

*à Monsieur Castel  
hommage respectueux et reconnaissant*

*Fayol*

# ÉTUDES

SUR

LE TERRAIN HOILLER DE COMMENTRY

---

---

LIVRE PREMIER

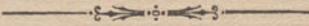
---

# LITHOLOGIE ET STRATIGRAPHIE

Par M. HENRI FAYOL

Directeur des Houillères de Commentry.

---



SAINT-ÉTIENNE  
IMPRIMERIE THÉOLIER ET C<sup>le</sup>  
Rue Gérentet, 42.

---

1887

ÉTUDES

LE TRAVAIL DOMESTIQUE DE COMMERCE

LIVRE PREMIER

LITHOLOGIE

ET STRATIGRAPHIE

PAR M. HENRI PAYOT

IMPRIMERIE DE LA BIBLIOTHÈQUE DE L'UNIVERSITÉ

1911

UNIVERSITÉ DE LILLE

1911

---

---

## INTRODUCTION

---

Je m'occupe, depuis plus de 26 ans, de travaux de recherche et d'exploitation de houille dans le bassin de Commentry. Au début, à ma sortie de l'Ecole des Mines de Saint-Etienne, tout imbu de la théorie des *tourbières* que je venais d'apprendre, je fus surpris de rencontrer, à chaque pas, des phénomènes incompréhensibles. Peu à peu, j'acquis la conviction que la théorie des tourbières est fautive, et je crus reconnaître que le terrain houiller de Commentry s'est formé dans un lac, comme se forment actuellement certains deltas lacustres.

Mais cette conception attaquait l'hypothèse de l'*horizontalité primitive des couches sédimentaires*, considérée jusqu'ici comme l'une des vérités fondamentales de la géologie ; avant de l'adopter, je me livrai à une étude approfondie des phénomènes qui s'accomplissent à l'embouchure des cours d'eau. Cette étude me prouva que les bancs houillers se sont déposés sous toutes les inclinaisons comprises entre zéro et quarante degrés ; de plus, elle me donna la clef de la plupart des particularités que présente la formation houillère.

De grandes tranchées ouvertes aux affleurements des couches de houille, font du bassin de Commentry un admirable champ d'observation ; on y voit à ciel ouvert,

et sur des profondeurs de trente à cinquante mètres, les phénomènes sédimentaires et éruptifs les plus variés ; ces tranchées facilitent beaucoup aussi la découverte des fossiles. Aidé par des collaborateurs zélés et intelligents, je suis arrivé à constituer de riches collections. La description de nos richesses paléontologiques, faite par les savants les plus autorisés, constituera une partie considérable de cet ouvrage :

MM. Renault et Zeiller se sont partagé l'étude de la flore ;

M. Sauvage a bien voulu se charger des poissons ;

M. Charles Brongniart, des insectes ;

Les roches du bassin ont été l'objet d'études micrographiques très intéressantes de la part de MM. Stanislas Meunier et de Launay.

M. Mallard et M. Carnot, à qui j'ai eu souvent recours, m'ont fourni de précieuses indications chimiques et minéralogiques.

Je prie ces Messieurs d'agréer l'expression de ma vive reconnaissance.

Je remercie sincèrement aussi la Société de l'Industrie minérale et en particulier son éminent président, M. Castel, de la libéralité avec laquelle les ressources nécessaires pour l'impression de cet ouvrage ont été mises à ma disposition.

Ces *Etudes sur le terrain houiller de Commentry*, comprennent trois grandes divisions :

1° LITHOLOGIE ET STRATIGRAPHIE ;

2° FLORE ;

3° FAUNE.

La première partie a surtout pour but de faire connaître la constitution lithologique et stratigraphique du

terrain houiller de Commentry et le mode de formation de ce terrain.

En m'occupant du terrain houiller de Commentry j'ai été naturellement conduit à rechercher quel avait pu être le mode de formation des autres terrains houillers. Je suis arrivé ainsi à des conclusions que je placerai en tête de ce volume pour mieux fixer le lecteur sur l'esprit de l'ouvrage et le but poursuivi.

La description du bassin viendra ensuite ;

Puis, des *Etudes sédimentaires* sur lesquelles repose essentiellement la théorie des deltas ;

Enfin les *Etudes micrographiques* de M. S. Meunier et de M. de Launay.

Commentry, le 1<sup>er</sup> décembre 1886.

FAYOL.

---

Le premier volume de l'ouvrage est le mode de formation  
de ce terrain.

En conséquence les travaux de la Commission  
ont été effectués dans le but de donner aux  
membres de la Commission les renseignements  
nécessaires à une étude plus approfondie de  
ce terrain en ce qui concerne son mode de  
formation et son évolution.

La description de la région étudiée est  
donnée dans le chapitre II de l'ouvrage.

L'Institut National de la Recherche Scientifique  
et de la Recherche Industrielle.

Paris, le 15 Mars 1955.

Le Directeur

# LITHOLOGIE ET STRATIGRAPHIE

---

## DIVISIONS PRINCIPALES

---

- I<sup>re</sup> PARTIE. — Mode de formation des terrains houillers en général.
- II<sup>me</sup> PARTIE. — Etudes sur le bassin houiller de Commentry.
- III<sup>me</sup> PARTIE. — Etudes sédimentaires.
- IV<sup>me</sup> PARTIE. — Etudes micrographiques.
-

PHYSIOLOGIE

ET STATISTIQUE

DES ANIMAUX

Le premier livre de l'ouvrage est consacré  
à l'étude de l'anatomie et de la physiologie  
des animaux domestiques. Le second livre  
est consacré à l'étude de la physiologie  
des animaux sauvages. Le troisième livre  
est consacré à l'étude de la physiologie  
des animaux marins.

---

---

## PREMIÈRE PARTIE

---

### MODE DE FORMATION DES TERRAINS HOUILLERS EN GÉNÉRAL

---

Je me propose d'établir que les terrains houillers sont des dépôts formés par des cours d'eau à leur embouchure, dans des lacs ou dans la mer.

Les phénomènes sédimentaires qui s'accomplissent à l'embouchure des cours d'eau peuvent se résumer comme suit (1) :

Un cours d'eau qui charrie des galets, du sable, du limon et des végétaux, dans un bassin, forme un dépôt *stratifié*.

Les couches sont composées, tantôt uniquement de gravier, ou de sable ou de limon, ou de végétaux, tantôt d'un mélange de ces divers éléments (2).

Dans un bassin aux eaux tranquilles, les couches sont *inclinées, irrégulières et peu étendues* ; lorsque les eaux du bassin sont agitées par des vagues, les couches sont *moins inclinées, plus étendues et plus régulières*.

L'inclinaison peut varier de zéro à 45 degrés ; elle atteint le maximum avec les éléments les plus grossiers

---

(1) Voyez : 3<sup>me</sup> partie.

(2) 3<sup>me</sup> partie, ch. I.

dans les bassins les plus tranquilles ; avec des éléments ténus ou légers, et des eaux agitées, elle tend vers l'horizontalité (1).

L'étendue et la régularité des couches sont d'autant plus grandes que les sédiments sont plus fins ou plus légers et que les eaux du bassin de dépôt sont plus agitées (2).

On sait d'ailleurs que les cours d'eau torrentiels charrient une grande proportion de matériaux grossiers, tandis que les fleuves portent surtout du limon à leur embouchure ; on sait aussi que les affluents de la plupart des lacs sont torrentiels ; que les eaux sont plus agitées à la surface de la mer qu'à la surface des lacs. Il s'ensuit que les couches fluvio-lacustres renferment généralement une forte proportion de matériaux grossiers, et qu'elles sont plus inclinées, moins régulières et moins étendues que les couches fluvio-marines. Cependant, comme la mer reçoit aussi des cours d'eau torrentiels, et que les lacs ont aussi des affluents au cours régulier et tranquille, les formations fluvio-marines et les formations fluvio-lacustres sont reliées par tous les degrés possibles.

La disposition ordinaire des deltas lacustres est représentée par les FIG. 3, 4 de la planche ci-contre ; celle des deltas marins par les FIG. 9, 10. On remarque la régularité relative et la faible inclinaison des couches fluvio-marines.

Il y a analogie, d'une part, entre les deltas lacustres et les dépôts artificiels formés en eau tranquille (FIG. 1 et 2) ; et d'autre part, entre les deltas marins et les dépôts artificiels formés en eau agitée.

(1) 3<sup>me</sup> partie, ch. I et III.

(2) 3<sup>me</sup> partie, ch. I et III.

Fig 1 Dépôt artificiel en eau tranquille

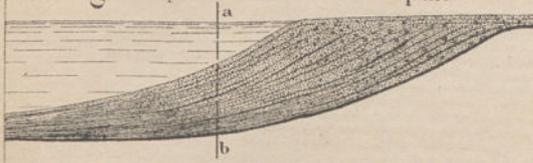


Fig 2 Coupe suivant ab

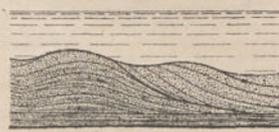


Fig 3 Delta lacustre

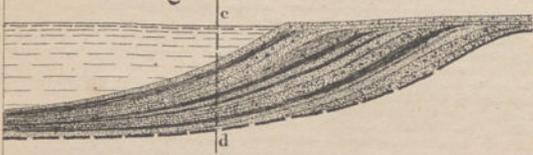


Fig 4 Coupe suivant cd

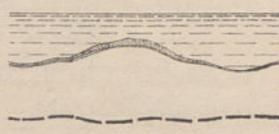


Fig 5 Terrain houiller du Centre (Commeny)

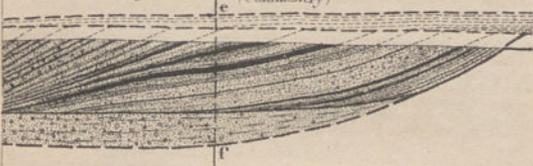
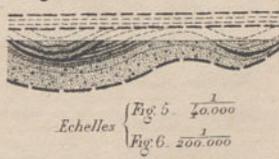


Fig 6 Coupe suivant ef



Echelles  $\left\{ \begin{array}{l} \text{Fig 5. } \frac{1}{40,000} \\ \text{Fig 6. } \frac{1}{200,000} \end{array} \right.$

Fig 7 Dépôt artificiel en eau agitée

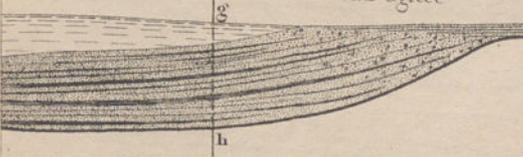


Fig 8 Coupe suivant gh

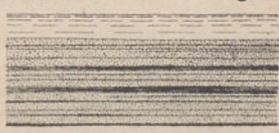


Fig 9 Delta marin

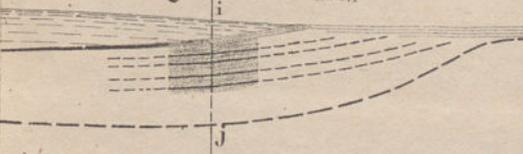


Fig 10 Coupe suivant ij

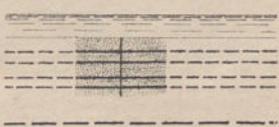


Fig 11 Terrain houiller du Nord

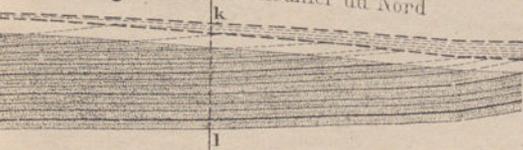


Fig 12 Coupe suivant kl





La même analogie se remarque d'ailleurs :

1° Entre les terrains houillers du Plateau-Central (FIG. 5 et 6) et les dépôts fluvio-lacustres ;

2° Entre la formation houillère du Nord (FIG. 11 et 12) et les dépôts fluvio-marins.

On a ainsi deux groupes de dépôts analogues :

Le premier comprend les dépôts artificiels formés par charriage en eau tranquille, les deltas lacustres, et les terrains houillers du Plateau-Central ;

Le second comprend les dépôts artificiels formés en eau agitée, les deltas marins et les terrains houillers du Nord de la France.

Ces analogies seules tendraient à faire considérer les terrains houillers comme des deltas ; de même que les deltas actuels, ces terrains sont composés essentiellement de matériaux détritiques, avec des débris organiques. Les couches végétales des deltas (1) sont représentées dans les terrains houillers par les couches de combustible.

Des raisons beaucoup plus puissantes encore justifient cette assimilation : il n'est pas une particularité des terrains houillers qui ne se retrouve dans les deltas actuels.

Dans les terrains houillers, comme dans les deltas en formation, l'étendue des couches varie de quelques mètres à des milliers de kilomètres carrés ; la puissance va de la simple trace à des dizaines de mètres ; la grosseur des éléments, du grain le plus fin au bloc de plusieurs mètres cubes. Citons encore :

Les variations de nature et de puissance d'un même banc ;

Le défaut de parallélisme des bancs ;

Les changements assez rapides de constitution élé-

(1) 3<sup>m</sup>e partie, ch. I.

mentaire des diverses parties d'un même dépôt dans le sens latéral ;

La disparition assez rapide d'un faisceau de bancs ;

La ramification des couches ;

La constitution variable du toit et du mur des couches d'origine végétale ;

Les amas de houille aux formes bizarres ;

Les intercalations minérales au milieu d'une couche végétale ;

Les fausses stratifications, les corrosions, refoulements, plissements, glissements, cassures et autres accidents *locaux* qui n'affectent qu'un petit nombre de bancs et sur un espace restreint ;

Les bancs remaniés ;

Les tiges couchées et debout au milieu des sédiments détritiques ;

Etc.....

Toutes ces particularités, généralement beaucoup plus prononcées dans les terrains houillers du Plateau-Central que dans les terrains houillers du Nord, trouvent une explication facile dans le phénomène des deltas ; je me borne à les énumérer ici parce qu'elles seront examinées en détail plus loin.

L'analogie que je signale entre les terrains houillers et les deltas n'embrasse pas, bien entendu, les accidents dus aux mouvements généraux de l'écorce terrestre que les terrains houillers ont pu subir avant la période actuelle ; elle ne concerne que le mode de formation de ces divers dépôts et les accidents contemporains de la formation.

Elle n'est point détruite par l'absence, à la partie supérieure des terrains houillers, des couches presque horizontales (dites alluviales) qui recouvrent ordinairement les couches inclinées (dites neptuniennes) des

deltas actuels (1). Cette absence s'explique par l'érosion qui a emporté la partie superficielle des terrains houillers (2).

*Formation houillère du Plateau-Central.* — Lorsque les terrains houillers du Plateau-Central commencent à se former, des soulèvements anciens et récents avaient donné à l'orographie et à l'hydrographie de la région une disposition alpestre ; de tous côtés se trouvaient des lacs entourés de montagnes, lesquelles étaient constituées par des gneiss, micaschistes, granites, granulites, micro-granulites et par quelques dépôts sédimentaires, surtout anthracifères.

De ces montagnes partaient des cours d'eau torrentiels qui accumulaient à leur embouchure des détritux minéraux et les débris de plantes et d'animaux recueillis en chemin.

La sédimentation houillère s'effectua ainsi à la fois dans les lacs et sur le littoral maritime du Plateau-Central. C'est par des deltas à couches inclinées, et non par des couches horizontales, que les lacs houillers furent comblés (3).

La marche des atterrissements était très inégale dans les différents lacs et à l'embouchure des différents cours d'eau d'un même lac ; rapide sur certains points, lente sur d'autres.

Les plantes qui régnaient sur les côtes et qui, au fur et à mesure du développement des deltas, se répandaient sur les plaines alluviales, étaient dans leur ensemble à peu près les mêmes autour de tous les bassins houillers du Plateau-Central ; la flore n'a pas,

(1) 3<sup>me</sup> partie, ch. I et III.

(2) FIG. 5, 6 et 11, 12, page 10.

(3) Voy. pour le détail de ces phénomènes sédimentaires, la formation du terrain houiller de Commentry, 2<sup>me</sup> partie, ch. VI.

d'ailleurs, subi de changements notables pendant la durée de la formation houillère.

Les différences que cette flore présente entre les divers bassins ou dans les différentes régions d'un même bassin, tiennent généralement à des causes locales, comme la nature ou le degré d'humidité du sol, et non à une modification générale de climat, et je ne crois pas que l'on en puisse tirer aucune indication précise sur la chronologie des bancs.

Les roches éruptives paraissent beaucoup plus utiles à ce point de vue : elles établissent, par exemple, que le lac de Commentry fut comblé longtemps avant celui de Montvicq (1), et que ce dernier était depuis longtemps transformé en dépôt sédimentaire, alors que les bassins de Saint-Etienne et de Saône-et-Loire conservaient encore une grande masse d'eau. C'est la *dioritine* (porphyrite micacée), en filons à Commentry et en galets roulés dans les couches supérieures de Montvicq, qui donne la première indication (2); la seconde est fournie par la silice et le fer des sources therminérales qui se répandirent sur un grand nombre de points à la surface du Plateau-Central pendant la période permienne. Lorsque ces sources apparurent, les lacs de Commentry et de Montvicq étaient comblés; ceux de Saint-Etienne et de Blanzly existaient encore en partie; de sorte que les sédiments permien se répandirent en nappes à la surface des couches houillères de Commentry et de Montvicq, mais sur la tranche de ces couches et en nette discordance, tandis qu'ils formèrent à Saint-Etienne et à Blanzly des couches en concordance avec les couches houillères.

---

(1) 2<sup>me</sup> partie, 2<sup>me</sup> section et 3<sup>me</sup> section, ch. VIII.

(2) J'ai aussi rencontré la dioritine en galets dans le bassin de l'Aveyron, à Auzits.

*Formation houillère du nord de la France.* — La formation houillère du Nord de la France s'est effectuée dans la mer, à l'embouchure de fleuves qui charriaient une forte proportion de limon. L'intervention de cours d'eau torrentiels a été exceptionnelle.

L'étendue et la régularité relativement grandes des couches, le nombre plus grand et la plus faible puissance relative des veines de houille, résultent de l'action des vagues et des marées (1).

Je n'aurais rien de plus à dire de cette formation, dont toutes les particularités s'expliquent comme celles des terrains houillers du Plateau-Central, en tenant compte, bien entendu, des conditions sédimentaires maritimes, s'il n'y avait, en quelques endroits, des bancs calcaires à fossiles marins au milieu du grès et du schiste, et des veines de combustible au milieu du calcaire (2).

Ces dernières particularités s'expliquent simplement. Un déplacement d'embouchure peut laisser revenir l'eau salée et les organismes marins là où dominaient auparavant l'eau douce et les sédiments charriés par le cours d'eau; si le cours d'eau revient ensuite à sa position première, une couche marine se trouvera intercalée entre des couches d'origine détritique.

Quant aux couches végétales comprises entre des couches de calcaire, elles s'expliquent soit par des dé-

(1) 3<sup>me</sup> partie, ch. III.

(2) J'ai vu à Fontaine, près de Mariemont (Belgique), deux couches d'anthracite à 3 mètres de distance l'une de l'autre, intercalées au milieu d'un calcaire marin marneux. Dans l'hypothèse des *tourbières*, il faudrait supposer que le calcaire inférieur formé en eau profonde a été soulevé et émergé, puis, qu'un affaissement de même amplitude s'est produit après la formation de la première couche d'anthracite; qu'une deuxième émergence a eu lieu après le dépôt des 3 mètres de calcaire; puis un nouvel affaissement....

placements de cours d'eau comme ceux dont je viens de parler, soit par de simples changements dans le régime du cours d'eau. Il suffit que le débit s'accroisse pour que les végétaux emportés plus au large se déposent sur le calcaire ; lorsque le débit diminue, le calcaire se reforme à sa position première et couvre les végétaux. Le calcaire voisin des veines combustibles est ordinairement marneux parce que le limon apporté par le cours d'eau se mêle au calcaire d'origine organique.

Le mode de formation que je viens d'indiquer pour les terrains houillers, comporte, au-dessus des couches neptuniennes immergées, des couches alluviales presque horizontales et divers dépôts tourbeux, marécageux, laguneux, qui accompagnent ordinairement le littoral des deltas.

Aucune trace des couches alluviales et de ces derniers dépôts ne subsiste, et je dirai même, ne doit subsister dans les terrains houillers du Plateau-Central, parce que ces terrains ont subi presque constamment des corrosions depuis le moment où ils se sont déposés. Je ne connais pas, dans les terrains houillers du Nord, des parties ayant le caractère alluvial ; mais je n'ai pas assez étudié ces terrains pour affirmer que les couches alluviales n'y ont laissé nulle part des traces, et il ne me semble pas que l'on ait dans le Nord les mêmes raisons que dans le Plateau-Central pour supposer que les couches alluviales ont toutes été détruites.

Les couches de houille se sont formées de la même manière que les couches de schistes et de grès : les matières végétales charriées par les cours d'eau en même temps que du limon, du sable et des galets, se sont tantôt disséminées au milieu des sédiments minéraux,

tantôt amoncelées en couches ou amas plus ou moins purs. De même que le limon, charrié simultanément avec des éléments grossiers, se fixe en partie au milieu de ces éléments, et forme en même temps des couches distinctes ; de même les débris de plantes qui sont, au point de vue sédimentaire, l'équivalent des fines particules minérales, restent en partie au milieu des sédiments grossiers, et se déposent plus particulièrement avec le limon ou dans son voisinage (1).

Tous les restes de plantes que renferme le terrain houiller, arbres couchés ou debout, grains de houille, amas, couches, proviennent de matériaux charriés.

Une exception pourrait cependant se présenter, dans le cas où un delta houiller aurait conservé sa partie alluviale : au milieu des couches alluviales il pourrait y avoir des arbres en place et des couches formées à la façon des tourbières. Comme je le disais plus haut, je ne crois pas qu'un seul cas de ce genre existe et même puisse exister dans le Plateau-Central ; je ne sache pas qu'il y en ait dans le Nord de la France, mais cela me paraît moins improbable que dans le Plateau-Central.

Telles sont les idées que j'ai exposées succinctement à diverses reprises (2).

Accueillies d'abord avec la prévention qui s'attache ordinairement aux idées nouvelles, elles ont été moins contestées à partir du moment où M. de Lapparent leur a donné l'appui de sa grande autorité (3).

(1) 3<sup>me</sup> partie.

(2) *Compte-rendu mensuel*, septembre 1880, *Bull. min.*, Congrès d'Alais 1882. *Comptes-rendus de l'Académie des sciences*, 16 mai, 30 mai, 20 juin et 18 juillet 1881.

(3) *Traité de géologie*, 2<sup>me</sup> édition, 1885.

Le double courant d'opinions qui s'est manifesté à ce sujet (1), peut être résumé dans les deux extraits suivants :

M. Grand'Eury disait, en 1882 :

« M. Fayol, inventeur d'une nouvelle théorie de la formation lacustre en eau profonde, partant de l'hypothèse que les couches se sont déposées en pente, croit être parvenu, par des expériences imitées de celles de M. Constant Prévost, à expliquer la formation du bassin de Commeny par l'arrivage simultanément de toutes sortes de débris, minéraux et végétaux, les sables se déposant après les galets, les schistes à la suite des sables et la houille en dernier lieu dans la partie la plus basse du lac, mais le tout en même temps ; à chaque assise convergente sur la couche il correspondrait une tranche inclinée de celle-ci allant du toit au mur. Les rapports des couches de houille avec les roches ne sont pas ceux-là, et au bout des dépôts stériles il n'y a pas de houille. L'auteur conclut très justement de la dispersion de la houille dans les roches qu'elle s'est déposée sous l'eau. Pour les besoins de sa théorie, il soutient que les arbres debout ne sont pas à leur endroit natal. Cependant, à la tranchée de l'Espérance, j'ai vu des racines complètes en place..... (2). »

---

(1) Voyez : MATHET, *Mémoire sur les mines de Ronchamp*.  
*Bull. min.*, 2<sup>me</sup> livr. 1881.

DURAND, *Compte-rendu mensuel*, 1882.

PLESSIER, *Formation simultanée du plateau et des vallées de la Brie*. Note additionnelle, 1882.

L. BRETON, *Etude sur le mode de formation de la houille du bassin franco-belge*, 1885.

S. MEUNIER, *Combustibles minéraux*. *Encyclopédie chimique*, 1885.

A. COCHETEUX, *Sur le mode de formation de la houille*. *Soc. géolog. de Belgique*, 1886.

(2) *Mémoire sur la formation de la houille*, *Annales des mines*, 1882.

M. de Lapparent a dit, en 1886 :

« Pour la grande majorité des couches de combustible, une seule théorie, celle de M. Fayol, est en mesure de rendre compte de toutes les particularités observées (1). »

La théorie des deltas que je soutiens n'est pas absolument nouvelle, elle a été entrevue par les premiers savants qui se sont occupés de la houille (2). Je crois qu'on y reviendra lorsque les phénomènes sédimentaires seront mieux connus.

Les alternances de houille, de schistes et de grès ont donné lieu à des hypothèses aussi invraisemblables qu'insuffisantes ; on y renoncera lorsqu'on sera bien convaincu que le charriage simultané de végétaux et de matières minérales peut donner lieu à des couches

(1) La formation des combustibles minéraux, *Correspondant*, 10 avril 1886.

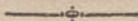
(2) « A. de Jussieu, le père de la botanique française, dit M. de Saporta, visita, en revenant d'Espagne, les environs de Saint Chamond ; il recueillit le long de la petite rivière de Gier une infinité d'empreintes végétales..... Ces plantes inconnues à l'Europe, pense-t-il, elles n'ont pu venir que des pays chauds ; l'idée d'un passé du globe antérieur à l'homme n'existe pas, comment concevoir ce transport ? La mer seule a pu l'opérer. Bernard Palissy a eu raison ; la mer et les courants, en recouvrant nos continents y ont déposé les plantes et les coquillages que l'on observe à l'état de pétrification. Les courants auront entraîné de loin ces plantes pour les déposer ensuite..... »

« Buffon, dans ses *Epoques de la nature*, en 1778, il est juste de le reconnaître, fit faire un pas à cette question des houilles. Il alla aussi loin que l'intuition seule, dépourvue de méthode et de recherches analytiques, pouvait le permettre. Les veines de charbon, d'après lui, doivent leur origine aux premiers végétaux que la terre ait formés. Les eaux encore tièdes couvriraient alors la plus grande partie de la surface terrestre, à l'exception de quelques îles qui se peuplèrent dès les premiers temps d'une infinité d'arbres et de plantes, dont les débris entraînés formèrent des dépôts de matières végétales sur une foule de points..... » *La formation de la houille, Revue des Deux-Mondes* 1882.

végétales et minérales distinctes, et lorsqu'on aura vu que la théorie des deltas permet d'expliquer tous les phénomènes houillers.

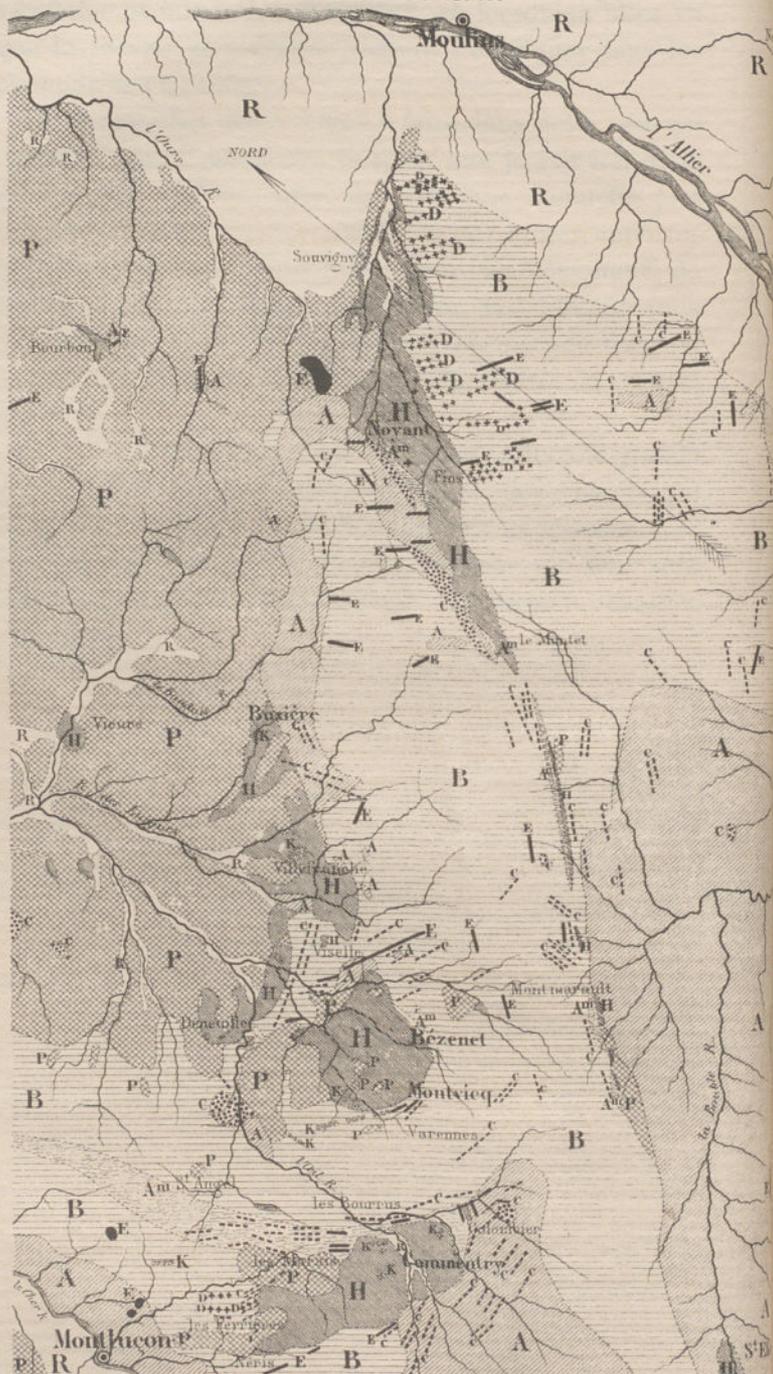
Le champ des découvertes à faire dans cette voie est immense ; je ne considère l'exposé que je fais ici, de la théorie des deltas, que comme une ébauche ; et j'espère que nos jeunes camarades des mines apporteront de nouveaux matériaux pour l'achèvement de l'édifice. En observant avec soin les phénomènes géologiques que leurs fonctions leur permettent de voir, ils peuvent rendre à la science et à l'industrie de sérieux services.

Je sais par expérience qu'il y a, dans tous nos grands établissements scientifiques nationaux, des savants qui accueillent toujours avec bienveillance et souvent avec joie les communications et les questions qui leur sont faites ; j'engage les chercheurs à s'adresser à eux avec confiance.



IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

Fig. 13 — Bords du plateau central  
entre Montluçon et Moulins  
Echelle au 320 000



A Gneiss A<sup>m</sup> Micaschiste B Granite C Granulite D Microgranulite H Houille  
P Permien E Quartz F Porphyre K Dioritine (Porphyrite) R Alluvions

---

---

## DEUXIÈME PARTIE

---

### ÉTUDES SUR LE BASSIN DE COMMENTRY

---

- I. — Description sommaire du Bassin houiller de Commentry.  
— II. Terrain primitif et roches éruptives. — III. Terrain houiller. — IV. Terrain permien. — V. Alluvions.
- 

#### PREMIÈRE SECTION

---

##### DESCRIPTION SOMMAIRE DU BASSIN HOULLER DE COMMENTRY

Le bassin houiller de Commentry est l'une des nombreuses formations houillères disséminées au milieu et sur les pourtours du Plateau-Central de la France. Il a la forme d'une cuvette irrégulière, allongée, de 9 kilomètres de longueur, 3 kilomètres de largeur moyenne, et 700 mètres environ de profondeur (1).

La petite carte ci-jointe (FIG. 13) montre dans l'espace compris entre Montluçon et Moulins, sur une distance de 60 kilomètres, deux séries alignées de petits bassins houillers séparés par une crête granitique : Commentry, Montvicq, Villefranche et Buxière d'un côté ; Saint-Eloi, les petits îlots de Montmarault, Montet-Noyant de l'autre.

---

(1) PL. I et II.

(2) Dressée d'après la carte faite récemment par M. de Launay, et encore inédite.



Ces zones se succèdent, non pas de la base au sommet, parallèlement à la stratification générale, mais latéralement, c'est-à-dire perpendiculairement à la stratification. De sorte qu'en restant à la même distance de la base, en suivant, par exemple, la ligne MN qui est à peu près dans l'axe longitudinal du bassin, on rencontre successivement : poudingues à Longeroux, grès, schistes et houille aux Pégauds, grès à blocs à Montassiégé, grès, schistes et houille aux Ferrières et enfin des poudingues à Bourdesoulles. Perpendiculairement à la direction des bancs, on reste, au contraire, de la base au sommet du terrain houiller : dans les poudingues à Longeroux ; dans les grès, schistes et houille aux Pégauds ; dans les grès à blocs à Montassiégé.....

La nature des éléments minéraux qui constituent les roches varie également beaucoup plus dans le sens longitudinal que dans le sens transversal du bassin ; on peut, à ce point de vue, diviser le terrain houiller en zones transversales qui diffèrent les unes des autres soit par la proportion de leurs divers éléments, soit par quelques éléments caractéristiques.

Ainsi, la zone de Longeroux renferme une proportion considérable de débris anthracifères dont les autres parties du terrain houiller ne présentent pas trace ; la zone de Montassiégé est constituée principalement par du granite gris, absent ailleurs ; la zone de Bourdesoulles renferme seule des galets de micro-granulite.

Il y a généralement passage graduel, dans le sens latéral, d'une zone à l'autre, aussi bien pour la nature que pour la grosseur des éléments constitutifs des roches houillères.

Pour donner une idée de l'allure générale des bancs houillers, je dirai d'abord quelques mots des couches de houille.

*Couches de houille.* — La plus importante est celle désignée sous le nom de *Grande Couche* qui, aux affleurements, apparaît au Sud-Est à Longeroux (1) avec quelques centimètres d'épaisseur, se renfle peu à peu, atteint 10 à 12 mètres à Saint-Charles, garde cette puissance moyenne sur deux kilomètres et demi de longueur, s'amincit ensuite et finit par disparaître du côté de Montassié. Dans le sens de l'inclinaison (qui plonge au Sud et varie de 0 à 50 degrés), la Grande Couche s'amincit aussi graduellement et disparaît vers la profondeur de 350 mètres.

La forme des affleurements rappelle celle de la lettre C. La puissance des bancs qui séparent ces affleurements de la base du terrain houiller varie de 500 à 800 mètres.

Avant de disparaître à l'Ouest, la Grande Couche s'est divisée, ramifiée, en six couches distinctes qui vont en divergeant.

Deux autres couches, celles des *grès noirs* et celle des *Pourrats*, qui sont séparées de la Grande Couche en leur milieu par des épaisseurs de bancs de 80 à 150 mètres, se réunissent à la Grande Couche vers Longeroux (2).

On compte à l'Ouest 8 couches (3) séparées entre elles par une épaisseur totale de grès et de schistes de plus de 200 mètres, qui sont toutes des ramifications de la couche unique de Longeroux.

Ces couches sont en houille grasse à longue flamme.

A la base de la zone des Pégauts, vers les Raynauds, se trouvent quelques veines lenticulaires d'anhracite.

La zone des Ferrières, située de l'autre côté de la

(1) PL. I et II.

(2) PL. I et II et 3<sup>e</sup> section, ch. III.

(3) PL. II, FIG. I.

zone de Montassiégé, présente une distribution analogue de houille et d'anthracite : houille au milieu (en amas ayant jusqu'à 20 mètres d'épaisseur), anthracite à la base du terrain houiller, vers le Marais. L'allure stratigraphique générale (1) établit le synchronisme de la houille des Ferrières et de celle des Pégauts.

La Grande Couche est aussi variable dans sa constitution que dans son allure ; on y voit la houille passer au cannel-coal, au boghead, au schiste bitumineux, et même au grès et au poudingue. Tantôt la houille est pure du mur au toit, sur des épaisseurs de 10, 15 et 20 mètres ; tantôt elle est divisée par des intercalations de schiste, de grès et même de conglomérats dont la puissance atteint jusqu'à 8 mètres.

En dehors des accumulations qualifiées de couche, veines ou amas, la houille existe presque partout dans le terrain houiller : dans les schistes, dans les grès, dans les poudingues et les conglomérats, soit en lamelles lenticulaires isolées dont l'épaisseur varie de quelques centièmes de millimètres à plusieurs centimètres, soit en *grains* et *galets* semblables comme forme et comme dimensions aux grains de sable et aux cailloux roulés par les rivières. Il y a peu de grès dépourvus de grains de houille dans le bassin de Comentry ; ces grains sont tantôt rares, tantôt en assez grande proportion pour donner aux grès une teinte noire ; sur quelques points l'amoncellement de grains et galets de houille constitue de véritables veinules.

*Schistes.* — Le schiste se trouve dans les mêmes régions que la houille, surtout au toit des couches, aux

---

(1) PL. III, FIG. I.

Pégauts et aux Ferrières ; il est rare à Longeroux, plus rare encore à Montassiégé.

Il est généralement micacé vers la base du terrain houiller, plutôt argileux dans les parties médiane et supérieure, parfois bitumineux. Ces trois variétés de schistes peuvent d'ailleurs renfermer des lamelles de houille en toutes proportions ; on les voit passer de l'une à l'autre et aussi à la houille et au grès par degrés insensibles.

Le schiste forme des couches assez étendues. On le trouve aussi à l'état de galets et de grains au milieu des grès et des poudingues. Il y a des bancs de schiste, des bancs de grès et même des bancs de poudingue qui sont en grande partie constitués par du schiste remanié.

*Grès.* — Le grès se présente sous des aspects très variés ; sa couleur va du blanc au noir ; son grain, de la particule très fine au galet ; tantôt il est composé exclusivement de débris granitiques, tantôt de débris de houiller remanié. Il forme des bancs dont l'épaisseur dépasse parfois 10 mètres.

Ces bancs sont généralement lenticulaires et très irréguliers ; leur longueur atteint rarement 4 ou 500 mètres.

Le même banc passe parfois d'un côté au schiste, de l'autre au poudingue. Il y a aussi des passages du grès à la houille.

La couleur sombre des grès leur est souvent donnée par des grains de houille ou de schiste, et par des lamelles de houille pure.

Le grès à grains fins est abondant dans la région des Pégauts et des Ferrières, rare ailleurs.

*Roches à gros éléments.* — Les grès à blocs sont

des grès à grains grossiers renfermant des galets et des blocs granitiques dont le volume dépasse parfois 1 mètre cube. Une partie considérable de la formation houillère, toute la masse comprise entre les Ferrières et les Pégauts, est constituée par des grès à blocs (1).

Ces grès se présentent sous forme de bancs irréguliers, dont la puissance est parfois énorme (le puits des Forges a traversé une centaine de mètres d'épaisseur de grès à blocs sans trace sérieuse de stratification). Parfois l'abondance des blocs fait de ces grès des sortes de conglomérats.

Comme *conglomérat*, on peut citer, en dehors de la zone de Montassiégé, le *Banc Sainte-Aline*, situé un peu au-dessous de la Grande Couche, dont l'épaisseur atteint 60 mètres aux Chavais, et dont la longueur aux affleurements est de 4.500 mètres. C'est l'un des bancs les plus extraordinaires du bassin; dans sa partie centrale, il renferme des blocs de plusieurs mètres cubes; vers ses extrémités, il passe graduellement au grès fin (2).

