

MÉMOIRES

DES RAPPORTS

ENTRE

LA COMPOSITION DES CHARBONS

ET

LEURS CONDITIONS DE GISEMENT

PAR

X. STAINIER

Professeur à l'Institut agricole de l'État, à Gembloux,
Docteur en sciences naturelles,
Membre de la Commission de la carte géologique de Belgique.

(Suite et fin.)

[5436 : 55175]

DEUXIÈME PARTIE

Parmi les relations que nous avons énumérées dans la première partie, il en est de si frappantes qu'elles n'ont pu manquer d'attirer très tôt l'attention. Or du moment où un phénomène est reconnu, l'esprit humain a une tendance bien naturelle à en rechercher la cause et à généraliser les

conclusions auxquelles il arrive. C'est ce qui a eu lieu pour le sujet qui nous occupe.

Parmi tous les rapports signalés, ceux qui ont excité le plus d'intérêt, les seuls même, qui aient excité l'intérêt, sont les sixième et septième rapports. Le fait de voir les mêmes couches fournir des charbons absolument différents dans un même bassin est connu depuis très longtemps et a suscité de nombreuses hypothèses. Les autres rapports n'ont été étudiés qu'incidemment. Il faut en excepter cependant le premier pour lequel on s'aperçoit immédiatement que les mêmes hypothèses ont été émises que pour les sixième et septième rapports.

Si l'on passe au crible de l'examen les très nombreuses théories qui ont vu le jour, on voit immédiatement qu'on peut les séparer en deux grandes catégories.

1° Toutes les hypothèses que je range dans la première catégorie, ont ce point de commun qu'elles présupposent que tous les charbons ont été primitivement et originellement des charbons riches en matières volatiles. S'il existe actuellement des charbons pauvres en matières volatiles, c'est qu'ils les ont perdues au cours des temps par suite de phénomènes de métamorphisme postérieurs à leur formation. Les diverses théories ne diffèrent entre elles que sur les causes, ou sur le mécanisme de ce métamorphisme. Ces théories, les plus anciennes, sont de très loin les plus nombreuses.

2° Dans la seconde catégorie, je range les théories qui supposent que les variations que nous constatons aujourd'hui dans les charbons sont originelles et proviennent des conditions différentes sous lesquelles les charbons se sont formés. Ces théories très peu nombreuses sont, pour la plupart, de date récente.

Cela étant posé, voici l'ordre dans lequel nous allons étudier la question. Nous examinerons successivement les

différentes théories de la première catégorie, puis celles de la seconde. Pour chacune nous dirons ce qu'il faut en penser, puis finalement nous verrons si l'état de la question est suffisamment avancé pour permettre de faire un pas nouveau dans la voie de la synthèse et de la généralisation.

§ I. — Examen critique des théories de la première catégorie.

CHAPITRE PREMIER

Première théorie. — La première théorie paraît être celle qui a été émise, dès 1843, par M. H. D. Rogers. A la suite de ses études sur le houiller de la Pensylvanie, il avait reconnu les faits que nous avons rapportés pour le septième rapport (voir p. 452). Il montra que si l'on suit la direction suivant laquelle les couches deviennent de plus en plus grasses, on voit l'allure des couches devenir de moins en moins bouleversée, les plis de moins en moins serrés et inclinés. Vers l'est, dans les chaînons des Appalaches, les roches sont fortement bouleversées et plissées. Plus on s'avance vers l'ouest et plus on s'éloigne du centre des phénomènes de plissement, plus les couches deviennent riches en matières volatiles. De cette relation entre la teneur et l'allure des couches M. H. D. Rogers tira la conclusion suivante :

Pendant les phénomènes de plissement des massifs houillers, de grandes quantités de gaz et de vapeurs surchauffées se sont échappées à travers les crevasses produites par le bouleversement des terrains. Sous l'action de ces vapeurs, les charbons se sont débarrassés de leurs

matières volatiles et cela d'autant plus que l'ébranlement des couches était plus accentué. Plus tard, M. Rogers signala encore les joints et les clivages que présentent les charbons comme ayant facilité l'échappement de leurs matières volatiles. M. J. Stevenson a montré, pour ce qui concerne la Pensylvanie, le peu de fondement de l'hypothèse de Rogers. Il s'est appuyé pour cela sur deux ordres de preuves. D'abord M. Stevenson a établi, comme nous l'avons déjà exposé, que ce n'était pas seulement suivant une direction plus ou moins perpendiculaire au grand axe du bassin, mais aussi suivant une direction parallèle à ce grand axe, que la nature des charbons variait. Or parallèlement au grand axe on est loin de voir les allures plus bouleversées concurremment avec la diminution de matières volatiles. C'est plus souvent le contraire. Ainsi si l'on suit le grand axe du bassin vers le N.-E. à partir de la ligne de coupe C B de la planche III, les plissements deviennent beaucoup moins marqués, les couches sont plus voisines de l'horizontale. C'est au point que la séparation en bassins secondaires, visible le long de cette ligne de coupe, s'est tout à fait effacée pour plusieurs de ces bassins. Cependant en même temps que le bassin devenait ainsi moins plissé, les charbons deviennent beaucoup plus maigres. M. Stevenson a encore fait la remarque suivante. Si les bouleversements des strates houillères étaient la cause de leur appauvrissement en gaz, cet appauvrissement devrait naturellement être proportionnel au bouleversement. Or il n'en est rien. Ainsi le long de la ligne de coupe susdite M. Stevenson signale les variations suivantes. Il y a un appauvrissement en gaz entre Connelsville et Salisbury, deux points situés à 34 milles l'un de l'autre suivant l'inclinaison. Or il n'y a pas de différence entre ces deux points sous le rapport des allures et des bouleversements. Bien plus, cet appauvrissement est beaucoup plus prononcé que celui qui existe entre Pittsburg et

Connelsville entre lesquels il y a aussi 32 milles et de grands changements d'allures et des dérangements. Il est même encore plus prononcé que celui que l'on observe dans le bassin de Cumberland, de Salisbury à Frostburg, sur 15 milles où il y a des différences extrêmes au point de vue des bouleversements.

La théorie de M. Rogers se montre donc impuissante à justifier ce qui se voit, même en Pensylvanie. Il en est absolument de même en Europe.

Ainsi dans le bassin houiller qui s'étend de l'Allemagne jusqu'au Pays de Galles par la Belgique et la France, si l'on fait une coupe perpendiculairement au grand axe du bassin, on voit que sur le bord nord les couches sont faiblement inclinées, peu ou pas plissées ni bouleversées. Au fur et à mesure que l'on s'avance vers le bord sud, les couches se plissent de plus en plus, deviennent de plus en plus inclinées et finissent même par se renverser sur elles-mêmes. En même temps apparaissent des dérangements, des failles de plus en plus complexes auprès desquels les bouleversements des Appalaches ne sont que jeux d'enfants. Or en marchant ainsi vers le sud la richesse en matières volatiles augmente continuellement. C'est donc exactement le contraire de ce que l'on remarque en Pensylvanie. C'est si vrai qu'en Europe, pour expliquer cette augmentation de richesse, on a fait appel aux conséquences des bouleversements comme nous le dirons plus tard. Il est bien évident que deux théories qui prétendent expliquer des phénomènes radicalement opposés par la même cause sont toutes deux également fausses.

CHAPITRE II

Deuxième théorie. — En 1845, MM. Murchison, de Verneuil et de Keyserling, à la suite de leurs études sur le bassin du Donetz, firent remarquer que la direction suivant laquelle les charbons passent à l'anhracite, coïncide avec l'axe granitique des steppes du sud de la Russie. Ils supposèrent que la déperdition des matières volatiles était due au prolongement sous le bassin houiller de cet axe cristallin et à l'action de la chaleur qu'il aurait dégagée sur les charbons. La même idée a été maintes fois reprise depuis. Ainsi en 1858 Owen tenta d'expliquer de la même façon les variations des charbons de l'Arkansas. Comme les roches éruptives n'affleurent qu'à 60 milles du bassin houiller, il admit qu'il existait en profondeur d'autres roches éruptives suffisamment près de la surface pour que leur chaleur ait pu provoquer le départ des matières volatiles. Cette hypothèse lui paraissait seule capable d'expliquer les rapides variations des charbons. La même année Rogers attribua le caractère plus anhraciteux des extrémités orientales des bassins à anhracite, au voisinage des dykes de roches éruptives si abondants dans la vallée de la Delaware.

M. Stevenson, dans le travail auquel nous avons déjà eu tant de fois recours, a victorieusement combattu cette idée de métamorphisme plutonien. Nous renvoyons à son travail pour le détail ; nous nous contenterons de résumer ici son argumentation.

L'influence des roches éruptives sur les couches de charbon ne saurait être niée. On a de nombreux exemples de cette action, au Colorado, au Nouveau-Mexique, à la Nouvelle-Zélande, en Écosse, au Staffordshire. Des charbons ont été, suivant les cas, transformés en anhracite, en coke, même en graphite. Mais ce que l'on sait aussi, c'est

que cette action est essentiellement locale et ne s'exerce que dans d'étroites limites autour des centres éruptifs. Impossible donc d'attribuer à ces roches éruptives un rôle dans les variations que nous avons signalées, puisque des distances considérables séparent ces roches des points où elles auraient fait sentir leur action. Le plus souvent d'ailleurs l'existence même de ces roches au voisinage des bassins houillers est purement conjecturale.

CHAPITRE III

Troisième théorie. — Il est aujourd'hui universellement admis que la chaleur dégagée par les mouvements du sol est capable de métamorphoser profondément les roches. Chaque jour apporte de nouvelles preuves de l'universalité de ce phénomène auquel on a donné le nom de dynamométamorphisme. Comme la plupart des bassins houillers ont été fortement bouleversés, rien d'étonnant qu'on ait songé à expliquer la variation de composition des charbons par l'influence du dynamométamorphisme. On a d'ailleurs montré expérimentalement que sous l'action de la chaleur convenablement réglée, on pouvait transformer des charbons bitumineux en anthracite. Il est fort probable que c'est à cette cause qu'il faut rattacher la présence de certaines variétés de charbons que l'on rencontre au voisinage de dérangements tels que failles, puits naturels, plissements, etc. (Charbons de faille, Störungen Kohle).

Mais ce qui est non moins certain, c'est que la transformation des charbons par le métamorphisme, est le plus souvent très localisée et limitée au voisinage immédiat des dérangements. Souvent même on ne constate aucun changement à côté de bouleversements extrêmement prononcés.

L'étude de quelques bassins houillers montre que ce n'est



pas par le dynamométamorphisme que l'on peut expliquer les variations de teneur des couches de houille.

En Belgique notamment, on constate presque toujours que dans un même bassin une même couche est beaucoup plus riche en matières volatiles sur le bord sud que sur le bord nord du bassin. Et cependant les couches sont incomparablement plus bouleversées au sud qu'au nord. Dans certaines régions, par exemple au Borinage, les couches sont si tourmentées que le charbon broyé par les mouvements du sol est presque entièrement menu. Ces charbons n'en sont pas moins riches en principes volatiles.

