tout de suite que ces nouveaux nodules siliceux seront autres que ceux du *boghead*. Ces nodules sont, en effet, des agglomérations d'une algue gélatineuse unicellulaire extrêmement petite quand elle n'est pas altérée. Ses parois sont extrêmement épaisses. Elle formait de petits groupes ou taches analogues à celles

que le *Palmella cruenta* fait sur la terre humide où elle figure des taches de sang. Les enveloppes gélatineuses de notre *Gloïoconis Borneti* ont localisé la silice tout comme les lièges pourris et gélifiés du *Lepidodendron aculeatum* d'Hardinghen localisaient le calcaire, tout comme les *Stigmarias* placés contre ces lièges localisaient la sidérose. Une différence d'ordre physique ou chimique, encore inappréciable pour nous dans l'état actuel de nos connaissances, permet ainsi aux diverses géloses de localiser chacune à sa manière les matières minérales. Il est en effet extrêmement remarquable de voir la silice refouler en quelque sorte la gélose des Pilas et, au contraire, aligner ses cristaux dans la paroi des *Gloïoconis*.

*Ainsi la couche de boghead n'est plus qu'UN INCIDENT dans une formation schisteuse* et celle-ci est avant tout caractérisée par la précipitation d'acides bruns englobant du pollen, de menus débris végétaux, des cadavres de poissons, des coprolithes, des Pilas, de temps en temps un amas de *Gloïoconis*. De temps à autre, quand il fait très beau, les fleurs d'eau abondent, elles envahissent toute la surface du lac d'où elles pleuvent sur le fond. M. Ludovic Breton avait donc comme un pressentiment, comme une intuition, de ce mode de formation du charbon quand il disait que la veine était descendue, de la surface des eaux, se poser sur son mur et qu'elle se reformait en quelque sorte périodiquement à la surface pour donner la couche suivante (1). L'exemple des îles flottantes de Clairmarais près de Saint-Omer n'était pas heureux, mais avouez qu'il fallait être avant tout botaniste de métier pour suivre toute cette série d'idées.

Les schistes à Protritons, le mur de notre couche de *boghead*, nous montrent de même la trame fondamentale ulmique, les grains de pollen de Cordaïtes, quelques Pilas, *mais rares et abimés*, des filets brillants de thélotite *imprégnant et injectant* si complètement des débris de végétaux supérieurs *terrestres* qu'on se demande parfois si tel fragment montre seulement une structure fluidale, ou bien s'il s'agit d'un débris végétal imprégné, moulé et englobé dans un bitume. On trouve des coprolithes, de nombreux squelettes de Protritons entiers couchés sur le dos ou sur le ventre. *Ces squelettes, comme les poissons du boghead, sont à l'état de corps jaunes*. Sur la tranche du schiste ils paraissent comme de petites lentilles noires mates. *Ainsi une gélatine d'origine animale a pu donner elle aussi des corps*

(1) LUDOVIC BRETON, Quelques objections à la théorie de M. Fayol sur la formation du terrain houiller de Commentry. *Bull. Soc. Industrie minérale*, 3<sup>e</sup> série, t. 2, 1888.

jaunes, des lames charbonneuses que nous ne distinguons pas à l'œil nu, des charbons formés de débris végétaux. Si nous rapprochons de ce résultat les huiles de pétrole sulfurées des calcaires pétrolifères de Lima et de la Californie, des charbons entre marbres d'Hardinghen dont l'odeur est insupportable à la combustion, vous voyez de suite la notion à laquelle j'arrive : *Il y a des charbons d'origine animale dans lesquels on trouve des merveilles de conservation.* Vous en avez au Musée de Bruxelles de magnifiques exemples. C'est un bien beau chapitre qui s'ajoutera un jour à l'histoire de vos Iguanodons de Bernissart.

*Les coprolithes suffisamment gélatineux ou imprégnés de mucosités donnaient aussi dans ce milieu un charbon animal.*

Les schistes à Protritons, le *boghead* d'Autun, les schistes supérieurs avec leur *faux boghead*, forment un tout. C'est une couche caractérisée par sa trame ulmique et des pluies de pollen. A un moment donné de nombreux Protritons, des poissons, des reptiles y vivent et s'y noient. Les fleurs d'eau viennent, *c'est reviennent qu'il faudrait dire*, car notez qu'elles avaient déjà existé, nous les connaissons dans les schistes plus anciens de Muse et d'Igornay. Cette végétation algologique envahit toute la surface du lac, le *boghead* se forme. Une cause quelconque, *bien minime*, comme un peu plus d'eau calcaire, le retour de la période de hautes eaux, arrête ou diminue cette végétation sans la faire disparaître, la formation schisteuse reprend. Des poissons, des batraciens, des reptiles vivaient dans ces eaux et y laissent leurs traces. Des gouttes de bitume tombaient sur le fond. Plusieurs fois les Fleurs d'eau réussirent à former des amas un peu étendus qui ont donné autant de lenticules de *boghead*. Des fentes de retrait se sont produites dans le *boghead*, peut-être même avant qu'il ne fût complètement solidifié. Le long de certaines d'entre elles se sont faits des nodules siliceux. Pendant que le *boghead* se produisait il y a eu, en quelques points, des altérations locales qui ont commencé à être envahies par un Myxomycète.

Le *boghead* d'Autun n'est donc ni une forêt enfouie, ni un amas de débris flottés, ni une couche d'asphalte, ni une résine injectée dans une bouillie végétale. C'est un amas d'êtres gélosiques dans un précipité ulmique. Ces corps gélosiques ont donné des corps jaunes, le pollen en a donné d'autres, les os gélatineux et les cadavres d'animaux en ont produit aussi, mais d'autres sortes aussi, les coprolithes en ont fourni au moins une cinquième espèce. Tous ces corps jaunes sont bien caractérisés, car ils ne se comportent pas de même pour l'élection des matières colorantes et des matières minérales. Des gouttelettes

bitumineuses arrivaient de temps à autre et s'infiltraient dans la masse.

Le *boghead* d'Autun appartient au Permien supérieur, tout en haut de la formation des schistes bitumineux.

J'espère avoir réussi, en vous faisant connaître ce premier exemple, à graver dans votre esprit les caractères d'un type de charbon de terre bien particulier et en même temps bien simple.