Un autre conglomérat singulier est le *Banc des Chavais* (3), intercalé au milieu de la Grande Couche. Dans sa partie médiane, il a 8 mètres d'épaisseur et renferme des blocs de 0<sup>m</sup>,60 de diamètre; sur son pourtour, à quelques centaines de mètres seulement, il passe graduellement à la houille.

En divers points du bassin, on rencontre des poudingues dont les éléments sont en majeure partie du terrain houiller remanié (4).

*Roches diverses.* — Outre les quatre groupes de

(1) Page 22, FIG. 14 et 15 et PL. II et III.

(2) PL. I et II et 3<sup>me</sup> section, ch. I.

(3) PL. XII, 3<sup>me</sup> section, ch. I.

(4) PL. XI et 3<sup>me</sup> section, ch. I et V.

roches dont il vient d'être question, le terrain houiller de Commentry renferme, en proportions relativement faibles, diverses roches telles que fer carbonaté, calcite, silice, pholélite, pyrite, etc. ; il est de plus traversé par une roche éruptive (porphyrite micacée) connue sous le nom de *dioritine*.

Chacune de ces roches sera l'objet d'une étude spéciale.

Je décrirai aussi en détail diverses particularités que je me borne à énumérer ici et qui jettent beaucoup de lumière sur l'origine et le mode de formation du terrain houiller, telles que :

Les troncs d'arbres disposés perpendiculairement aux strates ;

Le défaut de parallélisme des bancs ;

Les variations de nature et de puissance des bancs ;

La disparition de bancs et de faisceaux de bancs ;

La constitution irrégulière du toit et du mur des couches de houille ;

Les intercalations stériles au milieu des couches de houille ;

Les corrosions, refoulements, éboulements, plissements, les failles locales, les fausses stratifications et autres déformations houillères ;

Les bancs composés de débris d'autres bancs houillers ;

Le passage graduel des schistes, des grès et des poulingues à la houille, etc.

Avant d'aborder cette description, je parlerai d'abord des terrains qui encaissent la formation houillère et des roches qui la traversent.

PLANCHE II. — La Pl. II a pour but de montrer la forme du terrain houiller de Commentry, en profondeur,

avec la répartition et la disposition générale des couches de houille qu'il renferme.

FIG. 1. — *Plan au niveau du sol.* — Ce plan porte les lignes suivant lesquelles ont été faites les coupes verticales qui remplissent le reste de la planche.

On y voit aussi les affleurements de toutes les couches de houille connues dans le Bassin de Commeny.

Au Sud-Ouest du Bassin de Commeny se trouvent quatre petits bassins minuscules isolés : Sainte-Agathe, Pérassier, Cerclier et Bourdesoules.

Le terrain permien qui recouvre une partie du terrain houiller est limité par un trait pointillé avec la lettre P.

FIG. 2. — *Coupe verticale n° 2.* — Cette coupe faite à peu près au milieu du terrain houiller, dans le sens de la longueur, passe par le puits Sainte-Aline et le puits des Biolles.

Elle montre la position approximative du fond du bassin, qui dépasse 700 mètres à Sainte-Aline. Le fond se relève vers les Biolles, se rapproche beaucoup de la surface aux Forettes, replonge ensuite pour former le petit bassin des Ferrières.

Au milieu de la figure, une grande surface teintée par des hachures représente une partie du terrain houiller dont la constitution lithologique diffère notablement de celle des extrémités du bassin. Cette partie médiane Z<sup>1</sup> porte le nom de zone de Montassié ; la partie Est Z<sup>2</sup> s'appelle zone de Longeroux, et la partie Ouest Z<sup>3</sup> zone des Ferrières.

A l'Ouest, une nappe permienne P commence sur le terrain houiller et se renfle en avançant sur la *Grande Couche de houille*. En allant de l'Est à l'Ouest, on rencontre sur la coupe n° 2 les couches de houille suivantes :

a, petite couche de quelques centimètres d'épaisseur dans les poudingues de Longeroux ;

b, petite couche de houille, dite du *Pré Mayet*, de 0<sup>m</sup>,50 à 1 mètre d'épaisseur, ayant pour toit la roche Sainte-Aline ;

c, la *Grande Couche*, dont la puissance aux affleurements en ce point est de 12 mètres ; cette couche plonge, forme un fond de cuvette et reparait plus loin en c' ;

d, couche des *Grès Noirs* ;

e, couche des *Pourrats*.

Ces deux couches forment aussi des fonds de cuvette à peu près concentriques et de plus en plus petits au-dessus de la Grande Couche ;

c', nouvel affleurement de la Grande Couche ou plutôt de la branche supérieure de la Grande Couche ;

f, g, h, ramifications de la Grande Couche, vient ensuite un long espace sans houille ;

i, petite veine rencontrée par le puits des Biolles, à 320 mètres de profondeur ;

j, petite couche anthraciteuse reposant directement sur le granite ;

k, petite couche impure d'environ 0<sup>m</sup>,50 d'épaisseur ;

l, grande couche des Ferrières qui atteint en quelques points 20 mètres d'épaisseur ;

m, veinules de houille de 0<sup>m</sup>,20 à 0<sup>m</sup>,50 d'épaisseur, irrégulières, impures, rencontrées sous la roche Sainte-Aline, à peu près dans le même horizon que la couche b.

*Coupes verticales n° 3 et n° 3 bis.* — La coupe n° 3 passe par le puits Saint-Etienne, du Marais, et le puits des Forettes, des Ferrières.

Elle est entièrement dans la zone lithologique Z<sup>1</sup>, de Montassiégé.

\* On voit au Nord, tout près du terrain primitif, une petite lentille d'anthracite *n* et un peu au-dessus une autre lentille d'anthracite *o* plus importante ; cette dernière a 15 mètres de puissance en son milieu.

Là, le terrain houiller est recouvert par une nappe permienne de 30 mètres d'épaisseur, qui ne tarde pas à disparaître vers le Sud.

Aux Forettes, on voit de nouveau la couche anthraciteuse *j* reposant sur le granite et les veinules..... *k l*.

*Coupe n° 4.* — Cette coupe, tout entière dans la zone des grès à blocs de Montassiégé, ne rencontre que la veine de houille *i* du puits des Biolles.

Au Nord, on voit une nappe permienne *P*.

*Coupe n° 5, passant par le puits Sainte-Aline.* — La masse du terrain appartient à l'Est à la zone lithologique de Longeroux, et à l'Ouest à la zone de Montassiégé. Le Permien apparaît de ce côté en *P*.

Sous la roche Sainte-Aline, on voit les veinules de houille *b, m, u*.

Au-dessus de cette roche, la Grande Couche *c c'*, à laquelle se relie la couche des Grès Noirs *d* et la couche des Pourrats *e*.

*Coupe n° 6, passant par le puits du Douze-Juillet et le puits du Bourg.* — Le fond du bassin est constitué par les roches de Montassiégé *Z<sup>1</sup>* ; le dessus par les roches de Longeroux *Z<sup>2</sup>* et par la zone mixte *Z<sup>5</sup>*.

On ne voit pas de houille dans la zone inférieure.

Dans les zones supérieures, on voit six couches de houille ; c'est d'abord au Nord près de la base du terrain houiller, la couche anthraciteuse *p*, puis les couches de houille *q, r* (cette dernière sous la roche Sainte-Aline) ; ensuite la Grande Couche *c* avec 12

mètres d'épaisseur aux affleurements : cette couche perd peu à peu sa puissance dans le fond du bassin et disparaît vers le puits du Douze-Juillet, à 320 mètres de profondeur.

La couche des Grès Noirs *d* disparaît aussi peu à peu en profondeur.

Même chose pour la couche des Pourrats *e*.

L'intervalle entre la Grande Couche et la couche des Pourrats qui est de 240 mètres aux affleurements n'est plus que de 70 mètres au point où ces couches disparaissent vers le fond du puits du Douze-Juillet.

Il n'y a plus de couches de houille au-dessus de la couche des Pourrats.

*Coupe n° 7.* — Cette coupe montre que la couche des Pourrats et la couche des Grès Noirs se relie à la Grande Couche vers Longeroux et qu'elles s'en éloignent de plus en plus dans la direction de l'Ouest ; elle montre encore que les veines *f*, *g*, *h* se relie également à la Grande Couche. Ces diverses couches font un peu comme les branches d'un éventail à moitié déplié dont la pointe serait en *c*.

Au-dessous des couches de houille se trouve la roche Sainte-Aline, dont la puissance atteint jusqu'à 45 mètres.

*Coupe n° 8, passant par le puits des Forettes et le puits du Manège, aux Ferrières.* — Au Sud, la zone lithologique de Montassiégé *Z*<sup>1</sup> ; au Nord, la zone des Ferrières *Z*<sup>3</sup>.

Dans la zone de Montassiégé : *j* couche d'anthracite reposant en partie sur le granite.

*k*, petite couche impure d'environ 0<sup>m</sup>,50 d'épaisseur.

*l*, Grande Couche des Ferrières qui atteint en quelques points 20 mètres d'épaisseur.

Dans la zone des Ferrières :

X, couche de houille dont l'épaisseur atteint, en certains points, 10 mètres.

Au-dessus, en P, nappe permienne.

*Coupe n° 9.* — Montre la couche *l*, sous un autre aspect, mince et même nulle en haut, avec un renflement de 25 mètres et un amincissement complet en bas.

Pas de houille ici dans la zone Z<sup>3</sup>.

*Coupe n° 10.* — *Coupe faite suivant l'inclinaison d'une petite couche S.* — Cette couche disparaît par intervalles et est remplacée par des bancs du toit qui ont glissé sur un plan ondulé qui descend peu au-dessous du mur de la couche.

*Coupe n° 11.* — *Coupe suivant l'inclinaison vers le puits de l'Ouest.* — Un glissement des bancs supérieurs a refoulé en *t'* la houille de la couche *t*, qui reprend peu à peu sa puissance ordinaire en aval en *t''*.

## DEUXIÈME SECTION

## TERRAIN PRIMITIF ET ROCHES ÉRUPTIVES

Le terrain houiller de Commentry est bordé sur la moitié environ de son pourtour par des schistes cristallins, sur l'autre moitié par du granite ; une ligne Nord-Sud, passant par l'axe du bassin, laisse les gneiss et micaschistes à droite et le granite à gauche (PL. I).

D'innombrables filons de granulite sillonnent les schistes cristallins et le granite ; on rencontre aussi, autour du terrain houiller, des filons de micro-granulite, de porphyre, de quartz, de barytine et de fluorine (1).

D'après les relations qui existent entre les diverses roches du bassin, on peut représenter comme suit l'ordre de leur apparition ou de leur formation à Commentry :

- |    |   |                           |
|----|---|---------------------------|
| 1° | } | Gneiss,<br>Micaschistes ; |
| 2° | } | Granites ;                |
| 3° | } | Granulites,<br>Quartz ;   |

---

(1) J'ai suivi les définitions et classifications du *Traité de Géologie* de M. de Lapparent.

On trouvera plus loin (4<sup>me</sup> partie) des études micrographiques faites par M. de Launay et par M. Stanislas Meunier ; le premier s'est occupé de toutes les roches en général ; le second s'est occupé plus particulièrement d'une porphyrite micacée, la *dioritine* et de la roche Sainte-Aline.

- 4° Micro-granulites ;
- 5° { Anthracifère de Merlerie (Commentry),  
Porphyre petro-siliceux,  
Coulées de silice ;
- 6° { Houiller de Commentry,  
Houiller de Montvicq (base) ;
- 7° { Dioritine,  
Houiller de Montvicq (partie supérieure),  
Houiller de Pérassier (Commentry) ;
- 8° { Permien,  
Coulées de silice,  
Porphyre petro-siliceux ?
- 9° Barytine et fluorine ;
- 10° Alluvions.

#### GNEISS ET MICASCHISTES

La longue bande, à texture rubannée, qui limite le terrain houiller au Nord-Est, depuis le Marais jusqu'à Colombier, et dont la largeur varie de 300 à 1.500 mètres est en *micaschiste* ; le massif Sud-Est, de Merlon et Bazergue, est en *gneiss*. Cés deux terrains se présentent rarement à l'état de roche franche ; ils sont presque partout *granulitiques* (1).

*Micaschiste* (A<sup>m</sup> PL. I et III et FIG. 13, page 21). — La bande de micaschiste Nord-Est donne lieu aux observations suivantes :

1° L'orientation se rapproche de celle du grand axe du terrain houiller et la plongée générale des strates de celle des bancs houillers voisins ; le micaschiste est ainsi comme une sorte d'étage inférieur sur lequel repose le terrain houiller ;

2° La roche primitive est généralement plus feuil-

---

(1) Voir 4<sup>me</sup> partie.

letée du côté du terrain houiller que du côté du granite. Près de Colombier, sur les talus de la route, le micaschiste ressemble à certains schistes houillers ; en face, aux Boussats, du côté du granite, la limite entre les deux roches est incertaine ; il y a comme un passage graduel de l'une à l'autre. Cependant la transition est quelquefois brusque et nette ; à l'Est, près la Merlerie, un seul filon de granulite de quelques mètres d'épaisseur, sépare le granite franc du micaschiste franc ;

3° Au milieu du micaschiste, près Colombier, on voit des schistes amphiboliques accompagnés d'asbeste et de fer oxydulé. L'amphibole, sur certains points, est pure, d'un beau vert, très dure. L'asbeste (trimolite) est en grandes plaques fibreuses blanches. Tout près se trouvent des filons de granulite blanche.

Le quartz forme quelques beaux filons au milieu du micaschiste à Merlerie et au Boussat ;

4° La granulite, très abondante dans la bande Nord-Est, s'y trouve à la fois en filons dont l'épaisseur atteint jusqu'à quarante mètres, et en veinules très minces, de quelques millimètres ;

5° On voit à Signevarine dans le granite deux filons de granulite, de direction Nord-Sud, qui disparaissent presque subitement en arrivant au micaschiste ; la pâte du filon s'éparpille, se fond pour ainsi dire en s'injectant au milieu des feuilletés du micaschiste. C'est l'un des exemples les plus remarquables du phénomène d'injection si fréquent d'ailleurs dans la région ;

6° *Micaschiste bréchiforme.* — A l'ouest du passage à niveau des Raynauds, dans une tranchée du chemin de fer, le micaschiste est bréchiforme ; au milieu de la masse, on voit, par places, sur 50 à 60 mètres de longueur et 5 à 10 mètres de hauteur, des accumulations de fragments de même nature que la roche encaissante,

sorte de galets grossièrement arrondis, associés à des grains plus fins. Ces galets ne sont pas lisses, polis comme des cailloux de rivières, mais plutôt anguleux. Ils sont surtout abondants près d'un groupe de filons de granulite, de quartz et de fluorine, où le quartz coupe la granulite et est coupé par la fluorine.

La présence des galets paraît pouvoir s'expliquer par un premier fendillement de la masse, antérieur aux granulites ; des fragments, détachés des parois des fentes, se sont arrêtés dans les anfractuosités ; plus tard la masse s'est de nouveau ouverte, puis refermée ; des surfaces de glissement et des cassures nombreuses attestent que des frottements ont eu lieu.

Le bassin offre d'autres exemples de micaschiste et de granite bréchiformes ; aucun n'est aussi remarquable que celui des Raynauds. Là, la brèche cristalline a bien plus l'apparence d'un terrain sédimentaire que le conglomérat de Sainte-Aline.

#### GNEISS.

Le *gneiss* (A<sup>e</sup> PL. I et III et FIG. 13, page 21) du Sud-Est paraît subordonné aux micaschistes ; il est de même nature que le grand massif de La Peyrouze, dont il semble avoir été détaché par le massif granitique qui sépare la ligne des terrains houillers de Saint-Eloy, Le Montet et Noyant, de celle des terrains houillers de Commentry, Doyet-Montvicq, Buxière.

Les filons de granulite sont aussi nombreux dans le gneiss de Merlon que dans le micaschiste des Bourrus ; mais leur pâte est blanche.

Sur la route de Colombier à La Peyrouze, près le Mont, le gneiss, régulièrement injecté, est devenu *glanduleux*.

Parfois la granulite se divise en mille petites veinules

qui font de la roche fondamentale une véritable variété à laquelle M. Michel Lévy donne le nom de *gneiss granulitique*. Ce phénomène est très net vers Bazergue et autour du Réservoir ; vers ce dernier point se trouvent de beaux filons de pegmatite à grandes plaques de mica et à cristaux de tourmaline ; l'apatite y est assez abondante ; il s'y trouve aussi un filon de serpentine.

#### GRANITE.

Le bassin de Commentry renferme du granite *commun*, du granite *porphyroïde* et un granite à *grains fins*.

*Granite commun ou à grains moyens*. — Règne le long de la bande de micaschiste nord-est, sur quelques centaines de mètres de largeur ; au-delà, des cristaux d'orthose, d'abord rares, puis plus nombreux et plus gros, font passer la roche à la variété porphyroïde.

Les filons de granulite, encore fréquents dans le voisinage du micaschiste, deviennent moins nombreux à distance.

Le granite commun du nord-est est gris (B<sup>a</sup> Pl. I et III).

Un autre massif, de couleur rose brun (B<sup>b</sup>), existe à l'ouest au Plaix. Granite et granulite sont aussi plus foncés dans cette région qu'ailleurs, peut-être est-ce dû aux filons de micro-granulite.

*Granite porphyroïde ou à dents de cheval* (B<sup>d</sup>). — Fait suite au nord-est au granite commun ; au sud il constitue la limite du terrain houiller.

Ne diffère du granite commun que par ses cristaux d'orthose qui ont jusqu'à huit centimètres de longueur.

Les filons de granulite y sont moins fréquents que dans le granite commun.

Sur un point, à Hyds, le feldspath devient rose, nacré et le mica aiguillé.

*Granite à grains fins* (B<sup>c</sup>). — Variété à grains très fins, qui forme un massif assez important au sud-est vers Nérès (1).

Il est remarquable que le granite soit représenté, sur un si faible espace, par des variétés aussi différentes, caractérisant pour ainsi dire chaque localité.

*Fragments de micaschiste empâtés.* — En divers points, notamment à Doyet, le granite renferme des fragments de schiste cristallin, nettement limités, sorte de galets anguleux empâtés par la masse granitique.

*Blocs errants.* — En divers points la surface granitique est couverte de blocs de quelques décimètres à quelques mètres cubes. Un champ de blocs est à Père-Mathieu au sud, un autre au nord, à Bord. Souvent, dans le voisinage, quelque crête saillante où se trouvent des blocs à demi détachés, révèle l'origine des autres ; il est visible que les blocs errants sont des parties dures qui ont résisté pendant que la masse était désagrégée par les actions météoriques, et qui se sont peu ou pas déplacées, pendant que les parties arénacées étaient entraînées au loin.

L'arène gratinique ou tuf existe parfois sur plusieurs mètres d'épaisseur.

#### GRANULITE (2).

La granulite est la formation éruptive dominante de la région ; on la trouve au milieu du gneiss, du mica-schiste et du granite, en minces veinules et en filons de toutes épaisseurs jusqu'à 40 mètres ; à Fontbonne elle constitue un vaste massif au milieu duquel le gneiss est relativement rare.

---

(1) 4<sup>m</sup>e partie.

(2) 4<sup>m</sup>e partie.

Quelques filons se poursuivent sans interruption sur 600 à 700 mètres de longueur ; il y en a que l'on peut suivre par leur saillie sur le sol, malgré des solutions de continuité, sur plusieurs kilomètres.

La direction des filons de granulite est très variable ; un certain rapport existe cependant entre la direction générale des filons et celle des bords les plus voisins du bassin houiller.

L'aspect de la granulite est variable ; chaque quartier semble avoir son type. Ainsi, la roche est rose au nord-est, blanche au sud, grise au nord, rose brun à l'ouest. Mes recherches sur l'origine des sédiments houillers m'ont conduit à distinguer les variétés de granulites suivantes :

1° *Granulite rose* (C<sup>r</sup>). — Couleur rose, aspect grenu ; renferme assez souvent des paillettes de mica noir.

Le grain peut devenir très fin et le quartz s'isoler, de manière à simuler un porphyre.

La roche devient parfois pegmatoïde, à grands cristaux de feldspath et de mica (à la prise d'eau de la ville).

Quelques filons sont accompagnés de quartz. Plusieurs ont des fissures à fluorine et barytine (aux Raynauds).

Gisements : au nord-est des Bourrus, à Colombier ; au sud-est, vers Boussier. Beaucoup de ces filons sont exploités pour l'empierrement des routes.

Au nord-est, il y a de la granulite rose aussi bien dans le granite que dans le micaschiste ; au sud-est, la granulite rose s'arrête dans le granite ; elle devient blanche à peu de distance dans le gneiss.

Dans le granite on voit souvent de très petites ramifications partant du filon principal ; dans le micaschiste, la granulite tend à se diviser entre les feuillets. J'ai déjà signalé les filons de Signevarine qui, en pas-

sant du granite au micaschiste, disparaissent par une extrême division dans la masse schisteuse.

Plus loin à l'est, vers Merlerie, la granulite rose est très micacée, et à mica orienté. C'est une variété *gneissique* caractéristique de cette région ;

2° *Granulite grise*. — Diffère de la précédente, surtout par la couleur du feldspath ; elle est aussi généralement plus grenue. Se présente en minces veinules et en filons puissants.

Se trouve presque exclusivement dans la partie nord de la bande de micaschiste, vers les Bourrus ;

3° *Granulite brune* (C<sup>b</sup>). — Couleur rouge brun ; grains moyens. Très abondante en filons de toutes épaisseurs dans la région du Plaix ;

4° *Granulite blanche* (C<sup>a</sup>). — Filons extrêmement nombreux dans le gneiss, au sud-est. Tantôt à grains fins et fortement micacée, tantôt à grains plus gros ; passant assez souvent à la pegmatite. Renferme parfois de grands cristaux de tourmaline (à la prise d'eau de la ville).

A Saint-Angel la granulite blanche devient saccharoïde ;

5° *Granulite blanche à grenats* (C<sup>m</sup>). — Variété de granulite blanche renfermant des grenats parfois en grand nombre et dont le diamètre atteint 10 millimètres.

Deux beaux filons de granulite à grenats se trouvent le long du ruisseau la Banne, un peu en amont des Mazelles ; deux autres filons semblables se trouvent près Fontbonne.

Ces deux groupes de filons sont dans le gneiss. Ils sont riches en minéraux intéressants, tourmaline, cordiérite, sillimanite, etc..... (1).

---

(1) 4<sup>m</sup>e partie,

6° *Granulite porphyrique ou elvanique* (C°). — A pâte rose, très fine, sur laquelle se détachent des cristaux comme dans un porphyre. Cette variété est assez rare; nous ne l'avons rencontrée qu'aux Raynauds et aux Bourrus, dans la bande de micaschiste où elle paraît être un prolongement et un état particulier des filons roses (C<sup>r</sup>). Ressemble beaucoup à certains porphyres globulaires.

On remarque, d'une manière générale, que la granulite est plutôt blanche dans le gneiss et rose dans le granite; il y en a de la rose et de la grise dans la bande de micaschiste nord-est; elle est de couleur rose brun, comme la micro-granulite et comme le granite lui-même, à l'ouest, au Plaix. Ces différentes nuances semblent résulter d'actions métamorphiques exercées par la masse fondamentale sur la granulite et réciproquement.

*Action orogénique de la granulite.* — Les éruptions de granulite ont dû modifier considérablement le relief du sol; aux Bourrus et à Merlon, par exemple, où la proportion de granulite dépasse un cinquième de la masse totale (1), on ne saurait évaluer à moins de 200 mètres le soulèvement produit par ces éruptions; il suffit, en effet, que le sol renferme la même proportion de granulite sur un kilomètre de profondeur pour que le soulèvement ait été de 200 mètres, car dans un massif donné, le niveau moyen du sol est exhaussé autant par une injection verticale que par une nappe horizontale de même volume. Si l'on admet que, sous la même surface, la roche éruptive occupe le même volume relatif sur deux, trois kilomètres de profondeur, on en doit conclure que le sol a été soulevé deux fois, trois fois plus, c'est-à-dire de 400, de 600 mètres.

---

(1) Cette proportion arrive même à un tiers.

Il résulte de là que, quelle que fût l'orographie de la région de Commentry avant l'éruption des granulites, le sol devait présenter, à la fin de cette période éruptive, des inégalités de plusieurs centaines de mètres de hauteur.

#### MICRO-GRANULITE (1).

Dans les environs immédiats du terrain houiller il n'existe de micro-granulite que dans la région ouest, au Plaix. Les filons sont assez nombreux et ont de quelques centimètres à 40 mètres d'épaisseur. Direction Nord-Ouest, Sud-Est.

La pâte est fine, avec cristaux de quartz et de feldspath et paillettes de mica; la couleur varie du brun rouge au brun verdâtre.

Est-ce l'influence métamorphique de la micro-granulite qui a teinté de rouge les granites et les granulites de la région? C'est probable.

#### PORPHYRE.

##### 1° *Porphyre petro-siliceux* (2).

De nombreux galets de porphyre petro-siliceux existent dans le terrain houiller, dans la région de Colombier; nous n'avons pas trouvé de filon de même nature dans l'espace embrassé par la Pl. I; il y en a plus loin, au sud, vers Saint-Eloy et au nord-est (Fig. 13, page 21).

Il se peut qu'un filon de porphyre petro-siliceux existe et que nous ne l'ayons pas rencontré, soit parce qu'il est mince, soit parce qu'il est couvert.

---

(1) 4<sup>me</sup> partie.

(2) 4<sup>me</sup> partie.

2° *Dioritine* (Porphyrite micacée) (1).

On confond sous ce nom, à Commentry, diverses variétés de *porphyrite micacée* qui se présentent sur un assez grand nombre de points du terrain houiller et des environs. Ces roches étant décrites minutieusement plus loin au point de vue minéralogique (2), je me bornerai ici à parler de leur gisement et des actions métamorphiques qu'elles ont exercées sur leur passage.

Autour du terrain houiller, la dioritine constitue de nombreux filons le long de la lisière sud-ouest, aussi bien dans le gneiss que dans le granite; il y a aussi des filons à l'ouest, vers le Plaix, au milieu du granite et de la granulite, d'autres plus éloignés encore dans le gneiss, vers Montluçon; on n'en connaît pas dans la bande de micaschiste nord-est.

Plusieurs filons du sud-ouest sont accompagnés de quartz, de fluorine et de barytine (PL. I). Le filon de Boussier, divisé en deux par un filon de quartz, est complètement imprégné, modifié, durci par la silice.

Le filon, situé au milieu de la granulite des Ferrières (PL. I et PL. XIX, FIG. 8), empâte de nombreux fragments de cette dernière roche.

Dans le terrain houiller, la dioritine est surtout abondante à l'Est, le long de la limite et dans le voisinage de la Grande-Couche à Saint-Front; il y en a aussi quelques pointements, aux Ferrières. Le vaste massif de grès à blocs de Montassiégé paraît en être dépourvu.

---

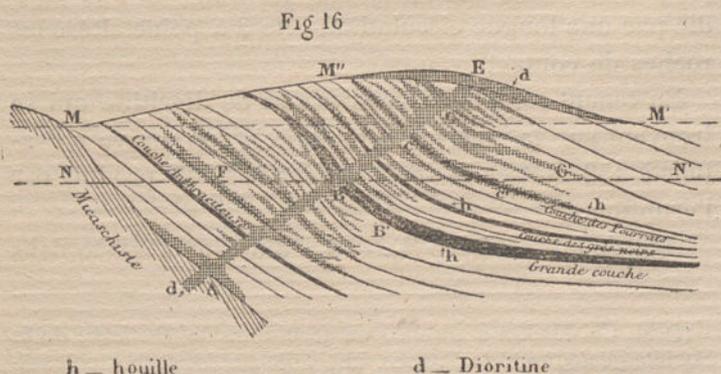
(1) C'est Cordier qui a donné à ces roches le nom de *dioritine* qui a été adopté par Boulanger et qui est resté usité à Commentry.

(2) 4<sup>me</sup> partie.

*Coulées de Saint-Front.* — Les chemins, les tranchées et l'exploitation souterraine ont permis d'observer attentivement les coulées voisines de Saint-Front et de rattacher à une même éruption les masses du Bourg, de Champfromenteau et de Longeroux, malgré leur isolement apparent et des caractères minéralogiques sensiblement différents.

Les FIG. 1 à 7 (PL. XIX), dont on trouvera la description ci-après, sont consacrés aux principales particularités que présentent les diverses masses de Saint-Front.

On verra que l'action métamorphique de la diorinite a été tantôt très puissante (puisqu'elle a fondu des grès et calciné la houille), tantôt à peu près nulle ; que la roche éruptive a parfois dérangé beaucoup les bancs qui se trouvaient sur son passage, tandis que d'autres fois elle s'est insinuée et comme interstratifiée au milieu des couches houillères ; qu'au Bourg (F) et à Saint-Edmond (B<sup>b</sup>) la pénétration s'est faite de bas en haut, tandis qu'à Champfromenteau (C'G') elle s'est manifestement faite de haut en bas.



La FIG. 16 donne une idée du phénomène qui a dû s'accomplir.

NN' indique la surface actuelle du terrain houiller ; MM' le niveau de la surface houillère au moment où l'éruption se produisit ; MM'' M', la surface immédiatement après l'éruption. Tout ce qui est figuré au-dessus de NN' a été enlevé par l'érosion.

La dioritrine s'étant frayé un chemin dans le mica-schiste jusqu'en A, pénétra dans le terrain houiller, rencontra la Grande-Couche en B, la couche des Pourrats en C, et, arrivant à la surface en E, s'épancha et forma le chapeau M''EM'. En cheminant dans le terrain houiller, elle brisa et souleva les strates, s'infiltra entre les couches et forma, en dessus et en dessous du filon principal AE, des nappes obliques ou interstratifiées.

Ainsi s'explique la venue apparente de bas en haut en F (route du Bourg) et celle de haut en bas de la couche des Pourrats en C' (PL. XIX).

La tranchée Saint-Edmond a permis de voir le passage de la roche éruptive à travers les banes du mur de la Grande-Couche en B, et son épanouissement en dessus et en dessous BB', Fig. 16 ci-dessus.

La roche très chaude entre A et B a fondu les grès, porcelanisé les schistes, calciné la houille ; en C', refroidie par une longue circulation, elle a à peine altéré les roches de contact.

En tenant compte des épaisseurs de dioritrine qui se trouvent sur la surface actuelle NN', on arrive à évaluer à 150 mètres le soulèvement MM''M' produit par l'éruption.

*Age de la dioritrine* (1). — La dioritrine n'existe dans

---

(1) M. Ch. Martin a publié, en 1850, dans le *Bulletin de la Société géologique de France*, une note sur les roches volcaniques du bassin de Commeny, dans laquelle il dit que les dioritines sont de l'âge des trachytes et des basaltes d'Auvergne. Il croyait en trouver la preuve : 1° dans une certaine ressemblance physique ; 2° dans une analogie remarquable de

le terrain houiller de Commeny qu'à l'état éruptif ; elle a partout dans ce terrain l'allure d'une roche qui a pénétré violemment au milieu des couches houillères.

A Montvicq, le terrain houiller est également coupé par la dioritrine sur toute sa hauteur ; mais, de plus, la roche éruptive existe à l'état de galets dans les bancs de poudingues de la moitié supérieure du terrain houiller. Les galets de dioritrine apparaissent dans les assises houillères à 50 mètres au-dessous de la couche n° 3 ; ils ont jusqu'à 0<sup>m</sup>,10 de diamètre ; ils sont bien arrondis, en partie décomposés. Ils sont de même nature que les filons qui ont coupé la partie inférieure du terrain houiller.

L'un des tout petits bassins houillers qui se trouvent au Sud-Ouest de celui de Commeny, le bassin de Pérassier (Pl. II, coupes 1 et 12) permet de saisir la simultanéité des actions éruptives et sédimentaires.

Le dépôt de Pérassier a environ 500 mètres de longueur et 250 mètres de largeur ; à sa base, il est constitué par des grès granitiques renfermant quelques petits galets anguleux de granite et de granulite ; au quart de la hauteur se trouve un conglomérat encore exclusivement granitique et granulitique ; puis des grès, d'aspect porphyrique, dont la pâte est de la dioritrine englobant des grains granitiques, et des conglomérats renfermant des blocs de granite, de granulite et de dioritrine qui atteignent un mètre de diamètre.

Les boules de dioritrine sont de même nature que le

---

composition constatée par Ebelmen entre la dioritrine de Saint-Edmond et un domite du Puy-de-Dôme ; 3° dans la forme de boules à zones concentriques, présentée également par des dioritines et des basaltes ; 4° enfin, dans la direction sur Commeny, de la ligne des puys de Gromanoux, de Dôme et de Chopine, qui ne sont qu'à 55 kilomètres de distance.

filon de Cerclier ; quelques-unes se divisent en sphères concentriques ; on y trouve des vacuoles allongées, tantôt vides, tantôt remplies de chaux carbonatée.

Le petit pointement granitique qui a dérangé les couches de grès de la base du dépôt, paraît s'être produit au moment de l'éruption de la diorite. La forme anguleuse des blocs granitiques, la grosseur et la nature des boules de diorite, prouvent que les éléments du dépôt ont été empruntés au voisinage immédiat.

Le petit bassin de Cerclier (de 200 mètres de longueur) est remarquable aussi par les blocs de diorite qu'il renferme.

L'absence de galets de diorite dans le terrain houiller de Commentry, la présence de ces galets à la partie supérieure du terrain houiller de Montvicq et dans les îlots de Pérassier et de Cerclier, montrent que lorsque la diorite fit sa première apparition, le terrain houiller de Commentry était entièrement formé, que celui de Montvicq n'était qu'à moitié de sa hauteur, et que les îlots houillers de Pérassier et de Cerclier sont très postérieurs au terrain houiller de Commentry.

#### PLANCHE XIX.

FIG. 1, 2, 3. — *Tranchée Saint-Edmond.* — La tranchée Saint-Edmond a mis à découvert l'une des branches les plus importantes de la coulée de diorite de la région Saint-Front.

Sur 200 mètres environ de longueur, la diorite est mêlée, au niveau du sol, à la Grande-Couche et aux bancs voisins, qu'elle a profondément tourmentés et altérés. Son action sur la Grande-Couche, très forte sur 100 mètres de longueur, s'atténue peu à peu dans tous les sens ; verticalement, les dernières ramifications de la

dioritine ne descendent pas au-dessous de 70 mètres de profondeur.

FIG. 1. — *Coupe verticale suivant l'inclinaison de la Grande-Couche, à l'extrémité Est de la tranchée Saint-Edmond.* — A 50 mètres à l'Ouest du point où la coupe a été faite, la Grande-Couche a 11 mètres d'épaisseur et une allure régulière, comme celle qui est figurée en BCDE; elle est d'ailleurs en houille de bonne qualité. La dioritine se montre là en petits filets épars dans la Grande-Couche; en se rapprochant, on voit les traces de dioritine se multiplier, et, en même temps, la qualité de la houille se modifier peu à peu. En AB FIG. 1, c'est un charbon analogue à certaines parties de la Grande-Couche longtemps calcinées par les incendies souterrains, sans gaz, très difficile à enflammer, et généralement très imprégné de matières terreuses.

La Grande-Couche est altérée ainsi sur 200 mètres de longueur; au-delà, à l'Est, elle reprend peu à peu son allure et sa qualité ordinaires.

En profondeur, l'influence de la dioritine ne se fait plus sentir à 70 mètres au-dessous du sol.

La FIG. 1 montre, sur 30 mètres de hauteur, la Grande-Couche et les bancs du toit injectés de dioritine. En A une branche pénètre à travers les bancs du mur; c'est au-dessus de ce point que les désordres sont le plus considérables; la couche et les bancs supérieurs voisins sont bouleversés. Plus haut dans le toit, on aperçoit encore, de distance en distance, en F, des filets de dioritine au milieu des grès et des schistes.

FIG. 2. — *Partie ABEO de la FIG. 1 à plus grande échelle.*

Au mur de la Grande-Couche se trouvent quelques bancs de grès assez réguliers, séparés par des veinules schisteuses. Ces bancs sont traversés en A par un filon de dioritine. Arrivé à la houille, le filon se renfle, s'épanouit, se ramifie, prend en dessus la place de la Grande-Couche, pénètre dans les bans du toit, occupe aux affleurements presque toute la surface GH, descend dans la houille et dans le toit en nappes ou filets qui s'amincissent et disparaissent à 70 mètres de profondeur.

En H, H, on voit des lambeaux de la Grande-Couche noyés au milieu de la roche éruptive ; en s, s, des fragments de schistes du toit, déplacés et entraînés, empâtés dans la dioritine ; en P, P' des débris de bancs du mur soulevés à la place de la Grande-Couche ; en K des grès et schistes du toit brusquement relevés.

Tout ce bouleversement est local. A quelques mètres au-dessus, les bancs du toit prennent leur allure régulière ; il en est de même à quelques dizaines de mètres en aval et de chaque côté en direction.

*Dioritine.* — En A, la roche est blanche comme de la chaux (et tendre alors), jaunâtre, verdâtre ; texture fluidale, globulaire (amandes allant à 2<sup>c</sup>/m).

Au contact de la houille ou des schistes charbonneux, la dioritine est presque toujours limitée par des filets ferrugineux F, F. Des fragments ferrugineux semblables se trouvent aussi au milieu de la masse éruptive.

La couleur blanche et les concentrations ferrugineuses qu'on rencontre dans la houille doivent provenir de la réduction lente des sels de fer par les hydrocarbures dégagés par la houille. Les silicates ont été kaolinisés, et les sels de fer transformés en carbonates.

*Houille.* — Elle est profondément modifiée, fondue, carbonisée, très dure ou pulvérulente.

*Schistes et grès.* — Quelques veinules sont fondues.

FIG. 3. — La FIG. 3 représente l'extrémité d'une infiltration de la coulée de Saint-Edmond entre des bancs de grès et de schistes, à 200 mètres environ à l'Est de la coupe FIG. 2.

La dioritine est interstratifiée ; de loin on la prendrait pour un banc de grès ; il y a une petite interruption en B, puis la nappe se termine en pointe en c. On peut voir cette nappe sur 60 mètres de longueur.

FIG. 4. — La FIG. 4 montre une paroi de la carrière de Longeroux.

A la partie inférieure, des bancs de grès A, assez réguliers, exploités comme pierre à bâtir.

Au-dessus, des alternances très irrégulières de schiste B, et de dioritine c.

Abondante en amont, la dioritine s'amincit rapidement en aval et ne tarde pas à disparaître. Les lambeaux c, c<sup>1</sup>, c<sup>2</sup>, c<sup>3</sup>, c<sup>4</sup>, qui se sont infiltrés à la place du banc de schiste B en le refoulant, sont de plus en plus petits à mesure qu'on descend ; au-delà du point B, le banc de schiste reprend une allure régulière.

Le lambeau de grès R est de même nature que le banc A et paraît avoir été arraché à la partie supérieure et refoulé en aval en même temps que le schiste B.

Les nappes c<sup>5</sup> et c<sup>6</sup> perdent rapidement leur épaisseur en descendant.

Tout dans cette coupe indique une pénétration violente de la roche éruptive dans le terrain houiller du haut vers le bas.

La dioritine est de couleur jaunâtre comme la partie A<sup>4</sup> de la FIG. 2. Le pourtour des nappes, et surtout des masses isolées, est craquelé, fendillé.

FIG. 5. — Coupe verticale, à 30 mètres de profondeur, dans la région de Longeroux.

Une nappe de dioritine D<sup>1</sup>D<sup>2</sup> sert de mur à une couche de houille H; une couche de schiste, presque verticale, traverse la dioritine en S.

La houille ne paraît pas sensiblement altérée au contact de la dioritine.

On remarque encore des fendillements multiples dans la dioritine au contact des autres roches.