Comme nous l'avons déjà dit précédemment, dans les bassins des Appalaches, les choses se passent à l'inverse exactement de ce que l'on voit en Belgique. En général c'est dans les régions les plus bouleversées que se trouvent les variétés de charbon les plus maigres. C'est au point que les géologues américains se sont cru autorisés à regarder les bouleversements comme la cause de la perte des matières volatiles. Il y a cependant aussi en Amérique des faits qui montrent que les mouvements du sol n'ont souvent que peu d'influence sur la composition des charbons.

M. Stevenson signale le bassin de Broad Top comme renfermant des charbons demi-gras bien que les couches soient très dérangées et donnent du charbon poli par les frottements. Dans le S.-O. de la Virginie, les charbons Pocono sont broyés par les plissements, striés et polis, tombant en morceaux dans les doigts et cependant dans quelques endroits sont demi-gras.

Ces exemples suffisent pour montrer qu'à part certains cas spéciaux, le dynamométamorphisme ne saurait être invoqué comme la cause générale qui a, dans certaines portions de bassins, fait disparaître les matières volatiles primitivement contenues dans les couches.

CHAPITRE IV

Quatrième théorie. — On a cherché à invoquer l'influence de roches encaissantes pour expliquer pourquoi certaines portions de bassins auraient mieux conservé que d'autres leurs matières volatiles. M. Lesley a surtout développé cette idée. Il part de ce fait que dans les bassins à anthracite de Pensylvanie, les roches dominantes sont sableuses et arénacées, tandis que dans les bassins bitumineux, ce sont les roches argileuses et schisteuses qui sont les plus abondantes. Dans le premier cas, la présence de roches sableuses aurait été plus favorable à l'oxydation des charbons, qui dans le second cas auraient été mieux préservés par la présence de roches argileuses imperméables.

M. Stevenson s'est attaché à montrer le peu de fondement de cette théorie. Il a démontré que le fait sur lequel s'appuyait M. Lesley était inexact. On ne rencontre pas plus de couches gréseuses dans certains bassins à anthracite que dans d'autres bassins bitumineux. Il suffit pour s'en convaincre d'examiner les coupes stratigraphiques des bassins en question. En Belgique, M. F. Cornet a remarqué que la série de couches exploitées au charbonnage du Levant du Flénu est beaucoup plus riche en bancs de grès que les autres séries voisines. Cependant cette série est plus riche en principes volatils que les autres. Si l'on examine en même temps une même couche, on peut remarquer des faits non moins démonstratifs. La couche Ahurie ou Lambiotte, dans le bassin de Charleroi, est parfois complètement encaissée dans des bancs de grès fissurés et aquifères, tandis que dans des endroits voisins, elle est recouverte de schiste très argileux; on ne constate pas la moindre variation dans la teneur de la couche dans l'un ou l'autre cas.

Mais le fait le plus probant nous est donné par la grande couche de Dombrowa en Pologne. Cette couche, dont la teneur en matières volatiles est de 35 à 40 ‰, est cependant encaissée dans un bassin houiller presque entièrement composé de bancs de grès. Ces exemples, qui pourraient être multipliés, montrent que l'influence des roches encaissantes sur les couches de houille n'a guère de relations avec leur composition.

CHAPITRE V

Cinquième théorie. — On a aussi tenté d'expliquer la variation des couches de charbon en direction, par la présence de roches de recouvrement post-houillères (morts-terrains). Cette idée a surtout été développée par des ingénieurs belges.

L'étude du bassin de Charleroi semblerait de premier abord donner quelque fondement à cette théorie. Dans la partie orientale du bassin, là où le houiller affleure directement, les couches sont pauvres en principes volatils. En s'avancant vers l'ouest, on voit apparaître des terrains de recouvrement tertiaires et crétacés et en même temps les veines deviennent beaucoup plus grasses. La liaison entre les deux faits paraît donc bien évidente. Nous allons voir cependant qu'il n'en est rien. Si l'augmentation des matières volatiles était due à la présence du recouvrement, pourquoi lorsque l'on continue à s'avancer vers l'ouest et que l'on arrive en France dans la région de Condé et de Fresnes, les charbons sont-ils redevenus maigres, alors que les morts-terrains n'ont pas cessé d'exister. La même question peut se poser pour la Westphalie où l'on observe les mêmes faits. Dans le Donetz, une couche perd 15 ‰ de matières volatiles sur 30 kilomètres de distance, sans qu'il

y ait dans aucun cas de morts-terrains. Les couches du bassin de Bristol qui sont recouvertes par le trias et le jurassique ne sont pas plus grasses que lorsqu'elles sont en affleurement direct.

Dans l'esprit de ceux qui ont proposé cette théorie, les terrains de recouvrement auraient exercé un effet protecteur. En cachant sous leur manteau l'affleurement des couches, ils auraient empêché les matières volatiles de se dégager dans l'atmosphère. Si les morts-terrains pouvaient exercer une telle action protectrice et si les matières volatiles pouvaient ainsi se dégager des couches postérieurement à leur dépôt, comment s'expliquer qu'en Belgique les couches ne se soient pas toutes débituminisées pendant la longue période s'étendant à travers le permien, le trias et le jurassique. Pendant tout ce temps, en effet, le houiller de Belgique affleurerait directement, et ce n'est qu'à la période crétacée qu'il a été recouvert par les flots de la mer.

Si la débituminisation des couches se faisait ainsi par le départ des gaz dans l'atmosphère suivant les affleurements, il est évident que les veines devraient être d'autant plus pauvres en matières volatiles qu'on serait plus près de leurs affleurements. Or, nous le savons, c'est absolument le contraire qui est vrai. Ce seul fait suffit à montrer que les morts-terrains n'ont que peu à voir avec la composition des couches. En pratique, on remarque bien que les affleurements des couches sont altérés, mais cette altération est superficielle, probablement moderne et due à des causes diverses, telles que pénétration des eaux, action de l'air et surtout, je pense, influence des variations de température et de la gelée. Ces charbons d'affleurement (crop-coal, terrouilles) ne s'observent en effet que jusqu'à des profondeurs très faibles. On attribue souvent la formation de ce combustible altéré à l'action de l'eau, et l'on croit généralement que le charbon situé au-dessus du niveau des eaux se

présente généralement ainsi altéré. L'exemple suivant, dont je dois les chiffres à l'obligeance de M. l'ingénieur Th. Lambert, montre qu'il n'en est pas ainsi. Au charbonnage du Château à Namur, on a exploité la couche Fort d'Orange simultanément au-dessus et en dessous du niveau des eaux.

Voici les résultats d'analyse du charbon de cette couche pris sur le même pendage de la couche. Le n° 1 a été prélevé à 40 mètres environ sous le niveau des eaux, à une profondeur de 90 mètres suivant l'inclinaison de la couche, dans la troisième plateur, à 900 mètres à l'ouest du bouveau principal, en 1896. Le n° 2 a été prélevé aussi dans la troisième plateur, à 700 mètres à l'ouest du bouveau principal, environ 30 mètres au-dessus du niveau des eaux, en 1897.

N° 1.	{	Matières volatiles.	10,50
		Cendres	5,16
		Soufre	3,03
		Carbone fixe	84,34
N° 2.	{	Matières volatiles.	9,04
		Cendres	6,89
		Soufre	4,66
		Carbone fixe	83,71

La présence au-dessus du niveau des eaux d'un élément aussi oxydable que le soufre, et le peu de différence des analyses, qu'il me serait d'ailleurs possible de multiplier, prouve bien la faible action des eaux dans le cas de ce charbonnage où le niveau des eaux est cependant extrêmement ancien.

Enfin nous ajouterons que ces charbons d'affleurement n'ont rien de commun, ni par l'aspect ni par la composition, avec les véritables anthracites.

CHAPITRE VI

Sixième théorie. — Comme nous l'avons dit dans la première partie, lors de l'examen du septième rapport, dans le bassin houiller franco-belge, les couches du bord sud du bassin sont toujours beaucoup plus grasses que les portions des mêmes couches qui se trouvent sur le bord nord. Comme d'un autre côté le bord sud est fortement bouleversé, alors que le bord nord l'est fort peu, on a voulu voir dans cette observation une relation de cause à effet.

Nombre d'ingénieurs et de géologues belges admettent que vers le bord sud du bassin, les couches ont mieux conservé leurs matières volatiles par suite de l'allure de ces couches. Comme celles-ci sont fortement plissées et ondulées, les matières volatiles n'auraient pu se dégager des veines, les voûtes des plissements agissant en guise de cloches à gaz. Sur le bord nord au contraire, les couches venant affleurer au sol en longues plateurs régulièrement inclinées, les gaz n'auraient éprouvé aucun obstacle pour se dégager dans l'atmosphère, et les couches seraient ainsi devenues maigres.

Comme nous l'avons déjà dit au chapitre précédent, il est bien étonnant, si cette théorie est exacte, que dans les plateurs du nord les couches soient plus grasses près de l'affleurement, alors que évidemment c'est là qu'elles devraient être le mieux saignées de leurs principes volatils. L'observation de ce qui se passe à l'étranger nous convaincra aisément que cette théorie n'a rien de fondé et qu'il faut chercher ailleurs la cause de la coïncidence que nous avons rapportée en tête du chapitre.

Nous avons déjà vu qu'en Pensylvanie les choses se passent de façon absolument différente d'avec la Belgique. Là ce sont les régions plissées qui sont les plus pauvres en

matières volatiles. C'est au point, comme nous l'avons vu, que les Américains y ont aussi voulu voir une relation de cause à effet et ont naturellement expliqué les faits juste à l'opposé des Belges. C'est dire que là, non plus, il n'y a qu'une coïncidence fortuite.

Mais il y a mieux. Le bord sud du bassin des Galles du Sud se trouve dans des conditions de gisement fort semblables à celles du bord sud du bassin houiller franco-belge dont il n'est d'ailleurs qu'un prolongement. Or, sur ce bord sud les mêmes couches deviennent de plus en plus grasses au fur et à mesure qu'on s'avance vers l'ouest. Très grasses dans le Monmouthshire, les mêmes veines donnent de l'antracite dans le Pembrokeshire. Cependant l'allure est plutôt plus bouleversée dans la dernière région que dans la première. On peut donc conclure que les allures des veines n'ont qu'une influence limitée et secondaire sur la composition de ces veines. Nous montrerons plus loin pourquoi les couches sont plus grasses sur le bord sud du bassin franco-belge et l'on verra alors qu'il n'y a, comme nous le disions plus haut, aucune relation directe entre les bouleversements et la nature plus ou moins bitumineuse des veines.