Comme second exemple je prendrai ce *boghead* fameux entre tous que l'on appelle le *Kerosene shale* ou *boghead d'Australie*. Il vient de la Nouvelle Galles du Sud, où on le trouve sous forme de petites lentilles sur un espace qui mesure en largeur deux degrés de longitude et en hauteur environ quatre degrés de latitude. Les lentilles de *Kerosene shale* sont moins étendues que la *grande couche* du *boghead* d'Autun, mais par contre elles sont beaucoup plus épaisses. Vous en verrez au Musée de Bruxelles un échantillon qui mesure 1<sup>m</sup>,20 d'épaisseur. Celui qui est exposé sous le péristyle de la galerie de Géologie au Muséum de Paris mesure 1<sup>m</sup>,18. Ce *boghead* est remarquablement léger, sa densité n'est que de 1,05 dans ses parties les plus pures. Fraîchement cassé il paraît parfaitement homogène, les yeux les plus exercés n'y distinguent qu'une fine striation qui ne permet même pas d'orienter l'échantillon. Par une très longue exposition à l'air la stratification est rendue visible. Sur votre grand spécimen de Bruxelles, comme sur celui de Paris, la zone médiane est restée noire, c'est la région la plus pure. Au-dessus et au-dessous la roche altérée est devenue rousse, terreuse, sa stratification est reconnaissable. On y signale des empreintes de *Glossopteris*. Jusqu'ici je ne sache pas qu'on y ait recueilli ni coprolithes ni nodules. Cela tient peut-être uniquement à ce qu'on ne les a pas remarqués. Au puits des Thelots, près d'Autun, le *boghead* semblait complètement dépourvu de nodules siliceux. On répondait à toutes nos demandes qu'il n'y en avait pas. M. Renault s'y rendit, en trouva un grand nombre, ils abondaient. « C'est cela que vous cherchez, dirent alors les mineurs, mais oui il y en a. » Tous ceux qui ont couru les carrières reconnaîtront ce détail pris sur le vif. — Y a-t-il de la thélotite? A Joadja Creek, près Mittagong sur la grande voie ferrée du Sud, la couche de *Kerosene shale* contient des *Vertebrarias* dressés. Le bois de ces plantes est à l'état de jayet, c'est-à-dire à cassure brillante vitreuse. N'est-il pas infiniment probable que c'est une sorte de thélotite qui imprègne ces bois, alors que nous la voyons imprégner les *Glossopteris* et les autres débris de plantes terrestres rencontrées dans la couche.

Les sections du *Kerosene shale* nous montrent des corps jaunes en

nombre prodigieux, ce sont des disques plats irréguliers, des corps cérébriformes toujours libres, séparés les uns des autres, ne formant pas de bancs comme les Pilas d'Autun. Dans le beau *boghead* de Joadja Creek, ils interviennent seuls pour les 900 millièmes de la masse totale. Malgré d'assez grandes variations de forme et de dimensions, tous ces corps jaunes représentent les thalles d'une seule espèce d'algue gélatineuse à divers états de développement et de dimensions assez variables à l'état adulte, comme c'est le cas pour nos Hydrodictyons ou Réseaux d'eaux actuels. Nous avons dédié cette algue à M. P. F. Reinsch pour rappeler le très grand mérite qu'a eu ce savant en pressentant dans les corps jaunes des houilles des restes d'organismes inférieurs. Le *Reinschia australis* est sensiblement différent des Pilas. C'est un sac à parois épaisses. Tel que nous le voyons dans le *boghead* il est affaissé sur sa face inférieure. Dans la surface du sac sont localisées des cellules pyriformes avec noyaux, qui tournent toutes leurs pointes en dehors. Telle est du moins la forme dans les thalles moyens et dans les grands thalles plats. La surface du sac pouvait s'invaginer ou pousser des *cœcums* intérieurs; tel est l'aspect des thalles cérébriformes. Les thalles moyens, les thalles plats, les grands thalles cérébriformes sont tous adultes, leurs cellules ont les mêmes dimensions; elles sont plus nombreuses dans les thalles plats que dans les thalles moyens, et encore plus nombreuses dans les thalles cérébriformes. On passe d'une des formes de thalles à l'autre par de nombreuses transitions. Ces passages pourraient donner à penser que les thalles moyens sont un état jeune des grands thalles plats et cérébriformes, le nombre des cellules augmentant de l'un à l'autre état, mais si on regarde des thalles à cellules plus petites on retrouve les différences correspondant aux trois formes principales. Ainsi il y a des thalles à petites cellules correspondant aux thalles moyens, des thalles à petites cellules correspondant aux thalles plats, enfin de gros thalles à petites cellules correspondant aux thalles cérébriformes. Il y a des transitions entre les trois formes de thalles à petites cellules, comme entre les trois formes de thalles adultes. Ces caractères se maintiennent jusque dans les thalles dont les cellules ont à peine  $3\mu$  de diamètre. Comme dans ces thalles minuscules par la petitesse excessive de leurs cellules, le nombre des éléments cellulaires est le même que dans la forme thallaire correspondante adulte, c'est-à-dire où toutes les cellules ont la taille maxima que nous leur voyons dans les grands thalles, nous en sommes arrivés à dire que le thalle tout jeune avait déjà toutes ses cellules. Deux groupes de Thallophytes actuelles présentent seules ce caractère et ce sont précisément des

plantes toujours libres ; les Cénobiales ou Volvocinées d'une part et d'autre part les Hydrodictées.

Nous avons donc eu la chance de trouver le *Reinschia australis* à tous les états de développement, depuis sa première jeunesse jusqu'à l'état adulte. S'il est des régions où l'un des stades de développement prédomine beaucoup par rapport aux autres, même dans les régions les plus riches en grands thalles adultes, on voit encore des thalles à petites cellules, c'est-à-dire des thalles jeunes. Ceci nous permet d'espérer de trouver quelque jour un thalle-mère produisant dans chacune de ses cellules ou dans quelques-unes d'entre elles de petits thalles-filles.

Pour l'histoire des corps jaunes des charbons le type *Reinschia* est particulièrement précieux. Sa structure si complexe et si spéciale, sans aucune trace d'allure cristalline, ne peut être confondue avec une structure sphérolithique ou un assemblage de cristaux en boule radiée. Cette structure ne peut pas davantage être confondue avec une structure fluidale ou une arborisation dendritique. De plus enfin nous suivons ici toute l'évolution du *Reinschia*. Le fait que les corps jaunes de certains charbons représentent les restes de corps organisés est donc bien complètement établi. Il se trouve que ce sont des corps gélosiques qui sont conservés de la sorte. Les parois cellulaires ont donné les corps jaunes de ces charbons, les masses protoplasmiques cellulaires en donnent d'autres colorés par les acides bruns.

Nous avons dit qu'une longue exposition à l'air mettait en évidence les zones du *Kerosene shale*. Le fait est très visible sur le grand échantillon du Muséum de Paris qui est exposé aux intempéries atmosphériques depuis 26 ans. Il est aussi très visible sur le grand échantillon du Musée de Bruxelles. En essayant de nous rendre compte du rapport qu'il pouvait y avoir entre ces diverses zones et l'état des thalles dans la roche voici les résultats statistiques auxquels nous sommes arrivés :

(Voir le tableau I, ci-après.)