FIG. 6. — Coupe verticale prise sur le talus du chemin de Champfromenteau à Longeroux. — Au milieu d'une masse considérable de dioritine, qui constitue le sol sur une assez grande étendue, on voit en AB quelques bancs de grès, de schiste et de houille, la plupart verticaux, froissés, dérangés et injectés par la roche éruptive.

Les strates de houille AB sont horizontales; à côté, en CD, elles sont verticales; les schistes DE, et les grès GH, IJ, sont visiblement comprimés. Tout l'ensemble a le caractère d'une masse violemment déplacée.

Au contact de la houille et des schistes, la dioritine est limitée par des lits ferrugineux (veinules de quelques centimètres).

Dans la masse éruptive, en AD et MN, on remarque une décomposition générale très avancée, qui a rendu la roche meuble, au milieu de la masse une sorte de subdivision en boules à zones concentriques, dont le centre est parfois vert et très dur; sur certains points, de petites veinules quartzeuses de quelques centimètres au plus d'épaisseur, espacées de 10 à 20 centimètres.

FIG. 7. — Coupe de la couche des Pourrats, à 50

mètres de profondeur, sous Champfromenteau. — Sur une longueur de 150 mètres, la couche des Pourrats est profondément dérangée et modifiée à ses affleurements par la dioritine ; toute trace de cette roche éruptive a disparu à la profondeur de 60 mètres.

La FIG. 7 représente l'allure de l'injection porphyrique, vers ses limites, dans la couche des Pourrats : ce sont de petits rognons allongés dans le sens des strates, paraissant isolés, mais raccordés en réalité sur d'autres points de la couche.

La dioritine est blanche ; autour de chaque rognon, la houille est fendillée normalement et pénétrée, sur quelques centimètres, d'une fine matière blanche. L'allure générale de la couche ne paraît pas modifiée.

FIG. 8. — *Dioritine dans la granulite, près de la gare des Ferrières.* — Ce filon est sur le terrain primitif, et l'échantillon FIG. 8 provient d'une partie située au milieu d'un énorme filon de granulite.

La dioritine à pâte fine, jaunâtre, renferme beaucoup de paillettes de mica M (teinte brun foncé) et un grand nombre de fragments de granulite de même nature que le filon traversé (type C<sup>b</sup>). Ces fragments de granulite (G teinte rose) ont toutes les dimensions jusqu'à 5 centimètres.

FIG. 9. — *Dioritine dans le gneiss.* — A Merlon, les filons de dioritine sont nombreux au milieu du terrain primitif.

La FIG. 9 montre des alternances de dioritine D et de gneiss granulitique G.

En A, la dioritine empâte de nombreux fragments de gneiss.

B, B sont deux filonnets de barytine traversant la dioritine.

## QUARTZ.

Le quartz *éruptif* existe dans la région de Commen-try, sur un assez grand nombre de points et sous des états fort différents ; il a fait de nombreuses apparitions à des intervalles éloignés. On remarque notamment le quartz *ancien*, contemporain des granulites ; le quartz *anthracifère* qui a coulé au moment où se déposaient les premières assises carbonifères du Plateau central ; et le quartz *permien* qui a marqué les débuts du dépôt *permien* à la formation duquel il a d'ailleurs largement participé. Le terrain houiller de Commen-try s'est formé entre ces deux dernières éruptions siliceuses.

*Quartz ancien.* — Parmi les filons, assez nombreux, de quartz ancien, je citerai ceux de Merlerie et des Boussats.

Le filon de Merlerie (1), blanc, hyalin, un peu laiteux, fétide sous le choc, atteint 3 mètres d'épaisseur ; il est vertical ; sa direction est N. E. — S. O.

Il se trouve au milieu du micaschiste dont il empâte des fragments ; il empâte aussi, en certains points, de la granulite blanche, ce qui lui donne un aspect de pegmatite. Ce quartz ne paraît avoir exercé aucune action métamorphique sur les roches de contact.

Aux Boussats, près de Colombier (2), se trouvent plusieurs filons de quartz dont la puissance atteint 0,40. Ces filons sont aussi dans le micaschiste. Sur quelques points, le quartz est verdi par l'amphibole. Sur les mêmes points, on rencontre de l'amphibole blanche fibreuse (asbeste, trimolite) et des filets de fer oxydulé. Comme à Merlerie, on ne remarque d'ailleurs aucune modification des roches par le quartz.

---

(1) PL. III, FIG. 1.

(2) PL. III, FIG. 1.

Au point de vue métamorphique ce quartz ne semble pas avoir agi autrement que la granulite.

*Quartz anthracifère.* — Les coulées de quartz anthracifère, si nombreuses dans le Roannais sont révélées à Commentry par des galets enfermés dans les assises houillères. Ces galets de quartz, dont beaucoup contiennent des empreintes végétales, sont associés dans les bancs houillers avec des galets de porphyre pétro-siliceux, et avec des poudingues, des grès et des schistes *silicifiés*. Certains galets de poudingues ont une pâte à la fois siliceuse et porphyrique. La constitution de ces divers galets ne laisse aucun doute sur le synchronisme du dépôt sédimentaire auquel ils ont été arrachés, et des éruptions siliceuses et porphyriques.

Les plantes trouvées dans les galets de quartz sont : *Astérophyllites equisetiformis*, *Sphenophyllum oblongifolium*, feuilles de *Sigillaires*, *Sigillaria lepidodendrifolia*, *Trigonocarpus pusillus*, feuilles de *Dorycordaïtes*, *Cordaïtes lingulatus*, *Diplotesta* (1), toutes espèces existant également dans le terrain houiller proprement dit de Commentry ; elles ne justifieraient pas la qualification d'*anthracifère* que je donne à ces galets. Voici ce qui m'a conduit à cette qualification : il existe à 25 kil. de Commentry, à Château-sur-Cher (Creuse), des couches en place de nature identique à celle des galets de Colombier, où la silice et le porphyre pétro-siliceux sont mêlés à des bancs d'origine détritique plus ou moins profondément silicifiés. La ressemblance minéralogique est tellement grande qu'il est impossible de distinguer toute la série des roches de Château, de la série parallèle des roches de Colombier.

---

(1) Déterminations de M. Renault.

Or, parmi les fossiles houillers de Château, j'ai trouvé un *Bornia* caractéristique de l'étage anthracifère (1).

Parmi les traces siliceuses filoniennes qui existent dans la région, aucune ne peut être sûrement considérée comme la source des galets de Colombier. On peut sans doute rattacher à la même éruption la silice qui empâte une brèche granitique sur laquelle repose le terrain houiller de Montvicq, aux Bourdignats. Là, dans une carrière, située à la base du terrain houiller, on voit sur une hauteur de 20 mètres, une masse d'apparence quartzreuse dans laquelle un examen attentif fait reconnaître des fragments de granite noyés et cimentés par de la silice. Tous les fragments de granite, même ceux dont l'épaisseur est de plusieurs décimètres, sont imprégnés et profondément modifiés par la silice.

Nous retrouvons ce phénomène de silicification autour du quartz permien.

*Quartz permien.* — Longtemps après la formation du terrain houiller de Commentry et des terrains houillers du voisinage, des sources siliceuses surgirent de tous côtés et couvrirent la région de leurs produits ; ce fut le point de départ de l'ère *permienne* à Commentry (2).

Je signalerai quelques-unes des principales sources de silice de la région.

*Filons des Bourrus.* — Les éléments détritiques de la nappe permienne de Magnier (3) indiquaient la zone

---

(1) M. Julien, le savant géologue de Clermont-Ferrand, m'a montré des roches anthracifères de diverses provenances du Plateau-central, toutes semblables aux galets de Colombier.

(2) 4<sup>me</sup> section.

(3) PL. I et III, FIG. 1.

des Bourrus, au Nord, comme origine d'une partie des sédiments de cette nappe ; j'ai trouvé, en effet, au milieu du micaschiste granulitique de cette zone, plusieurs filonnets de silice, ou plutôt des traces de sources, autour desquelles le micaschiste et la granulite sont profondément décomposés ou silicifiés sur plusieurs mètres de largeur ; des colorations blanches et rouges les feraient prendre au premier abord pour certains grès permians.

*Filons de Boussier.* — De l'autre côté du terrain houiller, en face des Bourrus, on trouve à Boussier et Pérassier plusieurs filons de quartz probablement contemporains des précédents.

Ces filons, situés au milieu de la masse granitique, accompagnent généralement des filons de granulite et de diorite.

Lorsqu'elle est pure, la matière siliceuse est blanche, grenue, saccharoïde ; mais elle est souvent confondue avec les roches voisines qu'elle a profondément modifiées ; la diorite de Boussier par exemple est transformée et durcie au point d'être méconnaissable. Vers Pérassier, les filons de quartz sont rendus terreux par la fluorine.

Il ne reste pas, dans la région de Boussier, comme autour de tous les autres filons de quartz que je citerai ici, des dépôts permians que l'on puisse relier aux éruptions siliceuses. Peut-être les galets permians qui se trouvent au sommet de la couche alluviale des Remorets (1) sont-ils des débris des nappes permianes de Boussier ?

*Filon de Varennes.* — Pour donner une idée plus

---

(1) 5<sup>m</sup>e section.

complète des éruptions siliceuses permienes je ferai une petite excursion dans le bassin houiller voisin.

On aperçoit de loin, près de Montvicq, vers le village de Varennes, un piton de granite porphyroïde de quarante à cinquante mètres de longueur, qui a été défendu contre la désagrégation par la silice dont il est imprégné. La roche est sillonnée de crevasses dont quelques-unes ont 0<sup>m</sup>,50 de largeur ; une pâte siliceuse amorphe, dure, blanc jaunâtre, remplit ces crevasses et imprègne le granite ; des grains de quartz sont éparpillés dans la pâte ; l'orthose du granite est décomposé ; de rose, il est devenu blanc amorphe ou nacré ; sur le fond blanc formé par la silice ou le feldspath décomposé, le quartz vitreux donne à l'ensemble un aspect porphyrique tout à fait semblable à celui de certains grès permien de Montvicq. Les effets métamorphiques de la silice se font sentir sur plus de 20 mètres de largeur dans le granite. La granulite du voisinage est aussi modifiée, blanchie, et prend aussi, par suite de la décomposition du feldspath, des aspects de grès permien.

Le filon de Varennes a été reconnu malgré d'assez longues solutions de continuité sur trois kilomètres de longueur ; sa direction générale est Est-Ouest.

A deux cents mètres du pic de Varennes, sur la route qui va à Montvicq, le filon siliceux a pris un aspect de calcédoine résinoïde ; l'action métamorphique, très sensible encore, est moins puissante qu'à Varennes.

*Filon de Vizelle.* — Sur le bord opposé du terrain houiller de Montvicq à Vizelle (1), à côté de la puissante nappe permienne de Rongère, on peut voir des

---

(1) Page 21, FIG. 13.

coulées de silice très intéressantes par elles-mêmes et surtout par leurs effets métamorphiques. Ces coulées sont dans le gneiss ; sur 800 mètres de longueur et 100 mètres de largeur environ, la roche primitive est profondément modifiée ; on peut observer tous les degrés depuis le gneiss franc jusqu'à une sorte de grès bariolé de rouge et de blanc, comme certains grès permien. Le mica du gneiss a complètement disparu et les grains de quartz sont séparés par une pâte tantôt blanche, tantôt rouge (d'un rouge amaranthe). De distance en distance, on voit dans la masse des passages de la source thermo-minérale, des fragments de silice calcédonieuse, jaspoïde.

Sur un point, vers le milieu de la masse modifiée, le filon siliceux a plusieurs mètres d'épaisseur, dans sa partie centrale ; il est constitué par du quartz blanc, tantôt opalin, tantôt saccharoïde, portant, dans quelques géodes, de beaux cristaux pyramidés ; le quartz blanc est entouré de silice amorphe, jaunâtre, qui passe par degrés au gneiss.

Une couche permienne de 5 mètres d'épaisseur, coupée par la vallée, semble en ce point sortir du gneiss. Cette couche se retrouve de l'autre côté de la vallée, sur le versant de Rongère.

*Opale dans le terrain houiller de Commentry.* — La couche de houille des grès noirs et les schistes avoisinants portent, sur un point voisin du puits Saint-Charles, de nombreuses fissures remplies d'opale formant des plaques de quelques millimètres d'épaisseur ; houille et schiste sont profondément silicifiés. Cette trace de silice se rattache probablement aux éruptions permien.

Il n'y a pas d'autre trace nette de silice permienne dans le terrain houiller de Commentry.

## LIENS JAUNES OU BLANCS.

Peut-être faut-il rattacher à des éruptions siliceuses certains lits du terrain houiller qu'on appelle ici *liens blancs* ou *liens jaunes*.

L'un de ces liens se trouve, à Commentry, au-dessous de la roche Sainte-Aline ; à Montvicq, il y en a plusieurs au toit de la couche n° 3 ; il y en a aussi à Saint-Eloy, près de la Grande-Couche, ainsi d'ailleurs que dans beaucoup de terrains houillers du Plateau central.

Ce sont des roches à pâte fine, d'un blanc plus ou moins jaunâtre ou verdâtre, passant parfois au grès ou au schiste, renfermant souvent des plantes dans un remarquable état de conservation.

L'origine interne de ces lits est depuis longtemps assez généralement admise. Certains bancs permien très analogues m'avaient fait penser à l'intervention de sources siliceuses jetant leurs produits dans le cours d'eau sédimentaire ; l'examen des bancs que l'on peut voir à Saint-Etienne, à l'orifice du puits Patroa, et des roches extraites de ce puits, m'a confirmé dans cette opinion ; on voit là tous les passages possibles entre la silice pure et le grès ou le schiste ordinaire, et parmi les bancs intermédiaires se trouvent des *liens jaunes*, verts, absolument identiques aux liens de Commentry et de Montvicq.

Telles sont les principales éruptions siliceuses qui ont précédé, accompagné ou suivi la formation du terrain houiller de Commentry, jusqu'à la fin de l'ère permienne.

On sait que les actions hydro-thermales ne se sont pas arrêtées alors et qu'elles se sont manifestées depuis, au milieu et sur les pourtours du Plateau central, avec

une grande puissance. Sur les confins du département de l'Allier et dans le Cher, des sources thermo-minérales de l'époque tertiaire ont notamment donné naissance au terrain *sidérolitique* (1), riche en minerais de fer, qui renferme en outre des argilolites tout à fait semblables aux dépôts permien.

On sait aussi que les actions hydro-thermales formant des dépôts de silice et de fer sont encore nombreuses et puissantes à l'époque actuelle, et qu'elles altèrent profondément les roches qu'elles rencontrent.

On peut donc dire que la silice n'a pas cessé de s'épancher depuis l'époque carbonifère et que les roches de contact ont toujours été plus ou moins décomposées, parfois très profondément silicifiées.

Le phénomène de silicification rappelle par sa marche et ses effets l'opération par laquelle on fait confire les fruits : placés dans un sirop de sucre chaud, les fruits s'imprègnent de sucre, perdent une partie de leur substance et deviennent peu à peu translucides ; de même, l'eau thermo-minérale a enlevé aux roches leurs silicates alcalins auxquels elle a substitué de la silice qui donne l'éclat vitreux. Parfois la première partie du phénomène s'est accomplie seule ; la source a seulement décomposé les silicates et enlevé les silicates alcalins ; la silicification ne s'est pas faite ; alors, la roche est kaolinisée, blanche, opaque.

Je reviendrai sur ces phénomènes à propos des dépôts permien dont ils servent à expliquer la formation.

Je parlerai aussi ailleurs (2) de la silice très abondante qui a cimenté les grès houillers et qui a parfois

(1) DE GROSSOUVRE, *Gisements de fer, Annales des Mines*, 1886.

(2) 3<sup>m</sup>e section, ch. II.

formé des cristaux de *quartz* en pleine houille; celle-ci n'est pas d'origine interne, elle est le résultat des actions détritiques et sédimentaires.

#### BARYTINE ET FLUORINE.

Le spath-fluor et le sulfate de baryte, presque toujours associés, forment de petits filons dans le mica-schiste (aux Raynauds); dans le granite (à Pérassier); dans la granulite (aux Raynauds); dans le terrain permien (à Montvicq). La barytine est le plus souvent dans l'axe du filon, entre deux plaques de fluorine. Ces minéraux sont parfois associés aux filons plus anciens; ils semblent avoir suivi le chemin ouvert par les éruptions précédentes.

## TROISIÈME SECTION

## TERRAIN HOULLER

## Chapitre I.

## ROCHES A GROS ÉLÉMENTS

(Grès à blocs, poudingues, conglomérats).

§ I. — DIVISION DU TERRAIN HOULLER EN ZONES LITHOLOGIQUES DISTINCTES : DÉDUCTIONS QU'ON EN TIRE AU POINT DE VUE DE LA TOPOGRAPHIE ET DE L'OROGRAPHIE DE LA RÉGION A L'ÉPOQUE HOULLÈRE.

L'étude des galets que renferme le terrain houiller de Commentry permet de distinguer dans ce terrain plusieurs zones de constitution lithologique différente, de remonter à l'origine des sédiments et de suivre pour ainsi dire pas à pas la formation du terrain houiller.

Cette étude repose sur des inventaires de galets faits de la manière suivante :

On prend dans un banc à gros éléments, dans l'ordre où on les rencontre, tous les galets déterminables à l'œil nu, ceux qui sont, par exemple, plus gros qu'une noisette ; on les casse pour pouvoir mieux les examiner, et on note leur nature, leur forme, leur grosseur et la proportion pour cent de chaque sorte.

L'altération qu'ont subie les roches rend parfois certaines déterminations difficiles ; on arrive à se fixer par des rapprochements.

D'après ces galets, le terrain houiller peut se diviser en cinq zones lithologiques principales :

C'est d'abord, en allant de l'Ouest à l'Est, à Bourdesouilles (PL. III, FIG. 1) une petite zone de 50 hectares seulement de superficie, caractérisée par des galets de *microgranulite* et de *granite micacé* qu'on ne trouve sur aucun autre point du terrain houiller ; puis la zone des Ferrières, de 350 hectares, où se trouvent des gneiss, des granites rose et gris et une variété de granulite qui n'existent pas dans les zones voisines ; ensuite vient la zone de Montassiégé, qui occupe une surface considérable (1.150 hectares) au milieu et en travers du terrain houiller. Cette zone est caractérisée par la prédominance d'un granite gris et d'une granulite grise, et par la présence d'un granite résinoïde et d'une granulite porphyrique qu'on ne rencontre pas ailleurs.

Après la zone de Montassiégé, vient celle de Longeroux qui couvre la partie Est du bassin sur 760 hectares et qui est constituée en grande partie par les débris d'un terrain houiller ancien.

Enfin, on remarque aux Pégauts, entre les zones de Montassiégé et de Longeroux, une surface de 420 hectares environ qui possède, réunis et avec des dimensions plus faibles, tous les éléments des deux zones voisines.

Le tableau suivant résume les observations lithologiques faites dans ces cinq zones :

## Constitution lithologique du terrain houiller de Commentry.

Division de ce terrain en zones de constitution différente.

NATURE DES GALETS		Zone de Bourdesouilles 30 hectares.	Zone des Ferrières 350 hectares.	Zone de Montassigné 4430 hectares.	Zone de Logeroux 760 hectares.	Zone des Pignauds 420 hectares.
A — Schistes cristallins : micaschistes.	A <sup>a</sup>	»	9	5	5	5
B — Granite . . .	{ gris . . . . . B <sup>a</sup>	»	21	45	1	34
	{ rose . . . . . B <sup>b</sup>	20	31	»	»	1
	{ rose très micacée . B <sup>c</sup>	12	»	»	»	»
	{ rose résinoïde . . . B <sup>e</sup>	»	»	2	»	»
Total . . . . .		32	52	47	1	35
C. — Granulite .	{ rose . . . . . C <sup>r</sup>	45	30	13	8	9
	{ blanche . . . . . C <sup>a</sup>	»	»	»	10	9
	{ grise micacée . . . C <sup>r</sup>	»	2	30	»	8
	{ grise. . . . . C <sup>d</sup>	»	»	»	13	17
	{ brune . . . . . C <sup>b</sup>	8	3	»	»	»
	{ saccharoïde . . . . C <sup>s</sup>	»	2	1	»	»
Total . . . . .		53	37	44	31	43
P — Granulite porphyrique . . . . .	P <sup>o</sup>	»	»	4	»	2
D — Microgranulite. . . . .	D <sup>a</sup>	15	»	»	»	»
E — Quartz . . . . .	E <sup>q</sup>	»	2	»	3	3
F — Porphyre petro-siliceux. . . . .	F <sup>a</sup>	»	»	»	12	1
G — Anthracifère.	{ poudingue . . . . . G <sup>p</sup>	»	»	»	2	»
	{ grès . . . . . G <sup>h</sup>	»	»	»	27	10
	{ schistes . . . . . G <sup>s</sup>	»	»	»	16	1
	{ silex Lydienne . . . G <sup>l</sup>	»	»	»	3	»
Total . . . . .		»	»	»	48	11
Total général. . . . .		100	100	100	100	100

On voit que chaque zone est caractérisée par quelque roche spéciale et que certaines zones n'ont entre elles aucun élément commun.

Outre les galets provenant des roches anciennes, les couches houillères renferment une assez forte proportion de débris provenant du terrain houiller lui-même, que je n'ai pas fait figurer sur le tableau afin de faire ressortir plus nettement la part du terrain primitif.

La nature, la forme et la dimension des galets, m'ont permis de retrouver sur les montagnes voisines l'origine de la majeure partie des éléments qui entrent dans la constitution du terrain houiller, et de rétablir quelques-unes des circonstances au milieu desquelles ce terrain s'est formé. Je vais résumer ici ces conclusions dont on trouvera plus loin la justification détaillée :

Au début de la formation houillère, le lac était bordé de montagnes élevées et abruptes sur presque tout son pourtour ; deux vallées, celle des Bourrus, au Nord, et celle de Colombier, à l'Est (Fig. 1, PL. IV) fournissaient au lac ses affluents principaux et une quantité considérable d'alluvions ; des gorges plus resserrées existaient à l'Ouest ; les rives Nord et Ouest étaient sillonnées par des ravines. Tous les cours d'eau étaient torrentiels. L'excès d'eau du lac s'écoulait au Sud par un seul émissaire.

Les divers cours d'eau formèrent des atterrissements d'abord isolés qui se réunirent ensuite et finirent par combler le lac.

La marche des alluvions était très inégale ; tandis que le delta des Bourrus s'avancé rapidement au milieu du lac, et que la rivière de Colombier comblait la région Est, de petits dépôts se formaient vers les Ferrières et Bourdessoules, et la rive méridionale restait découverte. Le delta des Bourrus atteignit la

rive sud alors que les atterrissements de Colombier avaient à peine 1 kilomètre, et ceux de l'Ouest quelques centaines de mètres de largeur. Le lac se trouva ainsi divisé en deux bassins, l'un aux Pégauds, et l'autre, plus petit, aux Ferrières.

Dès lors les matériaux charriés par la rivière des Bourrus se partagèrent entre les deux bassins, où ils se mêlèrent, à l'Est, avec les sédiments venant de Colombier, à l'Ouest, avec ceux de Bourdessoules et des Ferrières.

Pour gagner le seuil d'émission qui était en face des Pégauds, les eaux du petit bassin suivaient l'ancienne rive méridionale du lac.

C'est ainsi que le lac s'est comblé, et de ces dépôts, dont il ne reste plus qu'une partie, la partie supérieure ayant été détruite et emportée par les eaux, est résulté le terrain houiller dont nous nous occupons.

Tous les éléments qui constituent le terrain houiller ont été empruntés au voisinage du lac ; les sédiments inorganiques qui ont le plus cheminé avant de se déposer n'avaient pas parcouru plus de 20 kilomètres, il n'en est pas venu du côté Sud.

A l'exception de la rivière de Colombier, tous les cours d'eau n'ont charrié que des débris de roches primitives (schistes cristallins, granites, granulites, microgranulites) arrachés aux montagnes voisines ; la rivière de Colombier a fourni, de plus, un volume considérable de débris d'un dépôt anthracifère. Ce dépôt se trouvait près du lac, à Colombier ; il n'en reste pas de trace aujourd'hui.

Les apports de la rivière de Colombier révèlent un immense éboulement survenu en amont de la vallée, alors que le dépôt lacustre n'était pas encore arrivé à la hauteur de la Grande-Couche. Une partie de la mon-

tagne glissa et obstrua la vallée dans la région de Merlerie ; les eaux montèrent derrière ce barrage, et lorsque la pression fut assez forte, une débâcle emporta les matériaux jusqu'à la plaine alluviale et jusqu'au lac.

Les végétaux, apportés par les mêmes cours d'eau qui charriaient les matières minérales, se sont amoncélés surtout dans les régions tranquilles du lac, de chaque côté du delta des Bourrus, dans les anses comprises entre ce delta et les deltas voisins. L'anse des Pégauts qui recevait les eaux de Colombier et une grande partie de celles des Bourrus, a naturellement recueilli beaucoup plus de végétaux que la petite anse des Ferrières.

Pendant sa formation même, le dépôt lacustre a subi à sa partie supérieure des érosions considérables.

Le déversoir, creusant peu à peu son lit, abaissait progressivement le niveau du lac, exposant ainsi à l'action des cours d'eau d'amont des alluvions récentes et peu résistantes. Les débris de cette érosion, confondus avec les autres apports ordinaires des cours d'eau, se retrouvent aujourd'hui au milieu des couches du terrain houiller, sous forme de galets ou fragments anguleux de grès, de schiste et de houille.

Nous estimons à une centaine de mètres l'abaissement total du niveau du lac pendant la durée du remplissage.

La destruction de la partie supérieure du dépôt lacustre ne s'est pas arrêtée au moment où le lac a été comblé : poursuivant leur travail d'érosion, les cours d'eau ont longtemps encore emporté plus loin les matériaux arrachés aux roches anciennes avec ceux qu'ils reprenaient au dépôt récent.

Telles sont les conclusions générales que l'on peut retirer de l'étude des galets. Nous allons maintenant examiner en détail les principales zones et quelques-uns des bancs principaux du terrain houiller.

§ 2. — NATURE, PROVENANCE ET MODE DE TRANSPORT  
DES MATÉRIAUX.

1<sup>o</sup> Zone de Bourdessoules.

La zone de Bourdessoules est une petite bande de 1 kilomètre de longueur, sur 600 mètres de largeur, qui pénètre au milieu du terrain primitif, à l'extrémité S.-O. du terrain houiller.

Elle est constituée principalement par des grès à blocs et des poudingues ; elle renferme aussi des grès et quelques veines schisteuses. Les grès, généralement de couleur rougeâtre, sont, ainsi que les poudingues, grossièrement cimentés.

Le tableau suivant indique la constitution lithologique de la zone de Bourdessoules.

NATURE DES GALETS	ZONE DE BOURDESSOULES		
	Point n° 1	Point n° 2	Moyenne.
B — Granite. . . . .	rose. . . . . B <sup>b</sup>	20	20
	rose très micacée . B <sup>c</sup>	15	10
Total . . . . .		35	30
C — Granulite {	rose. . . . . C <sup>r</sup>	40	50
	brune. . . . . C <sup>b</sup>	8	7
Total . . . . .		48	57
D — Microgranulite . . . . . D <sup>a</sup>		17	13
		100	100

*Galets de granite.* — Ces galets appartiennent aux deux variétés, rose (B<sup>b</sup>) et rose micacée (B<sup>c</sup>).

Au point n° 1 (Pl. III, Fig. 1), ils ont jusqu'à 15 cent. de diamètre, sont peu roulés et parfois anguleux; ils sont un peu plus petits et plus arrondis au Sud du bassin.

*Galets de granulite.* — Ces galets sont surtout de la variété C<sup>r</sup> (rose à gros grains).

Comme pour ceux de granite, leur grosseur atteint jusqu'à 15 centim. et ils sont plus petits et plus arrondis au Sud.

*Galets de microgranulite.* — Les galets de microgranulite, du type D<sup>a</sup>, sont à peu près de même grosseur que les précédents; mais généralement un peu plus polis.

#### PROVENANCE DES SÉDIMENTS.

*Granite.* — Les deux variétés de granite B<sup>b</sup> et B<sup>c</sup> se trouvent en place dans le massif voisin des Boulades; partout ailleurs, dans le voisinage de Bourdessoules, le granite est différent; au Nord, c'est du granite gris (variété B<sup>a</sup>); au Sud, c'est le granite porphyroïde (B<sup>b</sup>).

La grosseur des galets, qui est à son maximum du côté des Boulades, et leurs arêtes vives, indiquent que les galets sont venus de ce côté (1).

*Granulite.* — La granulite à gros grains C<sup>r</sup>, si abondante à Bourdessoules, se trouve aussi en filons puissants aux Boulades, au milieu du granite rose B<sup>b</sup>.

La variété brune C<sup>b</sup> se trouve un peu plus loin entre les Ferrières et le Plaix, et cela concorde avec le nom-

---

(1) Voy. : 3<sup>me</sup> partie, chap. II. — *Formation des galets, du sable et du limon dans les vallées actuelles de la région de Commentry.*

bre plus réduit et les dimensions plus petites de cette sorte de galets.

*Microgranulite.* — La microgranulite, de même nature que celle des galets de Bourdessoules, n'existe en filons que sur un seul point autour du terrain houiller, et ce point est encore aux Boulades.

Toutes les roches représentées par les galets de Bourdessoules se trouvent donc aux Boulades ; la microgranulite ne se trouve que là, et l'on ne trouverait pas ailleurs en place, autour du terrain houiller, la réunion des granites et des granulites qui ont pu fournir les galets de Bourdessoules. Cela suffirait pour établir que ces galets viennent de la région des Boulades.

Ajoutons que partout ailleurs, sur le pourtour du bassin, se trouvent d'autres roches qui ne sont pas représentées à Bourdessoules.

Par les roches présentes, comme par les roches absentes, la zone de Bourdessoules est donc intimement reliée à la région des Boulades.

Les dimensions plus fortes et la forme plus anguleuse des galets, du côté des Boulades, indiquent aussi la même origine.

Enfin, l'allure des strates conduit à la même conclusion. En effet :

Au nord de la zone, les bancs, très lenticulaires, reposent en concordance sur le terrain primitif, et l'on voit bien que c'est par là que l'alluvionnement a débuté.

#### BASSIN HYDROGRAPHIQUE DES BOULADES.

L'ordre de superposition des couches, la grosseur et la forme des galets, montrent que les matériaux sont d'abord venus en I ; là était l'embouchure du cours d'eau charrieur au début de la formation houillère,

La nature des galets, l'absence de toutes autres roches que celles de la région des Boulades permettent de limiter à la ligne MPO (PL. III, FIG. 1) le bassin hydrographique d'où sont venus les matériaux de Bourdessoulles.

L'angulosité et la grosseur des éléments, le cimentage imparfait des grès et des poudingues, la faible étendue des couches indiquent aussi un charriage restreint et un cours d'eau torrentiel de peu d'importance.

On peut donc se figurer le bassin hydrographique des Boulades comme une gorge à fortes pentes, d'où descendaient, au moment des pluies, des eaux torrentielles entraînant les produits de la désagrégation du sol.

#### 2° Zone des Ferrières.

La zone des Ferrières, située à l'Ouest du terrain houiller, vient à la suite de la zone de Bourdessoulles; sa surface est de 350 hectares. Elle est principalement constituée par des grès à blocs et des poudingues. On y trouve aussi des grès fins et quelques veines schisteuses de nuance brun rougeâtre, moins foncée qu'à Bourdessoulles.

En avançant à l'Est, on remarque dans les grès un changement très sensible : la couleur passe du brun au gris clair; la roche, visiblement détritique aux Ferrières, prend l'aspect d'une arkose granitique.

Le passage d'un faciès à l'autre s'accomplit sur la bande à hachures croisées qui sépare la zone des Ferrières de celle de Montassiégé (voir PL. III, FIG. 1).

#### CONSTITUTION LITHOLOGIQUE.

Le tableau suivant indique la constitution lithologique des différents points de la zone des Ferrières :

NATURE DES GALETS	ZONE DES FERRIÈRES				
	Point n° 3	Point n° 4	Point n° 5	Point n° 6	Moyenne.
A — Schistes cristallins : micaschiste . . . A <sup>a</sup>	49	40	5	2	9
B — Granite . . .	{ gris . . . . . B <sup>a</sup> { rose . . . . . B <sup>b</sup>	12	17	14	42
		37	40	36	13
Total . . . . .	49	57	50	55	52
C — Granulite . . .	{ rose . . . . . C <sup>r</sup> { grise micacée . . . C <sup>g</sup> { brune . . . . . C <sup>b</sup> { saccharoïde . . . . C <sup>s</sup>	27	26	27	39
		2	3	3	»
		»	»	10	4
		2	2	2	»
Total . . . . .	31	31	42	43	37
E — Quartz . . . . . E <sup>q</sup>	1	2	3	»	2
	100	100	100	100	100

*Galets de micaschiste.* — Le micaschiste, dont il est question ici, est de la variété A<sup>a</sup> (micaschiste granulitique).

Au point n° 3, les galets sont peu arrondis, parfois à angles vifs; leurs dimensions atteignent 15 à 20 centimètres.

A mesure qu'on avance vers le Sud, les galets deviennent moins nombreux (10 au n° 4, 5 au n° 5, 2 au n° 6); en même temps ils deviennent plus petits et plus arrondis (8 centimètres au point n° 4, 4 à 5 centimètres au point n° 5, 3 centimètres au point n° 6).

*Galets de granite.* — Les galets de granite de la zone des Ferrières appartiennent à deux variétés : B<sub>b</sub> (rose) et B<sup>a</sup> (grise).

Le nombre des galets de granite rose varie peu entre les points n<sup>os</sup> 3, 4 et 5 ; ils ont jusqu'à 15 à 20 centimètres, sont peu roulés, parfois anguleux ; ils sont plus petits et plus arrondis vers le Sud. Au point n<sup>o</sup> 6, les plus gros ne dépassent pas 10 centimètres et leur nombre est réduit à 13. Disons que ce dernier point est à la limite de la zone des Ferrières et de la zone de Montassiégé, et que dans cette dernière le granite rose est rare.

Il y a de 12 à 17 p. % de granites gris aux points n<sup>os</sup> 3, 4 et 5 ; il y en a 42 au point n<sup>o</sup> 6.

L'abondance en ce dernier point provient du voisinage de la zone de Montassiégé.

Galets gris et galets roses sont à peu près de la même grosseur.

*Galets de granulite.* — La granulite la plus commune dans cette zone est celle du type C<sup>r</sup> (rose à gros grains, gneissique) ; on y rencontre aussi C<sup>g</sup> (grise micacée, gneissique), C<sup>b</sup> (brune) et aussi quelques échantillons de C<sup>s</sup> (saccharoïde).

C'est la granulite rose (C<sup>r</sup>) qui domine ; la grise micacée (C<sup>g</sup>) fait son apparition, mais elle sera beaucoup plus abondante à Montassiégé ; la saccharoïde (C<sup>s</sup>), en galets peu nombreux, se retrouve en proportion encore plus réduite à Montassiégé, mais n'existe pas dans les autres zones.

Les galets de granulite, comme ceux de micaschiste et de granite, sont plus gros au Nord qu'au Sud.

*Galets de quartz.* — Les galets de quartz sont rares dans la zone des Ferrières (1 à 3 p. %) aux points n<sup>os</sup> 3, 4 et 5 ; on n'en rencontre pas au point n<sup>o</sup> 6.

## PROVENANCE DES SÉDIMENTS.

*Micaschiste.* — Nous avons vu que les galets de micaschiste augmentent en nombre et en grosseur, à mesure que du point n° 6 on avance vers les points n° 5, 4 et 3, et qu'en ce dernier point bon nombre de galets sont anguleux, tandis qu'ils sont bien arrondis aux points n° 5 et 6.

L'accroissement de grosseur indique que ces galets sont venus du Nord; d'un autre côté, la rapidité avec laquelle les gneiss et micaschistes s'usent dans les lits de rivières permet de supposer qu'ils n'ont pas subi un long parcours avant d'arriver dans le bassin houiller. Comme il n'y a d'ailleurs d'autre micaschiste en place dans le voisinage que celui de la bande qui limite le terrain houiller au N.-E., il est naturel de supposer que les galets proviennent de cette bande.

*Granite.* — Les galets de granite étant également plus gros au Nord qu'au Sud font supposer un charriage de même sens que celui du micaschiste. Les galets se rapportent exactement à la masse granitique de Chamblet; quelques massifs, B<sup>a</sup>, situés dans la même région, expliquent la proportion de 12 à 17 galets aux points n° 3, 4 et 5. Cette proportion arrive à 42 au point n° 6 qui appartient aussi à la zone de Montassiégé.

Le granite porphyroïde du Sud B<sup>b</sup> ne figure pas dans les galets des Ferrières.

*Granulite.* — Les galets de granulite indiquent aussi une origine septentrionale.

La variété C<sup>r</sup> (granulite rose, gneissique, à gros grains), si abondante aux Ferrières, et la variété C<sup>b</sup> (granulite brune) existent entre Chamblet et le Plaix. Mais on ne peut les faire venir de ce dernier point, où il y a des filons considérables de micro-granulite qui ne sont

pas représentés dans les galets houillers. La même objection n'existe pas pour Chamblet.

La variété C<sup>s</sup> (granulite grise micacée, gneissique) se trouve dans la région des Bourrus et de Chamblet, mais en faible proportion dans cette dernière.

Le type C<sup>s</sup> (granulite saccharoïde) est spécial à la région de Chamblet.

On voit qu'il y a parfaite analogie entre la nature des galets de la zone des Ferrières et celle des roches en place de la région de Chamblet ; les galets des Ferrières ont donc pu venir de Chamblet.

La grosseur croissante des galets, à mesure qu'on se rapproche de Chamblet, est un indice important en faveur de la même hypothèse.

D'un autre côté on ne trouve en galets dans la zone des Ferrières, ni granite porphyroïde (ce qui exclut le Sud comme provenance possible des matériaux), ni granulite porphyrique, ni granulite blanche (ce qui exclut le N.-E. et l'Est), ni microgranulite (ce qui exclut la région des Boulades).

Par les roches présentes, comme par les roches absentes, la zone des Ferrières se relie à la région de Chamblet, et il nous paraît démontré que les matériaux de cette zone ont pu provenir de Chamblet et qu'ils n'ont pas pu provenir d'ailleurs.

L'allure stratigraphique de la zone des Ferrières conduit à la même conclusion. En effet, au Nord, vers le point n° 3, les bancs, lenticulaires comme partout, reposent en concordance sur le terrain primitif ; c'est évidemment là qu'ils ont commencé à se déposer, et en allant vers les points n°s 4, 5 et 6, on voit les nouveaux bancs superposés aux premiers, se terminer en pointe vers le granite, tandis que du côté Est ils se perdent

en s'enchevêtrant au milieu des bancs de la zone voisine de Montassiégé. Les premières couches formées sont évidemment celles du Nord, du côté de Chamblet.

En résumé, la nature, le nombre et la grosseur des galets, ainsi que l'allure des strates, démontrent que la zone houillère des Ferrières a été formée par des matériaux venant de la région de Chamblet.

#### BASSIN HYDROGRAPHIQUE DE CHAMBLET.

Avec les données précédentes on peut reconstituer, dans une certaine mesure, la disposition topographique de la région à l'époque houillère.

L'ordre de superposition des couches, leur allure, la grosseur et la forme des galets, montrent que les matériaux sont d'abord venus en V (Pl. III, Fig. 1). Là était l'embouchure du cours d'eau charrieur de la région, au début du dépôt houiller.