CHAPITRE VII

Septième théorie. — Le fait le plus frappant et le plus général parmi ceux que nous avons signalés dans la première partie, à notre avis est celui de la relation entre la composition et l'âge géologique des couches (voir 1^{er} rapport). Il a cependant assez peu attiré l'attention et ce n'est que fort indirectement qu'on a cherché à l'expliquer. De l'examen critique des textes fort obscurs qui se rapportent à la question, je crois pouvoir déduire que l'on a surtout attribué une grande influence à l'action de la chaleur

interne du globe. Cette idée a été fort clairement mise en avant par M. J. P. Lesley. Partant de ce fait que la température s'élève d'un degré par chaque trentaine de mètres que l'on s'enfonce dans l'écorce du globe, il admet que sous l'influence de cet accroissement de température, les couches les plus profondes, donc les plus anciennes, doivent avoir perdu de plus en plus leurs matières volatiles. En Pensylvanie les bassins houillers sont peu profonds ; par conséquent même en admettant que cet accroissement de température puisse avoir une action, l'accroissement serait si faible qu'on ne peut sérieusement admettre qu'il ait pu produire des effets appréciables. Pour échapper à cette objection, M. Lesley expose que nous n'avons que des idées fort rudimentaires sur l'extension ancienne du houiller supérieur et du permien, dont les couches auraient pu jadis recouvrir les bassins houillers et fournir des épaisseurs de roches capables de donner une élévation de température très notable. Partant de l'observation du permien, il croit que celui-ci devait aller en s'épaississant vers l'est de façon à être très épais dans la région des anthracites et peu épais dans la région bitumineuse. Il se base surtout, pour admettre cet épaississement, sur le fait que le devonien et le silurien vont en s'épaississant dans cette direction et qu'il en est de même pour les couches houillères.

M. Stevenson a étudié la question de très près et par une discussion très serrée il a montré qu'aucune des suppositions de M. Lesley n'est conforme aux faits réellement observés. Il montre :

1° Que le fait de voir les terrains antérieurs au houiller devenir plus puissants vers l'est n'est nullement une preuve qu'il doive en être de même pour le houiller et le permien ;

2° Les travaux du service géologique de Pensylvanie montrent que le houiller ne devient pas du tout plus puissant vers l'est. On y constate au contraire des variations de

puissance énormes sur des distances très faibles et certains étages houillers y deviennent parfois très minces. En général même on peut dire que le houiller est moins puissant vers l'est que vers l'ouest;

3° Dans les endroits où le houiller s'épaissit réellement on ne constate pas du tout la formation d'antracite, preuve évidente que même dans le cas où les faits signalés comme base de la théorie de M. Lesley auraient été vrais, ils n'auraient pas eu la signification qu'il leur attribuait.

Il est encore d'autres remarques que l'on peut faire et qui montrent le peu de fondement de la théorie du métamorphisme géothermique. L'accroissement de température en profondeur est fort régulier généralement. Il en résulte donc que si cet accroissement était la cause de la diminution de matières volatiles, cette diminution devrait être aussi très régulière. Or nous avons vu lors de l'examen du premier rapport qu'il est loin d'en être ainsi. Il y a bien dans l'ensemble une diminution, mais il y a aussi des récurrences très accentuées, des anomalies marquantes. De plus il y a dans des couches très voisines des écarts de teneur parfois considérables alors qu'elles ne sont séparées que par quelques mètres de roches stériles. Cependant il faut une trentaine de mètres de roches pour produire une élévation d'un seul degré centigrade.

Le fait suivant emprunté à Ashburner montre assez que la profondeur absolue est sans influence directe sur la composition des couches. Dans le bassin houiller de Loyalsock en Pensylvanie il y a deux couches horizontales séparées seulement par 20 mètres de stampe et qui présentent la composition suivante :

	Matières volatiles.	Carbone fixe.	Cendres.
Veine supérieure	9,96	81,23	6,54
Veine inférieure	15,42	71,34	8,97

Enfin il y a encore quelque chose de plus décisif à notre avis, c'est le fait de voir les différents sillons d'une même veine présenter parfois des différences de teneur énormes. (voir 5^{me} rapport). Or s'il y a dans les terrains des choses qui au point de vue géothermique sont bien égales, ce sont les sillons d'une même veine dans le même chantier.

M. Grand'Eury a également développé quelques idées concernant l'influence de l'augmentation de température sur la composition des charbons. Nous allons les passer en revue.

M. Grand'Eury part d'abord de ce fait que la température terrestre a constamment diminué et que c'est pour cela que les roches sont d'autant moins métamorphiques qu'elles sont plus récentes. Or il en est de même pour les combustibles. C'est pour cela que l'on ne trouve que rarement des lignites à la période houillère.

M. Grand'Eury attribue ensuite la diminution de teneur d'une même couche avec la profondeur, à l'augmentation de température de cette profondeur.

Enfin en dernier lieu, il constate que là, où les houilles sont riches en produits gazeux, les roches sont tendres et argileuses, donc peu métamorphiques, tandis que là où les houilles sont anthraciteuses, les roches prennent un aspect très métamorphique qui les rapproche de certaines roches alpines qui ont évidemment subi l'action d'une certaine température. Il croit cependant que cette température a dû être peu élevée.

Voici les réflexions que nous suggère l'examen des différentes théories soulevées par M. Grand'Eury.

1° Certes l'observation générale sur laquelle il s'appuie tout d'abord est fondée, mais nous ne voyons pas très bien l'usage qu'on peut en faire dans une étude de détail. Comment dans son hypothèse expliquer pourquoi, il se fait qu'une même couche, déposée à la même profon-

deur et qui est restée à la même profondeur, malgré les bouleversements, présente des variations de teneur énormes. On ne peut cependant faire intervenir ici ni les différences d'âge, ni de profondeur ni de température.

2° Comme M. Grand'Eury, nous inclinons à croire que la diminution de teneur en profondeur de couches en plateur régulières pourrait bien être due à l'augmentation de température. Nous examinerons la chose plus loin.

3° Le fait de voir dans certains bassins à couches riches en matières volatiles les roches tendres et argileuses ne peut nullement être invoqué pour expliquer le métamorphisme de la houille. D'ailleurs, s'il est vrai qu'à Blanzky, en Haute-Silésie, dans l'Oural, les veines de charbon à longue flamme soient intercalées dans des roches argileuses et tendres, le contraire est vrai en Belgique, en Angleterre, dans le Donetz, aux États-Unis et il n'y a donc rien de général à conclure de ce fait.

De plus il nous semble qu'il y a là une confusion entre les propriétés physiques de la houille et sa composition chimique. Que la pression et la chaleur soient capables de modifier l'aspect extérieur et les caractères physiques des charbons, c'est ce que personne ne pourrait contester. Mais que cette modification physique soit accompagné d'une transformation chimique, c'est ce qu'il reste à démontrer. Bien loin de là, nous avons vu qu'en Belgique notamment ce sont les couches qui ont été le plus à même d'être métamorphosées qui sont le plus riches en matières volatiles.

CHAPITRE VIII

Huitième théorie. — A la suite d'expériences qu'il avait entreprises sur la compression de la tourbe, M. W. Spring avait constaté que la tourbe comprimée à 6000 atmosphères

se transforme en un bloc ayant tout l'aspect physique de la houille, au point que des observateurs non prévenus pourraient s'y tromper. Ce bloc calciné en vase clos donna du coke ne différant en rien de celui provenant de la houille. Il en conclut qu'une élévation de température est inutile pour changer la tourbe en houille, et que la pression seule suffit.

Mais M. Zeiller ayant voulu refaire les expériences de M. Spring est arrivé à des résultats absolument différents. Il a cependant opéré sur les matières les plus diverses, papierkohle, houille ligniteuse, tourbe. Même avec une pression de 10 000 atmosphères il n'a rien obtenu de semblable à la houille. Aucun des cylindres comprimés n'a donné quoi que ce soit de comparable à du coke. De plus à l'analyse, les cylindres comprimés avaient conservé la même composition que la matière première.

M. Gümbel ayant aussi soumis des tourbes à des pressions atteignant jusque 20 000 atmosphères, a reconnu que ces tourbes subissaient une réduction énorme de volume, mais reprenaient ensuite dans l'eau leur volume primitif et n'avaient pas été modifiées.

Nous sommes donc bien réduits à conclure que dans l'état de nos connaissances et avec les moyens dont nous disposons dans nos laboratoires, nous ne pouvons attribuer un rôle important dans la transformation des combustibles, à la pression seule.

Il y a d'ailleurs une observation préalable à faire avant d'aborder l'étude du rôle de la pression, c'est la question de l'existence même de la pression. Or les faits connus ne sont guères favorables à l'adoption de pressions formidables. De ses belles études sur la comparaison des végétaux non comprimés, mais silicifiés que l'on trouve dans certains gisements avec les mêmes végétaux houillifiés plongés dans les couches de charbon, M. Renault a pu tirer des conclu-

sions importantes pour le point qui nous occupe. Par l'examen des dimensions différentes de tracheïdes de quelques espèces d'Arthropitus, il a reconnu que les végétaux houillifiés n'avaient subi par rapport aux végétaux silicifiés que des contractions de $\frac{1}{12}$ et de $\frac{1}{17}$. Comme terme de comparaison, notons que dans les expériences de M. Gumbel, des tourbes soumises à des pressions de 6000 atmosphères avaient diminué dans les rapports de 100 à 18 et de 100 à 14.

Conclusion.

La conclusion qui se dégage nettement de l'examen critique que nous venons de faire des théories de la première catégorie, c'est qu'aucune n'est capable d'expliquer les rapports signalés dans la première partie de notre travail. Si l'une ou l'autre rend bien compte de quelques points de détail ou de quelques faits locaux, aucune ne présente le caractère de généralité qui l'impose à l'esprit. L'incohérence est même parfois telle, comme nous l'avons vu, que la même hypothèse a parfois été proposée pour expliquer des faits diamétralement opposés. Il est aisé de voir que bon nombre de ces théories sont nées d'une généralisation trop hâtive et du manque d'études générales.

De l'impuissance de ces théories à expliquer les faits observés, on peut encore tirer une conclusion plus importante, c'est que le principe sur lequel s'appuyaient toutes ces théories est inexact. Toutes s'inspiraient de cette idée mère que les couches de charbons avaient primitivement la même composition sensiblement. Celles qui aujourd'hui sont moins riches ont perdu leurs matières volatiles par un métamorphisme quelconque. Voilà, à notre avis, ce qui est complètement inexact.

Nous allons exposer notre manière de voir à ce sujet et nous nous attacherons à la défendre. Voici quelle est la proposition fondamentale que nous croyons être la vraie :

Dans ses grandes lignes, les différences actuelles de composition des couches de houille sont originelles. Elles sont dues aux conditions différentes dans lesquelles elles se sont formées. Les phénomènes postérieurs de métamorphisme n'ont altéré ces différences que sur des points de détail à préciser.

A l'appui de cette proposition nous allons exposer successivement les observations tirées de l'étude des terrains houillers, que nous croyons de nature à la faire admettre.

1° On se fait généralement une idée très inexacte du temps qu'il a fallu pour transformer les matières végétales en houille. Comme pour les autres matières sédimentaires, on a cru longtemps qu'il fallait nombre de périodes géologiques, quantité de chaleur et de pression pour produire cette transformation. On est déjà bien revenu de cette idée et nous allons citer quelques faits qui montrent, pour la houille seulement, que le phénomène a été incomparablement plus rapide que d'aucuns le pensent. Il n'est pas rare de rencontrer dans le houiller des galets roulés de charbon. Ces galets se trouvent tantôt dans les veines elles-mêmes, tantôt dans les roches stériles encaissantes. Dans les Asturies, à Turon, il y a une couche qui est entièrement formée de cailloux roulés de charbon.