Là donc où le *boghead* est très pur, nous trouvons des thalles grands et très nombreux qui arrivent à se toucher. Ils forment les 900 millièmes de la masse du minéral. Au contraire là où le *boghead* perd ses caractères et devient schisteux puis terreux, on ne voit que des thalles jeunes, très petits, éloignés les uns des autres par une épaisse couche de matière fondamentale si bien que, malgré leur nombre, ils ne forment plus que les 19 millièmes de la masse. Par conséquent, selon que l'algue prédomine ou n'intervient que faiblement, les caractéristiques spéciales du *Kerosene shale* s'accroissent ou s'effacent. C'est donc essentiellement le *Reinschia australis* qui caractérise le *Kerosene shale*, comme *Pila bibractensis* caractérise le

TABLEAU I

	ÉCHANTILLON DU MUSEUM DE PARIS.		ÉCHANTILLON DE JOADJA CREEK.
	Zone terreuse inférieure à petits thalles.	Zone plus pure, à thalles moyens.	Zone très pure à grands thalles.
Nombre des rangs de thalles sur 1 <sup>mm</sup> de hauteur . . . . .	39	29	30
Surf. totale occupée par les thalles sur 1 <sup>mm</sup> <sup>2</sup> de section verticale . . . . .	0.098	0.878	0.914
Surf. totale occupée par les thalles sur 1 <sup>mm</sup> <sup>2</sup> de section horizontale. . . . .	0.048	0.297	0.949
Volume total des thalles compris dans 1 <sup>mm</sup> <sup>3</sup> . . . . .	0.019	0.375	0.894
Surface moyenne de la section verticale des thalles . . . . .	190 $\mu$ <sub>2</sub>	1600 $\mu$ <sub>2</sub>	2250 $\mu$ <sub>2</sub>
Surface moyenne de la section horizontale des thalles . . . . .	347 $\mu$ <sub>2</sub>	2700 $\mu$ <sub>2</sub>	4130 $\mu$ <sub>2</sub>
Maximum de la section verticale. Maximum de la section horizontale . . . . .	43100 $\mu$ <sub>2</sub>	73200 $\mu$ <sub>2</sub>	92700 $\mu$ <sub>2</sub>
Nombre des thalles compris dans 1 <sup>mm</sup> <sup>3</sup> . . . . .	79900 $\mu$ <sub>2</sub>	234300 $\mu$ <sub>2</sub>	288600 $\mu$ <sub>2</sub>
	11661	5423	9000

*boghead* d'Autun. Entre autres faits remarquables le tableau nous montre encore que le nombre des rangs d'algues reste sensiblement constant pour une même épaisseur du dépôt. On y voit aussi que tous les *thalles* sont posés dans leur maximum de stabilité, quelle que soit leur taille. Signalons encore qu'on passe de la région terreuse à petits *thalles* à la région plus pure à *thalles* moyens en quelques dixièmes de millimètre.

Dans le *Kerosene shale* on voit une seconde sorte de corps jaunes. Ce sont des spores tétraédriques à parois épaisses, dont les faces convergentes sont marquées de perles saillantes disposées en séries rectilignes. Ces spores sont aplaties, brisées, vidées. Les corps jaunes formés par ces parois de spores diffèrent sensiblement de ceux produits par les *Reinschia*; ils condensent plus fortement les matières colorantes. C'est même cette teinte plus accentuée qui signale immédiatement les spores dans nos coupes minces. Ces spores appartiennent à une Cryptogame vasculaire. On en trouve dans toute la hauteur du dépôt. Il y a de 11 à 219 de ces spores par millimètre cube. Les spores du *Kerosene shale* interviennent dans sa masse pour une petite fraction.

Les algues et les spores du *Kerosene shale* sont plongées dans une trame brune ulmique chargée d'une quantité de ces menus débris végé-

taux que j'ai signalés dans le *boghead* à Pilas. Il y a en particulier beaucoup de fragments de feuilles ou de frondes, remarquables par leurs petits vaisseaux; on dirait des plantes déjà adaptées en vue de résister à la sécheresse. Ces débris sont couchés à plat. Quelques-uns, comme les bois, les lièges, sont à l'état de fusains. Un très grand nombre sont imprégnés par des matières rouge-brun foncé qui les injectent et qui les entourent complètement.

La trame fondamentale du *Kerosene shale* est toute pénétrée d'un corps rouge-brun beaucoup plus abondant que la thélotite, mais beaucoup moins condensée que celle-ci. C'est une matière d'infiltration qui se comporte exactement comme la thélotite. Là où elle est le plus abondante les *thalles* sont altérés et colorés, comme il arrive pour les Pilas au contact des amas de thélotite.

Certaines indications nous permettent de croire que le *Bretonia*, ou un être très analogue, a envahi quelques points du *Kerosene shale*. Naturellement c'est dans les régions avec infiltrations noires que nous avons trouvé cette indication. *Bretonia* formerait dans le *Kerosene shale* une troisième sorte de corps jaunes.

Voilà ce que nous a déjà révélé l'étude d'un petit nombre d'échantillons du *Kerosene shale*. Vous concluez vous-même, n'est-il pas vrai. Le fameux *Kerosene shale* de la Nouvelle Galles du Sud est une formation du même type que celle du *boghead* d'Autun. On y trouve *Reinschia* au lieu de *Pila*, des spores au lieu de pollen, mais pas d'écaillés de poissons. Nous n'avons pas à l'heure présente les matériaux nécessaires pour montrer les rapports intimes du *Kerosene shale* avec son mur et avec son toit, comme nous l'avons fait pour le *boghead* à Pilas. Murs et toits sont assez variés selon les localités : ce qui n'est pas surprenant vu le nombre des amas de *Kerosene shale*. Mais déjà nous savons, par de petits lits argileux rencontrés dans la couche, que les *Reinschia* ont dans ces parties schisteuses les mêmes rapports que les Pilas dans les schistes supérieurs d'Autun. Au surplus voici quelques coupes de terrains, empruntées aux Rapports du *Geological Survey* de la Nouvelle Galles, qui vont nous montrer les rapports du *Kerosene shale* avec les formations schisteuses. Remarquez que, conformément à la méthode dont je vous ai annoncé l'emploi, nous allons avoir ici quelque chose de plus qu'à Autun : c'est la relation immédiate du *boghead* à algues avec des houilles types. Le *Kerosene shale* nous montrera aussi comment on peut être amené parfois d'un *boghead* à corps jaunes nettement organisés à des *bogheads* à corps jaunes nettement amorphes.

TABLEAU II

*Coupes prises dans la région de Katomba (1).*

PROPRIÉTÉ DE L'AUSTRALIAN KEROSENE OIL AND MINERAL C <sup>o</sup> . Entre Isolated Mountain et Ruined Castle		PROPRIÉTÉ DE MM. NORTH. Entre Ruined Castle et Megalow Mountain.
<i>Galerie n<sup>o</sup> 1.</i>	<i>Galerie n<sup>o</sup> 2.</i>	
Grès.	Grès.	Grès.
0.45. <i>Boghead très riche</i> (2)	0.20. <i>Boghead de qualité moyenne.</i>	0.22. <i>Boghead de qualité moyenne.</i>
	0.25. <i>Argile durcie.</i>	0.18. <i>Schiste bitumineux.</i>
0.40. <i>Boghead dense de qualité inférieure.</i> Schiste noir bitumineux.	0.75. <i>Boghead lourd de qualité inférieure.</i> Schiste noir bitumineux.	0.98. <i>Argile noir dense.</i> Schiste noir bitumineux.