Ce cours d'eau avait de fortes pentes, puisqu'il charriait de gros blocs ; son parcours était faible, puisque les matériaux qu'il a charriés proviennent exclusivement de la région de Chamblet ; il avait un faible débit, puisque le delta est très restreint ; c'était donc un petit cours d'eau torrentiel.

Le bassin hydrographique était limité en largeur par les lignes RR' et SS', distantes de 2.200 mètres.

On peut donc se figurer le bassin hydrographique houiller de Chamblet comme une vallée étroite à fortes pentes, un peu analogue d'ailleurs aux vallées qui existent actuellement dans ces régions.

Cette vallée ou gorge était distincte de la gorge voisine des Boulades, puisque leurs détritiques ne se sont pas confondus pendant longtemps dans le lac.

L'absence d'éléments de la rive méridionale indique

un écoulement des eaux météoriques vers le Sud à partir d'une distance peu considérable du lac. Faut-il en conclure que la rive méridionale était basse ? Probablement. Cependant cette rive aurait pu être abrupte et élevée : on sait que dans les lacs actuels, entourés de montagnes, les bords sont souvent dépourvus de sédiments sous les pics les plus abrupts et les plus élevés.

### 3° Zone de Montassiégé.

La zone de Montassiégé occupe une surface considérable au milieu du terrain houiller (1.150 hectares). Au Nord et au Sud elle est limitée par le terrain primitif.

Dans la région du Marais où se trouvent quelques lentilles d'antracite, la zone de Montassiégé renferme le long de la lisière Nord quelques grès très micacés ; ailleurs elle est presque entièrement constituée par des grès d'aspect granitique qu'on appelle *grès à blocs*, à cause des galets et des blocs qui s'y trouvent épars parfois en grand nombre.

Le tableau suivant indique la composition lithologique de la zone de Montassiégé, en différents points, alignés du Nord au Sud, et situés à peu près dans l'axe de la zone :

NATURE DES GALETS		ZONE DE MONTASSIÉGÉ				
		Point n° 7	Point n° 8	Point n° 9	Point n° 10	Moyenne
A — Schistes cristallins : micaschiste .	A <sup>a</sup>	12	6	4	2	5
B — Granite . . .	{ gris . . . . . B <sup>a</sup>	48	44	45	42	
	{ rose résinoïde . . . B <sup>c</sup>	»	5	5	»	
Total . . . . .		48	49	50	42	47
C — Granulite . .	{ rose . . . . . C <sup>r</sup>	20	45	8	10	
	{ grise . . . . . C <sup>g</sup>	46	27	30	45	
	{ saccharoïde . . . . C <sup>s</sup>	2	»	»	»	
Total . . . . .		38	42	38	55	44
C — Granulite porphyrique . . . . .	C <sup>o</sup>	2	3	8	1	4
		100	100	100	100	100

*Galets de schistes cristallins.* — Les schistes cristallins de la zone de Montassiégé sont, comme ceux de Ferrières, toujours plus ou moins granulitiques (type A<sup>a</sup>).

La proportion de ces galets diminue beaucoup du Nord au Sud ; de 12 p. % au point n° 7, cette proportion passe à 6 au point n° 8, puis à 4 au point n° 9 et enfin à 2 p. % au point n° 10.

La grosseur des galets qui atteignait 12 à 15 centimètres au point n° 7 n'est plus que de 2 à 3 centimètres au point n° 10. Ces derniers sont toujours polis, arrondis, tandis que les premiers sont parfois anguleux.

Une brèche exceptionnelle, renfermant beaucoup de fragments anguleux de micaschiste, se trouve à la base du terrain houiller, au Marais, dans le voisinage de l'anhracite. C'est le seul point de la zone de Montassiégé ayant cet aspect ; partout ailleurs les grès granitiques dominant.

*Galets de granite.* — Les galets et blocs de granite sont très abondants dans la zone de Montassiégé ; on en voit beaucoup à la surface du sol, comme dans les déblais extraits des puits ; leur dimension atteint parfois plusieurs mètres cubes.

La proportion des galets de granite est un peu plus forte au Nord qu'au Sud. Au Nord, les galets sont plus gros et plus anguleux ; cependant, au Sud, on en trouve encore quelques-uns qui atteignent 1 mètre de diamètre. On peut voir au centre du bassin, dans la carrière des Forges, beaucoup de blocs de 0<sup>m</sup>,25 à 1<sup>m</sup>,50 de diamètre.

Les galets granitiques de la zone de Montassiégé sont presque tous du type B<sup>a</sup> (granite gris à gros grains) ; vers les points n<sup>os</sup> 8 et 9, on en rencontre quelques-uns du type B<sup>o</sup> (granite rose résinoïde).

A l'Ouest, à la rencontre des zones des Ferrières et de Bourdessoulles, le granite gris est peu à peu remplacé par le granite rose (B<sup>b</sup>) ; dans la direction opposée, lorsqu'on pénètre dans la zone mixte des Pégauts, les galets de granite diminuent en nombre et en grosseur ; dans la zone de Longeroux, ils disparaissent assez rapidement et on n'en trouve déjà plus de trace au point n<sup>o</sup> 12.

*Galets de granulite.* — Les galets de granulite de Montassiégé appartiennent aux variétés suivantes :

Granulite rose	(type C <sup>r</sup> ) . . . . .	13 p. %
— grise	( — C <sup>g</sup> ) . . . . .	30 —
— saccharoïde	( — C <sup>s</sup> ) moins de . . .	1 —

Le nombre total des galets de granulite augmente du Nord au Sud ; leur grosseur, qui atteint jusqu'à 1 mètre de diamètre au Nord, est beaucoup plus réduite vers le Sud.

La granulite saccharoïde (C<sup>s</sup>) est représentée dans cette zone par deux échantillons au point n° 7. On ne la rencontre pas ailleurs.

*Granulite porphyrique.* — Cette roche apparaît ici pour la première fois. Elle est d'ailleurs en faible proportion et en galets de moins de 5 centimètres.

Il n'y a dans la zone de Montassiégé ni microgranulite, ni porphyre petro-siliceux, ni culm ; il n'y a pas non plus de granite gris franchement porphyroïde.

#### PROVENANCE DES SÉDIMENTS.

Il est facile d'établir que tous les sédiments de la zone de Montassiégé ont pu venir de la région des Bourrus, comprise entre les lignes SS' et TT' (PL. III, FIG. 1) et qu'ils n'ont pas pu venir d'ailleurs.

*Schistes cristallins.* — Les galets de schistes cristallins sont du micaschiste plus ou moins granulitique, comme la bande primitive qui limite le terrain houiller sur sa lisière N.-E. ; ils ont donc pu être fournis par cette bande.

D'un autre côté, la plus grande abondance et les plus fortes dimensions des fragments au point n° 7, montrent bien que ces débris sont venus du Nord. Enfin, les galets anguleux du Marais indiquent un très faible parcours. Ces matériaux ont dû venir d'une ravine, ou peut-être même d'un éboulement de la rive (1).

---

(1) On peut voir un bel exemple d'éboulis dans le Bassin de la Loire, à la Fouillouse. Tout à fait à la base du terrain houil-

On ne saurait faire venir les schistes cristallins du Sud ni de l'Ouest, où il n'y en a pas ; ils n'ont pu venir de l'Est, car là ils sont associés à diverses roches qui ne sont pas représentées dans la zone de Montassiégé.

*Granite.* — Toute la masse montagneuse des Bourrus, au Nord, au-delà de la bande de micaschiste, est en granite de même nature que les galets et que la majeure partie des éléments du grès de la zone de Montassiégé.

L'usure moins grande des galets et leurs plus fortes dimensions au point n° 7 indiquent une venue du côté Nord.

Les dimensions énormes de beaucoup de blocs indiquent une provenance peu éloignée et des cours d'eau torrentiels.

Nous devons faire remarquer ici la présence au point n° 8 du granite résinoïde (B<sup>e</sup>) qui ne peut provenir que de la région T'. Le cours d'eau parti de N n'aurait poussé son lit jusqu'en T' qu'au moment où le delta de Montassiégé était déjà à moitié formé.

*Granulite.* — Les variétés de granulite que représentent les galets de Montassiégé désignent également la région des Bourrus comme origine des sédiments. En effet, la granulite grise (C<sup>e</sup>) ne se trouve qu'au Nord du bassin et la granulite saccharoïde (C<sup>s</sup>) que du côté de Chamblet. Aucune autre région du voisinage ne pourrait fournir ces différentes sortes de granulite.

---

ler, sur quelques centaines de mètres d'épaisseur, on est en présence de matériaux anguleux, en désordre, sans trace de stratification ; puis, en s'éloignant de la base, on aperçoit quelques strates grossières ; les blocs de plusieurs mètres cubes se font rares ; leurs angles s'émousent ; plus loin encore, la stratification s'accuse de plus en plus ; les matériaux deviennent plus petits et plus arrondis, et on arrive peu à peu aux banes houillers ordinaires.

La dimension décroissante des galets de granulite du Nord au Sud indique aussi une origine septentrionale.

*Granulite porphyrique.* — La granulite porphyrique ne se trouve que dans la région des Bourrus.

La dimension réduite de ces galets correspond bien à la constitution clivée, fendillée des filons des Bourrus, desquels il est impossible de détacher un gros fragment. La forte dimension des galets de granulite grise (C<sup>g</sup>) est également en rapport avec la nature des filons des Bourrus, où la roche est massive, compacte, et peut fournir d'énormes blocs.

Si l'on considère que les schistes cristallins, les granites et les granulites de la zone de Montassiégré se trouvent dans la région des Bourrus, que la forme et les dimensions des galets indiquent ce côté comme étant celui d'où sont venus les galets, qu'aucune autre région primitive du pourtour du bassin ne réunit les diverses natures de roches de la zone de Montassiégré, et enfin que les roches caractéristiques des autres régions ne sont pas représentées dans cette zone, on est bien autorisé à conclure que les sédiments de Montassiégré viennent de la région des Bourrus.

L'allure des strates confirme cette conclusion :

Les assises inférieures de la zone, celles qui sont au-dessous de toutes les autres, et par conséquent les plus anciennes, sont renflées en leur milieu vers le point N ; elles se modèlent sur la masse de mica-schiste granulitique qui forme en ce point la base du terrain houiller. Elles se renflent de plus en plus dans l'axe de la zone, et bientôt les bancs houillers dessinent un promontoire avancé vers le Sud, sur la ligne 7-10, tandis que sur les côtés de la zone ils restent rapprochés du terrain primitif. Ainsi, les strates n° 9 avancées

vers le Sud se raccordent avec les strates n° 4 de la zone des Ferrières et avec les strates 11 de Longeroux, qui sont les unes et les autres beaucoup plus rapprochées de la lisière Nord que de la lisière Sud; les strates 10, qui sont à 3.000 mètres de la lisière Nord, se raccordent avec les strates (4-5) et avec les ramifications K de la Grande-Couche qui sont à 1.200 mètres de cette lisière.

Cette allure des strates marque une progression beaucoup plus rapide du delta de Montassiégré que des deltas voisins; au moment où les atterrissements de Montassiégré sont arrivés à la rive Sud, le lac primitif, déjà en grande partie comblé, s'est trouvé divisé en deux bassins distincts: un bassin tout petit aux Ferrières et un autre, plus grand, aux Pégauds.

#### BASSIN HYDROGRAPHIQUE DES BOURRUS.

Il est établi que les sédiments de la zone de Montassiégré viennent des Bourrus.

On a vu d'ailleurs que les couches de Montassiégré forment un promontoire vers le Sud et se raccordent à l'Est et à l'Ouest avec des couches beaucoup moins éloignées du terrain primitif.

On sait enfin que la zone de Montassiégré renferme dans toute son étendue des galets énormes, parfois avec des angles à peine émoussés et dont les dimensions diminuent généralement du Nord au Sud.

Avec ces documents, on peut se figurer les conditions de formation de cette zone.

Le cours d'eau charrieur venait du Nord et débouchait d'abord en N (PL. III, FIG. 1).

La largeur du delta et la masse énorme des éléments charriés indiquent que le cours d'eau était beaucoup plus important que celui de Chamblet.

Le cours d'eau était torrentiel, puisque son dépôt renferme partout de gros blocs ; et il empruntait une partie de ses matériaux à peu de distance du lac, puisque certains galets sont encore anguleux.

Pour apporter les diverses granulites et le granite résinoïde (B<sup>e</sup>) représentés dans la zone de Montassiégé, la rivière des Bourrus devait recueillir les eaux de toute la surface comprise entre les lignes SS' et TT'. Perpendiculairement à la lisière Nord, le bassin hydrographique des Bourrus ne pouvait pas s'étendre beaucoup, limité qu'il était par le bassin de Montvicq ; ses ramifications s'étendaient à droite vers Malicorne et Hyds, derrière la crête formée par les filons de granulite rose, et à gauche sur environ 15 kilomètres de longueur dans la direction S'.

On peut donc se figurer, aux Bourrus, pendant la formation houillère, une vallée d'abord abrupte et étroite qui s'est graduellement élargie et allongée, et dont le fond, traversant le micaschiste et les granulites, s'est ramifié à droite et à gauche sur le granite, en gardant toujours une forte pente (PL. IV).

Le delta de Montassiégé est resté isolé jusqu'au moment où sa partie avancée a atteint le point n° 8 (PL. III) ; dès lors, tout en continuant à former en son milieu un promontoire avancé vers le Sud, il se reliait latéralement aux deltas voisins des Ferrières et de Longeroux. Lorsqu'il n'y a plus eu de vide à combler en avant, les apports se sont déversés à droite et à gauche, activant désormais le remplissage des deux bassins latéraux.

L'absence des galets de provenance méridionale tend à prouver qu'aucun cours d'eau important ne se déversait de ce côté dans le lac. La rive était donc basse ou abrupte, et les eaux météoriques prenaient à peu de distance la direction du Sud.

4<sup>e</sup> Zone de Longeroux.

La zone de Longeroux (n<sup>os</sup> 11 à 17) comprend, dans la partie Est et Nord-Est du bassin, tous les bancs qui vont de la base du terrain houiller jusqu'à la Grande-Couche et un peu au-dessus. L'action sédimentaire de la rivière de Colombier ne s'est pas arrêtée là ; mais plus haut elle s'est confondue avec celle de la rivière des Bourrus, et il en est résulté la zone lithologique mixte des Pégauds, dont il sera question plus loin.

Dans la zone de Longeroux se trouvent deux bancs exceptionnels : le banc Sainte-Aline et le banc des Chavais, qui seront l'objet d'une mention spéciale.

Le tableau suivant (page 87) indique la composition lithologique des différentes parties de la zone de Longeroux.

Le *porphyre petro-siliceux* et l'*anthracifère* se présentent ici pour la première fois ; ces éléments, généralement très abondants dans la zone de Longeroux, donnent à tous les terrains de cette zone une couleur terne spéciale. Les grès grossiers et les poudingues rappellent un peu la gratte de Saint-Etienne. On ne trouve cet aspect sur aucun autre point du bassin de Commentry. Ici, comme ailleurs, on constate que les petits grains de gravier ou de sable qui entrent dans la composition des grès, ne sont que des débris plus petits des mêmes roches qui ont fourni les galets.

*Galets de micaschiste.* — Les galets de schistes cristallins de la zone de Longeroux sont, comme ceux de Montassiégé et des Ferrières, en micaschiste plus ou moins granulitique ; la roche franche est rare.

C'est vers le point n<sup>o</sup> 14 qu'ils sont le plus abondants ; ils sont presque anguleux et associés avec de la

NATURE DES GALETS		ZONE DE LONGEROUX						
		Point n° 44	Point n° 42	Point n° 43	Point n° 44	Point n° 47	Point n° 45 — Roche Ste-Aline	Point n° 46 — Banc des Chavais
A — Schistes cristallins : micaschiste.	A <sup>a</sup>	»	7	2	10	8	70	55
B — Granite. . . . . gris. . . . .	B <sup>a</sup>	1	2	»	1	»	»	»
C — Granulite. . . . .	{ rose . . . . . C <sup>r</sup> blanche . . . . . C <sup>a</sup> grise . . . . . C <sup>d</sup> grise à deux micas . C <sup>p</sup>	12	11	2	4	10	9	10
		6	5	2	10	25	»	»
		12	15	4	10	25	10	15
		»	»	»	»	»		15
		30	31	8	24	60	29	40
C — Granulite porphyrique . . . . .	C <sup>o</sup>	2	»	»	»	»	»	»
E — Quartz . . . . .	E <sup>q</sup>	2	6	»	1	8	1	5
F — Porphyre petro-siliceux . . . . .	F <sup>a</sup>	15	15	15	15	2	»	»
G — Anthracifère.	{ poudingues . . . . . G <sup>p</sup> grès . . . . . G <sup>h</sup> schistes . . . . . G <sup>s</sup> silex Lydienne . . . . . G <sup>l</sup>	»	5	3	3	»	»	»
		45	26	16	30	17	»	»
		4	4	53	12	4	»	»
		1	4	3	4	1	»	»
		50	39	75	49	22	»	»
		100	100	100	100	100	100	100

granulite blanche également peu roulée. Les galets de porphyre et d'anthracifère qu'on trouve au même point sont, au contraire, bien arrondis ;

Les galets de micaschiste atteignent 15 centimètres au point n° 13 et 10 à 12 centimètres au point n° 14 ; à mesure qu'on s'éloigne de ces points ils deviennent moins gros ; au point n° 17 les grains arrivent rarement à 2 ou 3 cent.

*Galets de granite.* — Le granite, si abondant dans la zone de Montassiégé, fait presque totalement défaut dans la zone de Longeroux ; on en trouve à peine 1 à 2 p. %, du type B<sup>a</sup> (grès à gros grains). Ils sont bien arrondis ; leur grosseur ne dépasse généralement pas 5 à 8 cent.

Au-dessus de la Grande-Couche, dans la zone mixte des Pégauts, on voit la proportion des granites et leur grosseur augmenter graduellement, à mesure qu'on se rapproche de la zone de Montassiégé.

*Galets de granulite.* — Il y a partout une assez forte proportion de galets de granulite dans la zone de Longeroux. Cependant cette proportion descend à 8 p. % au point n° 13, par suite de l'abondance extraordinaire des galets de culm.

Les galets de granulite atteignent leur maximum de grosseur (20 centimètres) au point n° 13, où ils sont souvent anguleux ; aux points n° 11 et n° 17, ils sont arrondis et leur grosseur dépasse rarement 4 à 5 centimètres.

Parmi les variétés de granulite représentées dans les galets de Longeroux, notons la variété C<sup>a</sup> (granulite blanche à gros grains) et la variété C<sup>d</sup> (grise à grains moyens) qui ne s'étaient pas encore présentées à l'Ouest.

*Galets de quartz.* — Au-dessus de la Grande-Couche, au point n° 17, les galets de quartz type E<sup>a</sup> sont plus petits mais plus nombreux que dans tout le reste de la zone ; on en trouve à ce point 8 p. % de 3 à 4 centimètres, mais l'anthracifère y est plus rare. Au point

n° 12 on en trouve encore 6 p. % ayant de 6 à 8 centimètres de diamètre, tandis qu'il n'y en a que 1 à 2 p. % aux autres points.

*Galets de porphyre petro-siliceux.* — C'est la roche décrite à la 2<sup>m</sup>e section.

Ces galets, répartis en proportion égale aux points n°s 11, 12, 13 et 14, atteignent leur minimum de grosseur au point n° 13 où ils sont souvent anguleux ; au point n° 11 ils sont mieux arrondis et arrivent rarement à 10 centimètres. Au-dessus de la Grande-Couche, au point n° 17, la proportion tombe à 2 p. % en petits galets et bien arrondis.

*Galets d'anthracifère.* — Sous ce nom figurent des poudingues (G<sup>p</sup>), des grès (G<sup>h</sup>), des schistes (G<sup>s</sup>), des silex (Lydiennes G<sup>l</sup>) et quelques fragments de houille.

Leur proportion varie de 22 à 75 p. %. C'est entre les points n°s 13 et 14 qu'ils sont le plus abondants.

Les plus gros sont au point n° 13 où ils atteignent 25 à 30 centimètres ; beaucoup sont anguleux. Ils sont arrondis et moins gros vers les points n°s 11 et 14. Au point n° 17, les galets sont parfaitement arrondis et les plus gros ne dépassent pas 5 à 6 centimètres.

Il n'y a dans la zone de Longeroux ni granite porphyroïde (B<sup>d</sup>), ni granulite grise (C<sup>g</sup>), ni granulite brune (C<sup>b</sup>), ni granulite saccharoïde (C<sup>s</sup>), ni granulite porphyrique (C<sup>o</sup>), ni microgranulite (D<sup>a</sup>).

On trouvera plus loin des détails sur le *Banc Sainte-Aline* et sur le *Banc des Chavais*, qui font tous les deux partie de la zone de Longeroux, et on verra que ces deux bancs sont constitués presque exclusivement par du micaschiste A<sup>a</sup> et des granulites (C<sup>r</sup>, C<sup>d</sup>, C<sup>r</sup>) et par quelques quartz, et que ces trois éléments sont en certains points énormes (de plusieurs mètres cubes) et anguleux.

PROVENANCE DES SÉDIMENTS DE LA ZONE  
DE LONGEROUX.

*Micaschistes.* — Un seul point sur le pourtour du bassin possède le micaschiste, la granulite et le quartz, qui constituent presque entièrement les bancs Sainte-Aline et des Chavais et qui se trouvent en assez forte proportion dans d'autres parties de la zone; ce point est à 3 kilomètres de Colombier, au lieu dit Merlerie.

Nous savons que les galets de micaschiste de la zone de Longeroux ont leurs plus fortes dimensions et leurs angles plus vifs vers le point J (PL. III); et que ces galets deviennent plus petits et plus arrondis quand on s'éloigne de ce point.

On peut déduire de là que les galets de micaschiste sont venus de Colombier.

*Granite.* — Les rares galets de granite qu'on trouve à Longeroux sont de la variété B<sup>a</sup>, qui constitue la masse fondamentale au Nord de la bande de micaschiste.

Petits et bien arrondis, ces galets semblent venir d'assez loin.

Il n'y en a pas au point n° 13 ni au point n° 17.

On ne saurait les faire venir que du Nord, au-delà de la bande de micaschiste qui sert de base au terrain houiller.

*Granulite.* — Les granulites de Longeroux appartiennent aux variétés C<sup>a</sup>, C<sup>r</sup>, C<sup>d</sup> et C<sup>p</sup>.

Les variétés C<sup>a</sup> et C<sup>p</sup> se trouvent à la fois au Sud et dans la région de Colombier.

Mais la variété C<sup>d</sup> n'est point au Sud; elle ne peut venir que du côté de Merlerie, de sorte que la région de Colombier est encore indiquée comme point d'origine des sédiments.

La grosseur des galets de granulite qui est à son maximum au point n° 13 confirme cette hypothèse.

*Quartz.* — Il y a entre Colombier et Merlerie d'énormes filons de quartz de même nature que les galets de Longeroux ; il n'y en a ni au Sud, ni au Nord. Comme d'ailleurs les variations de grosseur indiquent une venue du côté de Colombier, il est permis de supposer que les galets ont été fournis par les filons de Merlerie.

*Anthracifère.* — Les galets d'anthracifère sont très abondants dans la zone de Longeroux ; les bancs en sont formés en très grande partie vers les points n°s 13 et 14.

Dans tous les grès de cette zone la présence du terrain anthracifère est signalée par des points verdâtres, rougeâtres et noirâtres qu'on ne retrouve point dans les autres parties du bassin.

Les fragments d'anthracifère sont plus gros aux points n°s 13 et 14 que dans les autres parties de la zone ; ils sont généralement très petits aux points n°s 11 et 17.

Les angles vifs de beaucoup de ces galets, même de fragments de schistes et de grès peu résistants de leur nature, prouvent un faible transport ; cependant, le poli des galets d'anthracifère, mêlés en O aux galets presque anguleux de micaschiste et de granulite, montre que ces derniers ont franchi un moindre parcours que ceux d'anthracifère.

Enfin, comme le courant qui a charrié la Roche Sainte-Aline n'a pas transporté d'anthracifère, et qu'à partir de ce moment, les apports d'anthracifère sont devenus plus rares, on peut croire que la formation à laquelle les galets ont été empruntés était à peu près détruite au moment du dépôt de la roche Sainte-Aline et qu'elle ne s'était pas beaucoup étendue au-delà de Merlerie.

On arrive ainsi à assigner l'espace compris entre Colombier et Merlerie (pointillé sur la FIG. 1, PL. IV) au dépôt d'antracifère corrodé pendant la période houillère, et dont il ne reste aujourd'hui aucun vestige.

J'ai dit plus haut qu'il y a à Château-sur-Cher, à 25 kilomètres de Commentry une formation antracifère en place, de composition analogue à celle qui est représentée par les galets de Longeroux.

On ne saurait faire venir nos galets de si loin, pour beaucoup de raisons : 1° parce qu'ils n'auraient point supporté un pareil transport sans se désagréger entièrement ; 2° parce que les roches de Château se seraient associées à beaucoup d'autres roches dont il n'y a pas trace à Longeroux ; 3° enfin, parce que les autres galets de Longeroux ne peuvent provenir que de la région de Colombier.

*Porphyre petro-siliceux.* — L'association intime, complète du porphyre petro-siliceux à l'antracifère, et l'analogie de forme et de grosseur qu'il y a entre ces deux sortes de galets, indiquent une même origine. Mais il ne nous a pas été possible non plus de trouver en place la coulée ou le filon d'où ont pu provenir les galets.

En résumé, toutes les roches primitives de la zone de Longeroux peuvent venir de la région de Colombier et ne peuvent venir que de là, car aucune autre partie du pourtour du bassin ne renferme le même ensemble de roches. On a d'ailleurs des raisons sérieuses pour placer l'origine du porphyre et de l'antracifère dans la même région.

Encore ici la rive Sud est restée étrangère aux apports de sédiments.

L'allure des strates conduit à la même conclusion :

les premières couches formées sont évidemment en J (Pl. III); c'est là que débouchait d'abord le courant charrieur; la superposition des couches et leur composition prouvent aussi que c'est de là que sont venus les matériaux qui ont seuls constitué la zone de Longeroux et qui se sont ensuite mêlés à ceux des Bourrus pour constituer la zone mixte des Pégauts.

#### BASSIN HYDROGRAPHIQUE DE COLOMBIER.

Nous avons vu que les matériaux de la zone de Longeroux sont venus presque entièrement de la région de Colombier, de l'espace compris entre les lignes TT', UU'.

Le cours d'eau qui les a amenés débouchait dans le lac en J. Au moment où a été formée la Roche Sainte-Aline, la rivière remontait jusqu'à Merlerie.

La grosseur des galets indique un cours d'eau torrentiel.

Les blocs énormes et anguleux de la Roche Sainte-Aline, intercalés entre de petits éléments, indiquent une action passagère d'une force prodigieuse dont nous parlerons plus loin.

La rareté et la ténuité des débris d'anthracifère dans la partie supérieure de la zone indiquent que ce dépôt était entièrement détruit à ce moment, sur le parcours de la rivière de Colombier.

Nous nous figurons donc un cours d'eau torrentiel, débouchant d'abord vers Colombier, ravinant les schistes cristallins voisins et l'anthracifère situé à peu de distance, et, vers la fin, exerçant son action corrosive seulement sur les roches primitives mises à nu par la destruction de l'anthracifère.

#### 5° Zone mixte des Pégauts.

La zone des Pégauts participe de la constitution des

deux zones voisines de Longeroux et de Montassiégé ; toutes les variétés de roches représentées dans ces deux dernières zones se retrouvent aux Pégauts, mais avec des dimensions généralement plus réduites.

Le tableau suivant indique la constitution lithologique de différents points de la zone des Pégauts.

NATURE DES GALETS	ZONE DES PÉGAUTS					
	Point n° 18	Point n° 19	Point n° 20	Point n° 21		
A — Schistes cristallins : micaschiste . . . . . A <sup>a</sup>	5	11	»	3		
B — Granite . . . . . gris . . . . . B <sup>a</sup>	22	9	57	52		
C — Granulite . . . . .	}	rose . . . . . C <sup>r</sup>	28	»	»	7
		blanche . . . . . C <sup>a</sup>	3	18	12	2
		grise . . . . . C <sup>g</sup>	40	12	8	2
		grise . . . . . C <sup>d</sup>	24	26	15	5
		saccharoïde . . . . . C <sup>s</sup>	»	»	»	1
		65	56	35	17	
P — Granulite porphyrique . . . . . P <sup>o</sup>	5	»	»	4		
E — Quartz . . . . . E <sup>q</sup>	3	4	2	3		
F — Porphyre petro-siliceux . . . . . F <sup>a</sup>	»	2	»	1		
G — Anthracifère. . . . .	}	grès . . . . . G <sup>h</sup>	»	17	6	18
		schistes . . . . . G <sup>s</sup>	»	1	»	2
		»	18	6	20	
		100	100	100	100	

Les galets caractéristiques de Longeroux (granulites C<sub>a</sub>, C<sup>d</sup> et anthracifère) diminuent en nombre et en grosseur, à mesure qu'on avance vers l'Ouest; les galets caractéristiques de Montassiégé (granites B<sup>a</sup>, B<sup>o</sup> et granulites C<sup>g</sup>, P<sup>o</sup>) diminuent, au contraire, de l'Ouest à l'Est.

Ce fait indique suffisamment de quel côté sont venus les matériaux.

Ce mélange, qui apparaît à l'Ouest au point n° 17, montre que le courant de Montassiégé est toujours resté le grand charrieur de matériaux, car ses apports s'étendent sur les 2/3 de la surface du terrain houiller.

A partir du moment où le delta de Montassiégé a touché la rive Sud, la petite anse des Ferrières a dû être vite comblée; puis tous les sédiments ont été reportés vers l'Ouest.

L'allure des strates, en forme de croissant de plus en plus fermé, montre que le remplissage du lac s'est achevé vers le point H, ce qui confirme les indications données par les galets pour le point d'émission des eaux du lac.

#### 6° *Autres zones.*

Il est possible de reconnaître dans le terrain houiller plusieurs autres petites zones lithologiques spéciales.

Le long des lisières Nord et Est, on voit sur plusieurs points (X, X<sup>1</sup>, X<sup>2</sup>, X<sup>3</sup>, PL. III) du terrain houiller, des bancs composés presque exclusivement de débris anguleux de la roche primitive voisine. Au Marais, c'est du micaschiste; aux Raynauds, c'est du micaschiste et de la granulite (C<sup>g</sup>); au point X<sup>3</sup>, c'est encore du micaschiste et de la granulite (C<sup>a</sup>).

Les autres éléments de la grande zone voisine, d'abord tout à fait absents, font bientôt leur apparition, puis ils ne tardent pas à prédominer et à noyer les éléments anguleux.

Les arêtes vives indiquent un parcours faible, que l'identité des fragments et des roches primitives en contact permet de concevoir facilement. Le peu d'étendue du dépôt indique une force de corrosion et de transport très limitée.

On est en présence de l'alluvionnement formé par de petites ravines qui sont restées sans importance, et dont les matériaux, d'abord isolés en cônes de déjection le long de la rive septentrionale du lac, ont été plus tard recueillis et entraînés par les grands cours d'eau de Colombier et des Bourrus.

A l'Ouest, entre les zones de Montassiégé, des Ferrières et de Bourdessoules, les éléments de ces trois zones, confondus, forment une zone mixte de quelques centaines de mètres seulement. Le point de rencontre des cours d'eau se trouve ainsi fixé.

#### 7° Roche ou banc Sainte-Aline.

J'ai désigné sous le nom de *roche* ou *banc Sainte-Aline*, une puissante assise houillère qui a été longtemps prise pour du terrain primitif, et qu'il est très difficile, en effet, de distinguer de certains gneiss granulitiques.

En 1841, Elie de Beaumont et Dufrénoy la décrivaient comme un granite à grains fins, qui aurait fait son apparition postérieurement à la formation houillère et aurait séparé cette formation en deux parties; un dessin inséré dans le texte figure cette disposition de la roche Sainte-Aline (1).

Quelques années après, dans sa statistique géologi-

---

(1) *Explication de la Carte géologique*, I, p. 639.

que du département de l'Allier, Boulanger parlait de la même roche dans les termes suivants :

« Le mamelon sur lequel on a construit les vastes bâtiments de l'ancienne glacerie, aujourd'hui une usine à fer (1), est composé de pegmatite à grains fins ; il forme une sorte d'îlot primitif au milieu du terrain houiller (2). »

Enfin, Ch. Martin disait, en 1850 :

« Le granite porphyroïde qui a relevé les couches houillères vers le Nord et sur lequel est assise l'usine de Commentry . . . . . (3) »

Tout le monde était bien convaincu que la forge de Commentry repose sur le terrain primitif.

Une route tracée aux Chavais, vers 1864, coupa un terrain semblable à celui de la Forge ; sur 40 à 50 mètres de longueur, on peut se croire au milieu du gneiss.

Cependant, après de nombreuses observations, j'avais acquis la conviction que les roches de la Forge et des Chavais appartenaient à une même assise d'origine sédimentaire, qui se développe à peu près parallèlement à la Grande Couche. Cette assise figurait sur ma carte géologique, et la question me paraissait tranchée, lorsque l'on se mit, en 1882, à approfondir le puits Sainte-Aline, dans le but d'explorer le fond du bassin.

A 15 mètres au-dessous de la Grande Couche, on rencontra une roche d'apparence granitique, excessivement dure ; c'était la place présumée du banc Sainte-Aline. Cependant, après une dizaine de mètres de traversée, l'ingénieur chargé de la direction du fonçage se demanda si l'on n'était pas en plein terrain primitif, et

(1) Cette usine est figurée sur la carte (PL. I).

(2) *Statistique*, p. 121.

(3) *Notes sur les roches volcaniques, Bulletin de la Société géologique*, 1850.

ce doute, partagé par ses deux collègues, me fut soumis.

Toutes les raisons stratigraphiques et lithologiques que je pus invoquer furent vaines devant l'apparence des blocs que l'on retirait du puits ; il était impossible alors d'apercevoir un galet dans la masse qui était compacte ou divisée en fragments anguleux parfaitement cimentés.

L'opinion de plusieurs savants consultés donna plus de consistance aux doutes qui subsistèrent jusqu'au moment où, sous la roche Sainte-Aline, on rencontra une petite veinule de houille, et sous cette veinule, les strates houillères avec leur aspect ordinaire.

J'ai vu, depuis, des roches tout aussi difficiles à déterminer à Brassac et à Epinac. C'est pour cela que j'insiste un peu sur la roche Sainte-Aline. On trouvera plus loin une étude micrographique de cette roche (1).

Le *banc Sainte-Aline*, connu aux affleurements sur tout le pourtour de la Grande Couche, depuis Longe-roux jusqu'au-delà du pré Gigot, a une constitution, une puissance et un aspect exceptionnels.

Sa constitution lithologique est la suivante :

Micaschiste, type A <sup>a</sup> . . . . .	70
Granulites, » C <sup>r</sup> , C <sup>d</sup> , C <sup>p</sup> . . . . .	29
Quartz, » E <sup>q</sup> . . . . .	1
	100

Vers les Chavais, où il a sa plus grande épaisseur (60 mètres), il est constitué principalement par d'énormes fragments anguleux (allant jusqu'à plusieurs mè-

---

(1) Cette étude faite par M. Stanislas Meunier, qui vint à Commeny au moment où le puits venait de traverser la roche Sainte-Aline, nous a aidé à remonter à l'origine des éléments qui constituent cette roche.

tres cubes) de micaschiste et de granulite, reliés et cimentés par des fragments plus petits de même nature. La masse a si bien pris l'aspect d'une roche primitive que les géologues les plus expérimentés s'y trompent à première vue.

A mesure qu'on s'éloigne des Chavais, le banc change d'aspect et de composition, les blocs qui étaient anguleux et atteignaient plusieurs mètres cubes, perdent leurs arêtes vives et sont moins gros.

En face le point n° 18, le banc est un conglomérat à pâte grossière. Vers le puits de l'Ouest, la pâte est celle d'un grès ordinaire, les galets (toujours en micaschiste et granulite) n'ont plus que quelques centimètres, ils sont arrondis et deviennent rares ; plus encore à l'Ouest, les galets disparaissent peu à peu et le banc finit en une sorte de grès fin qui se perd au milieu d'autres bancs de grès.

Dans la direction Sud-Est, le banc Sainte-Aline subit, à ses affleurements, une transformation analogue à celle du Nord-Est.

Au puits Sainte-Aline, à la profondeur de 150 mètres, le banc renferme encore beaucoup de fragments anguleux, avec des cailloux roulés dont la dimension va jusqu'à 30 centimètres. Il est encore connu en profondeur à 300 mètres au puits du 12 juillet.

Sur quelques points (à Forêt notamment), il renferme beaucoup de blocs de quartz, dont le diamètre atteint de 0<sup>m</sup>,75 à 0<sup>m</sup>,80. On voit ces blocs aux affleurements de la roche, sous la couche alluviale.

#### PROVENANCE DES ÉLÉMENTS DU BANC SAINTE-ALINE.

La composition du *banc Sainte-Aline* est simple : micaschiste, granulite et quartz.

La nature, la forme et la grosseur des éléments du

banc Sainte-Aline ne laissent aucun doute sur leur origine.

Un seul point sur le pourtour du bassin réunit le mica-schiste, la granulite et le quartz qui constituent le banc ; ce point est à 3 kilomètres de Colombier, au lieu dit Merlerie.

Le point central du banc, celui où les blocs sont le plus gros et le plus anguleux, indique une venue du côté de Colombier.

Il n'est donc pas douteux que les matériaux du banc Sainte-Aline soient venus du côté de Merlerie.

Comment sont-ils venus ? Evidemment sous l'impulsion d'un courant violent, puisqu'il y a beaucoup de blocs de plusieurs mètres cubes ; et très vite, puisque beaucoup de ces blocs sont anguleux ou à peine arrondis.

Voici l'explication qui me paraît la plus plausible :

Un éboulement d'une partie de la montagne s'est produit dans la région de Merlerie ; la vallée a été obstruée ; les eaux se sont accumulées et élevées derrière ce barrage, puis, tout à coup, brisant leur digue, elles ont emporté les matériaux, jusqu'à la plaine alluviale et jusqu'au lac (1).

Les plus gros blocs sont allés droit au bassin, vers les Chavais ; les autres se sont répandus à droite et à gauche ; les plus petits sont allés jusqu'à Longeroux d'un côté et jusqu'aux Forges de l'autre.

L'étendue, la puissance du banc et la grosseur des blocs donnent une idée de la puissance de cette débâcle. Le volume actuel du banc Sainte-Aline est d'environ 125 millions de mètres cubes, dont à peu près, moitié en fragments de gneiss et granulite ; sa longueur est d'environ 5 kilomètres. Si l'on considère la

---

(1) 3<sup>me</sup> partie, chap. II.

faible étendue relative de tous les autres bancs à gros éléments, on sent qu'il a fallu une action puissante, une violente débâcle pour étaler ces matériaux sur une telle étendue (1).

Le désordre dans lequel se trouvent les sédiments et l'absence de toute trace de stratification dans la partie puissante du banc indiquent un dépôt rapide. La présence, immédiatement au-dessus du banc, de sédiments fins, comme ceux qui se trouvent au-dessous, indique le rétablissement immédiat du régime d'écou-

(1) « Pendant les temps modernes, il est arrivé fréquemment, soit par l'effet des pluies, du dégel ou des tremblements de terre, que la dent du Midi (Suisse) a secoué dans les vallées des cataractes de roches et de pierres, semblables à celle qui, d'une montagne voisine, le Grammont, tomba en 563 sur le château de Tauretunum, et fit refluer les eaux du Léman sur toutes les villes de ses bords. »

« Plus d'une fois, le fleuve a été retenu par les digues de boue et de cailloux et changé en un lac temporaire s'étalant même jusqu'à 5 kilomètres en amont.... » (ELISÉE RECLUS, *Europe centrale*.)