En Australie, dans deux endroits différents, on a rencontré des galets dans des couches de charbon. Dans un cas un galet analysé avait une composition notablement différente de celui dans lequel il était enclavé. En Belgique également dans le bassin de Mons et dans celui de Charleroi, dans trois couches de houille, on a rencontré des galets parfaitement roulés. Mais c'est en Angleterre et en France que les faits les plus intéressants ont été observés. En

Angleterre, dans le bassin des Galles du sud dès 1840 M. Logan découvrit de nombreux galets dans le Pennant grit et même un caillou de cannel-coal dans une couche schisteuse au toit d'une veine à Penclawdd. Ce caillou fut attribué à l'érosion d'une veine située à 2000 pieds sous la veine en question et qui fournit le même cannel-coal. M. Jordan a signalé des faits encore plus instructifs. La veine Rock Fawr présente au toit une mince couche de schiste surmontée de grès. Dans certains endroits le grès repose directement sur la veine qui est alors plus mince. Dans ces endroits là, et là seulement, le grès renferme en quantité des cailloux subarrondis de charbon identique à celui de la veine. Aussi il ne peut guère y avoir de doute que ces cailloux ne proviennent de l'érosion de la veine sous-jacente.

Dans le bassin houiller de Forest of Dean, la veine Coleford-Hill-Delf dont la puissance est de 3 à 5 pieds d'habitude, en un endroit donné atteignait 8 à 12 pieds de puissance, mais à côté le charbon de la veine avait été complètement enlevé et le grès du toit de la veine reposait directement sur le mur. Aussi M. Jordan pense que de violents courants avaient entraîné le charbon déjà formé pour l'accumuler à côté. Ce charbon accumulé était seulement un peu plus friable que l'autre. Ces exemples appelés en Angleterre wash-out sont très fréquents.

En France, MM. Fayol et Grand'Eury ont signalé des faits semblables. A Bezenet un banc de grès renferme des galets de houille. A Commentry le toit de grès de la grande couche renferme des galets roulés de charbon et les ouvriers prétendent même qu'ils peuvent reconnaître les sillons de la couche dont proviennent les galets.

Tous ces faits ne laissent guère de doute que la houille a pu prendre dans bien des cas, sinon sa composition et ses caractères actuels, du moins une dureté suffisante pour

pouvoir résister à l'érosion. Ils prouvent également que pendant la période houillère, des variétés de charbon telles que le cannel-coal existaient déjà avec leurs caractères particuliers. La conséquence de cette constatation au point de vue qui nous occupe est très importante. Toutes les théories métamorphiques sont, comme nous l'avons vu, obligées, pour expliquer le métamorphisme, de faire appel à de longues périodes géologiques, à de fortes épaisseurs de terrains de recouvrement, à de grandes profondeurs d'enfouissement pour rendre compte de la transformation de la houille. Ici au contraire nous voyons la houille, sans pression, sans chaleur interne, prendre très rapidement des caractères différentiels tels que les multiples sillons d'une veine avaient déjà leurs caractéristiques propres. Il est donc bien logique de dire, comme nous le faisons plus haut, que les différences entre les charbons sont dues non à des phénomènes postérieurs, mais bien aux circonstances et aux conditions particulières existant lors de la formation.

2° Un argument décisif pour la thèse que nous soutenons peut aussi être tiré du fait de rencontrer dans une même couche des sillons composés de charbon extrêmement différents, tant au point de vue de la composition chimique que des caractères physiques.

C'est là un fait qu'aucun métamorphisme postérieur ne saurait expliquer. S'il y a des choses qui, au point de vue du métamorphisme, sont bien égales et ont partagé les mêmes destinées, ce sont les différents sillons d'une même veine. Au point de vue de l'âge, de la profondeur, de la chaleur interne, de la pression, des bouleversements, enfin de tous les facteurs de métamorphisme que l'on a invoqués, les sillons sont absolument égaux. Seules les conditions de formation nous semblent susceptibles de fournir, de la différence de ces sillons, une explication plausible.

3° Le fait suivant montre aussi que, déjà, avant la fin de

la période houillère, il existait dans un faisceau de veines, sinon les différences actuelles, du moins le même rapport entre les différences existant entre les veines. Par conséquent donc, si ces différences sont le fait du métamorphisme, celui-ci a dû agir très rapidement.

Au charbonnage de Mariemont on exploite trois faisceaux de couches qui ont été reconnus comme étant synchroniques mais qui ont été séparés par deux failles importantes, la faille du Centre et celle du Placard qui ont refoulé les lambeaux de faisceaux les uns sur les autres comme le montre la coupe schématique de la planche V. Nous donnons ci-dessous un tableau synoptique indiquant la synonymie adoptée pour ces couches et la composition chimique de quelques-unes.

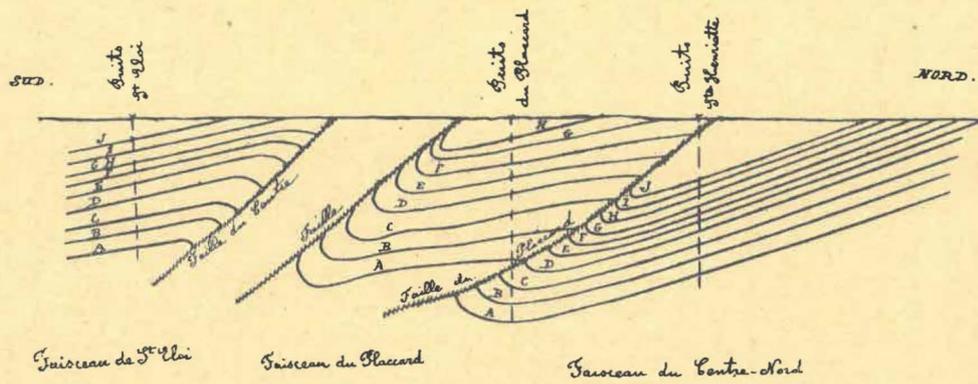
Faisceau de Saint-Éloi.		Faisceau du Placard.		Faisceau du Centre-Nord.	
Veines.	Mat. volat.	Veines.	Mat. volat.	Veines.	Mat. volat.
A. N° 32.	13,32	A. au gros.		A. au gros.	11,45
B. N° 31.	13,12	B. Espérance.	14,17	B. Gigotte.	13,15
C. N° 30.		C. Réussite.	14,04	C. de Lahestre.	12,50
D. N° 28.	13,94	D. J. Wart.	14,28	D. Ficelle.	15,50
E. N° 26.		E. Placard.	14,88	E. Olive.	12,90
F. trouvée.	14,24	F. 9 Paumes.	13,41	F. du parc.	15,25
G.		G. G. Castelay.	13,63	G. du kiosque.	15,10
H. à l'eau.	14,50	H. P. Castelay.	14,88	H. à laies.	14,45
I. Antoinette.	15,50			I. de vermeil.	16,35
J. Fulvie.	16,00			J. argent.	17,20

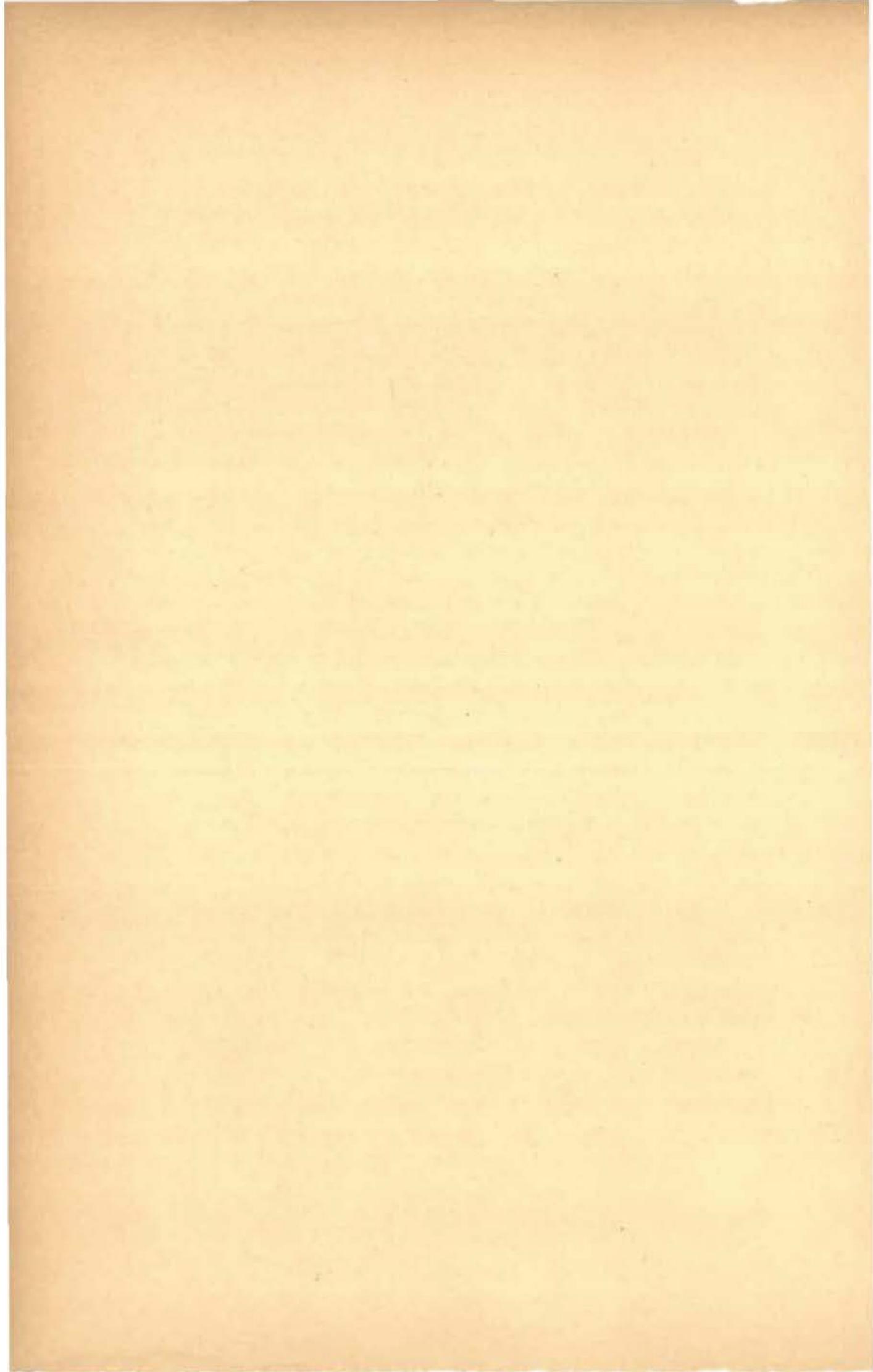
Toutes ces veines ont été examinées dans le grand bouveau sud partant du puits Sainte-Henriette au niveau de 225 mètres.