Ces trois coupes sont bien comparables entre elles. Nous y voyons l'épaississement de la zone inférieure terreuse du *Kerosene shale* et l'intercalation d'un lit argileux ou schisteux dans l'épaisseur même du *boghead*. C'est la formation schisto-charbonneuse d'Autun arrêtée brusquement par les grès recouvrants (3).

(1) Ville située sur la grande voie ferrée de l'Ouest.

(2) Les épaisseurs des couches sont exprimées en mètres.

(3) D'après M. Delafond la coupe du *boghead* d'Autun, dans l'ancienne carrière à ciel couvert de Millery, montrait la succession suivante :

- 1.50. Schistes stériles.
- 0.05. Barre calcaire à noyaux bitumineux.
- 0.60. Schistes avec concrétions siliceuses.
- 2.24. Schistes stériles.
- 0.11. *Boghead dit Faux boghead.*
- 0.65. Schistes stériles.
- 0.27. Schistes bitumineux.
- 0.23. *Boghead, la grande couche.*
- 0.19. Schistes bitumineux avec *Protriton petrolei*.
- 0.4<sup>5</sup>. Schistes stériles.

TABLEAU III.

Coupes prises dans la région de Hartley, à Mount York près Little Hartley (1).

AU CENTRE DE LA LENTILLE DE BOGHEAD.	AU BORD DE LA LENTILLE DE BOGHEAD.
Roche bleue.	Roche bleue.
0.15. Argile réfractaire bleue.	0.25. Argile réfractaire bleue.
0.02. Argile durcie.	0.70. Schiste noir métallique.
0.07. Argile réfractaire bleue.	0.05. Argile durcie.
0.38. Schiste noir métallique.	0.06. <i>Minerai de fer.</i>
0.02. Argile durcie.	0.20. <i>Boghead première qualité.</i>
0.07. <i>Minerai de fer.</i>	0.02. <i>Boghead.</i>
0.75. <i>Boghead, première qualité.</i>	0.02. Argile durcie.
0.38. <i>Boghead.</i>	
0.02. Argile durcie.	
Roche bleue.	Roche bleue.

Ce tableau III nous montre le *boghead* australien dans une formation plus argileuse mais surtout se liant immédiatement à du minerai de fer, absolument comme la Torbanite d'Écosse.

TABLEAU IV.

Coupes prises à Joadja Creek dans la Propriété de l'Australian Kerosene Oil and Mineral Co. (2)

AU CENTRE DE LA LENTILLE DE BOGHEAD.	SUR LES BORDS DE LA LENTILLE DE BOGHEAD.
Conglomérats.	Conglomérats.
0.20. <i>Charbon bitumineux. (Houille)</i>	0.15. <i>Charbon bitumineux. (Houille.)</i>
0.30. <i>Boghead.</i>	0.15. <i>Boghead.</i>
0.02. <i>Petit lit d'argile durcie.</i>	0.60. <i>Lits de charbon et de schistes alternants.</i>
0.30. <i>Boghead.</i>	
0.45. <i>Lits de charbon et de schistes alternants.</i>	
Schistes bleus durs.	Schistes bleus.

(1) Hartley est sur la voie ferrée de l'Ouest, à environ 85 miles de Sydney.

(2) M. le Professeur Ed. David de Sydney divise comme il suit les couches permocarbonifères de la Nouvelle Galles du Sud :

Permo-Carboniferous	}	<i>Newcastle series.</i>
		<i>Hexham series.</i>
		<i>Tomago series.</i>
		<i>Upper marine series.</i>
		<i>Greta series.</i>
		<i>Lower marine series.</i>

A Joadja Creek, grand centre d'exploitation du *Kerosene shale* situé entre Berrima et Mittagong sur la voie ferrée du Sud, nous voyons le *Kerosene shale* directement en contact avec ce que les géologues australiens appellent du charbon bitumineux, c'est-à-dire avec de la houille ordinaire.

Enfin à Bathgate, près de Wallerawang, dans l'Ouest, les sondages ont relevé la succession suivante :

#### TABLEAU V.

##### *Sondages de la Diamond Rock Drill Branch Co.*

33.59.	Terrains supérieurs.
5.10.	Première couche de charbon. — Couche Gladstone.
67.07.	Terrains stériles
0.35.	<i>Cannel coal.</i>
0.01.	Banc d'argile.
0.25.	<i>Cannel coal.</i>
0.01.	Banc d'argile.
0.22.	<i>Boghead, Cannel (boghead mineral).</i>
0.01.	Banc d'argile.
0.40.	<i>Boghead, Cannel (boghead mineral).</i>
0.17.	<i>Kerosene shale.</i>
0.02.	Banc d'argile.
0.30.	<i>Cannel coal.</i>
0.01.	Banc d'argile.
26.76.	Terrains stériles.
2.30.	Couche inférieure de charbon. — Couche Lithgow.

Voilà le *Kerosene shale* lié à un *Cannel-coal*.

La portée de ces diverses liaisons doit bien vous frapper. Du moment que les *bogheads à algues*, formations essentiellement rapides, produites par une végétation aquatique d'êtres très inférieurs, ayant couvert la surface des petits lacs d'eaux brunes pendant une période de tranquillité absolue et de basses eaux sont mêlées aux houilles ordinaires, vous voyez de suite que l'origine de ces houilles doit satisfaire à des conditions singulièrement spéciales et singulièrement précises.

J'ai dit de plus que le *Kerosene shale* nous montrait une modification intéressante des corps jaunes des charbons qu'il est bien nécessaire de connaître quand on étudie les houilles : je veux parler des corps jaunes amorphes. Le *Kerosene shale* peut nous en montrer de deux sortes : les uns sont de très petits thalles imparfaitement conservés ; les autres sont au contraire des thalles de tout âge et de toutes les tailles ayant subi une sorte d'altération gommeuse.

Dans les très petits thalles de *Reinschia* les nombreuses cellules qui le forment deviennent extrêmement exiguës. Leur protoplasme, seule partie qui condense spécialement et d'une manière un peu intense les corps bruns, n'est plus représentée que par un trait à peine perceptible. Pour peu que la conservation soit moins bonne, le thalle ne montre plus aucune trace d'organisation à son intérieur, il est réduit à un globule jaune amorphe. Sans doute il n'y a là qu'un défaut de conservation qui ne change rien à la nature du corps jaune et aux caractères du *boghead*, mais la constatation même de ce fait nous met en garde contre l'attribution trop hâtive, à des amas de globules gommeux ou résineux, de très petits corps jaunes amorphes de certains *bogheads*.

Quant aux thalles qui subissent l'altération gommeuse, nous constatons que cette altération se produit sur des thalles de tout âge et de toutes dimensions. Le thalle paraît alors comme un corps jaune plus fortement coloré, virant au brun; il est amorphe, craquelé avec fentes de retrait. Pour passer à cet état, la structure du thalle s'efface peu à peu, en même temps que la matière du thalle se colore davantage. On passe ainsi des thalles les mieux caractérisés aux masses les plus parfaitement amorphes par une série de transitions graduées. Quand la transformation est complète, le thalle paraît comme une masse de gomme craquelée. Puisque cette altération gommeuse frappe des thalles de tout âge, il est très probable que c'est une cause accidentelle qui frappait à la fois les plantes jeunes et vieilles. Les *bogheads* avec thalles gommifiés ne sont pas rares.