« A la suite d'une saison pluvieuse, en 1806, la montagne de Rossberg située au Nord du Righi, se mit à glisser sur un lit argileux, et en trois ou quatre minutes, elle engloutit les trois villages de Goldan, Unterrothen et Busingen.

« Une partie du lac de Lowerz fut comblée et les campagnes riveraines disparurent sous un amas de pierres évalué à 40 millions de mètres cubes. »

Je suis allé voir ces éboulements et l'analogie avec la Roche Sainte-Aline m'a paru frappante.

Des événements de ce genre se produisent encore assez fréquemment de nos jours :

« En 1841, le cours de l'Indus fut arrêté par un éboulement survenu sur les flancs du Nauga-Parbat. La débâcle d'eau, de cailloux et de boue, évaluée à 600 millions de mètres cubes, produisit une vague de 10 mètres, qui rasa plusieurs villages... » (ELISÉE RECLUS, *l'Inde*.)

« En 1875, un éboulement s'est produit au Cirque de Salazie, dans l'île Bourbon, sous l'influence des pluies torrentielles de la région tropicale. Cet événement a répandu sur 120 hectares un monceau d'éboulis de 5 kilomètres de longueur et de 40 à 60 mètres de hauteur.... » (DE LAPPARENT, *Traité de Géologie*, page 254)

lement des eaux qui régnait précédemment. L'action a donc été momentanée, et comme la proportion des débris d'antracifère diminue considérablement à partir de ce moment, voici ce que nous supposons :

Le dépôt d'antracifère, d'abord appuyé contre la masse cristalline de Merlerie, était depuis longtemps corrodé par les eaux et presque entièrement détruit ; la rivière avait de préférence creusé son lit dans ces roches sédimentaires peu dures ; au moment où elle en emportait les derniers débris, un éboulement considérable de micaschiste et de granulite se produisit dans le flanc de la montagne, obstrua la vallée et forma un barrage derrière lequel les eaux s'élevèrent. Quelques temps après eut lieu la débâcle ; puis tout reprit l'aspect habituel. Mais dès lors, les apports d'antracifère furent faibles ou nuls et les débris de ces terrains que l'on trouve dans les couches plus récentes ont dû être fournis par la plaine alluviale.

8° Banc des Chavais (1).

Le *banc des Chavais*, intercalé dans la Grande Couche, a la forme d'une demi-lentille, dont le grand axe serait aux affleurements.

Au milieu de sa longueur, dans la région des Chavais, sa puissance atteint 8 mètres ; elle va en diminuant de tous côtés, à mesure qu'on s'éloigne du centre et se réduit à 1<sup>m</sup>,50 ou 2<sup>m</sup>,00 à une distance de 300 ou 400 mètres. En même temps le banc passe graduellement de l'état de conglomérat à celui de houille. Cette transformation s'accomplit également suivant la direction et suivant l'inclinaison du banc.

Dans sa partie puissante, le banc des Chavais ren-

---

(1) Pl. XII, Fig. 4.

ferme des blocs de 0<sup>m</sup>,20 à 0<sup>m</sup>,60 de même nature que ceux du *banc Sainte-Aline*, mais moins anguleux et plus altérés, comme s'ils avaient subi plus longtemps l'influence des actions atmosphériques.

Avec les blocs de micaschiste et de granulite, on trouve aussi des blocs de schiste et de grès houiller et des troncs fossiles disposés en divers sens dans toute l'épaisseur du banc. A mesure qu'on s'éloigne du centre, les sédiments deviennent moins grossiers et les débris de plantes plus nombreux ; graduellement le banc devient plus charbonneux et passe à la houille.

Au-dessus et au-dessous du banc des Chavais, la Grande Couche est régulière. Les lits de houille ne sont pas plus dérangés au contact des blocs du Banc des Chavais qu'au milieu de la Grande-Couche elle-même.

Le *banc des Chavais* paraît être le produit d'une forte crue qui aurait jeté des matériaux grossiers, empruntés à la plaine alluviale, sur un point où ne se déposaient auparavant que des végétaux et où les végétaux sont revenus aussitôt après la crue.

L'action momentanée et violente des eaux est démontrée par la situation même qu'il occupe au milieu de la Grande-Couche, par la pureté des accumulations végétales qui l'entourent et par la grosseur des blocs.

La corrosion de la plaine alluviale est établie par l'abondance des débris houillers et aussi par l'état d'altération des blocs de micaschiste et de granulite. Ces blocs, probablement abandonnés sur le delta par la grande débâcle de Sainte-Aline, ont été ensuite arrondis, diminués et décomposés par les actions atmosphériques.

La régularité de la couche de houille au-dessous et au-dessus des blocs du banc des Chavais, et le passage rapide de ce banc, de l'état de conglomérat à celui de

houille, prouvent que le dépôt s'est accompli sur la pente d'un bassin profond, à l'embouchure du cours d'eau charrieur. L'inondation qui a ravagé la plaine alluviale a emporté une énorme quantité de végétaux qui se sont répandus à quelque distance de l'embouchure ; quelques-uns seulement sont restés confondus avec les sédiments minéraux grossiers. Dès que l'inondation a eu cessé, les cours d'eau ont repris leur allure antérieure, les végétaux se sont déposés à la même place qu'auparavant, de sorte que là où le banc des Chavais se composait de végétaux, la Grande-Couche ne paraît pas interrompue.

Sur les confins du banc, on trouve des galets de gneiss et de granulite au milieu de la houille pure (1). Autour de ces galets, on voit des lamelles de houille claire repliées, qui sont probablement les racines des souches qui ont été déracinées par la crue (2).

Ce fait, comme celui des galets de houiller remanié, indique un charriage de peu de longueur.

Ainsi s'expliquent les bancs singuliers de Sainte-Aline et des Chavais, par des phénomènes analogues à ceux que l'on observe actuellement dans les pays montagneux.

#### 9° Bancs de houiller remanié.

On trouve dans beaucoup de bancs du terrain houiller, et dans toutes les parties du bassin, des fragments de houille, de schiste et de grès, de même nature que la houille, le schiste et le grès des bancs mêmes du

(1) PL. XI, FIG. 10 et 11.

(2) J'ai vu dans les vallées alpines des souches gardant encore des pierres au milieu de leurs racines, après un transport de plusieurs centaines de mètres.

terrain houiller; ces débris présentent toutes les dimensions possibles, depuis la particule microscopique jusqu'aux blocs de plusieurs mètres de longueur et 0<sup>m</sup>,50 d'épaisseur; ils sont quelquefois arrondis, souvent anguleux; certains bancs en sont presque entièrement constitués.

Les tranchées ouvertes au toit de la Grande Couche permettent de voir un certain nombre de ces bancs à éléments *houillers* (1); dans la tranchée Saint-Edmond, notamment sur une épaisseur totale de 60 mètres, les bancs qui recouvrent la Grande Couche renferment de 1/4 à 1/3 de débris houillers, surtout du schiste. Certains fragments de schiste dont la longueur atteint jusqu'à 1<sup>m</sup>,50, sont anguleux, contournés, repliés. Les débris de grès et de houille sont plus rares et en fragments moins volumineux.

Les mêmes faits existent à l'Est et à l'Ouest, au toit de la Grande Couche. C'est la partie du terrain houiller la plus chargée de détritits houillers.

Sur certains points du bassin, les galets de houille abondent, au point de former une sorte de lit de houille (2).

L'identité de nature de ces débris *houillers* et des bancs du terrain houiller fait immédiatement supposer qu'ils proviennent du terrain houiller lui-même. La forme et le volume des fragments confirment cette supposition. En effet, le schiste, peu résistant de sa nature, n'aurait gardé ni fortes dimensions, ni angles vifs, s'il avait subi un long charriage; la délicatesse des angles de certains fragments indique qu'ils n'ont presque pas subi de frottements; la forme contournée, repliée de

---

(1) PL. XI.

(2) PL. XI, FIG. 7, et 3<sup>me</sup> section, ch. III.

beaucoup de fragments indique qu'ils se sont déposés à l'état mou, plastique.

La présence de débris *houillers* au sein du dépôt houiller lui-même s'explique facilement par la corrosion dont tous les deltas sont l'objet de la part des cours d'eau qui les ont formés (1).

Un ravinement de quelques mètres de profondeur, ou seulement de quelques décimètres, met à nu des couches de sable, d'argile, de végétaux, de formation récente; les matériaux détachés et entraînés par le courant sont désagrégés et émiettés complètement, à moins qu'un bassin de dépôt ne se trouve à peu de distance. Dans ce dernier cas, de gros fragments peuvent être conservés; les lits argileux, incomplètement tassés, plastiques, peu denses, à moitié flottants, peuvent franchir quelque distance sans être entièrement désagrégés; les sables ou grès résistent moins bien au charriage.

Les matériaux arrachés à la plaine alluviale cheminent et se déposent avec ceux que le cours d'eau a apportés de plus loin.

Le déplacement très fréquent des cours d'eau vers leur embouchure (2) permet de concevoir pourquoi on trouve des débris *houillers* dans toutes les parties du bassin. Le ravinement de la plaine alluviale est un phénomène d'intensité variable, mais presque continu.

Ainsi s'explique la présence des débris *houillers*, en proportion variable, au milieu des sédiments granitiques, dans un grand nombre de bancs du terrain houiller.

---

(1) 3<sup>me</sup> partie.

(2) 3<sup>me</sup> partie et Pl. XXV.

Cependant, l'abondance extraordinaire des débris *houillers* dans le faisceau de bancs qui recouvre la Grande Couche appelle l'attention. Le volume de ces débris sur toute l'étendue de la Grande Couche et sur une épaisseur totale de 60 mètres est d'au moins  $\frac{1}{4}$  de la masse totale, soit environ 50.000.000 de mètres cubes.

Or, à ce moment, la plaine alluviale de Longeroux et de Montassiégé avait, au total, environ 1.600 hectares. Si l'on admet que les matériaux ont été arrachés par ravinement à une partie de cette plaine alluviale, sur un cinquième de sa surface par exemple, il en serait résulté un abaissement de niveau moyen du lit du cours d'eau de 15 à 20 mètres.

Un tel abaissement moyen du lit des cours d'eau n'a pu s'opérer qu'à la suite d'un abaissement du niveau de la nappe lacustre.

L'abaissement du niveau des lacs est un phénomène commun (1); pendant que les affluents du lac corrodent leur lit, l'émissaire du lac corrode aussi le sien; par suite, le niveau des eaux s'abaisse, la partie supérieure du dépôt lacustre émerge et devient attaquant par les actions météoriques. Les lacs actuels fournissent de nombreux exemples d'abaissement de niveau; selon l'importance et la rapidité de la dénivellation, la forme et l'étendue des deltas, tantôt la plaine alluviale est corrodée également avec une pente régulière dans toute son étendue, tantôt elle est profondément ravinée et reste en terrasse élevée au-dessus du niveau du lac.

Le volume des débris remaniés qui se trouvent au toit de la Grande Couche et la présence de débris semblables dans les deux zones de Longeroux et de Montassiégé, me fait admettre un abaissement considérable

---

(1) 3<sup>me</sup> partie, chap. I.

du niveau du lac, à cette époque de la formation houillère. Il est vrai que c'est à ce moment même que le delta des Bourrus, ayant atteint la rive méridionale du lac, le cours d'eau se rejeta latéralement; ce déplacement dut entraîner de profondes corrosions auxquelles on pourrait attribuer une partie des débris remaniés de la région Ouest; mais, outre qu'il n'aurait pas suffi à fournir toute la masse remaniée, il n'expliquerait pas la simultanéité des corrosions profondes qui se sont produites en même temps dans les deux deltas de Montassié et de Longeroux, sous l'action de deux cours d'eau différents.

Nous voyons donc là la trace de l'un de ces abaissements de niveau auxquels sont sujets la plupart des lacs de montagne.

Tant que le lac n'est pas entièrement comblé, c'est au profit des parties profondes que s'effectue la destruction des parties superficielles du dépôt; lorsque le lac est comblé, le ravinement se poursuit et les cours d'eau réunis peuvent emporter, petit à petit, tous les matériaux qu'ils avaient antérieurement déposés. Nous verrons, plus loin, qu'au moment de l'apparition des sources *Permiennes*, le dépôt houiller avait perdu environ 200 mètres de hauteur dans sa partie supérieure. Ces chiffres ne paraissent pas extraordinaires lorsqu'on se figure les terrasses du Léman étagées à 20<sup>m</sup>, 50 et 100 mètres au-dessus du niveau actuel du lac.

### § 3. — RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS.

Nous avons vu que le terrain houiller comprend plusieurs zones de constitution lithologique différente, disposées non pas dans le sens longitudinal du bassin, mais plutôt transversalement; de sorte qu'en suivant la ligne des strates, à la base ou au milieu du dépôt, on

rencontre successivement toutes les zones. Ainsi, les bancs de même niveau géologique ne sont pas de même composition (1).

Cette division lithologique ne peut s'expliquer que par l'action sédimentaire de plusieurs cours d'eau; chaque cours d'eau a formé son delta.

Nous avons pu remonter à l'origine de la plupart des éléments qui constituent les différentes zones lithologiques et rétablir ainsi le bassin hydrographique de chaque cours d'eau; ces bassins ont sans cesse grandi pendant toute la durée de la formation, sans jamais dépasser une vingtaine de kilomètres de longueur.

On verra, au chapitre II, 3<sup>me</sup> partie, par des exemples pris dans les petits cours d'eau actuels de la région, comment, sur un faible parcours, les masses primitives peuvent se transformer en blocs, galets, sables et limons. Les plus gros blocs de gneiss et de mica-schiste sont réduits en grains de moins de 20 millimètres par un parcours de 6 kilomètres environ, et en poussière par un parcours double. Le granite résiste environ deux fois plus, la granulite deux fois plus que le granite et le quartz plus encore.

On s'explique ainsi la faible proportion de galets de mica-schiste dans l'ensemble du terrain houiller et son abondance relative sur la lisière Nord. Cette roche est arrivée sans grand transport sur la lisière Nord, et elle s'est réduite en éléments ténus quand elle a dû franchir de plus grandes distances.

On comprend bien aussi que la région des Bourrus ait pu fournir tous les éléments granitiques de la zone de Montassié. Pour expliquer la présence de blocs

---

(1) J'ai constaté la même chose à Montvicq, à Saint-Etienne et à Champagnac, et je ne doute pas qu'il en soit ainsi dans la plupart des bassins houillers du Plateau central.

énormes qu'on rencontre au Nord et au centre de cette zone, et que l'on rencontre aussi au Sud, quoique avec des dimensions un peu moindres, on est obligé d'admettre de fortes pentes et, par suite, une assez grande hauteur aux montagnes que bordaient le lac houiller. Nous estimons que le sommet du massif des Bourrus devait s'élever à plus de 500 mètres au-dessus du niveau du lac.

Ceci transforme considérablement le paysage des plaines basses et marécageuses, à peine émergées, qu'on s'était plu à imaginer jusqu'à présent au siège des formations houillères. Au lieu d'un sol plat, à peine exondé, nous trouvons partout les traces d'une nature accidentée, alpestre, telle que l'avaient faite des soulèvements peu anciens, et avant que les actions météoriques eussent eu le temps de détruire les sommets et de combler les fonds.

L'hypothèse d'un dépôt lacustre, formé par des cours d'eau torrentiels, est appuyée non seulement par la nature, la forme et les dimensions des galets, mais encore par l'allure stratigraphique du terrain. Aucune autre explication plausible ne peut être donnée, par exemple, de l'épaisseur variable d'un faisceau de bancs quelconque de la zone de Montassiégé, épaisseur deux ou trois fois plus grande dans l'axe de la zone que sur les côtés. C'est là un fait fréquent dans les deltas lacustres torrentiels.

On ne saurait non plus expliquer autrement la présence des débris *houillers* si abondants dans certains bancs, ni le banc Sainte-Aline constitué par 60 mètres de blocs énormes en son milieu et du sable fin sur son pourtour, ni le banc lenticulaire des Chavais, conglomérat au centre, houille à la circonférence.

Tout peut se concevoir assez facilement dans l'hypothèse du remplissage d'un lac profond par divers affluents ; tout devient obscur, inexplicable, dans l'hypothèse de *l'horizontalité primitive des couches et des affaissements du sol.*

---

 Chapitre II.

## GRÈS — SCHISTES — ROCHES DIVERSES

---

 § 1. — GRÈS.

Le terrain houiller de Commeny renferme plusieurs sortes de grès qui diffèrent par la grosseur et la nature de leurs grains, et par la nature de leur ciment.

Nous appelons grès *fins* ceux dont le grain ne dépasse pas 1 millimètre de diamètre, grès *moyens* ceux dont les plus gros grains atteignent 3 ou 4 millimètres ; au-delà, on a des grès *grossiers* qui se relient par des degrés insensibles aux *grès à blocs* et aux poudingues.

Le quartz constitue toujours au moins les deux tiers des grains du grès ; c'est donc par le troisième tiers que la nature des grains peut donner au grès un caractère spécial. Si ce troisième tiers se compose essentiellement de quartz le grès est dit *quartzeux* ; on le dit *feldspathique*, *micacé*, *charbonneux* si c'est le feldspath, ou le mica, ou la houille qui dominent dans ce troisième tiers ; il y a enfin des grès *remaniés* composés en partie de débris de grès ou de schistes houillers.

Les grains sont ordinairement reliés par une pâte fine qui parfois les cimente fortement. Ce ciment est le plus souvent argileux, quelquefois siliceux ou ferrugineux ; presque toujours il y a dans le ciment une très petite proportion de carbonate de chaux.

*Grès quartzeux.* — Sont généralement à grains

moyens ; existent surtout dans les zones charbonneuses des Pégauds et des Ferrières.

Le ciment est ordinairement argileux. Parfois il est, par places, siliceux ou ferrugineux et donne alors à la roche une grande dureté.

Je citerai comme exemple un banc de la tranchée Saint-Edmond (1) qui, à l'extrémité Ouest de cette tranchée, se trouve à 30 mètres au-dessus de la Grande Couche. En ce point le banc est un grès gris, peu dur, de 5 mètres d'épaisseur ; vers l'Est il se rapproche de la Grande Couche et passe peu à peu au schiste. Dans l'intervalle, en plusieurs points sur quelques mètres de longueur et quelques décimètres d'épaisseur, il devient dur comme du granite par l'effet d'un ciment siliceux. Aucune ligne nette de démarcation n'existe entre le ciment siliceux et le ciment argileux.

Dans la même tranchée on remarque, au milieu de quelques bancs de grès, des parties arrondies, parfois de véritables boules dures, qui ont jusqu'à 1 mètre de diamètre, lesquelles ne diffèrent du reste du banc que par un ciment ferrugineux invisible sur la cassure fraîche, mais bientôt signalé par la couleur de rouille que lui donne l'exposition à l'air.

Dans certains bancs quartzeux on remarque un assez grand nombre de feuilles de cordaïtes, disséminées irrégulièrement en tous sens et même normalement à la stratification.

Les graines fossiles sont parfois très abondantes dans les grès du voisinage de la Grande Couche. On a pu en compter dans un mètre cube de roche jusqu'à plusieurs centaines dont la dimension variait de 5 à 20 et 30 millimètres.

---

(1) Pl. VI, Fig. 6.

Les grès quartzeux sont généralement en bancs lenticulaires peu épais ; les plus puissants ne dépassent pas 10 mètres.

*Grès feldspathiques.* — Sont généralement grossiers. Existents surtout dans les zones de Montassiégé et de Longeroux.

A Montassiégé, ce sont des sortes d'arkoses granitiques dures ; le feldspath du granite et des granulites a généralement conservé sa teinte rose pâle. Le ciment est blanc argileux (pholérite) et légèrement calcaire.

A Longeroux, le ciment est plus terreux ; le feldspath est généralement décomposé ; la roche n'est pas dure.

On rencontre au milieu des couches de houille quelques grès grossiers feldspathiques ; le feldspath de ces grès est presque toujours kaolinisé.

Les grès feldspathiques grossiers sont généralement lenticulaires, irréguliers et assez puissants ; ils paraissent être d'autant plus puissants qu'ils sont plus grossiers. Dans la région des Forges, les grès à blocs sont parfois amoncelés en masses d'une centaine de mètres d'épaisseur sans intercalation schisteuse et sans ligne de stratification nettement marquée.

*Grès micacés.* — Sont généralement fins. On les rencontre surtout à la base du terrain houiller, au Marais, à Colombier et aux Raynauds, au voisinage du mica-schiste, dans les régions que nous avons considérées comme des anses pendant le début de la formation houillère. Il y en a aussi dans les autres parties du terrain houiller, notamment au milieu de la Grande Couche ; le Banc des *Roseaux* est en effet, dans la plus grande partie de son étendue, un grès micacé, à mica blanc (1).

---

(1) Pl. XIV et Ch. IV.

*Grès charbonneux.* — Ordinairement à grains moyens, assez abondants dans les zones charbonneuses des Pégauts et des Ferrières, rares dans les autres zones, surtout au milieu des grès à blocs de Montassiégé.

Les grès sont charbonneux de deux manières : 1° par la présence de débris carbonisés de plantes, feuilles, tiges, graines, etc ; les *grès noirs* (1) sont le type de ces grès charbonneux ; 2° par l'existence de véritables grains de houille, qui sont parfois assez nombreux pour noircir les grès.

*Grès remaniés.* — J'ai décrit plus haut (2) des bancs de poudingue à éléments *houillers*. Les grès en question ici sont de même nature, seulement à éléments plus fins.

Il y en a dans toutes les parties du terrain houiller ; mais ils sont surtout abondants dans la zone des Pégauts.

Ces grès sont ordinairement noirs ; cette coloration leur est donnée par les débris de schistes qu'ils renferment, parfois par des grains de houille. Il y en a à grains fins, à grains moyens et à grains grossiers ; le plus souvent ils sont tendres ; quelques-uns, à pâte siliceuse ou ferrugineuse, sont très durs.

Presque tous les grès intercalés dans les couches puissantes sont en *houiller remanié*. Le feldspath qu'ils renferment est généralement kaolinisé.

Les bancs *remaniés* sont ordinairement de forme irrégulière et fortement lenticulaire. Leur puissance atteint parfois 4 à 5 mètres.

*Mode de formation des grès.* — La composition, l'allure et la situation des divers bancs de grès du

---

(1) Chap. V.

(2) Chap. I.

terrain houiller de Commentry s'expliquent bien par l'hypothèse à laquelle nous a déjà conduit l'examen lithologique des roches à gros éléments.

Le quartz est l'élément dominant parce qu'il résiste mieux que les autres à la trituration des cours d'eau.

Dans chaque zone, les grès *grossiers* renferment les mêmes éléments caractéristiques que les poudingues : de la microgranulite à Bourdesoulles ; une granulite et un granite spéciaux à Montassiégé ; des débris d'an-thracifère à Longeroux, etc...

Lorsque le grain du grès diminue, le feldspath devient rare ; nous savons qu'il disparaît longtemps avant le quartz (1).

Au contraire, le mica devient plus abondant dans les grès *fins* parce que les grains très fins de quartz et les paillettes de mica tendent à l'équivalence sédimentaire. Et si les grès fins de la base du terrain houiller sont particulièrement micacés, c'est parce que le mica-schiste voisin a beaucoup plus participé à la formation de ces bancs qu'à celle des bancs supérieurs.

Les végétaux sont plus rares dans les grès grossiers que dans les grès moyens et fins parce qu'ils flottaient un certain temps avant de se déposer, s'éloignaient des bords du bassin, et franchissaient ainsi la zone de dépôt des éléments grossiers. En général, ils dépassaient la zone sableuse pour aller jusqu'au limon et au-delà. Si des tiges, des graines, des feuilles de cordaïtes, se rencontrent parfois en assez grand nombre dans les grès, cela tient surtout à leur densité naturelle et à celle qu'une longue immersion préalable avait pu leur donner.

J'ai expliqué (2) comment les bancs remaniés proviennent de l'érosion de la plaine alluviale houillère

(1) 3<sup>me</sup> partie, Ch. II.

(2) 3<sup>e</sup> partie.

par les cours d'eau, pendant la période même de la formation du terrain houiller. Si les bancs de grès intercalés dans les couches de houille sont généralement constitués, en grande partie au moins, par du houiller remanié, cela tient à ce que ces bancs sont le résultat d'une déviation momentanée des cours d'eau, laquelle est nécessairement liée à un ravinement plus ou moins profond de la plaine alluviale.

La forme lenticulaire des bancs de grès, et le passage fréquent d'un même banc au poudingue d'un côté, au schiste de l'autre côté, sont des conséquences normales du dépôt incliné en eau tranquille ; il en est de même de la convergence de ces bancs vers certains horizons comme la Grande Couche. Je ne crois pas que ces phénomènes, sur lesquels je reviendrai plus loin (1), soient susceptibles d'une explication plausible dans l'hypothèse du dépôt horizontal suivi d'affaissements du sol.

La formation par deltas, telle qu'elle a été déduite de la constitution des roches à gros éléments, rend bien compte aussi de la position relative des grès. Les grès grossiers font généralement suite aux poudingues ou aux grès à blocs ; les grès moyens et les grès fins sont surtout dans les anses qui restaient entre les deltas. Le toit immédiat des couches de houille est généralement en schiste parce que le limon suit naturellement les végétaux et précède les sables. C'est pour la même raison que l'on voit certains bancs passer graduellement en profondeur du poudingue au grès et au schiste.

Les ciments argileux, siliceux et ferrugineux des grès s'expliquent facilement aussi dans l'hypothèse du dépôt lacustre. On sait que la trituration des roches gra-

---

(1) 2<sup>e</sup> partie, ch. V.

nitiques en eau courante donne naissance à une sorte de boue argileuse et à une dissolution de silice, que les pyrites se transforment en hydrate et sulfate de fer et que les silicates des feldspaths et la présence des hydrocarbures donnent de la silice libre, du kaolin, du fer carbonaté.....

Tant que les dépôts sableux sont meubles, ils sont parcourus par les eaux d'infiltration et par les gaz résultant de la fermentation des plantes qui se transforment en houille. L'argile apportée par les eaux remplit peu à peu les interstices ; sur certains points la silice ou le fer se condensent d'après un phénomène connu.

Le carbonate de chaux, qui existe d'ailleurs en très faible proportion, a une origine semblable.

La kaolinisation très marquée du feldspath des bancs de grès intercalés dans les couches de houille doit résulter de l'action des hydrocarbures des plantes sur le dépôt. Les silicates alcalins ont disparu, le silicate d'alumine est resté. Dans les grès de Montassiégé où les plantes sont rares le feldspath n'est pas décomposé.

---

## § 2. — SCHISTES.

Les schistes du terrain houiller de Commentry peuvent se diviser en *micacés*, *argileux*, *bitumineux* et en schistes *remaniés*.

1° Les schistes *micacés* sont généralement gréseux, irrégulièrement feuilletés, peu chargés de matières combustibles (10 à 15 %).

On les trouve surtout près du micaschiste le long de la lisière Nord-Est du bassin, dans le voisinage des couches anthraciteuses ;

2° Les schistes *argileux* présentent tous les degrés

de teneur en matière combustible entre 90 et 50 %.

Entre ces derniers et la houille pure il y a d'ailleurs tous les passages possibles.

Les schistes argileux les moins charbonneux sont dans la zone de Longeroux ; les plus charbonneux sont au mur et surtout au toit des couches de houille ; ces derniers sont très feuilletés. Leur fissilité résulte souvent de l'interposition de feuilles et autres débris végétaux membraneux ;

3° Les schistes *bitumineux* sont analogues aux schistes utilisés pour la fabrication des huiles minérales, et au boghead (1). Ils tiennent de 25 à 60 % de cendres.

On les trouve surtout au toit de la Grande Couche ; ils ont leur plus grande puissance dans la région des Chavais.

Les schistes bitumineux sont régulièrement feuilletés, durs, sonores, d'un noir mat. Ils sont parfois rendus charbonneux par des lamelles de houille qu'ils renferment.

Ils sont souvent clivés, c'est-à-dire divisés en fragments parallépipédiques pseudo réguliers (2).

On en connaît quelques veines alternant avec des schistes charbonneux au toit de la Grande Couche, et d'autres dans la couche des grès noirs. Leur puissance ne dépasse pas 1 mètre ; leur étendue, quelques centaines de mètres ;

4° Les schistes *remaniés* sont constitués par des débris d'autres schistes houillers. Ils sont généralement grossiers, irréguliers, peu étendus. Ce sont des parties des bancs de poudingues et de grès *remaniés* dont il a été question plus haut (3). Comme la plupart

---

(1) Ch. III.

(2) Ch. V.

(3) Ch. I.

des autres variétés de schiste, les schistes remaniés sont plus abondants au voisinage de la Grande Couche qu'ailleurs.

La plus puissante formation de schiste de Commen-try est celle qui recouvre la Grande Couche ; sa longueur est de près de 5 kilomètres ; son épaisseur atteint jusqu'à 20 mètres. L'idée générale qu'on avait du mode de dépôt des terrains houillers a longtemps fait considérer cette formation comme régulière et homogène dans toutes ses parties. En y regardant de près, il est facile de voir que sa constitution est, au contraire, très variable : argileuse ici, bitumineuse ailleurs, très charbonneuse en certains points, en terrain remanié sur d'autres points.

On constate aussi que le toit de cette formation n'est pas un plan net, mais que les lits dont elle se compose s'éloignent de la Grande Couche, deviennent plus grenus et pénètrent peu à peu au milieu de bancs de grès avec lesquels ils finissent généralement par se confondre.

La formation schisteuse n'est pas non plus ordinairement séparée de la Grande Couche par un plan net ; il y a une sorte de confusion entre les deux couches sur quelques décimètres, et parfois sur quelques mètres d'épaisseur.

Le passage graduel des schistes au grès et à la houille n'est pas spécial au voisinage de la Grande Couche ; c'est plutôt un phénomène général.

L'œil permet ordinairement de distinguer sur la tranche des schistes feuilletés, des lames très minces de matière ténue plus ou moins noire, plus ou moins charbonneuse. L'action d'un feu intense fait parfois ressortir nettement les lames différentes, en les colorant de nuances vives : rouge, violet, jaune, noir... ;

les incendies de la houillère ont produit de beaux spécimens qui permettent de compter jusqu'à 30 lames de couleurs différentes sur deux centimètres d'épaisseur.

Ces colorations révèlent une différence de composition entre les lames.

*Mode de formation des schistes.* — On s'explique cette composition variable lorsqu'on se figure que chaque lame peut représenter le prolongement d'un banc de grès puissant. On sait, en effet, que les fines particules argileuses apportées par un cours d'eau en même temps que des sables et des galets, vont se déposer au large pendant que les éléments grossiers restent sur les bords du bassin. C'est le fait normal des formations lacustres.

Toutes les autres particularités des couches schisteuses s'expliquent facilement aussi dans cet ordre d'idées :

D'abord l'action des cours d'eau explique l'origine des éléments constitutifs : fines particules de quartz et de feldspath, argile, mica, débris végétaux....., etc ;

La concentration de ces matériaux, fins ou légers dans les anses, et leur absence ou leur rareté dans les parties de delta qui ont progressé rapidement et qui se composent de matériaux grossiers comme le delta de Montassié, sont aussi chose toute naturelle ;

Enfin on conçoit aussi que les couches de schistes ne s'étendent pas sur toute la longueur du terrain houiller, et se confondent parfois à leurs extrémités ainsi que sur leurs faces, d'un côté avec le grès et de l'autre avec la houille ; ces trois sortes de roches ont pu se former simultanément avec des matériaux apportés à la fois par le même cours d'eau.

## § 3. — ROCHES DIVERSES.

*Fer carbonaté.* — Le fer carbonaté se présente en minces veinules, en nodules et rognons plus ou moins irréguliers, et en mélange avec du schiste bitumineux.

Les *veinules*, de quelques centimètres d'épaisseur et quelques dizaines de mètres de longueur, sont assez nombreuses au milieu des schistes du toit de la Grande Couche à l'Espérance (1).

Les *nodules*, boules ou lentilles de quelques centimètres à quelques décimètres de diamètre, se rencontrent un peu partout, surtout à certains niveaux : dans la Grande Couche près du mur, dans les schistes du toit, et même dans certains grès fins ; ils sont parfois alignés dans un même plan de stratification.

Les *rognons* irréguliers, allongés, provenant presque toujours de troncs d'arbres sidérifiés, sont assez nombreux et disséminés dans la Grande Couche ; ils sont nombreux surtout aux extrémités de cette couche, à l'Est et à l'Ouest. Ce fer carbonaté est souvent associé à de la pyrite ; il y a parfois passage graduel d'un minéral à l'autre.

Le schiste *ferro-bitumineux* existe au toit de la Grande Couche aux Chavais. Le mélange est parfois intime. On remarque de petites veinules ferrugineuses presque partout aux points où la houille de la Grande Couche passe au cannel-coal (2).

*Chaux carbonatée.* — La chaux carbonatée est rare à Commentry ; elle n'a pas contribué à la formation de ces minces plaques blanches qui divisent la houille et

---

(1) PL. VI.

(2) PL. XII, FIG. 7 et 8.

que l'on désigne sous le nom de clivages (1) ; on la rencontre dans quelques fissures ou crevasses, tapisant les parois de la houille, du schiste et des grès. Il y en a dans la roche Sainte-Aline, servant de ciment aux blocs granitiques.

Un gisement intéressant consiste en veinules très minces, interstratifiées, que l'on observe en différents points.

L'une de ces veinules, située à 10 mètres au-dessus de la Grande Couche dans la tranchée St-Edmond (2), a 70 mètres de longueur et 12 millimètres d'épaisseur en son milieu, partie la plus renflée. C'est de la calcite blanche, cristalline. Cette petite veinule sépare deux lits de schiste.

Plusieurs petites veinules semblables existent en superposition dans la même région. Il y en a aussi dans la région Ouest.

*Silice.* -- En dehors du quartz provenant des roches anciennes désagrégées, la silice existe dans le terrain houiller à l'état de ciment dans quelques roches, à l'état de troncs d'arbres silicifiés, en cristaux de quartz au milieu de la houille, et en dépôts opalins.

*Ciment siliceux.* — Se trouve dans certains grès et au milieu des blocs granitiques de la roche Sainte-Aline.

*Troncs silicifiés.* — On en a rencontré un petit nombre généralement dans les grès grossiers (dans le puits des Forges ; entre la Grande Couche et le banc Sainte-Aline, au puits Sainte-Aline ; au toit de la Grande Couche, à Saint-Edmond...)

(1) Ch. V et PL. XVIII.

(2) PL. VI, FIG. 6.

Ces troncs diffèrent notablement de ceux que fournit le terrain permien ; dans ces derniers, toute trace de carbone a généralement disparu ; dans les troncs du terrain houiller, au contraire, le carbone subsiste à l'état de fibres au milieu de la silice translucide.

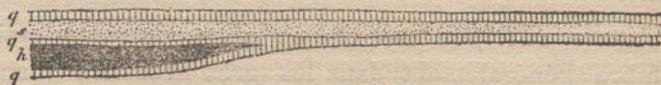
*Cristaux de quartz dans la houille.* — Certaines lames lenticulaires de houille, provenant de troncs d'arbres, renferment en leur milieu des plaques blanches ayant 4 à 5 millimètres d'épaisseur et jusqu'à 20 centimètres de largeur ; ces plaques qui ont une apparence de gypse sont en partie constituées par de fines aiguilles de quartz cristallisé (1).

*Opale.* — La couche des grès noirs est imprégnée de silice opaline sur 20 à 30 mètres de longueur dans

(1) Voici la description d'une de ces plaques faite par M. Mallard :

« M. Fayol a eu l'obligeance de déposer dans les collections de l'Ecole des Mines et de soumettre à mon examen une plaque minérale épaisse en moyenne de 5 <sup>m</sup>/<sub>m</sub> et détachée, d'après les indications qu'il a bien voulu me fournir, d'une lentille ayant environ 0<sup>m</sup>,60 de diamètre, trouvée à Commentry intercalée au milieu d'un tronc aplati de cordaite.

« Cette plaque montre à la surface des espèces de cannelures qui représentent sans doute les ornements de la cordaite et auxquelles de la houille adhère encore. La coupe perpendiculaire à ces cannelures est grossièrement représentée ci-dessous :



« *s* est une matière noirâtre assez tendre, analogue au schiste houiller.

« *h* est une houille à éclat un peu mat, montrant une disposition fibreuse, à fibres très intimement soudées, perpendiculaires à la surface qui les contient.

« *q* est une matière blanche siliceuse, qui forme deux veines renfermant entre elles la matière noirâtre *s*. L'une de ces veines,

la région Saint-Charles. Le schiste et la houille sont silicifiés : des fissures multiples de ces roches sont tapissées d'opale sur quelques millimètres et même sur quelques centimètres d'épaisseur.

*Pholélite.* — (Silicate d'alumine) ; matière blanche, parfois semblable au kaolin ; est très abondante à Comentry. Forme le plus grand nombre des plaques de clivage de la houille, le ciment de la plupart des grès et des poudingues, et le remplissage de beaucoup de fissures du terrain houiller.

Elle est pure dans les clivages de la houille (1) et dans certaines fissures ; dans les grès et les poudingues, elle est presque toujours mêlée à divers débris de roches, notamment à de fines particules de quartz.

qui constituent les deux surfaces de la plaque, se divise en deux, vers l'une des extrémités, pour comprendre entre elles la houille *h*.

« Ces veines ont au plus  $2^m/m$ , là où leur épaisseur est la plus grande. Leur épaisseur moyenne est de  $1^m/m$  environ.

« La substance siliceuse a une structure très finement fibreuse qui lui donne presque un aspect soyeux. Les fibres sont perpendiculaires à la surface des veines ; elles sont traversées obliquement par de petits filons très minces, noirâtres, à peu près parallèles entre eux, accompagnés de rejets très faibles. On voit que la matière siliceuse après sa consolidation, a été brisée et que les fissures produites ont été remplies par la matière noirâtre *s*.

« En découpant une lame mince perpendiculaire aux fibres siliceuses, on observe au microscope polarisant à lumière convergente, la croix noire et les anneaux avec double position, de quartz. Chaque fibre est ainsi en quelque sorte un cristal prismatique de quartz.

« La formation du quartz cristallisé, dans des conditions qui excluent si évidemment l'intervention de toute température quelque peu élevée, est bien loin d'être sans exemple ; mais elle m'a paru cependant digne d'être notée. »

J'ai rencontré des plaques siliceuses semblables dans les terrains houillers de Saint-Eloy et de Montvicq.

(1) Ch. III.

Dans la roche Sainte-Aline elle est parfois en petits amas durs, cristallins, de 5 à 6 centimètres d'épaisseur.

*Pyrite.* — La pyrite de fer se rencontre dans les grès, dans les schistes et dans la houille, dans toutes les parties du terrain houiller.

Elle accompagne souvent la pholérite dans les clivages de la houille ; elle se trouve souvent disséminée en fines paillettes dans la houille, notamment dans la houille grenue (1) ; elle constitue aussi soit seule, soit en mélange avec le fer carbonaté, l'axe de certains troncs d'arbres fossiles ; elle forme parfois de beaux cristaux dans les fissures du terrain.

*Origine des roches précédentes.* — On découvre sans peine l'origine des éléments qui constituent les diverses roches dont il vient d'être question : la désagrégation et la trituration des roches anciennes par les cours d'eau donnent naissance à de la silice libre, à du silicate d'alumine, à des hydrates et sulfates de fer ; les hydrocarbures dégagés par les plantes en fermentation, facilitent d'une part certaines de ces décompositions et d'autre part concourent à la formation du fer carbonaté et à la reconstitution des pyrites.