Dans ces conditions on voit que l'on ne saurait invoquer ici ni l'influence de la profondeur ni celle de l'âge, ni de la pression ni du bouleversement pour expliquer le fait que l'on voit superposés trois massifs présentant la même composition chimique et répétant trois fois la même gradation dans la variation de composition. En effet, à ne consulter que les

PLANCHE V

Coupe schématique de l'allure des couches dans le bassin du Centre belge.





apparences et si l'on ne connaissait pas l'existence des failles, on pourrait considérer ces trois faisceaux comme régulièrement superposés et le fait est que ce n'est que tout récemment que l'on a reconnu qu'en réalité, ils n'étaient que des portions rejetées par des failles d'un même faisceau. Il est donc certain que depuis le moment où les failles se sont produites, ces massifs se sont comportés comme s'ils avaient été superposés. On devrait donc y voir, comme dans les couches en superposition régulière, une gradation assez régulière dans la teneur en matières volatiles. Au lieu de cela on y voit trois séries bien nettes, avec chute brusque en montant dans la série chaque fois que l'on a passé une faille. On peut donc conclure que lorsque les failles se sont produites, la différence de teneur entre chaque veine et la gradation de teneur était déjà produite. Les phénomènes de bouleversement, tout en compliquant les allures, n'ont pas modifié notablement la composition des couches et ont en tous cas conservé le rapport entre les différences préexistantes.

Par extension nous pouvons conclure aussi que dans les autres gisements régulièrement superposés, la diminution de teneur en matières volatiles que nous avons signalée dans le premier rapport, était déjà produite à la fin de la période houillère. Les géologues belges sont en effet d'accord pour considérer les failles en question comme les plus anciennes de celles qui ont bouleversé les bassins houillers belges pendant la période du houiller supérieur (Stéphanien).

4° Nous connaissons encore un fait qui prouve à l'évidence que ce n'est pas à un métamorphisme produit au cours des temps géologiques qu'il faut attribuer les différences que l'on constate entre des veines régulièrement superposées.

Au charbonnage d'Anderlues on exploite un beau faisceau de couches qui, par suite de la poussée venant du midi qui a si fortement bouleversé les bassins belges, est complètement

renversé sur lui-même. Il en résulte que les couches les plus élevées sont en réalité les plus anciennes au point de vue géologique. Ce renversement qui ne fait de doute pour personne est aussi très bien accusé par l'augmentation de teneur en matières volatiles que présente chaque couche en descendant. Cette progression très bien marquée malgré quelques récurrences, serait évidemment contraire à la loi de Hilt, si le faisceau n'était pas renversé.

Voici d'après M. Dubar quelle est la composition de chaque veine de ce faisceau, en commençant par les plus récentes chronologiquement, mais en fait les plus inférieures dans le gisement :

Veine.	Matières volatiles.	Carbone fixe.	Cendres.
Saint-Louis.	29,00	68,40	2,60
Saint-Honoré.	27,82	70,18	2,00
Sainte-Marie.	31,40	67,50	1,20
Sainte-Anne.	26,54	71,46	2,00
Saint-Martin.	28,10	70,20	1,70
Saint-Léonard.	25,10	73,15	1,75
Saint-Marc.	24,51	71,26	4,23
Saint-Thomas.	24,40	73,50	2,10
Saint-Luc.	24,44	72,06	3,50
Saint-Auguste.	25,50	72,90	1,60
Saint-Lambert.	24,03	74,12	1,85
Saint-Omer.	22,25	75,75	2,00
Saint-Médard.	23,50	75,50	1,00
Saint-Crespin.	23,00	76,00	1,00
Saint-Antoine.	17,00	81,50	1,50

Comme on le voit d'après ce tableau, la diminution de matières volatiles au fur et à mesure que les couches deviennent plus anciennes, est très bien accusée dans ce faisceau renversé et incliné au sud d'environ 40°. Le renversement du faisceau s'est produit immédiatement après le houiller moyen. Donc depuis lors jusque maintenant, le gisement s'est comporté comme un gisement régulièrement superposé et incliné de 40°. Si donc la différence entre les veines était due au métamorphisme causé par la pression, par l'augmentation de température, par la facilité de dégagement des

matières volatiles etc., ce seraient les couches inférieures qui devraient être les plus maigres. Or il n'en est rien et nous voyons là une preuve évidente que déjà à la fin de la période du houiller moyen, il existait déjà sensiblement le même rapport de différences que maintenant.

Comme résumé de tous ces faits, nous croyons donc avoir démontré le bien fondé de la proposition fondamentale que nous avons émise plus haut. Il importe seulement de noter qu'il serait téméraire d'être trop exclusif. Il est loin de notre pensée de vouloir dire que pendant la longue période qui a succédé à la période houillère aucun des phénomènes qui ont été la cause de tant de métamorphismes n'aurait eu la moindre action sur les couches de houille. Nous avons seulement voulu prouver que la cause principale des *différences de composition* était surtout due aux circonstances qui ont accompagné la formation des couches de houille.

Maintenant que nous avons vu que ce n'est pas aux théories métamorphiques qu'il faut faire appel nous allons examiner successivement les théories de la seconde catégorie, celles qui font appel aux conditions dans lesquelles sont formés les charbons, pour expliquer tout ou partie des faits signalés dans la première partie.

§ II. — Examen critique des théories de la seconde catégorie.

CHAPITRE PREMIER

Première théorie. — Un des premiers qui ait songé à attribuer l'existence de variétés de houille aux conditions sous lesquelles elles se sont formées, paraît être Bischof. Lorsque des matières végétales se décomposent à l'air libre,

elles finissent par disparaître par oxydation. Mais si la décomposition se fait sous l'eau, les phénomènes se passent différemment. Bischof attribue la formation de variétés de houille à la quantité plus ou moins grande d'eau recouvrant les matières végétales en décomposition, quantité qui aurait joué un rôle important par l'obstacle plus ou moins grand qu'elle aurait apporté au dégagement des produits volatils de la décomposition. M. Goeppert a constaté de même que la formation de la tourbe marche d'autant plus rapidement qu'elle est recouverte d'une couche d'eau moindre et MM. Stern-Hunt et Green ont montré par une série de formules empiriques toutes les transformations que doivent subir les matières végétales pour devenir de l'antracite.

Nous dirons plus loin la part de vérité que renferment ces théories quand nous chercherons à expliquer tous les rapports signalés dans la première partie.

CHAPITRE II

Deuxième théorie. — Il est un moyen bien simple, semble-t-il, d'expliquer l'existence de variétés de houille différentes. C'est de les attribuer à la nature différente des végétaux qui ont contribué à la formation de la houille. On peut même avoir recours aux divergences de composition qu'offrent les différentes parties d'un même végétal. C'est ce que l'on a fait depuis longtemps.

La prédominance dans la houille brillante des écorces et des tissus ligneux, la fréquence dans la houille mate d'organes foliacés, principalement de membranes épidermiques, avec les parties moins solides des plantes, enfin la présence constante, dans le cannel-coal, d'une quantité considérable de spores et de houppes d'algues, tout cela paraît à M. Gümbel établir positivement la corrélation

directe entre les variétés de houille et la nature des végétaux dont elles proviennent.

Pour élucider la question, M. Carnot a entrepris des recherches d'une importance capitale. Grâce à MM. Fayol et Renault il s'est trouvé en possession de 18 échantillons bien déterminés appartenant à six genres de végétaux. Ces échantillons plongés tous dans le charbon de la grande couche de Commentry se sont donc trouvés depuis leur dépôt dans les mêmes conditions. Par conséquent si l'analyse y décelait des différences, elles devaient uniquement provenir de la nature même des végétaux. Or, à l'analyse élémentaire on n'a constaté entre les différents échantillons que des différences très minimes. D'ailleurs, la composition moyenne de tous les échantillons était presque identique à celle de la grande couche elle-même. Mais il n'en est pas tout à fait de même des résultats de l'analyse immédiate qui a donné les résultats suivants :

Calamodendron	Matières volatiles	35,3	Résidu fixe	64,7
Cordaites	"	42,2	"	57,8
Lepidodendron	"	34,7	"	65,3
Psaronius	"	39,5	"	60,5
Ptychoptéris	"	39,4	"	60,6
Megaphyton	"	35,5	"	64,5

Il y a, comme on voit, de très notables différences dans la composition immédiate. Il est, de plus, fort probable que des recherches plus étendues donneraient encore des divergences plus accentuées. En effet, les travaux de M. Carnot ont surtout porté sur des troncs et des écorces d'arbres ; s'il avait pu analyser d'autres portions de végétaux telles que feuilles, strobiles, racines, spores, il aurait probablement trouvé des chiffres plus différents encore.

Ces chiffres sont très importants car ils peuvent, d'après moi, servir à expliquer de la façon la plus naturelle des faits signalés dans la première partie, comme nous le dirons plus loin.

CHAPITRE III

Troisième théorie. — Pour expliquer la présence de certaines variétés très particulières de charbon telles que le cannel-coal, on a eu recours à des hypothèses assez bizarres. Ainsi M. Rofe croit que le cannel-coal doit sa formation à l'invasion des marais d'eau douce où se formait la houille par des eaux marines salées, invasion qui aurait été provoquée par des mouvements du sol. Il se base, pour étayer son hypothèse, sur la rencontre de débris de poissons très fréquents dans le cannel-coal et sur l'existence de certains sels dans les produits de sa distillation, sels qui n'existent pas dans les produits de distillation des houilles ordinaires. L'hypothèse de M. Rofe est bien difficile à soutenir en présence des faits. Mais elle renferme cependant un fond de vérité. C'est chose bien connue que l'abondance des débris de poissons dans le cannel-coal. Le fait est bien connu aussi tant aux États-Unis qu'en Angleterre. A Linton dans l'Ohio, dans le permien de la Bohême, à Tingley dans le Yorksire il y a des couches de cannel littéralement pétries de restes de poissons et de reptiles.

Or, on sait fort bien que dans certaines conditions, et en vase clos, la décomposition des poissons donne naissance à du bitume. Il est éminemment probable que ces conditions ont dû être fréquemment réalisées pendant la période houillère. Rien d'étonnant donc que, en partie du moins, le cannel-coal ne doive sa nature spéciale aux restes animaux qu'on y trouve.

CHAPITRE IV

Quatrième théorie. — M. Gümbel a fait appel pour expliquer la production de variétés de charbon à la diversité des circonstances et des phénomènes qui ont présidé au

dépôt et à la houillification des matières végétales. Il a fait appel :

1° A l'état tant physique que chimique sous lequel se trouvaient les débris végétaux lors de leur enfouissement.

2° A la différence des conditions extérieures lors de la transformation de ces restes en charbon.

En ce qui concerne le premier point il est aisé de comprendre que la désagrégation, la dessiccation, la putréfaction ou la macération préalable des végétaux avant leur enfouissement ont dû jouer un rôle capital sur le produit de houillification. Suivant le plus ou moins d'intensité de ces phénomènes préalables, la transformation a dû nécessairement porter sur des substances de composition chimique ou physique bien diverses. Rien d'étonnant donc que le produit final ne soit souvent bien différent. M. Gumbel et M. Grand'Eury ont très longuement insisté sur l'influence qu'ont pu exercer ces phénomènes préalables. Par l'étude de la structure de variétés très diverses de charbons, ils ont montré comment on pouvait fort naturellement expliquer la production de ces variétés. Nous ne saurions nous étendre ici sur le résultat de leurs recherches et nous renvoyons pour plus de détail aux travaux magistraux où ils ont consigné le résultat de leurs études.