Quand à l'âge du *Kerosene shale*, il appartient à la période permocarbonifère. Il y fait partie de la série des couches dites de Greta. Il est, par conséquent, de la même grande période géologique que le *boghead* d'Autun, mais sensiblement plus ancien que lui dans cette période (1).

Je serai très bref sur mon troisième exemple de *boghead* à algues. Notre étude de la Torbanite brune d'Écosse est à peine commencée. Nous n'avons, pour ainsi dire, jeté qu'un premier coup d'œil sur ce *boghead*, pour savoir comment il convenait de diriger la recherche des échantillons. La Torbanite brune d'Écosse tirée de Torbane Hill est le type classique des *bogheads*. On a créé pour elle un nom spécial *Torbanite*, et c'est toujours cette Torbanite que l'on a en vue quand

(1) Je dois tous les documents stratigraphiques dont j'ai fait usage ci-dessus à M. le Professeur Éd. David et à M. le Dr Robert Etheridge junior.

on parle de charbons exclusivement formés de carbures d'hydrogène cristallisés. A la distillation il ne laisse qu'un résidu infime de charbon fixe.

Les coupes minces de la Torbanite montrent que ce *boghead* est essentiellement formé par l'empilement des petits corps ellipsoïdes jaune d'or à structure radiée qu'à Autun nous avons appelé des Pilas. Outre les grands Pilas il y en a de petits. Ces Pilas forment des bancs. Il y a des *spores* mêlées avec les Pilas, et nous avons déjà reconnu à plusieurs reprises des traces de Bretonia. La matière fondamentale est assez fortement chargée de menus débris. Elle est très fortement imprégnée par une matière brune d'infiltration identique à la thélotite. La Torbanite est donc bien, comme je le disais en commençant, un *boghead* à algues. Il conviendra d'expliquer comment son faciès terne paraît au premier abord si différent de celui du *boghead* d'Autun.

Quant aux rapports de la Torbanite je me bornerai à transcrire ici la coupe que Traill a relevé dans le gisement de Torbane Hill.

#### Grès supérieurs

<i>Faeks</i> . Schistes faciles à émietter . . . . .	0,10	
<i>Cements</i> . Mélange de schistes et de mauvais minerai de fer . . . . .	0,07	
<i>Bitumenite</i> . (Torbanite) . . . . .	0,38 ailleurs	0,57
Fin minerai de fer . . . . .	0,05	
Schistes bitumineux contenant souvent des masses tabulaires de minerai de fer . . . . .	0,05	
Charbon inférieur . . . . .	0,17	
Charbon mêlé de schiste (Foul Coal, sale charbon ou Escail- lage) . . . . .	0,66	

Argile réfractaire.

Vous voyez que, comme le *Kerosene shale*, la Torbanite est liée à du minerai de fer et à du charbon bitumineux.

Pour terminer, permettez-moi de vous présenter les conclusions auxquelles nous conduisent les trois *bogheads* que je vous ai décrits. Il est bien entendu, n'est-ce pas, que ces conclusions ne s'appliquent qu'à ces *bogheads*, et que les autres charbons de terre devront être étudiés de la même manière avant qu'il soit possible de procéder à une synthèse générale. Ne vous étonnez pas de cette attitude si réservée. Elle signifie simplement que ce que nous avons déjà entrevu sur les autres charbons, mes collaborateurs et moi, nous a appris que le problème de la géogénie des couches charbonneuses comportait plusieurs solutions dont certaines sont très complexes et très difficiles. Il est donc sage de s'en tenir pour le moment aux faits bien établis et aux types dont l'étude est suffisamment avancée.

1. — Il existe une classe de charbons très simples formés par l'accumulation des thalles d'une seule espèce d'algue gélatineuse, enfouis dans un précipité ulmique.

2. — Ces dépôts végétulo-ulmiques indiquent des périodes tranquilles où les fleurs d'eau ont pullulé au point de couvrir la surface des eaux brunes. Dans le même temps une abondante végétation terrestre répandait dans l'air des nuages de pollen ou de spores.

3. — Ces accumulations végétulo-ulmiques se sont formées sur l'emplacement même où les algues ont vécu. Il n'y a pas eu de phénomènes de transport ou de charriage. Les acides bruns ulmiques dissous se précipitaient sous l'action d'eaux calcaires. Les algues encore vivantes pleuvaient sur le fond. Le pollen ou les spores macérés tombaient avec les algues. Dans leur précipitation les matières ulmiques englobaient de menus débris flottés.

4. — Il n'y a pas eu d'altération, ni de pourriture dans ces dépôts végétulo-ulmiques. En quelques points restreints, des infiltrations noires se sont produites et le *Bretonia Hardingheni* a commencé à envahir les dépôts.

5. — Les dépôts végétulo-ulmiques qui ont donné nos trois *bogheads* à algues ont été pénétrés par des infiltrations brunes, qui sont probablement de nature bitumineuse. Il n'est pas impossible que ce bitume eût son origine dans la décomposition de grandes masses végétales émergées placées non loin de là, comme cela se voit de nos jours au Lac de La Bréa. Ce bitume arrivait non en grandes masses mais en fines gouttelettes qui souvent s'attachaient aux menus débris végétaux flottants sur les eaux. Peu à peu le bitume les enveloppait, les injectait et les imprégnait.

6. — Ces dépôts se sont faits très rapidement. Même quand ils sont épais comme le *Kerosene shale*, les bandes pures de la couche ne représentent que l'accumulation d'une saison. Le mot *saison* signifie ici une période ininterrompue de végétation. Probablement le temps des basses eaux, la saison sèche.

7. — Les bandes pures de ces dépôts ne représentent que des incidents de très courte durée dans une formation schisteuse. Ils ont été sujets à répétition. Il faudra donc être très prudent en matière de synchronisation de couches de cette sorte.

8. — Les *bogheads* à algues peuvent se trouver mêlés aux houilles ordinaires soit qu'ils les précèdent, soit qu'ils les suivent, soit qu'ils forment des lits intercalés dans les bancs de houille, soit que la houille forme des lentilles dans les *bogheads*. Les clivages de la houille ne s'étendent pas aux masses de *boghead* qu'elle enferme ou qui l'englobent.

9. — Les *bogheads* à algues peuvent être liés à des minerais de fer.

10. — Alors comme aujourd'hui la population animale à test calcaire semble avoir fui les eaux brunes. Les Diatomées manquent dans nos trois exemples de *bogheads* à algues.

11. — Ce sont les algues qui donnent à chacun de nos trois *bogheads* leurs caractères propres et non la trame ulmique, les spores, les grains de pollen ou le bitume. Là où l'algue existe il y a du *boghead* et il n'y en a que là. Un thalle isolé donne un point de *boghead*. Un lit d'algues donne un lit de *boghead*, alors que tous les autres corps réunis, trame ulmique, spores ou pollen, bitume donnent bien une couche charbonneuse, mais celle-ci diffère nettement du *boghead*.