Le carbonate de chaux doit avoir la même origine ; mais son infiltration dans le dépôt paraît avoir été très lente et s'être poursuivie longtemps après l'achèvement du dépôt. On ne peut douter que les petites veinules interstratifiées de Saint-Edmond soient le résultat d'un remplissage analogue à celui qui se produit dans les fissures verticales ; un vide a dû rester entre les lits de schiste après un affaissement déterminé par la contraction de la Grande Couche.

---

(1) Ch. III.

La silice rendue libre par la trituration des roches anciennes et la décomposition du feldspath, permet de concevoir la silicification des grès, celle des troncs d'arbres, et la présence du quartz dans certaines lames de houille. Seule, la silice opaline des grès noirs paraît devoir être rattachée aux éruptions permien-  
nes (1).

Quant à la pholélite, si abondante, sa provenance ne peut faire de doute en présence de la proportion du feldspath des roches dont les débris ont constitué le terrain houiller.

---

(1) 4<sup>m</sup>e section.

## Chapitre III.

## HOUILLE

## I. — CONSTITUTION DE LA HOUILLE.

§ I. — PLANTES QUI ONT CONCOURU A LA FORMATION  
DE LA HOUILLE.

Le terrain houiller de Commentry renferme dans toutes ses parties et à tous les niveaux des éléments charbonneux isolés ayant la forme de lames ou de grains ; il ne renferme des couches ou amas de houille que sur quelques points.

L'épaisseur des lames isolées va de celle d'une mince feuille de papier à 0<sup>m</sup>,15 ; les grains ont la forme et les dimensions des grains de sable et des galets roulés par les rivières ; la puissance des couches et amas s'élève jusqu'à 25 mètres.

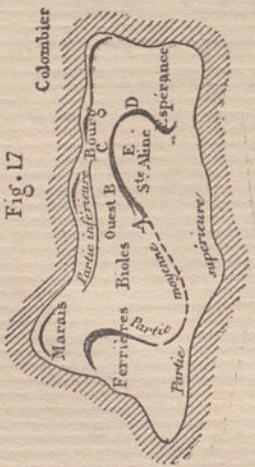
Lames et grains charbonneux se rencontrent dans toutes les sortes de roches du bassin, dans les schistes, dans les grès, dans les conglomérats et aussi dans les couches de houille.

Malgré des changements considérables de dimensions, de forme, de couleur et de nature, on distingue dans beaucoup de ces éléments charbonneux non seulement les caractères extérieurs, mais encore la structure organique du végétal originel. Ce sont des tiges, rameaux, racines, feuilles, épis, graines et autres débris en fragments plus ou moins volumineux.

Grâce à une multitude d'échantillons recueillis sur tous les points du bassin, j'ai pu dresser un inventaire détaillé des restes de plantes qui ont concouru à la formation de la houille. Ces plantes devant être décrites par MM. Renault et Zeiller dans le 2<sup>m</sup>e volume de ces études sur Commentry, je me bornerai ici à une simple énumération avec quelques indications sur le lieu de gisement et sur l'abondance relative des espèces.

FLORE DU TERRAIN HOULLER DE COMMENTRY

	PARTIE INFÉRIEURE DU TERRAIN HOULLER						PARTIE MOYENNE DU TERRAIN HOULLER						RÉSUMÉ				
	Colombier.	Espérance.	Bours.	Marais.	Bïoles.	Ferrières.	Grande Couche						Partie supérieure du terrain houiller.	Partie inférieure.	Partie moyenne.	Partie supérieure.	
							Toit			Roseaux							Mur
	A B Ouest.	B C	C D Est.	C D	Sec. Alluv. E												
Calamites . . . . .	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Calamodendron . . . . .		1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Annularia . . . . .	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1
Asterophyllites (equisetif.) . . . . .	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Id. (phan.) . . . . .		1	1	1	1	1	2										
Macrostachya . . . . .		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Cordaites . . . . .	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Graines . . . . .	1	1	1	1	1	1	2	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Titanophyllum . . . . .		1		1		1	3	1			3						
Lepidodendron . . . . .						1	3	1									
Knoria . . . . .						3	3										
Lepidophloïos . . . . .	1					3	3		1								
Lepidophyllum . . . . .		1				3	3	2	1								
Lepidostrobus . . . . .						3	3	1									
Stigmaria . . . . .						3	3										
Stigmaria . . . . .	1					3	3										





On voit que dans leur ensemble les trois parties du terrain houiller renferment à peu près les mêmes espèces végétales.

Parmi toutes les plantes rencontrées, il n'y en a qu'une, la sigillaire, qui manque dans la partie moyenne, et cette espèce ne nous a été révélée que par une seule cicatrice et quelques feuilles; elle est donc très rare même à la base et plus rare encore dans les autres parties si elle y existe.

Le nombre des espèces connues dans la partie moyenne est plus grand que dans les deux autres parties, probablement parce que les fouilles y ont été plus nombreuses; ce qui permet de le supposer, c'est que les quelques plantes qui ne figurent que dans la partie moyenne y sont ou rares ou très localisées.

Ainsi :

1° *Le Titanophyllum* n'a été trouvé que dans un seul banc et en un seul point, au mur de la Grande Couche;

2° *Le Dicranophyllum* n'existe que dans le banc ci-dessus et dans la partie centrale du banc des Roseaux;

3° *L'Odontopteris genuina* est particulier au banc des Roseaux;

4° *L'Alethopteris Grand'Euryi* n'a été trouvé qu'en un point du banc des Roseaux, à l'Espérance;

5° *Les Mousses* dont nous ne possédons que trois échantillons trouvés au toit de la Grande Couche, à la tranchée de Forêt.

Il ressort de là que la flore prise dans son ensemble est la même de la base au sommet du terrain houiller.

Nous verrons ailleurs que la même flore avait existé dans la région avant la formation du terrain houiller et qu'elle a continué à exister après cette formation, pendant le dépôt de la nappe permienne qui recouvre le terrain houiller.

Mais si l'on ne constate pas de grandes différences dans l'ensemble de la flore, de la base au sommet du dépôt, il n'en est pas de même si l'on compare entre elles les espèces végétales qui se trouvent dans deux parties différentes d'une même couche.

Les bancs qui recouvrent immédiatement la Grande Couche et le Banc des Roseaux mettent ces différences en relief. Ainsi :

Les schistes du toit de la Grande Couche renferment à l'Ouest beaucoup de *Lepidodendrons* et *Stigmaria* ; à l'Est pas trace de ces espèces ;

Le Banc des Roseaux intercalé dans la Grande Couche renferme le *Dicranophyllum* au centre, en E, et pas un seul échantillon sur le pourtour ;

Ce même banc renferme l'*Alethopteris* Grand'Euryi en un seul point, à la tranchée de l'Espérance, pas ailleurs.

L'abondance des *Lepidodendrons* et *Stigmaria* à l'Ouest et l'absence des mêmes plantes à l'Est dans les schistes du toit établissent une différence de flore considérable entre deux parties d'un même banc.

Dans le Banc des Roseaux l'abondance des *Dicranophyllum* au centre et l'absence complète de ces plantes ailleurs constituent une différence du même genre.

Le tableau précédent indique que l'on a recueilli beaucoup d'insectes et de poissons dans la partie moyenne, quelques-uns seulement dans la partie inférieure et point dans la partie supérieure. Ces différences paraissent tenir aux recherches plus nombreuses faites dans la partie moyenne et à la rareté des schistes dans la partie supérieure du bassin. Les grès grossiers gardent mal l'empreinte de ces restes organiques.

Le tableau suivant indique l'épaisseur de houille habituellement fournie par les divers débris végétaux que renferme le terrain houiller.

## Houille fournie par divers débris végétaux (1).

DÉSIGNATION DES FOSSILES		Épaisseurs constatées (en millimètres).
<i>Troncs, branches et racines.</i>		
Cordaites jusqu'à .....	0 <sup>m</sup> ,70 de largeur.	0 à 150,0
Calamodendron, Arthropitus.	0,30 —	0 à 40,0
Lépidodendron.....	1 » —	0 à 30,0
Fougères .....	0,30 —	0 à 30,0
Sigillaires .....	1 » —	0 à 8,0
Stigmaria.....	0,35 —	0 à 5,0
Macrostachya.....	0,30 —	0 à 5,0
Dicranophyllum.....	0,025 —	0 à 2,0
Odontopteris.....	0,08 —	0 à 0,1
Calamites.....	0,20 —	0 à 0,1
Equisetites (tiges d'annularia)	0,06 —	0 à 0,02
<i>Feuilles.</i>		
Cordaites .....		0 à 0,2
Stigmaria .....		0 à 0,2
Titanophyllum.....		0 à 0,2
Cyclopteris.....		0 à 0,1
Fougères.....		0 à 0,1
Lépidodendron .....		0 à 0,05
Sigillaires.....		0 à 0,05
Dicranophyllum .....		0 à 0,03
Annularia .....		0 à 0,02
Odontopteris.....		0 à 0,01
<i>Epis.</i>		
Lepidostrobus jusqu'à.....	0 <sup>m</sup> ,060 de largeur.	0 à 1,0
Macrostachya.....	0,030 —	0 à 0,5
Cordaites (inflorescence de).	0,006 —	0 à 0,5
Annularia.....	0,012 —	0 à 0,25
<i>Graines.</i>		
Cordaïcarpus jusqu'à.....	0 <sup>m</sup> ,025 de largeur.	0 à 2
Rhabdocarpus .....	0,035 —	0 à 1,75
Trigonocarpus .....	0,015 —	0 à 1,50
Codonospermum.....	0,015 —	0 à 1
Hexapterospermum .....	0,008 —	0 à 0,75
Pachytista.....	0,050 —	0 à 0,5
Petites graines.....	0,005 —	0 à 0,3
Graines microscopiques.		

(1) Tous ces débris végétaux sont aplatis; leur section transversale est généralement lenticulaire.

L'épaisseur des feuilles ne dépasse pas deux dixièmes de millimètre, les graines se présentent sous forme de petites lentilles dont l'épaisseur varie depuis la trace microscopique jusqu'à deux millimètres.

Les racines, branches, tiges ont formé des lames, longues parfois de 20 et 30 mètres, à section transversale lenticulaire. L'épaisseur de ces lames varie entre zéro et 15 centimètres ; leur largeur atteint parfois 1 mètre.

La structure organique des tiges est assez souvent visible à l'œil nu ; la tranche porte des rayures, des ponctuations et autres signes qui permettent de distinguer, par exemple, la houille de calamodendron de celle des cordaïtes et des fougères, comme on distingue un morceau de bois de chêne d'un morceau de hêtre ou de sapin.

J'avais d'abord vu cette structure, nettement accusée sur les lames isolées dont les caractères extérieurs indiquaient sûrement l'espèce végétale ; je l'ai rencontrée ensuite dans les lames brillantes qui se trouvent au milieu des parties les plus puissantes et les plus pures de la Grande Couche (1).

La note suivante de M. Renault donne à ce sujet quelques renseignements intéressants :

« Lorsque l'on réduit en lames minces et transparentes des fragments de houille pris au hasard, on ne distingue généralement, dans les préparations, aucune trace d'organisation végétale, parfois seulement quelques débris de trachéïdes rayées ou ponctuées ; quelques groupes importants de cellules diverses apparaissent au milieu du charbon devenu jaune brun en laissant tamiser la lumière.

« Il n'en est plus de même si l'on opère sur des frag-

---

(1) Compte-rendu mensuel, 15 juillet 1883. Note de M. Fayol.

ments choisis à la loupe et présentant à leur surface, sous un éclairage convenable, des indices d'organisation; l'intérieur peut alors être soumis utilement à l'examen du microscope.

« La houille offrant ce caractère extérieur favorable, se présente assez fréquemment, sous forme de rognons, dans les couches un peu argileuses du combustible exploité; elle peut même constituer des bancs d'une notable épaisseur dont chaque feuillet montre à sa surface des empreintes de feuilles diverses, des cicatrices de troncs de sigillaires, de lepidodendrons.

« J'ai signalé la structure conservée de certains fragments de jayet, trouvés dans les schistes de Polroy près Autun et celle de feuilles de cordaites de Saint-Etienne; depuis lors, sur l'invitation de M. Fayol, j'ai examiné de nombreux fragments de houille recueillis soit dans les couches même exploitées, soit autour du moule interne de troncs variés, et, dans presque tous les cas, j'ai rencontré une structure conservée.

«..... Les uns se présentent couchés horizontalement ou inclinés, les autres debout, tous possèdent une enveloppe de houille noire brillante, se conduisant avec les réactifs comme la houille ordinaire et dont l'épaisseur, suivant les troncs, varie de 2 ou 3 millimètres jusqu'à 5 et 6 centimètres.

« Quelle que soit leur position, ils sont cimentés par un grès fin, argileux, blanc-jaunâtre, non imprégné de houille ou de bitume, isolés les uns des autres et éloignés du charbon en exploitation.

« La houille qui les recouvre ne peut donc provenir d'une infiltration quelconque et résulte de la transformation même des tissus végétaux.

« Des préparations faites dans des directions choisies montrent une conservation inespérée; le bois

et l'écorce présentent encore la plupart de leurs éléments caractéristiques ».

On trouvera dans le 2<sup>m</sup>e volume de ces études, une description détaillée faite par M. Renault de la constitution cellulaire des principales espèces végétales du terrain houiller de Commentry. Je me bornerai ici à figurer l'aspect le plus ordinaire des tiges de calamodendrons (18) et de fougères (19).

Les tiges lamellaires ont parfois un axe terreux à peine sensible (20), quelquefois cet axe est très prononcé et a la forme d'un cylindre aplati (21) ou même circulaire (22).



Fig. 18



Fig. 19

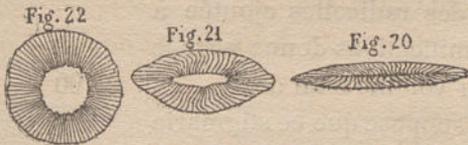


Fig. 22

Fig. 21

Fig. 20

Il est intéressant de connaître la quantité de houille qu'ont pu produire les végétaux les plus répandus au moment de la formation houillère.

J'ai suivi sur 10, 15 et 20 mètres de longueur, dans leur lit de gisement, des troncs de cordaïtes, de lepidodendrons, de calamodendrons et de fougères, dont le diamètre ne présentait que de légères variations. On peut, sans crainte d'exagération, attribuer à ces arbres une longueur totale de 30 mètres.

Avec trente mètres de long et les épaisseurs de houille indiquées sur le tableau précédent :

Un tronc de cordaïte aurait produit 1<sup>m</sup><sup>3</sup>,600 de houille.

Avec ses branches, racines et feuilles, le même arbre aurait produit environ . . . . .	3,000	—
Une tige de calamodendron. . . . .	0,300	—
Une tige de fougère (avec ses racines adventives) . . . . .	0,200	—
Une tige de fougère (avec ses feuilles). . . . .	0,500	—
Une tige de lepidodendron avec ses feuilles . . . . .	0,900	—
Le stigmaria figuré PL. XV, FIG. 2 avec une épaisseur de houille de 5 millimètres sur toute la longueur de ses ramifications aurait produit. . . . .	0,400	—
Ce stigmaria portait 756.000 radicules de 0,45 sur 0,01 représentant une surface totale de 3.400 mètres carrés et un volume de houille de 0 <sup>m</sup> ,680. La houille des radicules ajoutée à celle des ramifications donne pour le stigmaria un volume total de. . . . .	0,700	—
Et si l'on suppose que ce stigmaria est la souche du lepidodendron précédent, on a pour la houille d'un seul lepidodendron . . . . .	2,000	—

§ 2. — ÉLÉMENTS DE HOUILLE ISOLÉS AU MILIEU  
DES SÉDIMENTS MINÉRAUX

1° — *Feuillets et lames de houille.*

On trouve dans toutes les parties du terrain houiller, des schistes dont la cassure fraîche laisse voir des feuil-

lets et des lames qui miroitent au milieu de la pâte argileuse.

Les minces feuillets ont une épaisseur toujours comprise entre zéro et deux dixièmes de millimètre ; leur longueur ne dépasse pas quelques décimètres. L'épaisseur des lames, habituellement de quelques millimètres, s'élève jusqu'à 1 ou 2 décimètres : leur longueur atteint parfois 20 et 30 mètres.

Nous savons que les feuillets ont été formés par des feuilles et autres débris végétaux membraneux et que les lames sont des tronçons de tiges, de branches et de racines.

La houille des lames est généralement de même nature que les couches de houille dont elles sont le plus rapprochées ; elles sont en houille grasse près de la Grande Couche, en houille maigre dans le voisinage de la Couche des Ferrières, en anthracite autour de la Couche des Marais. Toutes les espèces végétales ont formé, selon les cas, ces diverses variétés de charbon.

La houille de tiges est ordinairement pure, claire et divisée par une multitude de plans dits *clivages*.

Parfois la même tige est transformée partie en houille claire et compacte, partie en *fusain* (houille fibreuse).

Les lames isolées de houille se rencontrent dans toutes les sortes de roches ; elles sont plus nombreuses et mieux conservées dans les schistes que dans les grès et plus abondantes dans les grès que dans les poudingues.

Il en est de même des feuillets.

Les lames et feuillets de houille deviennent parfois si nombreux et sont séparés par une si faible proportion de matière terreuse que l'on ne sait si on doit appeler le banc qui les renferme *schiste charbonneux* ou *houille schisteuse*. Le grès passe également à la houille par l'abondance graduellement croissante des lames et des feuillets.

2° — *Grains et galets de houille.*

Il y a dans toutes les parties du terrain houiller des grains et des galets de houille qui ont la forme et les dimensions des grains de sable et des cailloux roulés par les rivières. Ces fragments de houille sont tantôt arrondis, tantôt à angles seulement émoussés, tantôt anguleux. Leurs dimensions vont jusqu'à 0<sup>m</sup>,40.

Rares dans les poudingues, ces fragments de houille sont assez nombreux dans certains grès à grains moyens, notamment dans les zones des Pégauds et des Ferrières ; quelques bancs sont noircis par la multitude de grains qu'ils renferment et les galets sont parfois assez nombreux et assez rapprochés les uns des autres pour former de véritables lits de houille de 0,05 à 0,15 d'épaisseur (Carrière des Pégauds) (1).

Les grains et les galets de houille sont souvent associés avec des grains et des galets de schiste *houiller*.

Le tableau suivant indique la composition des principaux types de galets rencontrés sur différents points du terrain houiller :

---

(1) PL. XI, FIG. 7.

TERRAIN HOULLER de COMMENTRY	PROVENANCES	CENDRES	RÉSIDU de la CALCINATION (déduction faite des cendres).	POUVOIR AGGLOMÉRANT
Partie inférieure...	Marais, près de la couche d'anthr...	37,56	87,98	nul.
		20,60	91,48	nul.
	Marais, à 800 <sup>m</sup> du terrain primitif.	4,02	73,26	très faible.
	Région du Bourg.....	22,55	77,08	nul.
		19,76	78,26	nul.
		16,98	82,34	nul.
		40,40	84,39	nul.
		25,50	86,57	nul.
		26,84	87,39	nul.
	Partie moyenne...	Les Ferrières.....	19,24	62,23
32,80			62,72	faible.
4,50			69,31	faible.
Près de la Grande Couche.		37,64	56,70	faible.
		6,40	59,61	très bon.
		40,40	64,59	très bon.
		10,20	70,37	bon.
7,40	80,56	très faible.		
Partie supérieure..	Aux Pégauts.....	5,40	61,36	bon.
		1,92	64,72	bon.
		9,00	66,53	bon.
		25,68	67,10	bon.
		50,42	78,11	nul.
		12,02	83,07	nul.

On voit que la nature des galets n'est pas la même sur les différents points du terrain houiller et qu'elle se rapproche de celle des couches les plus voisines. Les galets sont anthraciteux près des couches d'anthracite du Marais, du Bourg et de Colombier ; maigres près de la couche des Ferrières ; gras flambants près de la

Grande Couche ; près de cette dernière couche, quelques galets sont anthraciteux ; quelques-uns aussi ont l'aspect et la composition du lignite. Sauf ces derniers cas, qui sont exceptionnels, on peut dire que la nature de la houille des galets est la même que celle des couches les plus voisines.

M. Renault a fait de ces galets la description suivante :

« Par quelques-unes de leurs propriétés physiques, ils diffèrent des fragments de houille : ils sont compacts et poreux ; une mince couche d'eau déposée à la surface est rapidement absorbée ; leur cassure est moins brillante et plus mate ; ils sont rayés par eux et se laissent couper bien plus facilement par le rasoir.

« Sur une cassure fraîche on reconnaît à la loupe ou au microscope qu'ils sont formés, les uns de houille ordinaire, c'est-à-dire composée de lames d'épaisseur variable, brillantes ou ternes, avec ou sans traces d'organisation ; les autres de bois divers, à structure conservée.

« Réduits en lames minces transparentes, ces derniers fragments m'ont offert l'organisation des bois d'*Arthropitus*, de *Cordaïtes*, de *Calamodendrons* et de pétioles d'*Aulacopteris*, c'est-à-dire des plantes ligneuses et arborescentes que l'on rencontre le plus ordinairement dans le terrain houiller de Commentry à l'état d'empreinte ou de charbon.

« Dans un certain nombre d'échantillons, la diminution de volume des trachéïdes est moins considérable que celle observée pour les mêmes organes des genres correspondants houillifiés dans la Grande Couche (1).

---

(1) C. R. de l'Académie des Sciences, 28 juillet 1884.

Les petits grains sont de même nature que les galets, mais infiniment plus nombreux ; leur dimension varie depuis celle du galet jusqu'à la parcelle microscopique. Peu de grès en sont absolument dépourvus ; beaucoup en renferment des quantités considérables ; quelques-uns deviennent charbonneux ou bitumineux par l'abondance des grains de houille dont ils sont chargés.

Nous avons vu que l'accroissement du nombre des lames, lamelles et paillettes isolées de houille faisait quelquefois passer des bancs de grès et de schiste à la houille ; l'abondance des grains isolés produit aussi le même résultat.

### § 3. — COUCHES ET AMAS.

#### *Grande Couche.*

On sait que la Grande Couche a un développement en direction de 5 kilomètres, et que sa puissance varie de zéro à 25 mètres.

Considérée en masse et en dehors des parties schisteuses, la houille de la Grande Couche est assez homogène ; sa teneur en cendres est de 6 à 8 p. % ; calcinée au rouge blanc, elle donne de 60 à 62 p. % de coke bien aggloméré à éclat métallique ; son gaz est très éclairant. Ces diverses propriétés la font classer parmi les houilles grasses à longue flamme.

Une ancienne analyse faite par Régnault (1) et une analyse toute récente faite par M. Carnot (2) indiquent pour cette houille la composition élémentaire suivante :

	(1)	(2)
Carbone. . . . .	82,92	83,21
Hydrogène . . . . .	5,30	5,57
Oxygène et azote. . .	11,78	11,22

En regardant la houille avec un peu d'attention, on remarque des *lames claires*, miroitantes, qui alternent avec des zones plus ou moins *ternes* ou même tout à fait mates. Les zones ternes sont tantôt *feuilletées* et tantôt *grenues*, à grains très fins ; les zones mates sont constituées par de la houille *fibreuse* dite *fusain*. Ces différences d'aspect correspondent généralement à des différences de nature et de pureté.

Pour donner immédiatement une idée de ces différences de nature sur lesquelles je reviendrai plus loin, je signalerai ici le résultat de la calcination de ces principaux éléments que l'on peut séparer dans presque tout gros fragment de charbon.

	Résidu en coke (déduction faite des cendres.)	
Lames claires. . . . .	60 à 66	p. %
Zones feuilletées . . .	55 à 60	»
Parties grenues. . . .	33 à 58	»
Fusain . . . . .	70 à 85	»

*Lames claires.* — L'épaisseur de ces lames, ordinairement de quelques millimètres, atteint assez souvent quelques centimètres, parfois même 1 à 2 décimètres. Leur longueur varie de quelques centimètres à plusieurs dizaines de mètres ; leur largeur dépasse rarement 1 mètre ; elles sont généralement lenticulaires dans le sens transversal. La houille qui les compose est compacte, brillante, homogène, pure et ordinairement divisée en petits fragments par de nombreux plans de clivage.

Ces lames sont identiques à celles que l'on trouve au milieu des schistes et des grès dans le voisinage de la Grande Couche ; ce sont des tronçons de tiges dont la structure organique, généralement discernable au microscope, est parfois visible à l'œil nu.

On aperçoit rarement sur les tiges de la Grande

Couche les signes extérieurs caractéristiques de chaque essence souvent si bien conservés dans les schistes. C'est la seule différence notable qu'il y ait entre les lames brillantes de la Grande Couche et celles qui se trouvent isolées au milieu des schistes et des grès du voisinage.

Lorsqu'elles ne renferment pas de plaques de clivage, les lames brillantes sont généralement très pures ; leur teneur en cendre souvent inférieure à 0,01 centième descend parfois à 0,002 millièmes. Les plaques de clivage peuvent élever ces impuretés à 0,07 centièmes.

De même que les lames isolées, les lames claires de la Grande Couche proviennent d'arbres de différentes essences.

Un grand nombre d'échantillons, triés avec soin, déterminés spécifiquement par M. Renault, et analysés par M. Carnot, ont donné les résultats suivants :

*Analyse élémentaire (déduction faite des cendres et de l'humidité des échantillons (1)).*

	Carbone	Hydrogène	Oxygène et azote.
Lames claires.			
Calamodendrons.	81,01 à 84,82	4,36 à 5,55	10,87 à 14,06
Lepidodendrons.	82,30 à 84,64	4,63 à 5,17	10,73 à 12,84
Cordaites.....	82,04 à 84,15	4,32 à 5,01	10,21 à 13,22
Psaronius.....	80,10 à 83,63	4,40 à 5,07	11,68 à 15,05
Ptychopteris (1 échantillon)...	80,62	4,85	14,53
Megaphyton (1 échantillon)...	83,37	4,40	12,23
—			
Houille moyenne de la Grande Couche....	83,21	5,57	11,22

(1) CARNOT, C. R. de l'Académie des Sciences, 4 août 1884.

On voit que la composition élémentaire des lames de différentes essences est à peu près la même et que chaque essence présente des écarts de composition aussi grands que ceux qu'il y a entre deux essences différentes.

La composition des lames brillantes se rapproche beaucoup de celle de la houille moyenne de la Grande Couche, cependant cette dernière renferme une proportion plus grande d'hydrogène.

Des essais de distillations au rouge blanc, de lames de différentes essences m'ont donné les résultats suivants (déduction faite de l'humidité et des cendres) :

Résidu fixe.	
Calamodendron . . . . .	62 à 66 p. %
Lepidodendron . . . . .	62 à 63,5
Fougères. . . . .	62 à 64,5
Cordaïtes. . . . .	62,5 à 66

On voit que le résidu fixe de la distillation des lames claires de la Grande Couche est toujours compris entre 60 et 66 p. % ; les différentes essences donnent à peu près les mêmes résultats ; cependant les psaronius rendent un peu moins de coke que les autres troncs.

Le résidu fixe des lames claires est un peu plus fort que celui de la *houille moyenne* ; on verra qu'il est beaucoup plus fort que celui de la houille terne (*feuillelée ou grenue*) et beaucoup plus faible que celui de la houille fibreuse (*fusain*).

ZONES TERNES. — Les lames claires sont ordinairement séparées par des lits plus ternes, dont l'épaisseur varie de quelques millimètres à plusieurs décimètres et même à plusieurs mètres. On distingue souvent dans ces lits de petits traits qui rappellent les feuillets d'un livre ; quelquefois la houille de ces lits est grenue,

compacte, d'aspect homogène, à cassure esquilleuse, semblable au cannel-coal.

*Houille foliaire.* — La houille foliaire est constituée principalement par des feuilles ; elle renferme aussi des brindilles de toutes sortes et divers débris membraneux comme des pétioles et de minces écorces ; des graines de différentes dimensions, dont beaucoup très petites, se révèlent par des points noirs à peine visibles à l'œil nu.

Lors même que les végétaux reposent les uns sur les autres sans interposition terreuse, ce qui est rare, les zones foliaires ont moins d'éclat que la houille de tiges ; mais elles sont souvent rendues plus ternes encore par les pellicules minérales qui séparent les débris végétaux. Dans certaines parties schisteuses de la Grande Couche, on peut compter pour ainsi dire et même déterminer chaque feuille, chaque débris ; et lorsque sous l'influence de l'humidité ou de la chaleur on divise certains lits purs, compacts, bien soudés dont les éléments paraissent absolument privés de caractères extérieurs, on arrive parfois encore à reconnaître les végétaux ; les feuilles de cordaïtes surtout ressortent bien avec leurs nervures qui donnent à la masse l'aspect de tissus superposés.

*Houille grenue.* — Les zones ternes ne sont pas toujours composées de feuilles ou de membranes ; ce sont parfois des débris très menus, de la poussière ou plutôt de la boue végétale dont les éléments sont indiscernables à l'œil nu ; à la loupe ou au microscope, on en distingue facilement les grains. La houille est alors homogène, compacte, à cassure esquilleuse ; elle a l'aspect du cannel-coal dont elle a d'ailleurs les propriétés.

Cette variété de houille est assez fréquente dans la Grande Couche : elle s'y trouve en zones de quelques

millimètres ou de quelques centimètres d'épaisseur, et aussi en veines de 0<sup>m</sup>,30 à 0<sup>m</sup>,50 d'épaisseur et dont la longueur atteint plusieurs centaines de mètres.

Le mélange en toutes proportions de feuilles et de grains fait passer la houille foliaire à la houille grenue par tous les degrés possibles.

Les propriétés de la houille grenue sont sensiblement différentes de celles de la houille foliaire. Par la distillation au rouge blanc on obtient :

Résidu fixe.

Avec la houille foliaire. 55 à 60 coke bien aggloméré.

Et avec la houille grenue. 33 à 58 —

Le résidu fixe paraît diminuer avec la dimension des éléments constituants. Il paraît diminuer aussi à mesure que la teneur en cendres augmente; les échantillons de houille grenue dont le résidu fixe se rapproche de 58 p. % n'ont que de 3 à 9 p. % de cendres; ceux qui se rapprochent de 33 p. % ont de 25 à 60 p. % de cendres.

Sur un point de la Grande Couche, aux Chavais, la houille grenue passe du cannel-coal au boghead, pour ainsi dire par un simple accroissement des cendres. On a le rendement suivant :

	Cendres.	Résidu fixe.	Gar.
Houille foliaire, à feuilles bien accusées.	5 à 10	55 à 60	éclairant.
Houille grenue (can- nel-coal). . . . .	7	58	très éclairant.
Id. . . . .	9	55	—
Id. . . . .	12	52	—
Boghead. . . . .	25	47	—
— . . . . .	35	42	— (1)
— . . . . .	50	33	—

(1) Voy. nos collections au Muséum et à l'Ecole des Mines.

Le cannel-coal et le boghead de la Grande Couche sont tout à fait analogues comme aspect et comme propriétés aux cannel-coal et boghead des provenances les plus connues (1).

ZONES MATES. — *Fusain*. — Le fusain est assez abondant dans la Grande Couche ; il s'y trouve :

1° En menus fragments aplatis, isolés ou groupés entre les lames claires et les zones ternes ; sur certains points, il forme de petits amas de quelques mètres de longueur et de 10 à 20 centimètres d'épaisseur ;

2° Dans l'axe des lames claires de certaines tiges, surtout dans les cordaïtes ;

3° En très petits fragments parfois très nombreux dans la houille grenue.

Le fusain est tantôt soyeux, tantôt lamellaire ; dans le premier état, il a ordinairement les propriétés de l'anhracite ; dans le second il se rapproche de la houille foliaire.

(1) Les divers combustibles du bassin de Commentry et des bassins voisins donnent un résultat analogue ; voici quelques chiffres :

Aux Ferrières. Echantillons pris sur le même point :

	Résidu de la calcination, déduction faite des cendres.
Lames claires.....	62 à 68 p. ‰.
Houille foliaire.....	62 à 64
Fusain soyeux.....	80 à 85
A Montvicq :	
Lames claires.....	66 à 68
Houille foliaire.....	60 à 62
Fusain soyeux.....	70 à 82
A Deneuille (bassin de Montvicq) :	
Lames claires (anhracite).....	91
Houille foliaire — .....	90
Houille grenue — .....	87,5
A Saint-Eloy :	
Lames claires.....	66,5
Houille foliaire.....	60,2

On trouve tous les passages possibles du fusain à la houille compacte, tantôt sur des fragments séparés, tantôt sur le même fragment ; telle lame de trois centimètres d'épaisseur, par exemple, est constituée sur une face par de la houille compacte, grasse ; sur l'autre face par du fusain soyeux et au milieu par tous les intermédiaires possibles au point de vue physique comme au point de vue chimique. Certaines lames claires sont entourées de fusain ; d'autres ont le fusain dans leur milieu.

Voici un exemple de la manière dont se présentent certaines tiges de cordaïtes :

	NATURE du COMBUSTIBLE	Rendement EN COKE (cendres dédites).	POUVOIR AGGLOMÉRANT
Partie extérieure....	fusain soyeux....	69,88	nul
Partie intermédiaire.	— lamellaire.	65,25	moyen
Partie centrale.....	houille claire....	63,35	bon
Partie intermédiaire.	fusain lamellaire.	65,25	moyen
Partie extérieure....	— soyeux....	69,88	nul

Le fusain soyeux des tiges est plus avancé en carbonisation que la houille claire des mêmes tiges, et ces deux variétés de houille passent par degrés de l'une à l'autre.

Les parties intermédiaires ou fusain lamellaire (aspect de charbon de bois sur la cassure longitudinale, aspect compact sur la cassure transversale) ont un peu les qualités du cannel-coal.

Dans certaines grosses tiges, la partie centrale est en fusain lamellaire très cendreuse.

Le fusain soyeux en petits fragments isolés se rap-

proche souvent beaucoup de l'anhracite par sa composition (1).

CENDRES DE LA HOUILLE.

Nous avons vu que la houille de la Grande Couche laisse, en moyenne, de 6 à 8 centièmes de cendres.

Voici la composition moyenne de ces cendres :

Silice . . . . .	53.20
Alumine . . . . .	32.40
Peroxyde de fer . . . . .	10.00
Chaux . . . . .	2.60
Acide phosphorique . . . . .	0.63
Acide sulfurique. . . . .	traces

Les cendres sont produites :

1° Par les matières terreuses interposées entre les éléments végétaux (lames, feuilles, grains) et celles qui ont pénétré dans l'intérieur des tiges et vaisseaux ;

2° Par les plaques de clivage.

*1° Matières terreuses intercalées entre les lames, les feuillettes et les grains de houille.* — Les débris végétaux reposent quelquefois directement les uns sur les autres, sans interposition étrangère ; c'est l'exception.

Il y a presque toujours entre deux lames végétales une couche de matière terreuse, tantôt en trace imperceptible, tantôt en lit plus ou moins épais. Ce lit est constitué comme les schistes, par des substances minérales associées à une certaine quantité de particules

---

(1) Il n'est question ci-dessus que des éléments de la *Grande Couche*. Chose singulière, le fusain de la couche d'anhracite de Deneuille (bassin de Doyet-Montvicq) renferme un peu plus de matières volatiles que l'anhracite lui-même : 13 p. % au lieu de 10 % que renferme l'anhracite.

végétales. C'est la source la plus importante des cendres de la houille ; par l'épaississement des interpositions terreuses, la houille passe au schiste ou au grès.

Les tiges formant lame claire ont souvent un axe terreux qui, dans les parties pures de la Grande Couche est généralement réduit à une mince pellicule ; dans les parties schisteuses de la Couche, cet axe argileux, gréseux ou ferrugineux acquiert parfois plusieurs centimètres d'épaisseur.

Les troncs de grande dimension ne sont pas seuls à partie centrale terreuse. Tel psaronius avec son faisceau de racines tubulaires est représenté, tantôt par une multitude de petits tubes de houille de quelques millimètres de diamètre et quelques dixièmes de millimètre d'épaisseur, noyés dans l'argile et ayant un axe argileux, tantôt par un amas lenticulaire unique de houille pure dans lequel on reconnaît au microscope et même à l'œil nu, les petits tubes aplatis, amoncelés les uns sur les autres sans interposition argileuse, intérieure ou extérieure. Entre ces deux états, on trouve tous les intermédiaires possibles, de sorte que les lames lenticulaires de houille formées par un faisceau de racines de fougères sont, tantôt pures, tantôt très chargées de cendres.

L'axe minéral des tiges est parfois constitué par du fer carbonaté plus ou moins argileux et souvent associé à de la pyrite ; quelquefois par de la pyrite pure ; quelquefois par du quartz. Le quartz, à l'état de fines aiguilles cristallines de quelques millimètres de longueur forme le moule interne d'un certain nombre de tiges ;

2° *Plaques de clivage.* — Les lames claires sont toujours clivées, mais tandis que dans les parties pures de la Grande Couche le clivage est souvent une simple division, sans trace de matière étrangère, dans les par-

ties schisteuses, le clivage est ordinairement accompagné d'une plaque dont l'épaisseur atteint parfois  $1/2$  et même 1 millimètre.

Ces plaques sont généralement de l'argile blanche pure (pholérite), quelquefois de la pyrite.

Les plaques de pholérite, quand elles sont minces, ressemblent à des paillettes de mica blanc; quand leur épaisseur augmente, elles perdent leur transparence. Dans certaines lames de calamodendrons à structure organisée, les plaques de pholérite portent en relief, comme gravées, les traces rayonnées et ponctuées du bois.

Les plaques de pholérite peuvent entrer dans la houille de tiges en toutes proportions depuis zéro jusqu'à 7 pour cent.

Ce sont les lames les plus épaisses de houille claire, celles de cordaïtes et de calamodendrons, par conséquent, qui renferment le plus de clivages.

*Pyrite.* — Les plaques de clivage en pyrite sont plus rares; on en rencontre cependant quelques-unes dans les lames de cordaïtes, isolément ou appliquées contre la pholérite; elles sont très rares dans les autres troncs.

*Calcite.* — Il est à remarquer que la calcite que l'on rencontre fréquemment dans les fentes ou cassures du terrain houiller, aussi bien dans les couches de houille que dans les schistes et les grès, ne se trouve pas à l'état de plaques de clivage dans les lames claires de la Grande Couche (1).

---

(1) La calcite est également absente dans les clivages des ramifications de la Grande Couche; elle existe, mais rare, dans les couches anthraciteuses de la base du terrain houiller où la pholérite domine encore.

A Montvicq, il y a plus de plaques de calcite que de pholérite.  
A Saint-Éloy, il y a à peu près autant de plaques de calcite que de pholérite.

Les plaques de clivage nombreuses peuvent être considérées comme un signe distinctif de la houille de tiges.

Lorsqu'une lame claire est comprise entre deux lits foliaires ou mieux encore entre deux veines grenues, les plaques de clivage de la lame claire ne pénètrent pas dans les lits voisins (1). Il en est de même pour les lames claires enveloppées de fusain.

Tels sont les divers éléments qui, mélangés en proportions variables, constituent la Grande Couche. Sur certains points, les lames claires dominant, ailleurs, c'est la houille foliaire ou la houille grenue ; la proportion du fusain, ordinairement faible, dépasse rarement 1 centième.

Le tableau suivant (pages 156 et 157) représente les principaux types de houille de la Grande Couche.

La FIG. 2, PL. XVII montre comment la Grande Couche est constituée dans la région des Chavais. La partie G qui représente 1<sup>m</sup>,50 d'épaisseur de houille à l'échelle de 1/10 pourrait être considérée comme représentant beaucoup de fragments de houille en grandeur naturelle.