Quant au second point, il est à peine nécessaire d'insister sur le rôle important qu'ont dû jouer les conditions extérieures sous lesquelles se formaient les charbons. Ainsi, on peut noter parmi ces conditions, la dessiccation plus ou moins rapide, l'épaisseur plus ou moins forte des amas végétaux, l'accès plus ou moins aisé de l'air, la durée plus ou moins favorable aux transformations, etc.

CHAPITRE V

Cinquième théorie. — Tel était l'état de nos connaissances quand M. J. Stevenson a publié une théorie extrêmement séduisante et que je crois de nature à être très féconde. Cette théorie qui était déjà en germe dans les idées émises par M. Gümbel avait déjà été exposée par M. Stevenson dès 1877, mais elle a été complètement développée par lui récemment dans un travail qui constitue la plus précieuse contribution à nos connaissances sur la matière. Ce travail destiné à élucider la question de l'origine des anthracites de Pensylvanie a pris, par suite des développements que son auteur lui a donnés, un caractère très général. Nous allons essayer de donner une idée de la théorie de M. Stevenson.

Par une étude détaillée des couches du grand bassin houiller de Pensylvanie, M. Stevenson montre d'abord que les veines de houille et les faisceaux de veines présentent des épaisseurs d'autant plus fortes qu'on s'avance davantage vers le nord-est et le nord du bassin. Il en conclut donc que le grand marais houiller où se formaient les couches de charbon avait son origine dans ces directions. C'est donc vers ces directions que les couches houillères sont restées le plus longtemps exposées aux conditions sous lesquelles les charbons se forment de moins en moins riches en matières volatiles. Plus on s'écarte du point d'origine moins ces conditions ont été réalisées et plus les charbons se sont formés riches en matières volatiles. Or, comme M. Stevenson l'a montré (voir première partie), c'est vers le nord-est et le nord du bassin que les couches sont les plus pauvres en matières volatiles, c'est au contraire vers le sud-ouest qu'elles sont le plus riches. Il y a donc une liaison étroite entre la composition des charbons et les conditions sous lesquelles ils se sont formés.

Comme nous le dirons plus loin, c'est dans le développement de l'idée mère de M. Stevenson qu'il faut chercher l'explication la plus générale des faits principaux signalés dans la première partie.

§ III. — Essai d'explication des rapports signalés dans la première partie.

Après avoir terminé l'examen critique des nombreuses théories qu'a suscitées la connaissance des variations de composition des charbons, il nous reste à voir s'il n'est pas possible de donner de ces variations des explications conformes à l'état actuel de la science. C'est ce que nous allons essayer de faire en profitant des travaux de nos devanciers.

Pour cela nous examinerons successivement les différents rapports énumérés dans la première partie et nous tenterons de les expliquer. Nous ne suivrons pas dans notre exposé l'ordre adopté dans cette première partie.

Nous commencerons par les rapports qui présentent le caractère de plus grande généralité et de plus grande importance.

CHAPITRE PREMIER

Sixième rapport. — La variation des couches de houille en direction constitue, comme nous l'avons déjà dit, un des plus intéressants faits que l'on ait constatés et celui qui a donné lieu aux recherches les plus étendues.

Dans toutes les hypothèses qui ont été émises, une chose importante semble avoir été perdue de vue par presque tous ceux qui ont traité le sujet. Quelles que soient les idées théo-

riques que chacun ait eues sur le mode de formation des couches de houille, tous ont implicitement admis que les matières végétales se transformaient directement en charbon en un seul stade de transformation. Il est bien facile de comprendre pourquoi il en a été ainsi. Il n'est pas de coin dans la chimie géologique qui soit plus obscur que celui du mode de transformation des matières végétales en combustibles minéraux.

Cependant des travaux importants ont déjà été faits dans ce domaine et s'il reste encore énormément de points à élucider, quelques faits importants sont déjà acquis. On peut d'ores et déjà en tirer quelques conclusions pour le sujet qui nous occupe et en tous cas préciser le sens des recherches qu'il y aurait lieu de faire pour élucider définitivement la question si controversée.

Les admirables travaux de M. Frémy auxquels je renvoie pour plus de détail ont montré que l'on pouvait admettre les conclusions suivantes :

1° Lorsque l'on essaye de transformer directement des tissus végétaux formés de cellulose et de vasculose, on n'obtient, quels que soient les moyens employés, rien qui ressemble à de la houille.

2° Au contraire, si l'on opère sur des produits de l'activité végétale tels que gommés, amidon, sucre, acide ulmique, on obtient des substances qui, comme aspect et comme composition chimique, se rapprochent énormément de la houille. Ainsi en traitant par la chaleur et la pression de la gomme arabique et de l'acide ulmique extrait de la vasculose, on a obtenu une substance qui présentait presque exactement la composition centésimale de la houille à longue flamme de Blanzky.

3° En prolongeant l'action de la chaleur et de la pression on a déterminé dans le produit une augmentation de carbone.

4° Les matières colorantes, grasses et résineuses retirées des feuilles se changent par l'action de la chaleur et de la pression en corps qui se rapprochent des bitumes.

Les recherches que M. Frémy avait faites précédemment sur la tourbe et les lignites lui avaient montré que les tissus végétaux se transforment en acide ulmique en perdant leur organisation et que les tourbes et les lignites se sont d'autant plus enrichies en acide ulmique que leur formation était plus avancée. On peut donc encore de ces recherches tirer une dernière et importante conclusion.

5° Avant de produire de la houille, les végétaux se sont d'abord transformés en tourbe en perdant leur organisation et en s'enrichissant en acide ulmique, par suite d'une sorte de fermentation tourbeuse.

Il nous reste à voir le parti que l'on peut tirer de ces belles recherches pour faire un peu de lumière dans la question de l'origine des différentes variétés de charbon. Nous allons poser pour cela quelques propositions dont les unes se déduisent logiquement des conclusions de M. Frémy et dont les autres demandent d'être prouvées par des recherches encore à faire.

Première proposition. — Les houilles maigres à longues flammes proviennent de la transformation de débris végétaux qui par suite de conditions extérieures favorables, ont subi une modification profonde, une fermentation tourbeuse intense qui a transformé leurs tissus en acide ulmique, gommes, etc. Ces matières végétales ainsi transformées préalablement à leur enfouissement, ont ensuite subi l'action modérée d'agents métamorphiques tels que la chaleur et la pression.

Deuxième proposition. — Les houilles grasses à coke ont été formées dans des conditions assez semblables aux précé-

dentes, mais les conditions de fermentations ayant été différentes, les matières colorantes résineuses et grasses des végétaux n'ont pas été détruites par fermentation. Les agents métamorphiques les ont ultérieurement transformées en bitume qui, on le sait, communique au charbon son pouvoir d'agglutination et de production de coke métallurgique.

Troisième proposition. — Pour la fermentation des houilles maigres et des anthracites, nous entrons en plein domaine de l'hypothèse par suite du manque de recherches. Il y a deux moyens, nous semble-t-il, d'expliquer la formation de couches de charbon pauvres en bitume et riches en carbone fixe.

a) Par suite de conditions extérieures différentes les conditions de fermentation préalable des végétaux ont été différentes. La fermentation ayant été plus active a dépouillé les matières végétales avant leur enfouissement, des matières hydrocarbonées qu'elles renfermaient. Cette fermentation a aussi détruit les matières éminemment putrescibles telles que les gommes, sucres, etc., qui, comme l'a montré M. Fremy, donnent naissance aux charbons riches en matières volatiles. Le produit final, la houille, a donc été plus pauvre en hydrocarbures que les autres variétés de charbon. J'émetts cette idée à titre de simple hypothèse; seules des recherches systématiquement conduites pourraient élucider la question.

b) Par suite des conditions extérieures différentes, la transformation des matières végétales en tourbe, transformation préalable qui, comme nous l'avons vu, joue un si grand rôle dans la houillification, cette transformation, dis-je, aurait été moins complète. Les tissus végétaux se seraient moins transformés en acides ulmiques qui

donnent naissance aux houilles riches en produits volatils (1).

Les recherches de M. Fremy ne se sont guère étendues dans le sens que nous indiquons ici. Il serait cependant aisé de savoir si les tissus végétaux peu ou pas transformés en acide ulmique par fermentation tourbeuse ou autre ne donnent que des charbons pauvres en matières volatiles.

Si cette dernière hypothèse, que je considère comme la plus vraisemblable, venait à être démontrée exacte, la formation des couches de charbon maigre ou d'anhracite serait facile à expliquer.

Que la première hypothèse, ou la seconde soit vraie, on peut concevoir que les mêmes conditions extérieures conduisent au même résultat : au charbon pauvre en matières volatiles, par une voie différente.

Je m'explique. En admettant que l'accumulation végétale qui donne naissance à une couche de houille se produise au fond d'un bassin peu profond, sous une couche d'eau peu épaisse, voici ce qui va arriver : le peu de profondeur de l'eau mettra la couche végétale en contact facile avec la lumière et l'air, situation favorable pour la production d'une fermentation énergique dont les produits gazeux s'échapperont aisément par suite de la faible couche d'eau protectrice. La fermentation aura pour conséquence de détruire

(1) Comme exemple de l'influence que peut avoir sur la composition finale d'un charbon, l'état sous lequel il se trouvait avant l'enfouissement, signalons le fait particulier suivant qui est très instructif. On rencontre souvent dans les couches de houille un charbon particulier bien connu appelé tantôt fusain tantôt houille daloïde. On sait très bien que cette variété est beaucoup plus pauvre en matières volatiles que la houille dans laquelle elle est intercalée. Comme exemple, nous pouvons indiquer la houille daloïde de la couche Longterne du charbonnage de Longterne-Trichères puits n° 2 qui renfermait 6,60 % de matières volatiles, alors que la moyenne de la veine elle-même était de près de 23 %. Or tous ceux qui se sont occupés de la formation de la houille daloïde s'accordent à dire qu'elle doit son origine à du bois qui ayant été desséché à l'air libre n'a pas subi de putréfaction préalable sous l'eau.

dans l'amas végétal les produits tels que, sucre, amidon, gomme, etc., dont la présence, comme nous l'avons vu, donne lieu à formation de charbon riche en produits volatils. Nous nous trouvons ainsi dans le cas de la première hypothèse et nous comprenons très bien qu'après son enfouissement un tel amas végétal dépourvu de gomme, sucre, etc., ne puisse donner par métamorphisme ultérieur qu'un charbon maigre ou anthraciteux.

Toujours en admettant l'accumulation des matières végétales sous une faible couche d'eau on arrive dans la deuxième hypothèse au même résultat. Cette faible couche d'eau ne produit sur l'amas végétal qu'une faible pression. Or on sait que la pression est éminemment favorable à la formation de la tourbe et par conséquent, comme M. Frémy l'a reconnu, à la rapide transformation des tissus végétaux en acide ulmique. MM. Forchhammer, Goeppert, et Lafard ont reconnu dans leurs expériences que la pression favorise beaucoup la production de la tourbe parfaite.