12. — La rétraction des thalles dans nos trois *bogheads* a été relativement faible. Nous estimons que le volume du thalle tel que nous le voyons dans le *boghead* est environ le  $\frac{1}{6}$  du volume du thalle vivant. La rétraction a été d'environ 2,6 en hauteur et de 1,6 horizontalement. Nous confondons ici dans la rétraction ce qui provient de la dessiccation de la couche et ce qui provient des compressions subies par la couche.

13. — Les schistes à *bogheads* sont caractérisés par leur trame organique, qui est un précipité ulmique gélatineux, chargé de menues parcelles végétales flottées et souvent de poussières végétales, spores, pollen. Ils contiennent les algues de ces *bogheads*. Ils sont dépourvus de parcelles clastiques. De nombreux cristaux secondaires se sont développés et alignés dans leur trame gélatineuse fondamentale.

14. — Parmi les corps jaunes des charbons il en est donc qui représentent spécialement les produits de la transformation des parois cellulaires gélosiques de végétaux inférieurs. Le *boghead* d'Autun, le *Kerosene shale*, la *Torbanite brune* de Torbane Hill nous en offrent de très beaux exemples. Ce type de charbon est très répandu.

15. — Aux diverses géloses correspondent des variantes dans les corps jaunes produits. Si, par exemple, les corps jaunes produits par les parois cellulaires des *Reinschia* et des *Pila* diffèrent certainement très peu l'un de l'autre, par contre ils diffèrent très sensiblement des corps jaunes produits par les parois des grains de pollen et des spores. Ces derniers, qui proviennent de membranes probablement cutinisées et macérées, condensent plus fortement les matières brunes. Même parmi les corps jaunes des charbons qui sont directement attribuables à des végétaux on trouve donc plusieurs variétés qu'il peut être utile de distinguer. Les thalles gommeux nous montrent de plus que selon l'état des thalles, au moment de leur enfouissement dans le précipité ulmique, le corps jaune engendré peut être sensiblement modifié.

16. — L'analyse micrographique du *Kerosene shale* nous prépare à l'étude des *bogheads* à corps jaunes amorphes, soit que cet aspect amorphe résulte de l'altération des thalles générateurs enfouis comme pour les thalles gommifiés, soit que ces corps jaunes amorphes représentent des thalles à très petites cellules imparfaitement conservées, comme c'est souvent le cas des jeunes thalles.

17. — Il y a des corps jaunes d'origine animale. Les cartilages, les coprolithes, les parties molles des animaux enfouis dans la matière ulmique en ont produit. Lorsque ces corps sont rassemblés en masses importantes, ils nous donnent des lenticules de charbon d'origine animale, comme les squelettes de la zone schisteuse à *Protriton petrolei*, comme les coprolithes des schistes d'Igornay, etc. Mais qu'ils soient rassemblés en grands bancs, ou à l'état de points isolés dans les schistes ou dans les *bogheads*, les débris animaux ont donné, chacun selon leur nature et leur degré d'altération, des corps jaunes très nettement distincts des corps jaunes engendrés par les algues gélatineuses, par les spores, ou par la gomme des tubes gommeux. Ces charbons d'origine animale sont certainement une des conclusions les plus curieuses auxquelles nous sommes amenés.

Ces premiers essais nous font prévoir à très brève échéance l'obligation de définir les charbons de terre par leurs caractéristiques micrographiques. L'étude des coupes minces des charbons donne des indications très précises sur leurs corps constituants, sur le degré d'altération de ces corps lors de leur enfouissement, sur les conditions dans lesquelles l'accumulation végéto-ulmique s'est faite, sur le degré d'envahissement du dépôt par les agents modificateurs tels que les *Bretonia* par exemple, sur le degré d'imprégnation du dépôt par les matières bitumineuses, sur tous les nodules inclus dans ces charbons. Ce ne sont donc pas les caractères qui manquent au charbon quand nous voulons définir une couche de houille par des caractères tirés de cette couche, mais en réalité nous ne savons pas interroger ce charbon, nous ne savons pas lire les indications qu'il nous montre.

Je crois maintenant que ces morceaux de charbon qui vous paraissent informes, muets, prennent à vos yeux un tout autre aspect. Ces blocs informes contiennent souvent de véritables merveilles de conservation. Ne nous arrêtons pas trop longtemps à cette pensée car elle nous amènerait à ce paradoxe : comment peut-on brûler et gaspiller, comme on le fait tous les jours, des objets que nos musées paieraient leur poids d'or s'ils savaient ce qu'ils contiennent.

---

## EXPLICATION DÉTAILLÉE DES PLANCHES

## PLANCHE IV

FIG. 1. — Morceau de *charbon* de la *veine Marquin*, concession d'Hardinghen, Fosse la Glaneuse n° 1, Gr. 1, 5.

*Br.* *Charbon brillant* à grandes craquelures. Entre les lits brillants sont intercalés de petits morceaux de fusain isolés ou en amas. — *ctr.* Cassures transversales des piliers du charbon brillant. — *r.* Cassures radiales qui séparent les piliers du charbon brillant. Elles ne traversent pas les fusains ni le charbon mat. —  $\pi$ . Pied des piliers du charbon brillant sur le charbon mat. Aux trois directions *ctr*, *r* et  $\pi$  correspondent des lignes de rupture naturelle (ou clivages?) du charbon brillant. Les plus étendues sont parallèles à la direction *r*.

*F.* Petits morceaux de *fusain*. En *f. c.*, à la partie supérieure du morceau sont des morceaux de fusain entrecroisés.

*M.* *Charbon terne* ou *charbon mat* de teinte légèrement rousse. Dans la masse du charbon terne sont quelques lits de charbon brillant *Br* et de petits morceaux de fusain *f*.

FIG. 2. — Morceau d'*escaillage* de la Concession de Liévin. Gr. 3, 7.

*Br.* Lits de charbon brillant.

*Sch.* Lits schisteux ou terreux.

FIG. 3. — Morceau de *cannel coal* d'Écosse avec zone minéralisée par de la sidérose. Gr. 3, 7.

*M.* *Charbon mat*.

*Si.* Zone minéralisée par de la sidérose formant un grand nodule plat intercalé dans le charbon mat.

FIG. 4. — Autre morceau du même *cannel coal* avec une lentille de charbon brillant. Gr. 0, 7. — La lentille de charbon brillant est fendue radialement. A droite sur la cassure transversale on voit les piliers du charbon brillant et les pieds de ces piliers sur le charbon mat.

FIG. 5. — Section transversale d'un morceau de *boghead* d'Autun. Concession de Margenne. Gr. 3, 7. D'après une grande lame mince vue par transparence. Le morceau a été pris à la partie supérieure du banc de *boghead* au contact des schistes bitumineux qui le recouvrent.