Les divers éléments de la Grande Couche sont tantôt étalés régulièrement comme les feuillets d'un livre, tantôt disposés en divers sens comme seraient des débris végétaux, feuilles, tiges, branches, etc., tombés dans l'eau et déposés au fond les uns sur les autres.

Ces éléments se montrent aussi contournés, ondulés, repliés, comme s'ils avaient subi l'action de pressions latérales.

Disons en terminant que la Grande Couche ne dégage

---

(1) PL. XVIII, FIG., 7, 15 et 17.

pas de grisou ; mais que l'on y a rencontré dans des fentes naturelles des provisions assez considérables d'acide carbonique.

*Ramifications de la Grande Couche.*

La houille des ramifications de la partie Ouest ne diffère de celle de la Grande Couche que par une proportion de cendres un peu plus élevée. On sait (1) que ces ramifications passent graduellement au schiste.

La branche supérieure (Couche des Pourrats) fournit également de la houille, de même nature que celle de la Grande Couche, mais très schisteuse.

*Formation des grès noirs* (PL. XIII). — La formation des grès noirs se compose d'une quantité innombrable de lames et d'amas de houille aux formes bizarres insérées dans un grès (2) dont la puissance totale atteint 30 mètres. La houille, très inégalement répartie dans de grès y entre en somme pour 12 millions de mètres cubes environ, en majeure partie à l'état de lamelles de quelques millimètres d'épaisseur. L'épaisseur des amas s'élève parfois à plusieurs mètres. Dans certaines régions, la formation des grès noirs ne renferme que des lamelles minces ; dans d'autres, les amas sont assez nombreux.

Les lamelles isolées ne sont parfois séparées que par quelques grains de sable. Lorsqu'elles sont très clair-semées, la roche a l'aspect d'un grès ordinaire ; lorsqu'elles sont très nombreuses on est en présence d'un grès charbonneux ou d'une houille gréseuse ; et lorsque le sable devient rare la masse prend l'aspect d'une couche ou d'un amas de houille ordinaire.

(1) Ch. V.

(2) PL. XIII.

## HOUILLE DE LA GRANDE COUCHE

Echantillons de 0,100 d'épaisseur.

	NOMBRE de ZONES d'aspect différent.	ÉPAISSEUR TOTALE	CENDRES	RÉSIDU de la CALCINATION déduction faite des cendres.	POUVOIR AGLOMÉRANT	POUVOIR ÉCLAIRANT
TYPES EXCEPTIONNELS :						
1	Lames claires .....	0,100	0,002 à 0,030	0,60 à 0,66	très bon	bon
2	Houille foliaire.....	0,100	0,015 à 0,300	0,55 à 0,60	id.	bon
3	Houille grenue } aspect de cannel-coal.	0,100	0,030 à 0,100	0,52 à 0,58	bon	très bon
4	Fusain.....	0,100	0,300 à 0,600	0,33 à 0,55	très faible	id.
			0,080 à 0,150	0,70 à 0,85	nul	nul
TYPES INTERMÉDIAIRES :						
5	Houille foliaire.....	0,050 à 0,060	0,015 à 0,300	0,55 à 0,60	très bon	bon
	Lames claires.....	0,020 à 0,025	0,002 à 0,030	0,60 à 0,66	id.	id.
	Houille grenue.....	0,008 à 0,012	0,030 à 0,400	0,52 à 0,58	bon	très bon
	Fusain.....	0,001 à 0,005	0,080 à 0,150	0,70 à 0,85	nul	nul

6	Houille grenue, aspect de cannel-coal. Houille foliaire. Lames claires Fusain	8 à 10	0,060 à 0,070	0,030 à 0,400	0,52 à 0,58	bon	très bon
		2 à 4	0,010 à 0,015	0,015 à 0,300	0,55 à 0,60	très bon	bon
		4 à 6	0,005 à 0,010	0,002 à 0,030	0,60 à 0,66	id.	bon
		1 à 5	0,001 à 0,005	0,080 à 0,150	0,70 à 0,85	nul	nul
7	Houille grenue, aspect de boghead. Lames claires. Fusain	8 à 10	0,060 à 0,070	0,300 à 0,600	0,33 à 0,55	très faible	très bon
		8 à 10	0,020 à 0,030	0,002 à 0,030	0,60 à 0,66	très bon	bon
		1 à 4	0,001 à 0,005	0,080 à 0,150	0,70 à 0,85	nul	nul
		12 à 15	0,050 à 0,060	0,002 à 0,030	0,60 à 0,66	très bon	bon
8	Lames claires. Fusain Houille foliaire	12 à 15	0,015 à 0,025	0,080 à 0,150	0,70 à 0,85	nul	nul
		12 à 15	0,010 à 0,020	0,015 à 0,300	0,55 à 0,60	très bon	bon
		8 à 10	0,050 à 0,060	0,015 à 0,300	0,55 à 0,60	très bon	bon
		8 à 10	0,015 à 0,025	0,002 à 0,030	0,60 à 0,66	id.	id.
9	Zones foliaires. Lames claires Houille grenue, aspect de cannel-coal. Fusain	8 à 10	0,010 à 0,020	0,030 à 0,100	0,52 à 0,58	bon	très bon
		2 à 5	0,002 à 0,010	0,080 à 0,150	0,70 à 0,85	nul	nul
		2 à 5	0,030 à 0,040	0,002 à 0,030	0,60 à 0,66	très bon	bon
		8 à 10	0,030 à 0,040	0,015 à 0,300	0,55 à 0,60	id.	id.
10	Zones foliaires. Houille grenue, aspect de cannel-coal. Fusain	10 à 12	0,010 à 0,020	0,030 à 0,100	0,52 à 0,58	bon	très bon
		2 à 5	0,002 à 0,010	0,080 à 0,150	0,70 à 0,85	nul	nul
		2 à 5	0,030 à 0,040	0,002 à 0,030	0,60 à 0,66	très bon	bon
		8 à 10	0,030 à 0,040	0,015 à 0,300	0,55 à 0,60	id.	id.

TYPE ASSEZ FRÉQUENT :

TYPE COMMUN :

Malgré le moulage grossier des grains de sable, la nature botanique de beaucoup de lamelles est parfaitement discernable.

Les éléments charbonneux de la formation des grès noirs présentent deux particularités intéressantes :

1° La houille grenue (cannel-coal) s'y trouve en proportion considérable. Dans quelques amas les lames claires sont noyées au milieu de la pâte grenue ; la houille foliaire est rare ;

2° Sur quelques points le fusain est plus abondant dans la couche des grès noirs que dans la Grande Couche ; il entre pour 2 ou 3 centièmes dans la masse totale, non en paquets, mais en lits très minces.

On voit là un grand nombre de lamelles charbonneuses de quelques centimètres d'épaisseur, dont la partie centrale est en houille claire compacte, la partie extérieure en fusain soyeux et l'entre-deux en charbon passant par degrés de la houille claire au fusain.

A la distillation, l'un de ces échantillons donne :

	Résidu fixe.	Aspect du coke.
Partie centrale, houille claire compacte. . . . .	61,33	bien aggloméré.
Partie intermédiaire. . . . .	66,37	mal aggloméré.
Partie extérieure, fusain soyeux. . . . .	72,77	fusain soyeux.

*Couches des Ferrières (1).*

Au point de vue physique tout ce que j'ai dit de la houille de la Grande Couche s'applique à la couche des Ferrières.

La houille de cette couche est maigre, sauf en quel-

---

(1) PL. II.

ques points où elle est assez grasse pour faire un coke à peine aggloméré.

On a trouvé à un échantillon maigre la composition élémentaire suivante (1) :

Carbone. . . . .	87,04
Hydrogène. . . . .	5,10
Oxygène et azote. . . . .	78,6

Des essais de distillation donnent (déduction faite des cendres) de 66 à 70 p. % de résidu fixe et un gaz peu éclairant.

Dans la houille grenue très chargée de cendres, le résidu fixe (cendres déduites) descend à 57 p. %.

Les végétaux qui ont constitué la houille des Ferrières sont des mêmes espèces que ceux de la Grande Couche.

*Couche du Bourg (2).*

La couche du Bourg, qui dégage beaucoup de grisou, est anthraciteuse ; on y trouve quelques lamelles grasses au milieu de l'anthracite.

*Anthracite du Marais.*

L'anthracite du Marais est beaucoup plus brillant que la houille de la Grande Couche ; il est d'ailleurs constitué également par des lames claires et des zones plus ternes et mates.

Un échantillon a pour composition élémentaire (3) :

Carbone . . . . .	88,08
Hydrogène. . . . .	3,40
Oxygène et azote . . . . .	8,52

(1) Analyses de M. Carnot.

(2) PL. II, FIG. 4, coupe n° 6.

(3) Analyses de M. Carnot.

Divers essais de distillation ont donné de 80 à 91 % de résidu fixe (cendres déduites).

Les couches du Bourg et de Colombier sont de nature anthraciteuse.

La flore des couches anthraciteuses est la même que celle de la Grande Couche.

#### § 4. — RÉSUMÉ.

Nous avons vu que toutes les matières charbonneuses du terrain houiller de Commentry peuvent se décomposer en lames, en feuillets et en grains.

Chacun de ces éléments se trouve soit isolément, soit en grand nombre au milieu des couches de poudingues, de grès, de schiste et de houille ; le plus souvent ces divers éléments se trouvent aux mêmes points.

Lames, feuillets et grains sont des débris de plantes ; les lames ont été produites par des tiges, des branches et des racines ; les feuillets par des feuilles et autres organes membraneux ; les grains par divers débris dont la faible dimension est généralement due à l'usure par frottement.

Toutes les couches de charbon du bassin sont constituées par une association de lames, de feuillets et de grains, autrement dit par des tiges, branches, racines, feuilles, graines et autres débris, en fragments plus ou moins volumineux.

La houille grasse, la houille maigre et l'anthracite sont constitués par des débris de la même flore. Chaque couche renferme des espèces végétales nombreuses et très différentes les unes des autres.

II. — ORIGINE ET MODE DE FORMATION  
DE LA HOUILLE.

§ 1. — ORIGINE DE LA HOUILLE.

Nous avons vu que toutes les matières combustibles du terrain houiller de Commeny peuvent se décomposer en lames, feuillets et grains, et que ces éléments sont des fragments plus ou moins déformés de tiges, branches, racines, feuilles, graines et autres organes de plantes.

L'origine végétale de la houille n'est donc point douteuse ; cela est d'ailleurs admis depuis longtemps.

Mais tandis qu'on affirmait récemment encore (1)

(1) Le 26 mai 1879, M. Frémy, l'éminent directeur du Muséum, faisait à l'Académie des sciences une communication dont j'extrais les lignes suivantes :

« Le Mémoire que je publie aujourd'hui sur la formation de la houille est la dernière partie des études générales sur les tissus des végétaux que je poursuis depuis 1850...

« Si la Paléontologie végétale a fait, dans ces dernières années, de si grands progrès, on peut dire que la partie chimique, qui se rapporte aux combustibles fossiles, est restée absolument obscure. On ignore sous quelles influences l'organisation des végétaux s'est détruite pour former cette masse noire, bitumineuse, en partie fusible, non organisée, insoluble dans les dissolvants, qui constitue la houille. Cette substance houillère ne ressemble ni aux corps pyrogénés que nous produisons dans nos laboratoires, ni aux tissus végétaux qui l'ont formée ; par la distillation, elle engendre des corps volatils qui ne ressemblent pas à ceux que donne le bois ; en outre, elle laisse comme produit fixe un charbon spécial, le coke, qui est bien différent du charbon de bois.

« Les belles expériences de notre confrère M. Daubrée sur l'antracite et celles non moins intéressantes de M. Baroullier sur la houille me permettaient de penser que la transformation houillère s'était produite sous l'action de la chaleur et de la pression sur les végétaux.

« Pour analyser le phénomène, j'ai disposé une série d'essais dans lesquels les tissus des végétaux d'une part, et de l'autre

qu'avant d'arriver au lieu de leur dépôt définitif, les végétaux ont subi des distillations ou des macérations qui les auraient préalablement transformés en matières ulmiques, lesquelles auraient ensuite formé la houille, mes observations établissent que la houille a été constituée directement par des débris analogues à ceux que charrient ordinairement les cours d'eau.

Tous les cours d'eau charrient en effet des débris analogues à ceux qui se sont transformés en houille : tiges, branches, racines en fragments plus ou moins volumineux et plus ou moins décomposés ; feuilles et graines intactes ou divisées en menues parcelles de toute nature en nombre infini. J'ai énuméré ailleurs

---

les substances qui les accompagnent le plus fréquemment dans l'organisation, étaient chauffés entre 200 et 300 degrés, pendant de longues heures, dans les tubes de verre fermés aux deux extrémités .....

« Je crois pouvoir tirer de ces faits les conclusions suivantes :

« 1° La houille n'est pas une substance organisée : M. Renault, dont l'Académie connaît les importants travaux de Paléontologie végétale, constatait récemment encore, à ma demande, ce fait important ;

« 2° Les empreintes végétales que présente la houille, qui ont été si bien étudiées par le créateur de la Paléontologie végétale, Ad. Brongniart, et par ses successeurs, se sont produites dans la houille comme dans les schistes ou toute autre substance minérale : la houille était une matière bitumineuse et plastique sur laquelle les parties extérieures des végétaux se moulaient facilement ;

« 3° Lorsqu'un morceau de houille offre à sa surface des empreintes végétales, il peut donc arriver que les parties de houille sous-jacentes ne soient pas le résultat de l'altération des tissus qui étaient recouverts par les membranes externes dont la forme a été conservée ;

« 4° Les principaux corps contenus dans les cellules des végétaux, soumis à la double influence de la chaleur et de la pression, produisent des substances qui présentent une grande analogie avec la houille ;

« 5° Il en est de même des acides ulmiques qui existent dans la tourbe et de ceux que l'on prépare artificiellement ;

« 6° Les matières colorantes, résineuses et grasses que l'on

(2<sup>e</sup> partie, ch. II) les matières végétales charriées dans l'un des petits cours d'eau de la région.

§ 2. — MODE DE DÉPOT DES DÉBRIS VÉGÉTAUX QUI ONT FORMÉ  
LA HOUILLE.

Un tronçon de tige, un morceau d'écorce, une feuille, un débris végétal quelconque isolé au milieu du schiste ou du grès a été évidemment charrié par les eaux.

La présence de plusieurs de ces débris épars dans un même banc ne saurait faire douter du charriage ; et l'on n'en saurait douter davantage lorsque ces débris, toujours indépendants les uns des autres, provenant souvent d'espèces différentes, sont cependant assez nombreux pour rendre très charbonneux les bancs de schiste

---

peut retirer des feuilles se changent, par l'action de la chaleur et de la pression, en corps qui se rapprochent des bitumes ;

« 7<sup>o</sup> En se fondant sur les expériences décrites dans ce travail, on peut donc admettre que les végétaux producteurs de la houille ont éprouvé d'abord la *fermentation tourbeuse*, qui a détruit toute organisation végétale, et que c'est par une action secondaire, déterminée par la chaleur et la pression, que la houille s'est formée aux dépens de la tourbe. »

Dans son *Mémoire sur la formation de la houille*, M. Grand'Eury a exprimé l'opinion suivante :

« Nous avons vu que la houille est en grande partie formée de substances ulmiques, mais pas exclusivement, comme M. Frémy a été conduit à le dire, d'après ses belles expériences chimiques. C'est concurremment avec des écorces, feuilles et bois qui, *ayant pourri dans les marécages avant le transport par les eaux, ont été déposés dans un état qui ne devait pas être sensiblement différent de celui des substances ulmiques...*

« Les écorces les plus minces comme les plus épaisses, ont opposé une résistance d'inertie complète à la désorganisation qui a emporté tout l'intérieur des tiges ; n'ayant pas été détruites comme le bois, elles devaient être incorruptibles... »

(*Annales des Mines*, 1882, page 242).

M. Grand'Eury revient souvent, dans le cours de son ouvrage, sur l'absence de la partie ligneuse des arbres dans la houille ; il croit avoir constaté ce fait partout ; c'est sur cette erreur de fait qu'il a principalement édifié sa théorie des *lagunes*.

ou de grès qui les renferment. De ces bancs très charbonneux, on passe graduellement à la houille par l'amincissement et la disparition des interpositions terreuses qui séparaient d'abord les débris végétaux. On constate d'ailleurs que ces débris sont aussi indépendants les uns des autres au milieu des couches de houille qu'au milieu des grès et des schistes, et qu'ils sont amoncelés comme le seraient des débris semblables déposés après charriage au fond des eaux.

On avait cru pouvoir faire une exception pour quelques tiges verticales que l'on supposait encore fixées sur le sol qui les avait supportées au moment de leur croissance ; j'ai établi que ces tiges ont aussi subi un transport (1).

Tous les débris végétaux que renferme le terrain houiller ont donc été charriés.

Les débris qui se trouvent au milieu des schistes, des grès, des poudingues et des conglomérats ont évidemment été transportés avec les sédiments minéraux qui les renferment.

La nature, la forme et la dimension de ces sédiments nous ont appris que les cours d'eau de la région de Commentry à l'époque houillère étaient des rivières torrentielles (2) ; la forme et les dimensions des débris végétaux confirment cette conclusion. Les rivières charriaient assez souvent des arbres de 20 et 30 mètres de longueur.

Dans quelles conditions les débris végétaux se sont-ils déposés ?

J'ai établi que les bancs de schistes, de grès, de poudingues et de conglomérats du bassin de Commentry se sont déposés dans un lac profond à l'embou-

---

(1) Ch. IV.

(2) Ch. I.

chure des cours d'eau qui en charriaient les éléments (1); on ne saurait imaginer une autre origine pour les débris végétaux épars au milieu de ces bancs; ces débris épars, feuilles, graines, tiges, etc., ont évidemment partagé le mode de dépôt des limons, sables, galets et blocs qui les enveloppent.

La communauté d'origine n'est pas moins évidente pour les bancs qui, par un accroissement du nombre des débris végétaux, passent graduellement à la houille. J'ai décrit quelques-uns de ces bancs, grès ou schistes sur un point, houille sur un autre point, qui n'ont pu se déposer que sur les bords inclinés d'un bassin profond (2).

Le banc des Roseaux et celui des Chavais (3) donnent des indications assez claires sur les conditions du dépôt de la Grande Couche. Je ne dirai ici que quelques mots de ce dernier. On sait que le banc des Chavais, intercalé dans la Grande Couche, est, au milieu des affleurements, un conglomérat de 8 mètres d'épaisseur et sur son pourtour une couche de houille pure de 1 mètre à 1<sup>m</sup>,50. Rares dans la partie centrale au milieu des gros blocs, les débris végétaux deviennent nombreux à mesure qu'on s'éloigne du centre: ils finissent par dominer et même par constituer exclusivement le banc des Chavais. Cette modification s'accomplit ordinairement sur quelques centaines de mètres de distance, parfois beaucoup plus rapidement; sur un point on voit 2 mètres de poudingues charbonneux se transformer en 1 mètre de houille pure sur moins de 20 mètres de longueur. Les lits de la Grande Couche en contact avec le banc des Chavais, au-dessus et au-dessous, sont réguliers.

---

(1) Ch. I.

(2) Ch. V.

(3) Pl. XII.

Ces faits s'expliquent simplement par le dépôt, dans un bassin profond, à l'embouchure du cours d'eau charrieur ; ils ne paraissent susceptibles d'aucune autre explication. Par l'effet d'une crue, du sable, des galets et des blocs ont été apportés sur un point où ne se déposaient auparavant que des végétaux ; les gros matériaux sont restés sur le bord du bassin avec quelques tiges ; les matériaux moins grossiers se sont étalés sur une plus grande surface, avec une proportion croissante de matière végétale. Puis, la crue ayant cessé, les conditions précédentes se sont rétablies ; les végétaux ont recouvert le banc des Chavais et la formation de la Grande Couche s'est poursuivie comme auparavant.

Dans l'hypothèse de la formation horizontale il faudrait se figurer : 1° un courant charriant des blocs de 0<sup>m</sup>,50 de diamètre sur un lit végétal, sans le raviner ; 2° le même courant déposant à la fois, sur le même point, de gros blocs granitiques et des végétaux.

Je n'insisterai pas davantage ; la formation inclinée de la Grande Couche étant d'ailleurs démontrée par beaucoup d'autres faits, tels que la convergence des bancs supérieurs, le passage des grès et des schistes à la houille, les glissements, refoulements de la couche des bancs du toit, etc. (1).

La complète analogie du mode de dépôt des sédiments terreux et des sédiments organiques me paraît établie.

*Grains et galets de houille.* — Lorsqu'on fouille dans les alluvions granitiques des petits cours d'eau actuels de la région de Commentry, on rencontre des troncs, des branches, des racines, des feuilles, des

---

(1) Ch. V.

graines et autres débris végétaux en fragments plus ou moins volumineux et en particules plus ou moins ténues. Tous ces restes de plantes ont déjà subi un métamorphisme notable (1); ils sont généralement imprégnés d'eau, mous, denses. Ils sont tantôt isolés, tantôt amoncelés en petites couches ou amas.

Lorsque, par suite d'une crue ou d'un déplacement, la rivière reprend ses alluvions, les végétaux entraînés gagnent rapidement le fond en vertu de la densité que leur donne une imbibition complète; ils s'usent, s'arrondissent, s'émiettent; et lorsque le courant se ralentit, ils s'arrêtent beaucoup plus tôt que les végétaux verts et le limon: ces fragments, sortes de grains et de galets végétaux, se fixent souvent au milieu des sables.

Les frottements que subissent les végétaux, pendant le transport, aidés par l'action désorganisatrice de l'air et de l'humidité, suffisent à les diviser en fragments et en fines particules; une station préalable au milieu de sédiments terreux favorise beaucoup la fragmentation.

Telle doit être l'origine des galets de houille et celle des grains que l'on trouve en si grand nombre dans les grès, dans les schistes et dans les couches de houille. Les gros galets composés, comme la houille, de lames claires et de zones foliaires ou grenues, proviennent évidemment d'amas préalablement soudés.

### § 3. — CAUSES DE LA TRANSFORMATION DES VÉGÉTAUX EN HOUILLE

Les principales influences qui ont pu intervenir dans le métamorphisme des végétaux sont le temps, la chaleur, la pression, la nature des végétaux, l'état dans

---

(1) 3<sup>me</sup> partie, ch. II.

lequel ces végétaux se trouvaient au moment où ils se sont déposés, la nature des sédiments qui les entourent, etc. (1).

Nous allons examiner quelle a pu être la part de chacune de ces influences dans le bassin de Comentry.

*Temps.* — Les végétaux sont, en général, d'autant plus avancés en carbonisation, ou d'autant moins chargés de matières volatiles, que la couche dans laquelle ils se trouvent est plus ancienne. Ainsi les premières couches formées dans le bassin, au Marais, au Bourg, à Colombier, sont de l'antracite ou de la houille très maigre; et à mesure qu'on s'élève dans le dépôt, on trouve de la houille de plus en plus gazeuse.

On sait que le même fait existe dans la plupart des bassins houillers, et que dans la série des formations sédimentaires, les restes de plantes sont en général d'autant plus avancés en carbonisation que les formations sont plus anciennes.

Ce rapport constant entre l'âge et le degré de métamorphisme des végétaux ne permet pas de douter que le temps ait joué un rôle important dans le phénomène.

Cependant on trouve :

1° Dans une même couche (2) des lamelles grasses au milieu d'un charbon anthraciteux;

2° Dans la même région, presque en contact avec le granite, des lamelles grasses (3);

3° Dans un même banc de grès, des lamelles (tiges organisées) de houille grasse et des galets ayant l'aspect et parfois les propriétés du lignite (4);

(1) 3<sup>e</sup> partie, chap. II. — *Origine des sédiments.*

(2) Au Bourg.

(3) Aux Raynauds.

(4) Aux Pégauts.

4° Dans une même lame, provenant d'une même tige, de la houille grasse et du fusain, lequel est une sorte d'antracite fibreux (1)...

Devant ces faits, il est impossible d'attribuer au temps une action exclusive sur la carbonisation des végétaux.

Si le temps avait seul agi, toutes les matières végétales de même date auraient la même composition ; or, des végétaux de même date sont les uns en antracite, les autres en houille grasse et même en lignite. Il y a donc eu d'autres influences.

Les phénomènes actuels donnent une idée de la marche du métamorphisme des végétaux dans les conditions climatiques actuelles ; on sait que des couches de tourbe se forment en moins d'un siècle ; j'ai constaté que, dans l'argile humide, les bois prennent en quelques siècles l'aspect et les propriétés du lignite (2).

Je ne parle pas ici, bien entendu, des matières organiques exposées à l'air, lesquelles se transforment en éléments gazeux, mais de celles qui sont protégées contre les actions atmosphériques par une épaisse couche d'eau. On sait que la chaleur active le métamorphisme, mais pas dans des proportions qui permettent d'attribuer une influence notable à la température du climat houiller (3).

La gradation parfaite qui existe entre les combustibles d'origine végétale anciens et récents, gradation qui lie l'antracite à la houille, au lignite et au bois sans qu'il soit possible de saisir une limite, une ligne de démarcation quelconque, ne permet pas de suppo-

(1) Grande Couche et autres.

(2) 3<sup>e</sup> partie, chap. II, § 4.

(3) 3<sup>e</sup> partie, chap. II, § 4.

ser que le phénomène du métamorphisme ait eu des époques spéciales, des temps d'arrêt et des récurrences.

On a bien dit que la houille est un corps permanent amené à son état actuel dès l'époque houillère ou peu après, et incapable de se modifier depuis ; mais les faits contredisent cette hypothèse. La houille change de nature dans l'air à la température ordinaire ; elle se modifie aussi à l'abri de l'air sous l'influence de la chaleur, de divers réactifs, et même simplement des eaux météoriques (1) ; elle n'est donc point fixe et l'on ne saurait lui refuser la faculté de se modifier encore dans le sein de la terre, selon les influences qui l'environnent.

On a cité les galets de houille à l'appui de l'hypothèse de la permanence de ce combustible depuis l'époque houillère. Il est certain que la matière végétale avait subi déjà un métamorphisme lorsque les galets se formèrent ; ceci n'a rien de surprenant si l'on considère que cette matière pouvait être déposée depuis plusieurs siècles (2) lorsqu'elle a été remaniée et roulée. D'ailleurs on saisit sur bon nombre de galets des preuves d'une carbonisation incomplète et d'une grande plasticité au moment de leur formation ; quelques-uns ont subi un retrait notable depuis le dépôt.

En résumé, les végétaux paraissent avoir pu se transformer en houille et en anthracite sous la seule influence du temps, dans les conditions de température que représentent le climat de l'époque houillère et le climat actuel ; mais il est certain que d'autres influences sont intervenues.

---

(1) H. Fayol. Etudes sur l'altération et la combustion spontanée de la houille exposée à l'air. (*Bull. min.* 1879).

(2) Chap. VI.

*Chaleur.* — C'est à la chaleur que l'on a eu le plus souvent recours pour expliquer la transformation des végétaux en houille ; on admettait bien que le lignite avait pu se former sans l'intervention de hautes températures, mais on ne l'admettait pas pour la houille. Cependant il n'y a aucune différence physique ou chimique entre certaines houilles et le lignite dit *parfait* et ce dernier se relie au lignite ligneux et au bois par les degrés les plus insensibles. Les hautes températures invoquées pour la houille ne sont assurément pas justifiées par une différence tranchée entre ce combustible et les autres.

Mais on avait cru saisir le procédé de la nature en produisant artificiellement sous l'action de la chaleur et dans des conditions spéciales, des charbons plus ou moins analogues à la houille (1).

En soumettant pendant quelques jours des matières végétales à des températures de 200 à 300 degrés sous de fortes pressions, on a obtenu des substances ayant quelque analogie avec la houille.

J'ai décrit une houille artificielle produite par hasard sous le marteau-pilon de Mières ; en 9 ans, à 80 degrés environs, des madriers de chêne ont pris absolument l'aspect de la houille et les propriétés du lignite (2).

D'un autre côté, j'ai constaté qu'une température de 150 degrés agissant pendant neuf mois sur des végétaux immergés sous une pression de 60 mètres de hauteur d'eau, n'étaient pas sensiblement plus altérés que les mêmes végétaux sous la même pression, mais à une température de 20 degrés seulement.

Dans un ordre de phénomènes voisins, j'ai constaté que la houille exposée à l'air change de nature par

(1) Voir les travaux de MM. Frémy, Daubrée, Baroullier.

(2) C. R. M., novembre 1885.

absorption d'oxygène, et que la même transformation exige 150 fois plus de temps à la température ordinaire qu'à 100 degrés et beaucoup plus à 100 qu'à 200 degrés (1).

Beaucoup de recherches sur les transformations chimiques que peuvent subir les végétaux et sur les substances qui se prêtent le mieux à la production de combustibles analogues aux combustibles naturels, ont été entreprises en partant de l'idée que la houille était dépourvue de tout vestige organique ; on la considérait comme la dernière transformation de matières ulmiques provenant elles-mêmes d'une distillation ou d'une macération des végétaux. Ces recherches, fort intéressantes sous certains rapports, ont égaré l'opinion sur le véritable mode de formation de la houille ; elles ont beaucoup perdu de leur intérêt au point de vue de l'origine de ce combustible depuis qu'on a reconnu des éléments avec leur structure organique.

Un élément de la houille qui a probablement contribué beaucoup à faire croire à de hautes températures, c'est le *fusain*, semblable à du charbon de bois. Mais on sait que beaucoup de lames de quelques centimètres d'épaisseur (tige unique) présentent le passage insensible de la houille au fusain ; le fusain étant tantôt à l'intérieur de la lame, tantôt sur les faces extérieures. La houille et le fusain ont évidemment subi dans ce cas les mêmes vicissitudes ; et comme une haute température aurait décomposé la houille, on ne peut y avoir recours pour la production du fusain. On verra plus loin comment s'explique la formation de ce combustible fibreux.

La nécessité de l'intervention de la chaleur dans la formation de la houille n'est donc démontrée ni par la

---

(1) Etude sur l'altération de la houille. (*Bull. min.* 1879.)

constitution intime de la houille, ni par la présence du fusain, ni par les essais de reproduction artificielle des combustibles d'origine végétale ; ces diverses considérations éloigneraient plutôt l'idée de l'action des hautes températures, mais elles ne prouvent pas que cette action ne s'est pas exercée.

On a dit que la chaleur centrale passant à travers la croûte terrestre avait agi plus vivement sur les couches inférieures que sur les couches supérieures du terrain houiller ; on a dit aussi que les roches éruptives avaient contribué à la carbonisation des végétaux.

La première hypothèse paraît assez plausible dans les vastes et puissants terrains houillers du Nord où, sur de grandes épaisseurs, on voit les matières volatiles augmenter graduellement à mesure qu'on passe des couches les plus basses aux plus élevées ; mais elle ne se soutient plus dans les petits bassins lacustres. Ainsi :

On trouve sur la même verticale aux Ferrières : en contact et à quelques mètres du granite, de l'anthracite ; de 4 à 8 mètres du granite, de la houille maigre ; à 20 mètres du granite, de la houille maigre au milieu de laquelle se trouvent des parties grasses.

Aux Raynauds, dans une région anthraciteuse, des lames grasses existent jusqu'en contact avec le granite...

La chaleur centrale n'a pu avoir une action différente sur des éléments distants de quelques mètres seulement. Ce n'est pas la chaleur centrale non plus qui peut avoir fait de l'anthracite (fusain soyeux) avec une partie de tige dont l'autre partie est en houille grasse.

On doit se demander aussi si les rivières, les lacs poissonneux, la végétation, en un mot le climat et la vie organique de l'époque houillère, sont compatibles avec une température élevée de l'écorce terrestre. Le climat chaud de l'époque houillère a certainement

favorisé le métamorphisme ; mais il ne faut pas oublier que ce climat correspond à une température moyenne plus élevée seulement de quelques degrés que le nôtre.

Quant aux roches éruptives, on sait que beaucoup de terrains houillers en sont dépourvus et que dans ceux où on les rencontre, leur action a été tout à fait locale.

Il en est de même des actions calorifiques attribuées aux mouvements de terrains (1). En supposant que des mouvements de terrain eussent pu déterminer dans le sol une élévation de température suffisante pour faire passer une couche de l'état de houille à celui d'anthracite, on ne peut avoir l'idée d'attribuer à de semblables mouvements la transformation de toutes les couches d'anthracite connues.

Que de telles influences soient intervenues sur quelques points, c'est possible, quoique je sois porté à en douter (2) ; mais on ne peut les considérer comme une cause générale de la carbonisation avancée des végétaux.

L'action de hautes températures dans la formation de la houille n'est donc ni nécessaire, ni probable.

*Pression.* — Dans l'hypothèse de l'horizontalité primitive, les couches les plus rapprochées de la base du terrain houiller sont celles qui auraient supporté la plus forte pression, et il y aurait un rapport direct entre la pression et le degré de carbonisation des végétaux ; ce rapport n'existe plus dans le système des deltas où la même couche peut être en ses différents points éloignée et rapprochée de la base du terrain houiller.

Mais lors même que l'hypothèse de l'horizontalité

(1) DAUBRÉE, *Etudes synthétiques*, p. 463.

(2) H. FAYOL, *Etudes sur l'altération de la houille*. (*Bulletin Ind. min.*)

primitive serait exacte, l'association de combustibles à des degrés différents de carbonisation ne permettrait pas d'attribuer une grande influence à la pression, dans le phénomène du métamorphisme.

*Influence de l'espèce végétale, de la nature des débris végétaux et de l'état dans lequel se trouvaient ces débris au moment du dépôt.*

*Espèce végétale.* — Nous avons vu que des tiges d'espèces diverses (calamodendrons, lepidodendrons, fougères, cordaïtes...) ont formé :

- 1° Dans la Grande Couche des lames de houille grasse de composition élémentaire à peu près identique ;
- 2° Dans la couche des Ferrières, des lames de houille maigre aussi de même composition ;
- 3° Dans la couche du Marais, des lames d'anhracite ;
- 4° Dans les galets, des lames ligniteuses.

Nous avons vu encore que les autres parties des plantes, feuilles, graines, etc., quelle que fût leur essence, ont formé de la houille grasse dans la Grande Couche, de la houille maigre aux Ferrières, et de l'anhracite au Marais.

On en peut conclure que la nature du combustible est indépendante de l'espèce végétale, c'est-à-dire que l'espèce végétale n'a pas eu d'influence sensible sur le résultat du métamorphisme.

Une observation faite sur un champ plus vaste confirme cette conclusion : certaines houilles permo-carbonifères sont tout à fait semblables d'aspect et de composition à certains combustibles crétacés ; la houille de Buxière et le lignite de Fuveau, par exemple.

Le chêne de Mières changé en houille ligniteuse, les houilles artificielles produites par M. Frémy avec des gommes et des amidons montrent encore qu'il n'y a

aucun rapport nécessaire entre la houille et l'espèce végétale.

*Nature et état des débris végétaux.* — Nous avons vu que dans la Grande Couche la houille des lames claires, formée par des tiges, diffère notablement de la houille foliaire, et que celle-ci diffère aussi du cannel-coal constitué par de menues parcelles végétales.

Nous avons vu aussi que la même lame porte de la houille claire et du fusain ; que les mêmes feuilles de fougère ont formé de la houille grasse et du fusain....

Ces associations de houille de nature différente paraissent provenir à la fois de la nature des débris, de leur état au moment du dépôt et de l'action qu'a exercée le limon, avec lequel ils ont été mélangés.

Diverses observations m'ont prouvé que les végétaux verts et sains (distillés au rouge blanc, après une dessiccation de 10 heures à 50 degrés) donnent moins de carbone fixe que les mêmes végétaux altérés sous l'influence de l'air et de l'humidité.

Ainsi un chêne d'environ deux cents ans, de 1<sup>m</sup>,50 de diamètre, sain dans la partie extérieure, pourri dans la partie centrale, a donné à la distillation le résidu fixe suivant :

Echantillons pris en allant de la circonférence au centre.	ÉPAISSEURS	CARBONE
Ecorce .....	0 <sup>m</sup> ,040	29,65
Bois sain .....	0,120	21,95
Id. ....	0,120	22,82
Bois un peu décomposé.....	0,130	24,75
Bois plus décomposé.....	0,140	27,60
Bois pourri.....	0,200	31,00

Une branche de chêne saine et verte, de 0,05 de diamètre, donne :

Pour l'écorce. . . . .	25,75
Pour le bois . . . . .	15,10

Des feuilles desséchées et en partie pourries donnent environ 2 p. % de carbone fixe de plus que les mêmes feuilles mortes.

On voit qu'il y a entre le végétal décomposé et le végétal sain le même rapport au point de vue du carbone fixe, qu'entre le fusain et la lame claire. La partie pourrie correspond au fusain.

Si, de plus, on considère que le fusain se présente généralement en très petits fragments, à la façon des brindilles charriées par les ruisseaux, et que lorsqu'il est adhérent à des tiges il en occupe la partie intérieure, comme le bois pourri dans les creux, ou qu'enfin il tapisse extérieurement certaines lames claires qui sont comme des fragments de tige qui auraient subi une décomposition incomplète, on conclut que le fusain a été formé par des végétaux préalablement décomposés à l'air.

Les différences de rendement en carbone fixe, des lames de houille d'une même essence, sont du même ordre que les différences signalées ci-dessus entre le rendement donné par l'écorce de chêne et celui donné par les parties correspondantes d'une vieille tige.

Nous avons constaté aussi que les feuilles n'ont pas le même rendement que les rameaux et les tiges.

Ainsi s'expliquent les différences que présentent les lames claires, le fusain et les zones foliaires.

*Influence des sédiments minéraux.* — Quant à l'écart de rendement en carbone fixe (et par suite en

matières volatiles) qu'il y a entre la houille foliaire et la houille grenue et à celui que présentent les diverses variétés de houille grenue, il semble être dû à l'influence du limon avec lequel les grains se sont trouvés mêlés au moment du dépôt.

Nous avons vu que le cannel-coal et le boghead de la Grande Couche composés également de menues parcelles végétales, ne diffèrent que par la proportion des cendres, plus élevée dans le boghead que dans le cannel-coal.

Le tableau suivant montre que la nature du combustible, accusée par le résidu fixe, est en rapport avec la teneur en cendre :

	CENDRES	RÉSIDU FIXE (cendres déduites).
Cannel-coal.....	7 p. %	58
Id. ....	12 —	52
Boghead.....	25 —	47
Id. ....	50 —	33

Le limon paraît avoir retenu les matières volatiles et modifié le métamorphisme ; on sait que l'argile absorbe les matières grasses et a une forte attraction pour les matières organiques en général. Ne serait-ce pas là l'explication de la richesse en gaz du cannel-coal et du boghead ?

Si le limon a exercé une action sur le métamorphisme des végétaux, comme cela paraît probable, il n'en a pas été de même des sédiments plus grossiers quelle que soit leur nature minéralogique.

En résumé, parmi les causes qui paraissent avoir le plus contribué à donner aux divers éléments de la Grande Couche des propriétés spéciales, nous pouvons placer en première ligne le *temps*, puis l'*état* dans lequel se trouvaient les débris végétaux au moment où ils se sont déposés, et ensuite l'*action du limon* sur les fines particules végétales.

On reconnaît dans toutes les parties du bassin de Commentry, l'action plus ou moins prononcée des mêmes influences.

Mais pourquoi telle couche est-elle grasse, telle autre maigre et telle autre anthraciteuse ? Je n'en sais absolument rien.

Je ne suis pas mieux fixé sur les raisons qui font que certaines couches sont grisouteuses et que d'autres ne le sont pas.