Nous sommes ainsi amenés à reconnaître que les conditions extérieures sous lesquelles se sont formées les accumulations végétales qui ont donné naissance aux couches de charbon, que ces conditions, dis-je, ont joué un rôle capital dans la production des variétés de charbon. Nous voyons aussi que parmi ces conditions extérieures, l'épaisseur des couches d'eau sous lesquelles les matières végétales se sont déposées, que cette épaisseur joue un rôle prépondérant ⁽¹⁾.

(1) Il est encore un autre ordre d'idées dans lequel on comprend que la pression ait pu jouer un rôle capital. Nous avons assez insisté sur ce point que tous les charbons sont des matières végétales qui préalablement à leur enfouissement ont subi une décomposition plus ou moins avancée. Or tout le monde admet aujourd'hui que cette décomposition des matières végétales se produit sous l'action d'êtres microbiens dont l'activité ne peut s'exercer que dans certaines conditions de température, de lumière, de pression, d'aérage, etc. Le rôle de ces infiniment petits a déjà été mis en lumière pour beaucoup de cas

Si donc l'on constate que les charbons les plus maigres se sont formés là où les bassins houillers étaient les moins profonds, tandis que, dans les mêmes bassins les charbons les plus riches en matières volatiles se sont formés là où les bassins étaient les plus profonds, il y aura une relation de cause à effet de nature à donner crédit à l'hypothèse que nous proposons.

Or en fait il en est bien ainsi. Rappelons ce que nous avons dit concernant la variation en direction des couches du bassin franco-belge et westphalien. La teneur en matières volatiles suivant une droite parallèle au grand axe du bassin passe par une série de maxima et de minima. Il y a une concordance très remarquable entre les points où le bassin est le plus profond et le plus riche en veines et les maxima. Réciproquement il y a la même concordance entre les minima et les points où le bassin est le moins épais et le moins riche en couches. On pourrait objecter à cela que la structure actuelle du grand bassin est due à des mouvements du sol postérieurs à la formation du houiller ainsi qu'aux dénudations et que les parties aujourd'hui les plus profondes n'étaient pas nécessairement telles pendant la période houillère. Cette objection serait quelque peu fondée si l'on ne savait aujourd'hui que les mouvements du sol se produisent fort lentement, à travers plusieurs périodes

spéciaux par MM. Bertrand et Renault. Le travail tout récent de M. Renault sur les microorganismes des combustibles fossiles est le meilleur indice des résultats féconds auxquels on arrivera en s'engageant dans l'étude microscopique des combustibles. Cette étude, nous en avons l'intime conviction, montrera que c'est dans cette voie qu'il faut rechercher l'origine des différences les plus essentielles que l'on observe entre les différentes espèces de combustibles. Or pour en revenir au point qui nous occupe, il est certain que la pression de couches d'eau surincombantes, l'obstacle plus ou moins grand apporté par ces couches d'eau au passage de l'air et de la lumière, tout cela a dû exercer un rôle capital sur les microorganismes et sur l'amplitude de leur activité biologique. Nous voyons donc que la profondeur à laquelle se déposaient les amas végétaux sous l'eau est un facteur capital.

géologiques et que par conséquent les mouvements orogéniques qui ont donné au bassin houiller sa structure actuelle, que ces mouvements étaient déjà en œuvre pendant la période houillère avec leur orientation actuelle et que par conséquent la structure d'aujourd'hui était déjà bien esquissée alors.

On a cherché à expliquer d'une autre façon le fait de voir les couches devenir de plus en plus riches en s'avancant vers le bord sud du bassin franco-belge. M. Potier notamment est l'auteur d'une théorie dont nous ne nous serions pas trop occupés si les bases erronées sur lesquelles il s'appuie n'avaient été reprises et répandues dans des ouvrages classiques de la plus grande valeur. A une époque où nos connaissances sur la structure de ce bassin étaient encore dans une phase embryonnaire, il avait cru remarquer que la série houillère se compose de faisceaux reposant les uns sur les autres en discordance plus ou moins accentuée. Ce fait s'explique très bien aujourd'hui et l'on sait que cette disposition n'indique nullement une superposition normale par discordance, mais provient de ce que des actions de refoulement ont empilé les uns sur les autres des massifs plus ou moins différents, et différemment inclinés. En outre, M. Potier se basant sur l'augmentation bien connue de la teneur en matières volatiles en montant dans la série, remarquant l'élévation de teneur en s'approchant du bord sud a cru que les couches étaient de plus en plus jeunes vers ce bord sud. D'après cette conception, le bassin franco-belge constituerait originellement non pas un bassin, mais une suite régulière de faisceaux discordants, tous inclinant au sud. Ce qui avait pu faire croire à M. Potier que le bassin présente cette structure, c'est que fréquemment, en effet, dans le Nord de la France on remarque cette allure, mais elle n'est que la conséquence de phénomènes tectoniques postérieurs au houiller. De plus, si

l'on ne remarque pas les couches en dressant qui forment bassin avec les plateurs du versant nord, c'est que ces dressants ont été coupés par les failles qui accidentent le bord sud du bassin. Ces dressants existent certainement en profondeur. Quand le bassin est plus complet on voit très bien les couches en plateau se réunir à des dressants qui se suivent ainsi jusqu'au calcaire carbonifère. Telle est la structure du bassin de Denain-Aniche et celle du bassin du Borinage.

Dans le bassin de Mons, on voit très bien qu'un des faits sur lequel M. Potier s'appuyait n'existe pas. Les couches les plus grasses ne sont pas, comme elles le devraient être d'après sa théorie, contre le bord sud. Elles sont bien là où l'on voit les faisceaux chronologiquement les plus élevés, les faisceaux à charbon flénu. Si l'on part de ce faisceau vers le nord et vers le sud, perpendiculairement à la direction du bassin, on voit des couches de plus en plus anciennes et en même temps et de part et d'autre, la teneur en matières volatiles diminue. Ainsi en allant vers le sud, on part de la teneur de 39 % en matières volatiles de la veine Édouard du charbonnage du Grand Hornu, une des plus récentes du Borinage, pour arriver dans le même méridien à la teneur de 12 % de la veine Grand Bouillon de Dour, la plus ancienne connue du bassin. Notons qu'entre les deux il y a tous les passages possibles.

Le seul fait que l'on remarque, c'est qu'en s'avancant vers le sud une même couche a plus de matières volatiles sur le bord sud que sur le bord nord. C'est ce que nous chercherons à expliquer plus loin.

Nous rappellerons aussi que M. Stevenson a reconnu que dans le bassin des Appalaches les couches sont d'autant plus maigres qu'on se rapproche davantage du bord du bassin qui se trouvait alors vers le N.-E. Sur le bord du bassin, comme l'indique d'ailleurs le caractère des sédiments et

l'épaisseur plus grande des veines, la profondeur d'eau était naturellement plus faible et l'on se retrouve donc dans les mêmes conditions.

CHAPITRE II

Septième rapport. — La variation des couches perpendiculairement à la direction se rattache de la façon la plus étroite à la variation en direction. Aussi peut-on l'expliquer de la même manière. Si nous concevons donc qu'une couche de houille se forme dans un bassin en forme de cuvette, la profondeur d'eau sera naturellement plus grande au centre de la cuvette. Il s'ensuit donc d'après les considérations émises au chapitre précédent, que la couche devra être d'autant plus riche en matières volatiles qu'on se rapproche davantage du centre du bassin. Voyons, s'il en est ainsi.

Dans le grand bassin houiller franco-belge il semble au premier abord qu'on est loin de voir cette relation se vérifier. Les couches deviennent de plus en plus grasses au fur et à mesure qu'on se rapproche du bord sud du bassin et c'est tout à fait contre ce bord qu'elles sont les plus grasses. Nous allons montrer qu'il n'y a là qu'une exception apparente qui vient au contraire à l'appui direct de la relation.

Le grand bassin en question n'est bien certainement qu'un reste d'un bassin primitivement beaucoup plus étendu vers le sud. En Belgique et en France ce bassin s'étendait fortement au sud par delà la crête silurienne du Condroz. Presque tout le monde est d'accord pour admettre que les petits bassins houillers que l'on observe dans le grand bassin primaire de Dinant, sont des restes de ce grand bassin houiller. Il en résulte donc que ce que nous appelons aujourd'hui bord sud du bassin n'était pas originellement un bord de bassin et qu'il n'est devenu tel que par suite de mouvements

tectoniques postérieurs. Ce bord sud était probablement lors de la période houillère vers le centre du bassin. Le fait que le soulèvement maximum s'est produit au voisinage de ce bord sud tendrait même à faire croire que c'est là que le bassin original avait sa plus grande profondeur. On sait en effet et l'exemple des Alpes est là pour le prouver, que les plus hautes montagnes se forment souvent là où primitivement la mer avait eu le plus de profondeur. On s'expliquerait donc pourquoi les couches sont plus grasses sur ce bord sud. Mais pour que la relation fût complètement vérifiée, il faudrait pouvoir montrer qu'en s'avancant davantage vers le sud vers le bord du bassin originel, la teneur en matières volatiles diminue petit à petit comme elle diminue en s'avancant vers le bord nord. En Belgique cette preuve est impossible à faire car on ne peut arguer de ce que les petits synclinaux du Bassin houiller ne donnent que des houilles très maigres. On ne trouve dans ces synclinaux que des houilles très inférieures.

Mais si la chose n'est pas possible en Belgique on peut la tenter en Angleterre et en Irlande où l'on retrouve dans le sud le prolongement du grand bassin en question. Ainsi au sud du pays de Galles, au delà du prolongement de l'axe anticlinal des Mendip-hills, on retrouve dans le Devonshire des couches de houille très maigres, anthraciteuses et même un peu graphiteuses presque inutilisables. La prolongation vers l'ouest, en Irlande, de cet anticlinal sépare également en deux catégories les bassins houillers de cette île. Au nord on trouve les bassins bitumineux de Tyrone, d'Arigna et de Ballycastle. Au sud on trouve les bassins anthraciteux de Limerick, de Clare, de Cork, de Queens county, de Kilkenny, de Carlow et de Tipperary.

On peut donc conclure de cela que, en Belgique, si nos bassins isolés du grand bassin de Dinant n'avaient pas été si profondément dénudés, on y trouverait des couches qui

seraient plus maigres en allant vers le sud. Il y a même un fait qui prouve que ce n'est pas là de l'hypothèse pure. Nous avons vu dans la première partie que dans les charbonnages de la région de Jamioulx près de Charleroi, les couches font exception à la règle générale qu'en Belgique les couches sont d'autant plus grasses qu'on les examine plus près du bord sud du bassin. Ainsi au charbonnage de Forte-Taille, toutes les couches sont beaucoup plus maigres que leurs synchroniques du charbonnage de la Réunion à Mont-sur-Marchiennes situé plus au nord, toutes autres conditions étant cependant égales.