*Bog.* *Boghead* avec petits lits schisteux dans sa partie supérieure.

$\theta$ . Petits amas de thélotite. Très souvent ces amas de thélotite contiennent des débris végétaux qu'ils imprègnent et qu'ils empâtent complètement, de telle sorte que tantôt on y trouve une structure organisée et tantôt une structure fluidale. On voit ces amas de thélotite dans le schiste aussi bien que dans le *boghead*.

*Sbs.* Schiste bitumineux recouvrant le *boghead*. On y trouve des thalles de *Pila* isolés.

*K.* Coprolithes, *K'* Coprolithes plus petits, mais de la même espèce animale.

FIG. 6. — Section transversale d'un morceau de *boghead* d'Autun. Concession de Margenne. Gr. 3. 7. D'après une lame mince vue par transparence. Ce morceau, pris en plein banc, montre une épaisse infiltration de thélotite. La substance bitumineuse laisse voir ses cassures radiales irrégulières (1).

FIG. 7. — Section radiale du même morceau de *boghead*. Gr. 3. 7. D'après une lame mince taillée perpendiculairement à la précédente. Elle montre que dans cette région la fissure comblée par la thélotite s'était dédoublée.

FIG. 8. — Section transversale d'un morceau de *boghead* d'Autun. Concession de Margenne. Gr. 1. 5. — Ce morceau est pris à la partie supérieure du banc de *boghead*. Il montre un nodule siliceux *N* coupé transversalement. Le nodule placé à la partie supérieure du *boghead* a troué celui-ci et la base du schiste bitumineux. Le morceau est figuré vu par réflexion.

*fm*. Fente médiane verticale du nodule siliceux. Elle contient un peu de thélotite, mais cette matière y est regonflée et beaucoup moins dure que dans le *boghead*. — *Bl*. Lits du *boghead* amincis et laminés.

FIG. 9. — Section transversale d'un morceau de *boghead* d'Autun contenant un nodule siliceux pris en plein banc. Gr. 3. 7. Le nodule est coupé transversalement. On s'est borné à indiquer la direction des lits de Pilas dans le *boghead* et dans le nodule.

*f*. Filets ou lits médians qui traversent le nodule sans déviation.

*f's'* et *f'i'*. Filets supérieurs et inférieurs qui traversent le nodule, mais qui sont plus ou moins fortement courbés.

*f's''* et *f'i''*. Filets supérieurs et inférieurs soulevés par le nodule, amincis ou même troués par celui-ci. Les plus rapprochés des lits traversants sont troués, les plus éloignés sont simplement laminés.

*f's'''* et *f'i'''*. Filets supérieurs et inférieurs simplement soulevés ou abaissés par le nodule.

La déformation provoquée par le nodule n'atteint pas les lits les plus élevés et les plus inférieurs de la figure.

FIG. 10. — Un nodule siliceux du *boghead* d'Autun isolé et vu de profil par son côté gauche. Gr. 1. 5.

*P*. Pointe ou extrémité antérieure du nodule. — *S*. Sommet, extrémité arrondie ou extrémité postérieure du nodule. — *Crs*. Crête supérieure du nodule et son sillon. — *Cri*. Crête inférieure du nodule et son sillon.

FIG. 11. — Un nodule siliceux du *boghead* d'Autun et ses deux ailes ou portions de *boghead* qui demeurent adhérentes le long de ses crêtes latérales. Le nodule, cassé transversalement, est représenté vu obliquement pour montrer l'émergence de sa crête supérieure au-dessus du *boghead*. Gr. 1, 5.

FIG. 12. — Section transversale d'un morceau de *faux boghead* pris dans le *banc barré* d'Autun. Concession de Margenne. Gr. 3. 7. D'après des plaques minces vues par transparence.

*Bog*, *Boghead* formé par des Pilas en bancs et isolés. Ce sont ces petits lits de *boghead* qui forment la couche appelée *faux boghead*. Inférieurement le *boghead* passe au schiste bitumineux, les lits de Pilas devenant de moins en moins nombreux.

(1) L'épaisseur des piliers est très inégale.

S. Lits de schistes supérieurs aux amas de Pilas, on y voit des thalles de Pilas isolés. Chacun d'eux donne un point de *boghead*. On voit ces thalles isolés dans toute la hauteur du morceau.

hy. Bancs, presque dépourvus de Pilas, où la silice est localisée et à l'état d'hydrophane (1).

θ. Mince amas de thélotite imprégnant des débris divers.

FIG. 13. — Section verticale d'un morceau de schiste bitumineux supérieur au *boghead* d'Autun. Gr. 3,7. Ce morceau montre la section longitudinale d'un coprolithe.

K. Le grand coprolithe. K'K''. Coprolithes plus petits mais provenant d'animaux de même espèce que le premier. Ces coprolithes appartiennent à la même espèce animale que ceux de la fig. 5.

Les thalles de Pilas sont très rares dans ce morceau et très abîmés. Ils n'ont pas été figurés.

V. Débris végétal à l'état du fusain.

FIG. 14. — Section verticale d'un morceau de schiste bitumineux avec nodules siliceux à *Gloioconis Borneti*. Gr. 3,7. Ce morceau est pris à 18<sup>m</sup>,50 au-dessus du *boghead* d'Autun. — Concession des Thelots.

G. Nodules siliceux produits par une localisation de la silice dans un amas de *Gloioconis Borneti*. Ces nodules, posés dans leur maximum de stabilité, sont placés dans des zones brunes plus foncées. On voit quelques Pilas isolés surtout dans ces zones plus foncées.

FIG. 15. — Un nodule siliceux à *Gloioconis Borneti* montrant sa surface framboisée. Gr. 4,5.

FIG. 16. — Profil vertical d'un nodule siliceux à *Gloioconis Borneti*. Gr. 5,2.

FIG. 17. — Section verticale d'un morceau de schiste bitumineux d'Autun formant le mur du *boghead*. Gr. 3,7. C'est dans ce banc qu'on trouve le principal gisement du *Protriton Petrolei*.

K. Coprolithes souvent étalés en nappes.

Os divers posés dans leur maximum de stabilité.

θ. Thélotite imprégnant très souvent des débris végétaux.

V. Débris végétal à l'état de fusain.

## PLANCHE V.

FIG. 18. — Deux thalles de *Pila bibractensis* vus par le sommet du petit axe, c'est-à-dire en projection horizontale. Ils sont pris dans le *boghead* d'Autun, dont ils forment les corps jaunes à structure rayonnée. Gr. 120. On ne voit que les lamelles moyennes des cellules colorées en brun.

(1) Il y a lieu de se demander si cette localisation n'est pas due à la présence d'un organisme ou d'une gélose spéciale. Jusqu'ici ce point n'a pas été élucidé.

FIG. 19. — Section horizontale d'un thalle de *Pila bibractensis* pris dans le *boghead* d'Autun, par conséquent rétracté. Gr. 282,5.