C'est ce que montre le tableau suivant :

<i>Réunion.</i>		<i>Forte-Taille.</i>	
Veine.	Matières volatiles.	Veine.	Matières volatiles.
Drion	14,20	Hembize	12,0
Foulette	14,50	Dur mur	12,0
9 ^e veine	15,80	Quatre sillons	13,0
6 ^e veine	15,00	Veine à charbon	11,5

Cette apparente anomalie nous paraît au contraire confirmer la relation. En effet, on sait que le vrai bord sud du bassin houiller belge est le plus souvent masqué par des phénomènes tectoniques de recouvrement de formations plus anciennes. On admet que c'est à Jamioulx que l'on voit la portion du bassin qui primitivement était le plus loin au sud. C'est aussi au méridien de Jamioulx-Charleroi que le bassin belge présente sa largeur maximum. Grâce à Jamioulx, nous pouvons donc nous faire un peu une idée de ce qu'étaient les compositions des couches en s'avancant vers le sud et conformément à la théorie que nous avons émisé, les couches deviennent bien plus maigres dans cette direction.

Le fait du bassin houiller d'Ahun en France que nous

avons signalé dans la première partie paraît, lui, constituer une vraie anomalie. M. Gruner admet en effet que dans ce bassin les couches sont plus maigres au centre que sur les deux bouts. Nous ne possédons pas sur ce bassin des données suffisantes pour pouvoir expliquer cette anomalie, pour voir si le centre actuel du bassin était bien en réalité le centre à la période houillère et s'il ne l'est pas devenu par suite de phénomènes tectoniques ultérieurs.

CHAPITRE III

Premier rapport. — Le fait de voir les couches devenir de plus en plus riches en matières volatiles en s'élevant dans la série, fait des plus frappants malgré les irrégularités, nous paraît un des plus difficiles à expliquer. Aucun de ceux qui se sont occupés de la question n'a tenté de chercher la cause de ce rapport cependant le plus important de tous au point de vue des applications.

Nous avouons ne pas avoir pu trouver la moindre raison plausible de cette relation étroite entre l'âge des couches et leur teneur en matières volatiles. Cependant, on doit convenir qu'un fait général aussi marqué doit avoir été produit par une cause de premier ordre. Ce qui accroît encore la difficulté c'est que la relation, tout en étant très générale, montre cependant des irrégularités non moins inexplicables que la règle.

CHAPITRE IV

Deuxième rapport. — Ce qui est non moins inexplicable c'est le rapport qu'il y a entre la teneur en matières volatiles d'un charbon et son pouvoir cokéfiant, rapport qui, comme nous l'avons dit, n'est pas proportionnel à la quantité de

matières volatiles. Pourquoi alors que dans une série de couches superposées la teneur en matières volatiles augmente continuellement, le pouvoir cokéfiant, d'abord nul, arrive-t-il graduellement à un maximum, pour diminuer ensuite que les matières volatiles continuent à augmenter. Voilà toutes questions auxquelles il serait pour le moment impossible de donner une réponse sérieuse. Nous nous contenterons de laisser à des recherches ultérieures le soin de les résoudre.

CHAPITRE V

Cinquième rapport. — La même obscurité ne plane pas sur l'origine des différences de composition que l'on constate si fréquemment entre les différents sillons d'une même veine. Il est en effet éminemment probable que cette différence est due à ce que ces différents sillons sont composés, soit de végétaux différents, soit de parties différentes d'un même végétal.

Nous avons déjà dit comment M. Gumbel avait reconnu que les variétés de charbon brillant sont surtout dues à la prédominance de tissus ligneux, tandis que les charbons mats abondent en feuilles et tissus épidermiques.

Les analyses de végétaux par M. Carnot fournissent des données positives en montrant que des différences profondes peuvent exister entre des végétaux fossilisés dans les mêmes conditions.

Lorsque l'on fait une étude attentive d'une veine on y découvre souvent soit à l'œil nu, soit au microscope des différences très considérables entre les sillons de la veine. Comme modèle de ce genre d'étude on peut signaler comme hors pair le travail consacré par M. Gresley à l'observation de la fameuse couche Moira du bassin houiller de Leicester. Dans cette couche puissante M. Gresley n'a pas reconnu

moins de 104 divisions dont il donne la différenciation. Aidé de spécialistes, il a étudié chimiquement et botaniquement les plus importantes divisions. Il a reconnu une relation entre la composition chimique de certains sillons particuliers de cette couche et leur origine végétale. Ainsi au milieu de sillons de charbon ordinaire (appelé localement dice coal) on trouve des lits de charbon particulier appelé spire coal et d'autres appelés spore coal.

Plus il y a de spores de cryptogammes dans ces charbons, plus ils sont riches en matière volatile. Le dice coal en renferme très peu, le spire coal beaucoup et le spore coal énormément. Voici leur composition :

	Dice.	Spire.	Spore.
Eau	2,14	2,52	1,72
Matières volatiles . . .	34,48	41,32	50,01
Carbone fixe.	50,21	53,93	37,93
Cendres	13,17	2,23	10,34

Ce fait est à rapprocher des observations concernant la constitution des cannel-coal. Tous les observateurs sont d'accord pour y signaler l'abondance des spores et l'on sait si le cannel est riche en matières volatiles.

Ce ne sont pas seulement les natures différentes de sillons de veines que peut éclairer l'observation microscopique ou chimique mais aussi les différences des veines entre elles. Sous ce rapport les remarquables recherches de M. C. E. Bertrand de Lille ont jeté un jour nouveau sur l'origine et le mode de formation de charbons remarquables et spéciaux. Je suis intimement convaincu que ces recherches, lorsqu'elles seront poursuivies sur les charbons ordinaires, donneront des résultats non moins féconds et feront la lumière sur beaucoup de questions traitées dans ce travail et que j'ai été obligé de laisser sans réponse.

CHAPITRE VI

Troisième rapport. — Quoique le fait de l'amaigrissement des couches en plateau avec la profondeur soit très marqué il nous est difficile d'en trouver la raison. Peut-être pourrait-on y voir une conséquence de l'augmentation de la température avec la profondeur. Cette augmentation ayant déterminé au cours des temps la déperdition d'une certaine quantité de matières volatiles, on s'expliquerait ainsi l'amaigrissement des couches. On s'expliquerait ainsi par le dégagement de ces matières volatiles qui ne sont pas autre chose que du grisou, que celui-ci augmente avec la profondeur comme on l'a bien remarqué en Belgique et dans le bassin de Ronchamp.

Peut-être aussi pourrait-on y voir simplement une conséquence de l'augmentation de la pression avec la profondeur. Cette augmentation de pression est surtout sensible pour les couches qui sont en plateau régulières. Là en effet le poids des roches surincombantes se fait sentir énergiquement, sans aucune décomposition de forces. Telle est l'origine des poussées formidables que l'on trouve dans les travaux à grandes profondeurs, dans les plateaux surtout, poussées qui sont le plus grand obstacle à cette exploitation en profondeur. S'il en était ainsi, c'est évidemment après l'enfouissement des végétaux et au cours des temps que cette action s'est fait sentir. Il y aurait donc là un fait de vrai métamorphisme. Quoi qu'il en soit, notre conviction est loin d'être établie.

CHAPITRE VII

Quatrième rapport. — S'il est déjà difficile d'expliquer la variation pourtant si régulière des couches en plateau, à plus forte raison en est-il de même des couches en dressant. Là en effet, comme nous l'avons montré, la variation avec la profondeur, tantôt nulle; se fait tantôt dans un sens, tantôt dans un autre. Cette irrégularité manifeste alors que l'augmentation de température corrélative à l'augmentation de profondeur est, elle, régulière, est une des raisons qui pourrait faire croire qu'il n'y a aucune relation entre ces deux phénomènes.

Quant à la pression, on sait que son augmentation avec la profondeur n'est pas régulière; elle dépend beaucoup de l'allure des roches, de leur plus ou moins d'inclinaison, par suite des décompositions de force qui en résultent, de la présence de joints de cassure ou de faille et ainsi de suite. Si donc la pression est la cause de la variation de teneur avec la profondeur, on conçoit que dans les dressants accidentés comme beaucoup de ceux que nous avons étudiés, les variations soient irrégulières. Le point délicat est de savoir comment la pression aurait bien pu agir pour modifier la composition des couches. Aussi il y a lieu de remettre à plus tard la solution définitive de ce problème.

CHAPITRE VIII

Neuvième rapport. — *Cus des failles longitudinales.* — Nous avons vu qu'il est extrêmement fréquent en Belgique de voir les couches de part et d'autre d'une des nombreuses failles longitudinales inverses qui accidentent nos bassins, se montrer plus grasses sur la lèvre sud que sur la lèvre

nord de la faille. L'explication de ce fait curieux est aujourd'hui bien facile à donner. Disons tout d'abord que la différence n'est pas due à la faille elle-même ni aux mouvements tectoniques qui l'ont provoquée ou suivie. La faille a simplement mis la différence en relief. Voici comment.

Le rejet que ces failles ont produit, paraît au prime abord être minime. De part et d'autre, en effet, les couches sont à peu près contemporaines. Comme on sait très bien que la composition des couches ne varie que fort lentement et surtout fort progressivement, si le rejet des failles était peu prononcé, la composition des couches devrait être sensiblement la même de part et d'autre de la faille pour les couches synchroniques. Or il n'en est rien et voilà ce qui attire l'attention. La raison en est bien simple. Le rejet des failles, en apparence peu élevé, est au contraire très étendu. Nul n'en doute plus aujourd'hui. Nos failles longitudinales dont l'allure voisine de la verticale près de leur affleurement avait fait méconnaître la véritable nature, en profondeur deviennent presque horizontales. Ce sont donc bien des failles de refoulement horizontal, qui, on le sait, mettent souvent en présence des massifs primitivement écartés de plusieurs kilomètres. En Belgique notamment quelques-unes de nos failles ont produit des chevauchements de plusieurs milliers de mètres. Comme conséquence, des lambeaux de couches qui originellement se trouvaient vers le sud sont venus en contact, par suite du refoulement avec des lambeaux des mêmes couches qui eux étaient vers le nord. Comme en Belgique les couches deviennent de plus en plus grasses vers le sud (voir première partie, septième rapport), il n'y a rien d'étonnant à ce que ces lambeaux de couches venus du sud ne soient plus gras que les lambeaux situés au nord de la faille. Celle-ci, comme nous le disions, n'a eu d'autre rôle que de

juxtaposer des couches déjà différentes avant la production de la faille.

Cas des failles transversales. — Il n'est guère aussi facile de dire pourquoi les couches sont différentes de part et d'autre d'une faille transversale. Certains cas que nous avons signalés dans le bassin d'Ibbenbüren me paraissent pour le moment impossibles à expliquer.

CHAPITRE IX

Huitième rapport. — En ce qui concerne ce dernier rapport, nous croyons en avoir suffisamment dit dans la première partie pour qu'il soit nécessaire d'y revenir ici. Ce rapport ne consiste d'ailleurs que dans l'énoncé d'un fait brutal dont il n'y a pas à donner d'explication.

Gembloux, 1^{er} août 1900.

FIN DE LA SECONDE PARTIE.