*c.* Cavités cellulaires dont le contenu protoplasmique est réduit à un trait brun très peu visible. — *p.* Parois cellulaires épaisses transformées en corps jaunes d'or. — *lm* Lamelles moyennes fortement colorées en brun. — *zc.* Zone périphérique du thalle toute chargée de minuscules cristaux de carbonate de chaux.

FIG. 20. — Section verticale d'un petit thalle de *Pila bibractensis* ramené à peu près à son volume normal. Gr. 270. — Ce thalle est pris à la périphérie d'un nodule siliceux du *boghead* d'Autun.

Dans quelques cavités cellulaires on aperçoit le noyau *nc* de la masse protoplasmique.

FIG. 21. — Section verticale d'un petit thalle de *Pila bibractensis* pris à une plus grande profondeur dans le même nodule siliceux Gr. 322,5.

*mf.* Matière fondamentale du *boghead* gonflée. Cette matière forme une loge dans laquelle est placé le thalle. — *zc.* Zone transparente occupée ici par de la silice. Elle correspond à la zone périphérique chargée de cristaux des thalles du *boghead*. — *Si.* Cristal de quartz isolant le protoplasme de la paroi cellulaire gommifiée. — *pg.* Les parois cellulaires gommifiées refoulées par la silice, elles sont à l'état de corps jaunes. — *pc.* Protoplasme cellulaire teinté en brun clair. — *nc.* Noyaux cellulaires colorés en brun plus foncé. Ces noyaux sont très volumineux eu égard à la masse protoplasmique.

FIG. 22. — Grain de pollen de Cordaïte réduit à son exine enroulée partiellement. Ce grain de pollen est pris dans un nodule siliceux du *boghead* d'Autun. Il a été regonflé. Gr. 120.

*Nota.* Le détail de l'ornementation de cette exine n'a pas été figuré.

FIG. 23. — Profil horizontal d'un thalle moyen adulte de *Reinschia australis* pris dans le grand échantillon de *Kerosene shale* exposé au Museum de Paris, Gr. 202,5.

FIG. 24. — Profil vertical d'un thalle moyen adulte de *Reinschia australis* pris au même point dans le même échantillon, Gr. 202,5.

FIG. 25. — Profil horizontal d'un thalle cérébriforme adulte de *Reinschia australis*. Même origine que les précédents. Gr. 97,5.

FIG. 26. — Profil vertical d'un grand thalle cérébriforme adulte de *Reinschia australis*. Même origine que les précédents. Gr. 202,5.

FIG. 27. — Coupe horizontale d'un thalle cérébriforme presque plein et adulte de *Reinschia australis*. Gr. 412,5. Même origine que les précédents.

*pl.* Pli de la surface du thalle. — *cθ*, cavité du thalle. — *c'*, Cellules du thalle coupées longitudinalement. — *c''*, Cellules d'un autre groupe coupées transversalement. On remarque la forme en fiole des masses protoplasmiques colorées en brun foncé, et la grande épaisseur des parois cellulaires, surtout des parois cellulaires profondes. Ici aussi les parois cellulaires sont à l'état de corps jaunes et les lamelles moyennes sont colorées en brun.

FIG. 28 à 34. — Sections verticales de thalles de *Reinschia australis* à divers états de développement. Gr. 50z,5. Même échantillon que les précédents.

FIG. 28. — Thalle plat adulte.

c. Cavité intérieure du thalle. Celui-ci est affaissé sur sa face inférieure. Les cellules supérieures reposent sur les cellules inférieures. — cs. Cellules supérieures. — ci. Cellules de la face inférieure. — in. Une petite invagination de la surface. Quand ces invaginations sont plus nombreuses et plus importantes, le thalle devient cérébriforme et presque plein, au lieu d'être sacculaire comme celui-ci. — cm. Cellules marginales.

FIG. 29. — Thalle moyen adulte.

FIG. 30. — Petit thalle plat, beaucoup plus jeune qu'en 28 et 29, mais montrant déjà quelques cellules rassemblées en groupes.

FIG. 31. — Thalle plat à cellules plus nombreuses que 30, mais plus jeune que celui-ci. Il n'a pas encore de cellules groupées et ses parois de fond sont moins épaisses.

FIG. 32. — Très jeune thalle moyen.

FIG. 33. — Thalle encore plus jeune que le précédent. Il n'est plus possible à ce stade de décider sur la section verticale si le thalle est ou non sacculaire.

FIG. 34. — Thalle encore plus jeune qu'en 33, mais dans lequel il n'est pas possible de voir les masses protoplasmiques cellulaires (1).

FIG. 35. — Section horizontale d'un jeune thalle cérébriforme de *Reinschia australis*, pris dans l'échantillon du Museum. Gr. 540.

in. Invaginations. cf. Cellules vues par le fond. Les autres lettres ont la même signification que dans les figures précédentes.

Ce thalle était arrivé au stade où les cellules se groupent.

FIG. 36. — Trois thalles de *Reinschia australis*, même origine qu'en 35. C'est dans ce même spécimen que sont prises également les figures 37, 38, 39, 40. Gr. 470,5.

θ'. Jeune thalle plat vu par le haut.

θ. Très jeune thalle moyen vu par dessus.

θc Jeune thalle moyen coupé horizontalement.

FIG. 37. — Section horizontale d'un jeune thalle de *Reinschia australis*, dans lequel les cellules de la face inférieure ont été coupées transversalement. Gr. 540.

FIG. 38. — Section horizontale médiane de deux très jeunes thalles de *Reinschia australis*. Gr. 540. La cavité du thalle nous montre les cellules de la face inférieure. Leurs masses protoplasmiques sont vues à travers la paroi de fond.

(1) Dans un échantillon provenant du gisement de Blackheat dont la conservation est remarquable, on peut encore discerner très nettement les nombreux éléments cellulaires sur les thalles de cette dimension.

FIG. 39. — Section horizontale médiane de deux autres thalles de *Reinschia australis* encore plus jeunes qu'en 38. Gr. 540.

FIG. 40. —  $\theta_4$ . Thalle vu par le sommet du petit axe. Ce sont les plus petits thalles de l'échantillon du Muséum de Paris dans lesquels il soit possible de reconnaître les masses protoplasmiques cellulaires. Même à cet état le thalle était formé de nombreuses cellules, très petites, toutes de même taille. Gr. 540.

$\theta_5$ . Thalle plus jeune que  $\theta_4$  dans lequel on ne voit plus les éléments cellulaires. Ce sont les plus petits thalles qui aient été observés dans l'échantillon du Muséum.

FIG. 41. — Thalle de la taille du thalle  $\theta_5$  de la figure 40. Ce petit thalle montre encore très nettement sa structure cellulaire. Il provient de l'échantillon de Blackhead. Il nous montre que la structure cellulaire des jeunes thalles cesse d'être visible dans le spécimen du Muséum parce que les cellules y deviennent trop petites et qu'elles ne sont plus colorées par les matières brunes. Gr. 540.

FIG. 42. — Une spore du Kerosene shale vue par son sommet. Gr. 502,5.

FIG. 43 et 44. — Sections verticales de deux spores du Kerosene shale. Gr. 502,5.

### *Fin de l'explication des planches.*