#### § 4. — ORIGINE DES CENDRES.

Les cendres de la houille ont trois sources principales :

1° Les substances qui entraînent dans la constitution des végétaux vivants ;

2° Les matières terreuses qui se sont déposées en même temps que les végétaux ;

3° Les matières qui ont pénétré au milieu des végétaux après leur dépôt.

1° *Cendres des végétaux vivants.* — Les tiges ligneuses actuelles renferment généralement de 0,002 à 0,006 millièmes de cendres ; les cendres des fougères arrivent à 0,045. Les branches donnent plus de cendres que le tronc ; les feuilles et les écorces plus que les branches ; comme on le voit sur le tableau suivant, moyenne d'un grand nombre d'analyses faites sur des arbres d'âge et de genre différents (1) :

---

(1) PELOUSE et FRÉMY, Chimie générale, tome IV, p. 501.

NATURE DU BOIS	Substances élémentaires trouvées dans 100 parties de bois :				
	Carbone.	Hydrogène.	Oxygène et azote.	Cendres.	
Feuille.....	42,015	6,974	40,910	7,118	
Branche moyenne {	écorce.	48,855	6,342	41,121	3,682
	bois ...	49,902	6,607	43,356	0,134
Tronc..... {	écorce.	46,267	5,930	44,755	2,657
	bois ...	48,925	6,460	44,319	0,296
Racine moyenne. {	écorce.	50,367	6,069	41,920	1,643
	bois ...	47,390	6,259	46,126	0,223

Les cendres sont des carbonates, sulfates, phosphates, chlorures, alcalins solubles, et des carbonates et phosphates de chaux, de magnésie, de fer, insolubles, avec un peu de silice libre.

Une longue immersion dans l'eau peut faire perdre aux végétaux une grande partie de leurs cendres ; le rouissage enlève au lin à peu près toutes ses substances minérales ; j'ai constaté que le chanvre roui en a perdu une forte proportion.

Cela explique la grande pureté de certaines lames de houille dont la teneur en cendres descend à 0,002, alors qu'une carbonisation correspondante des tiges actuelles porterait leur proportion de cendres entre 0,006 et 0,015.

L'impureté relative des zones foliaires tient en partie à la forte proportion de la cendre naturelle des feuilles ; une autre partie provient du dépôt terreux qui s'est opéré en même temps que le dépôt des végétaux.

*Phosphore.* — La note suivante de M. Carnot (1)

(1) C. R. de l'Académie des sciences, 21 juillet 1884.

résume quelques observations faites sur le phosphore des houilles de Commentry :

« La présence du phosphore dans les cendres de houille a été remarquée depuis assez longtemps, du moins comme fait accidentel. MM. Le Châtelier et L. Durand-Claye ont reconnu que ce fait est au contraire très général et ils ont signalé son importance, soit pour la métallurgie, qui peut avoir à redouter l'emploi d'un coke phosphoreux, soit pour l'agriculture qui pourrait tirer parti de cendres phosphatées.

« J'ai pensé que l'on pourrait aujourd'hui faire plus que constater la présence du phosphore et qu'il serait possible de se rendre compte de son origine et de son mode de répartition dans les combustibles végétaux, en mettant à profit les récents progrès de la Paléontologie végétale. Tel est le but des recherches que j'ai entreprises et dont j'ai l'honneur de présenter à l'Académie les premiers résultats.

« J'ai pris pour point de départ de ce travail une série d'échantillons de houille, que M. Fayol a eu l'obligeance de m'envoyer de Commentry, et parmi lesquels se trouvaient des lentilles de la houille organisée, à cassure brillante, à structure discernable à la loupe, sur laquelle il a si utilement appelé l'attention des savants. M. B. Renault a bien voulu, au moyen de préparations microscopiques, déterminer avec certitude la nature des plantes qui avaient formé ces lentilles.

« Quatre types de végétaux, représentés chacun par deux échantillons différents, ont donné à l'analyse la proportion suivante de phosphore (rapportée à 100 parties de matière) :

	(1)	(2)
Calamodendron . . . . .	0,00195	0,00245
Cordaïtes . . . . .	0,00082	traces.
Lepidodendron . . . . .	traces.	—
Psaronius (Fougère) . . . . .	0,00271	0,00712

« Un échantillon de *fusain* minéral a donné 0,00399 de phosphore, proportion comparable aux précédentes, ce qui s'accorde bien avec l'hypothèse d'après laquelle le fusain serait constitué par des plantes, qui se seraient décomposées à l'air libre, avant de se mêler aux autres débris végétaux qui se sont transformés en houille.

« La *houille*, prise en masse, a présenté une teneur variable, mais généralement assez faible :

Grande Couche de Commentry. . . . .	0,00163
Houille des Ferrières. . . . .	0,01385
Anthracite du Marais. . . . .	0,01467

« Au contraire, la teneur en phosphore s'est montrée considérable dans le *cannel-coal* de Commentry.

	(1)	(2)
Deux échantillons ont donné. . .	0,04260	0,03912

« Frappé de cette différence avec la houille, j'ai cru intéressant de rechercher si des échantillons de *cannel-coal* provenant d'autres gisements et d'un autre âge étaient également phosphoreux. Les résultats ont été les suivants :

Cannel-coal du Lancashire. . . . .	0,02852
Cannel-coal de Wigan. . . . .	0,02246
Cannel-coal de Newcastle. . . . .	traces
Cannel-coal de Glasgow. . . . .	0,00572
Cannel-coal de Virginie. . . . .	0,02771
Naphtoschiste de la Nouvelle-Galles du Sud.	0.01956
Boghead d'Autun (exempt d'écaillés de poissons). . . . .	traces
Boghead du Frioul (Autriche) . . . . .	0,06275

« Tous les premiers appartiennent au terrain carbonifère, les deux derniers au terrain permien et à l'étage rhétien (base du lias).

« Les observations microscopiques faites sur des plaques minces de *cannel-coal* conduisent à se repré-

senter cette substance comme formée par l'accumulation de parcelles végétales décomposées, de nature très diverse ; mais on y aperçoit, le plus souvent, un nombre considérable de spores ou de grains de pollen, d'ailleurs très irrégulièrement disséminés (M. Renault). J'ai pensé que la présence de ces germes était peut-être la cause à laquelle il convenait d'attribuer la proportion élevée, mais irrégulière, du phosphore dans le cannel-coal.

« Deux sortes d'observations paraissent confirmer cette hypothèse.

« D'une part, les deux seuls échantillons presque dépourvus de phosphore, examinés au microscope, se sont également montrés exempts de spores.

« D'autre part, l'analyse des spores ou du pollen de quelques végétaux modernes, appartenant aux mêmes familles que les plantes houillères, m'a prouvé que ces matières étaient beaucoup plus riches en phosphore que les plantes elles-mêmes.

« Diverses Fougères ont présenté les proportions suivantes :

« 0,12714 dans les spores du *Lastroëa filix mas* ;

« 0,07824 dans les spores et sporanges du *Polystichum aculeatum* ;

« 0,09454 dans les spores et sporanges de l'*Osmunda regalis*.

« Or on sait, par une analyse de Berthier, que la Fougère sèche contient, pour 100, seulement 0,009 ou 0,010 de phosphore.

« Le *Lycopode*, humble représentant actuel de l'importante classe à laquelle appartenaient les *Lepidodendron*, les *Sigillaria*, les *Sphenophyllum*, etc., fournit des spores qui renferment 0,22820 de phosphore.

« Enfin, la *Ceratozamia mexicana*, appartenant à la famille autrefois très nombreuse des Cycadinées, a donné :

« 0,28851 de phosphore dans les grains de pollen.

« 0,11899 dans leurs enveloppes, qui avaient été, par tamisage, plus ou moins bien séparées du pollen.

« Il est naturel d'admettre que les spores et le pollen des végétaux houillers ont dû être, comme dans les plantes analogues actuelles, incomparablement plus riches en phosphore que le bois, les écorces, les racines ou les feuilles des mêmes plantes et qu'ils ont dû contribuer à élever très sensiblement la teneur en phosphore des matières où ils se sont accumulés.

« Tel est spécialement le cas du *cannel-coal*, où le grand nombre des spores et sporanges est révélé par le microscope.

« Quant à la houille, elle en contient beaucoup moins en général, en même temps qu'elle est moins phosphoreuse. Mais il peut y avoir, à cet égard, de grande différence d'un point à l'autre. En observant la tranche d'une couche de houille, on y reconnaît souvent l'existence de veines alternativement ternes et brillantes, provenant sans doute, les unes de l'accumulation de feuilles et de débris de toute sorte, les autres de la transformation des bois, écorces ou racines des grands végétaux houillers. En essayant séparément ces deux sortes de houille, prises pour ainsi dire côte à côte dans un même échantillon provenant de la couche des grès noirs de Commeny, j'ai trouvé dans l'une 10,5 p. % de cendres et 0,00815 de phosphore, dans l'autre 3,8 % de cendres et 0,00326 de phosphore. »

2° *Matières terreuses qui se sont déposées en même temps que les végétaux.* — L'eau des rivières tient toujours en suspension une certaine proportion de limon qui peut varier de zéro à 4 ou 5 millièmes (1) ;

---

(1) Pour le Rhône, d'après M. Surell, cette quantité est de 0 millième,059 à Lyon, et de 0<sup>mm</sup>,4 dans le delta du fleuve. Du reste,

ce limon se compose de matières terreuses mêlées à des matières organiques, débris de plantes et d'animaux.

La proportion des matières organiques contenues dans le limon des rivières actuelles dépasse parfois 30 % (1). Lorsque les cours d'eau houillers charriaient

elle est essentiellement réglée par le volume d'eau ; car, dans le delta, par exemple, tandis qu'elle se réduit à 0<sup>mm</sup>,143 pendant l'étiage, elle s'élève à 4<sup>mm</sup>,347 pendant les grandes crues ; par conséquent elle augmente beaucoup avec le volume des eaux.

Pour la Gironde, la proportion des sédiments tenus en suspension est de 0<sup>mm</sup>,279, le débit étant de 867 mètres cubes par seconde ; le maximum s'est élevé à 4<sup>mm</sup>,179.

Pour le Rhin, à Kehl, d'après MM. Daubrée et Ledru, les sédiments varient de 1 millième à 0 mill. 005 du poids de l'eau, et ils représentent pour toute l'année un cube de 104 mètres de côté.

Suivant M. Comoy, pendant les crues de la Loire, le limon est en moyenne de 0 mill. 300 à Feurs, de 0 mill. 210 à Nevers ainsi qu'à Tours et seulement de 0 mill. 150 à Nantes ; il diminue donc en descendant.

Quant aux rivières torrentielles comme l'Aude, la Durance, le Var, elles contiennent dans leurs crues, non seulement plusieurs millièmes de substances terreuses, mais quelquefois plus de 4 centième.

Dans les torrents il y en a du reste une proportion beaucoup plus grande.

(1) M. Mangon a fait l'analyse des limons de la Loire et de la Gironde dans lesquels il a trouvé :

	(Loire)	(Gironde)
Matières organiques et eau combinées.....	8,39	9,31
Sels solubles .....	0,22	0,20
Carbonate de chaux avec magnésie.....	4,75	6,61
Silice et argile insoluble dans l'acide .....	74,59	70,22
Alumine et oxyde de fer .....	12,05	13,66

Pour la Seine, le limon puisé au pont d'Ivry contient, d'après M. Poggiale :

Matières organiques 3,39 ; résidu siliceux 35,60 ; carbonate de chaux avec un peu de magnésium 60,31.

Pour le Doubs, dont le bassin est entièrement calcaire M. Parandier a constaté que le limon renferme au moins 30 p. % de débris organiques fortement azotés et 70 p. % de substances minérales.

beaucoup de végétaux leur limon devait être fortement chargé aussi de matières végétales.

De là les interpositions terreuses qui se trouvent entre les débris végétaux et dont l'épaisseur varie depuis la pellicule à peine appréciable, jusqu'à la veine visible et jusqu'au lit ; de là aussi tous les degrés que présentent les couches depuis la houille pure jusqu'à la houille schisteuse et jusqu'au schiste pur.

Dans la Grande Couche, le limon est parfois remplacé par du sable et même par des galets venus en temps de crue ; ces matériaux grossiers forment ordinairement des amas lenticulaires dont le centre est vers le point où le cours d'eau avait son embouchure.

Les accumulations de lames de houille à interposition sableuse, comme celle des grès noirs, indiquent un dépôt de végétaux déjà imprégnés d'eau et en partie décomposés, s'arrêtant beaucoup plus près de l'embouchure que les végétaux verts et le limon.

Les matières terreuses apportées par les cours d'eau en même temps que les matières végétales ne se sont pas seulement déposées entre les débris, elles ont encore souvent pénétré à l'intérieur des végétaux ; ainsi s'est formé l'axe terreux des lames claires de toute dimension, celui des racines tubiculaires des psaronius, le noyau minéral des graines. Ces pénétrations sont presque insensibles dans les parties puissantes et pures de la Grande Couche, soit que le dépôt ait eu lieu dans des eaux relativement pures, soit que l'accumulation végétale ait protégé ses éléments contre les pénétrations terreuses.

C'est un fait fréquent que la houille est plus pure dans les parties puissantes que dans les parties amincies des grandes couches. Cela tient probablement à ce que les fortes accumulations végétales se sont portées

loin de l'embouchure dans l'eau tranquille, là où les sédiments minéraux arrivaient peu.

Dans les parties schisteuses de la Grande Couche, l'axe minéral des tiges est souvent épais ; dans les schistes et dans les grès, cet axe est plutôt un cylindre aplati, quelquefois rond.

On conçoit facilement que les tiges creuses se soient laissées pénétrer par les matières terreuses qui les enveloppaient. Les vaisseaux même les plus petits sont susceptibles d'absorber des substances minérales ; j'ai constaté qu'un fragment de grosse poutre de chêne qui gisait avec des débris gallo-romains dans un bassin rempli de limon argileux, tenait à la circonférence 0,040 millièmes de cendres, et à quelques centimètres de profondeur 0,022 seulement, tandis que du chêne de même âge n'en renferme que 0,002 environ.

*3<sup>e</sup> Matières qui ont pénétré dans la houille après le dépôt.* — On a vu que les lames claires sont généralement clivées, que le clivage est accusé par des plaques minérales, lesquelles sont d'autant plus épaisses que la couche est moins pure, et que le clivage des lames claires ne s'étend ni dans la houille foliaire, ni dans la houille grenue, ni dans le fusain, ni dans les schistes ou les grès qui enveloppent les lames claires.

Sous l'influence de la dessiccation ou d'une transformation ligniteuse ou de la carbonisation, les matières végétales perdent jusqu'à  $\frac{4}{5}$  de leur volume ; dans les petites parcelles, ce retrait peut s'opérer sans fendillement ; mais lorsque le fragment est volumineux, lorsqu'il s'agit par exemple d'un fragment de plusieurs mètres de longueur, le retrait entraîne des fentes, des divisions multiples ; et si la tige est couchée et comprimée, les divisions s'opèrent surtout transversalement. C'est ce qui est arrivé aux tiges houillères et ce qui explique pourquoi on trouve des lames claires

bien clivées au milieu de zones foliaires ou de houille grenue non clivées. Le fusain flexible et ordinairement réduit en petits fragments n'est pas clivé.

Quant à la présence de la pholélite, de la calcite, de la pyrite, de la silice et du fer carbonaté, dans la houille, elle s'explique de la manière suivante :

On sait que la trituration des roches granitiques dans l'eau décompose le feldspath en silicates d'alumine et en silicates alcalins. Les silicates alumineux donnent naissance à la *pholélite*, produit analogue au kaolin ; les silicates de soude et de potasse, en présence de l'acide carbonique, se transforment en carbonates et abandonnent de la *silice*.

La *calcite* existe parfois dans les roches anciennes ; mais elle résulte aussi de la décomposition des silicates en présence de l'acide carbonique.

Le fer carbonaté et la pyrite résultent aussi de décompositions et de reconstitutions successives. La *suroxydation* des éléments ferrugineux des roches exposés à l'air est un fait général ; les pyrites passent à l'état de sulfate ; la glauconie met de l'hydrate ferrique en liberté ; les roches se colorent en jaune, en rouge. Entraînés par les eaux dans le dépôt houiller que les débris organiques rendent essentiellement réducteurs, les sulfates redeviennent pyrite et les hydrates font du carbonate de fer.

Les carbures dégagés par la fermentation végétale paraissent avoir exercé une action réductrice puissante sur le dépôt houiller ; tant que la cimentation des sables et des galets n'a pas été complète, les gaz ont pu circuler en même temps que les eaux d'infiltration dans toutes les parties de la masse sédimentaire ; c'est ainsi que les sels de fer ont été réduits et que la couleur pâle, verdâtre, a remplacé la couleur jaune ocreuse qui

ne tarde pas d'ailleurs à reparaitre lorsque les roches houillères sont exposées à l'air.

La silice, la pholérite, la pyrite, la calcite et le fer carbonaté du terrain houiller ont donc pour origine une série de réactions subies par les éléments granitiques avant ou après leur dépôt.

Quant à la concentration de ces diverses matières sous forme de clivages, de moules internes, de concrétions..... au milieu de la houille ou des bancs houillers, on sait qu'elle résulte de séparations moléculaires que l'on voit s'accomplir avec le temps dans les pâtes molles ou perméables (1).

---

En résumé, on rencontre dans tous les cours d'eau de la région des éléments semblables à ceux qui se trouvent dans la houille : tiges, branches, racines, des lames claires ; feuilles et autres débris membraneux, des zones foliaires ; menues parcelles et grains végétaux, de la houille grenue ; débris altérés de toutes dimensions, qui ont formé le fusain ; limon des parties argileuses, pholérite des clivages, silice des moules internes, sels de fer et silicates alcalins dont l'action mutuelle en présence des carbures d'hydrogène produira la pyrite et le fer carbonaté....., etc.

Et si l'on se demande comment tous ces matériaux charriés par le même cours d'eau avec des sables et des galets, pourront se déposer dans un lac, on n'imagine pas d'autres dispositions que celles dont le terrain houiller donne des exemples.

---

(1) Voy. DE LAPPARENT, *Traité de Géologie*.

### Chapitre IV.

#### TIGES DEBOUT DU TERRAIN HOULLER. — ORIGINE ET MODE DE DÉPOT DE CES TIGES

##### § 1. — ÉTAT DE LA QUESTION.

Il est peu de faits qui aient donné lieu à plus de discussions et qui aient eu autant d'influence sur les théories géologiques, que celui des troncs ou fragments de troncs d'arbres, trouvés *debout*, dans les couches du terrain houiller.

L'attention des géologues fut appelée pour la première fois sur les arbres debout, par Alex. Brongniart, en 1821. Ce savant avait remarqué dans la mine du Treuil, à Saint-Etienne, au-dessus d'une couche de houille presque horizontale, des tiges qui traversaient normalement plusieurs assises de grès de trois à quatre mètres de puissance. « C'est, disait-il, une véritable forêt fossile de végétaux monocotylédones, d'apparence de bambous ou de grands *equisetum* comme pétrifiés en place (1). » Le dessin des arbres du Treuil se trouve dans tous les traités de géologie.

Alex. Brongniart supposait que ces tiges verticales étaient encore sur le sol où elles avaient pris naissance et il en concluait que la houille avait dû se former dans le lieu même où s'étaient développés les végétaux dont elle est le produit. « Cependant, ajoutait-il, il reste sur la situation primitive de ces tiges verticales une incer-

---

(1) *Sur des végétaux fossiles traversant les couches du terrain houiller. (Journal des mines, 1821.)*

titude qui doit nous engager à continuer d'observer et nous apprendre que nous ne pouvons encore tirer de ce fait aucune conséquence absolue et générale. »

Malgré cette réserve de l'illustre géologue, les arbres du Treuil furent bientôt généralement considérés comme reposant sur leur sol natal, et cette opinion fut le point de départ de la théorie qui a régné jusqu'à ces derniers temps sur le mode de formation de la houille et du terrain houiller.

Constant Prévost n'avait cependant pas tardé à élever contre cette opinion de sérieuses objections.

« Les tiges du Treuil, disait-il en 1827, sont effectivement en grand nombre dans le banc de grès qui les renferme ; mais pour quelques-unes qui laissent voir à leur base des divisions qui rappellent l'origine et la bifurcation des racines, presque toutes, au contraire, sont comme tronquées ou rompues ; bien plus, comme on peut le voir dans la figure qui a été donnée par M. Brongniart, le pied des tiges rameuses est à toute hauteur dans le banc de grès qui les enveloppe de toutes parts, de sorte que si ces végétations devaient indiquer des racines, et cela est très probable, celles de quelques tiges seraient placées plus haut que le sommet des tiges les plus voisines et presque contiguës ce qui indiquerait une surface de sol bien extraordinairement contournée ; enfin, et cette raison est, à ce qu'il me semble, une des plus puissantes, la substance pierreuse est homogène au-dessous, autour et au-dessus des tiges, de telle sorte qu'il faudrait supposer que les plantes ont végété sur une terre sablonneuse tellement semblable par sa nature, sa composition, sa couleur, etc., au sable qui serait venu plus tard enfouir la forêt de fougères, qu'on ne pourrait voir aucune ligne de séparation entre le sol nourricier de ces plantes et celui qui est venu les détruire.....

..... Comment une fissure, au moins, suivant une ligne qui passerait entre les racines et les tiges, n'indiquerait-elle pas l'ancien sol terrestre? Comment aussi toutes les ramifications des racines des arbres enfouis auraient-elles été détruites, elles qui auraient dû être protégées par le terrain auquel elles n'auraient pas cessé d'adhérer et lorsque dans les mêmes dépôts les empreintes des feuilles et des ramuscules les plus minces ont été conservées? Il me semble donc, d'après ce que j'ai dit précédemment, que sans épuiser toutes les raisons que je pourrais encore alléguer, la *verticalité* des tiges observées dans les bancs supérieurs de la mine du Treuil et dans beaucoup d'autres exploitations qui ont été citées comme exemples, ne peut indiquer que les tiges sont à la place où elles ont pris naissance, et que leur présence et leur position ne sauraient alors ni servir à fonder une opinion précise, sur le mode de formation des charbons de terre et des lignites, ni fournir surtout un exemple de l'envahissement par la mer d'un sol terrestre qui de nouveau aurait été remis à sec, et ce dernier résultat est celui qu'il m'importe de noter ici. »

« Il resterait sans doute à expliquer *comment des tiges ont pu conserver leur position verticale malgré leur déplacement, mais l'explication fût-elle impossible à donner*, il n'en faudrait pas conclure pour cela que les conséquences que j'ai cherché à tirer des autres circonstances qui accompagnent celles de la verticalité ne sont pas justes..... (1). »

Mais Constant Prévost avait pour adversaires Alex. Brongniart et Cuvier; sa voix ne fut pas écoutée; et lorsque Elie de Beaumont eut, quelques années plus

---

(1) *Sur les submersions itératives des continents.* — Note lue par Constant Prévost à l'Académie des sciences, en 1827.

tard, donné l'appui de sa grande autorité à la théorie des *tourbières*, les idées de Constant Prévost tombèrent tout à fait dans l'oubli.

Lyell s'était d'abord refusé à considérer les arbres du Treuil comme une forêt submergée. « Je pensais, dit-il, que si tel eût été le cas, on aurait trouvé toutes les racines à un seul et même niveau.... que le sol contenant les racines devait être différent du grès que les troncs traversaient ; mais ayant eu occasion de voir dans la Nouvelle-Ecosse des *calamites* enfouies dans les grès à différentes hauteurs et conservant une position verticale analogue à celle des arbres du Treuil, je me rangerai assez volontiers, aujourd'hui, à l'opinion émise par M. Brongniart (1). »

Dans son remarquable *Mémoire sur la formation de la houille* où il a accumulé les preuves en faveur du charriage des végétaux qui ont formé les couches de houille, M. Grand'Eury cherche à établir que les *arbres debout n'ont pas été charriés*. « Il n'y a pas de doute, dit-il (page 285), que les troncs debout et les souches enracinées ne soient à leur endroit natal. »

M. Briart, qui joint une science étendue aux connaissances pratiques du mineur, est très affirmatif dans le même sens :

« Nous avons souvent rencontré, dit-il, des troncs debout aussi multipliés, aussi serrés que le sont les arbres de la forêt la plus touffue. »

« Le toit et le mur indiquent une végétation sur place..... (2) »

La même opinion semble avoir été partagée par tous les auteurs jusqu'à la date récente où M. A. de Lapparent publia la 2<sup>me</sup> édition de son grand traité de géologie.

(1) *Eléments de Géologie*, 6<sup>me</sup> édition, tome II, p. 401.

(2) A. BRIART, *Principes de paléontologie*, p. 171.

« Les recherches de M. Fayol, dit l'éminent professeur, ont montré que la verticalité des troncs n'impliquait nullement leur développement *in situ* (1). »

« En dehors de quelques cas particuliers, susceptibles peut-être de recevoir une autre explication, les tiges dressées des terrains houillers ne sont pas des arbres en place..... Remarquons tout d'abord que dans l'hypothèse du lent dépôt des sables il fallait une singulière bonne volonté pour voir, dans les tiges que ces sables entouraient, des végétaux restés en place. Comment! il s'agit surtout de plantes sans grande consistance, d'une croissance extrêmement rapide, et on admettrait que ces tiges auraient continué à vivre, s'ensablant ou s'ensasant de plus en plus par le pied, pendant tout le temps nécessaire au dépôt de plusieurs mètres de sédiments! Ce serait une contradiction flagrante.

« ..... S'il y a des tiges debout, un bien plus grand nombre sont couchées ou inclinées dans toutes les situations. Beaucoup sont nettement tranchées en haut, et la plupart sont dépourvues de quoi que ce soit qui ressemble à des racines. Enfin, chose décisive, on a fini par en rencontrer qui avaient la tête en bas..... »

« ..... C'est pourquoi, sans vouloir diminuer en rien le mérite des observations faites à Commeny, on peut dire qu'elles ont eu pour principal effet d'assurer le triomphe d'une doctrine de simple bon sens (2). »

Cette flatteuse approbation n'est venue qu'après une visite des lieux; après avoir vu, M. de Lapparent a été convaincu. Il en a été ainsi pour beaucoup de géologues; mais chez beaucoup d'autres aussi qui n'ont pas eu l'occasion de voir, l'ancienne opinion que les arbres de-

(1) DE LAPPARENT, *Traité de géologie*, 2<sup>me</sup> édition, p. 863.

(2) DE LAPPARENT, *La formation des combustibles minéraux*.  
(Correspondant du 10 avril 1886.)

bout du terrain houiller ont poussé à la place où on les trouve, n'est pas ébranlée; nombre de travaux, récemment publiés le prouvent.

Tel est l'état de la question.

§ 2. — RÉSUMÉ DES FAITS OBSERVÉS A COMMENTRY.

On trouvera à la fin du paragraphe la description détaillée d'un certain nombre de tiges, branches, racines et autres organes de plantes rencontrés dans le terrain houiller de Commentry. Je vais donner ici, un résumé des faits observés; j'essaierai ensuite de dégager les conséquences qu'on en peut tirer.

1° *Disposition des tiges; proportions relatives des tiges couchées, inclinées et debout, dans les diverses sortes de roches.* — On trouve des tiges sur tous les points et à toutes les profondeurs du terrain houiller, et dans toutes les sortes de roches; il y en a dans la houille, dans le schiste, dans le grès, dans les poudingues et même dans les conglomérats les plus grossiers.

Ces troncs sont, pour la plupart, couchés, étendus sur les plans de stratification; il y en a quelques-uns d'inclinés en tous sens et même de perpendiculaires sur les strates: ceux qui se rapprochent de cette dernière position sont dits *debout*.

Dans les diverses sortes de roches, le nombre total des tiges est généralement d'autant plus grand que les éléments de la roche sont plus fins et plus charbonneux.

Le tableau suivant indique approximativement le nombre de tiges que l'on trouve à Commentry dans 1.000 mètres cubes de terrain :

Dans les poudingues et conglomérats de	0 à	10
— grès . . . . .	0 à	100
— schistes. . . . .	0 à	2.000
— la houille . . . . .	0 à	10.000

Le tableau suivant indique les proportions relatives des tiges couchées, inclinées et debout trouvées dans chaque sorte de roche.

*Proportions relatives des tiges couchées, inclinées et debout dans chaque sorte de roche.*

NATURE DES ROCHES	NOMBRE DE TRONCS			
	Couchés.	Debout.	Inclinés.	Total.
Dans la houille .....	99 $\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	100
Dans les schistes .....	98	1	1	100
Dans les grès.....	70	15	15	100
Dans les poudingues et conglomérats.....	60	20	20	100

Les tiges *inclinées* sous toutes les inclinaisons possibles, sont à peu près en nombre égal aux tiges *debout* c'est-à-dire qui se rapprochent de la verticale; et le nombre total des tiges *inclinées et debout* est à peu près dix fois moins grand que celui des tiges *couchées*.

Les tiges *debout* sont généralement d'autant plus nombreuses, relativement aux tiges couchées, que les éléments constitutifs des roches sont plus grossiers et moins charbonneux; les roches qui renferment en somme le moins de tiges (poudingues et grès) sont ceux dans lesquels on trouve la plus forte proportion de tiges *debout*.

A part quelques groupements de tiges debout qu'on trouve parfois assez rapprochés, surtout dans les grès, les tiges debout sont généralement isolées, éloignées les unes des autres et réparties dans des bancs superposés.

Les tiges ne sont pas les seuls organes de plantes que l'on rencontre avec la position verticale; certains

bancs sont remplis de brindilles (fragments de racines ou de branches) ayant toutes les inclinaisons y compris la position *debout* (1); il y a des grès remplis de feuilles de cordaïtes disposées dans tous les sens; les frondes d'*annularia* et de fougère (2), les radicules de *stigmaria* prennent aussi quelquefois la position verticale.

Signalons en passant une tige de fougère de 0<sup>m</sup>,30 de diamètre trouvée la tête en bas (3).

*Nature, état, forme et dimensions des tiges.* — Les espèces végétales représentées par des tiges sont, par ordre d'importance comme nombre :

Les calamodendrons, les cordaïtes, les lepidodendrons, les fougères, les calamites, les sigillaires.

Je n'ai pas vu d'arbre entier avec racines et branches; les troncs avec racines sont assez nombreux; les branches attachées sont rares. Le plus souvent les troncs sont des fragments de tige sans racines ni branches. Beaucoup de souches à nombreuses racines sont *debout*.

Les racines sont tantôt serrées sur le tronc comme les brins d'un balai, quelquefois d'un côté seulement, tandis que de l'autre elles s'écartent du tronc; tantôt étalées sur la strate inférieure dans laquelle elles ne pénètrent pas.

Les troncs se présentent sous les formes suivantes :

1<sup>o</sup> Cylindriques, avec une enveloppe de houille et un remplissage terreux ;

2<sup>o</sup> Aplatis, à section lenticulaire, comme si, après avoir supprimé le remplissage terreux du premier cas, on rapprochait les parois intérieures du cylindre charbonneux par une compression latérale ;

(1) PL. XVI, Fig. 13.

(2) PL. XVI, Fig. 14, 15 et 16.

(3) PL. XVI, Fig. 11.

3° Sous toutes les formes possibles comprises entre le cylindre et la lentille très aplatie, c'est-à-dire plus ou moins ovales avec un remplissage plus ou moins épais.

La forme cylindrique est dominante dans les troncs debout, rare dans les troncs couchés.

Il y a peu d'exemples de formes cylindriques dans les tiges des couches de houille et lorsque ce fait se présente, on peut généralement constater que l'une des extrémités de la tige est dans le grès. Dans le grès, les troncs couchés présentent encore assez souvent la forme cylindrique ou ovale.

On peut facilement mesurer le diamètre des troncs ou la largeur des troncs aplatis ; mais l'observation des longueurs est beaucoup plus difficile. Souvent, quand on remarque un tronc, une partie de sa longueur a déjà été détruite, ou bien il est impossible de le suivre.

Les plus beaux exemples que nous ayons eus sous les yeux sont :

1° Les lepidodendrons couchés, aplatis, de 1<sup>m</sup>,00 de largeur. On en a suivi plusieurs sur 20 mètres de longueur, sans rencontrer aucune extrémité et sans observer de sensible changement de diamètre (tranchée du Puisard) ;

2° Des lepidodendrons debout, cylindriques, de 1<sup>m</sup>,00 de diamètre, suivis sur 8<sup>m</sup>,00 de hauteur (Poudingues de la tranchée de l'Espérance) ;

3° Des calamodendrons couchés, aplatis, de 0<sup>m</sup>,20 de diamètre, qu'on a suivis sur 20 mètres de longueur sans rencontrer les extrémités et sans voir de changement de diamètre (banc des Roseaux) ;

4° Des calamodendrons debout, cylindriques, de 0<sup>m</sup>,12 de diamètre, suivis sur 7 mètres de hauteur (partie gréseuse du banc des Roseaux) ;

5° Des fougères couchées, ovales, de 0<sup>m</sup>,15 de diamètre moyen et de 5 mètres de hauteur ;

6° Des fougères debout de 0<sup>m</sup>,15 de diamètre et 1<sup>m</sup>,50 de hauteur ;

7° Des cordaïtes couchées, aplaties, de 0<sup>m</sup>,25 de largeur, observées sur 12 mètres de longueur (1) :

8° Cordaïtes de 0<sup>m</sup>,75 de largeur et 0<sup>m</sup>,15 d'épaisseur, dans la grande couche, aux Chavais.

9° Une quantité considérable de troncs couchés sur le mur de la grande couche, ayant de 5 à 20<sup>c</sup>/m de largeur et des longueurs de 1 à 20 mètres.

*Enveloppe et intérieur des tiges.* — Les tiges se composent souvent d'une enveloppe de houille et d'un axe terreux. Parfois, l'enveloppe est réduite à une simple trace ou même n'existe pas ; l'axe terreux est fréquent et assez prononcé dans les tiges debout ; il est plus rare et moins épais dans les tiges couchées et souvent réduit à l'état de trace dans ces dernières.

L'épaisseur de l'enveloppe de houille varie de 0 à 0,075 ; quand la tige est aplatie et sans axe terreux les deux parties de l'enveloppe réunies arrivent à faire 0<sup>m</sup>,15 d'épaisseur de houille.

On a vu (2) que les tiges qui fournissent les plus grandes épaisseurs de houilles sont, par ordre : les cordaïtes, les calamodendrons et arthropitus, les lepidodendrons, les fougères et enfin les calamites.

Le remplissage des tiges est souvent de même nature que le terrain environnant : poudingues au milieu de poudingues, grès au milieu de grès, argile au milieu des schistes. Dans les schistes et la houille, l'axe terreux est parfois en grès ; des débris organiques sont souvent confondus avec les matières terreuses dans l'intérieur des tiges.

*Allure des couches au contact des tiges.* — Quand

(1) PL. XIV, FIG. 3, tronc n° 4.

(2) Ch. III.

elles sont couchées et aplaties, les tiges isolées modifient peu l'allure des strates ; cependant les fines strates de schiste et de houille sont assez fortement ondulées autour des tiges les plus épaisses.

Autour des tiges debout, les strates présentent toujours quelques particularités remarquables :

Les strates sont relevées vers le tronc, tantôt des deux côtés, tantôt d'un seul (1).

La stratification est interrompue entre les racines lorsque celles-ci sont nombreuses (2) ;

Lorsque les troncs sont nombreux et rapprochés, le banc devient ondulé (3) ;

Sous les troncs à racines qui se trouvent au-dessus d'une couche de houille ou de schiste fin, la couche inférieure est souvent bombée, en dôme, sous les racines (4) ;

Par exception, au lieu d'un bombement, c'est une dépression qu'il y a sous le tronc (5) ;

Dans le cône, parfois assez volumineux, compris entre les racines, la stratification est généralement interrompue, supprimée ; la masse intérieure est souvent constituée par des éléments plus fins, comme si une sorte de tamisage s'était produit entre les racines (6).

### § 3. — ORIGINE ET MODE DE DÉPOT.

*Proportion et nature des tiges debout, inclinées et couchées.* — Sur 100 tiges fossiles trouvées dans le

(1) PL. XV, FIG. 10, 11, 12 et PL. XVI, FIG. 1, 2, 6, 10. §

(2) PL. XV, FIG. 10 et PL. XVI, FIG. 6 et 10.

(3) PL. XVI, FIG. 7.

(4) PL. XIV, FIG. 6, PL. XV, FIG. 3 et 10 et PL. XVI, FIG. 10

(5) PL. XVI, FIG. 4.

(6) PL. XV, FIG. 10 et PL. XVI, FIG. 6 et 10.

terrain houiller de Commentry on en compte environ 5 *debout*, c'est-à-dire à peu près perpendiculaires aux strates, 5 qui sont inclinées sous les inclinaisons les plus variées, et 90 couchées, c'est-à-dire étalées dans le plan de la stratification.

On verra dans la 2<sup>me</sup> partie de ce Mémoire que des tiges d'arbres charriées par un cours d'eau avec d'autres sédiments, sont susceptibles de se fixer debout et inclinées au milieu des couches qui se forment dans le bassin de dépôt. Des peupliers, des acacias, des cerisiers, etc., ont donné à peu près les mêmes proportions de tiges debout et inclinées que les fougères et cette proportion diffère peu de celle que l'on constate pour les tiges du terrain houiller (1).

Cette analogie montre déjà que les tiges debout et inclinées du terrain houiller *ont pu* être charriées; et que la verticalité des tiges dans une couche sédimentaire n'implique nullement la végétation sur place. Comment pourrait-on considérer la verticalité comme une preuve de développement *in situ* quand on voit des tiges debout, *la tête en bas*? (2)

Les fragments de branches et de racines et les feuilles isolées que l'on trouve dans des positions verticales ou obliques sur les strates confirment cette conclusion et montrent qu'il ne faut pas considérer la position verticale comme une preuve de végétation sur place.

Tous les sédiments sont susceptibles de se fixer debout; témoin le fragment de schiste houiller figuré PL. XVI, FIG. 12 (3).

(1) PL. XXIV, FIG. 1 à 14.

(2) PL. XVI, FIG. 11.

(3) Dans la brèche de la Fouillouse (Bassin de la Loire), on voit de grands blocs de micaschiste debout.

Pourquoi refuserait-on aux végétaux houillers la faculté de prendre la position verticale ?

Des arbres à tige creuse, à racines denses, n'ayant de feuilles qu'à leur sommet se prêtent en effet très bien à l'enfoncement vertical dans l'eau.

En résumé, le nombre et la nature des tiges *debout* du terrain houiller ne peuvent pas être invoqués comme un indice de végétation sur place ; la rareté des tiges vraiment debout, la position renversée de quelques-unes de ces tiges qui ont la tête en bas ; l'analogie qu'il y a, au point de vue des tiges debout, inclinées et couchées, entre les fossiles houillers d'une part et les tiges fixées dans des dépôts artificiels, d'autre part ; enfin la disposition verticale et inclinée que prennent les branches, les racines, les feuilles détachées et même des rochers allongés....., tous ces faits militent fortement en faveur du charriage des tiges debout du terrain houiller.

Si, admettant que les tiges couchées et faiblement inclinées ont été charriées et que les tiges très inclinées et debout sont *in situ*, il fallait fixer une ligne de démarcation entre les deux groupes, on serait fort embarrassé ; il n'y a pas d'inclinaison dominante et il y a des tiges à toutes les inclinaisons. A quel degré les tiges seraient-elles assez droites pour être considérées comme étant sur leur sol natal ?

*Rapports entre le nombre des tiges debout et la nature du terrain qui les enveloppe.* — Nous avons vu que les tiges debout sont très rares dans la houille, rares dans les schistes, assez nombreuses dans les grès et les sédiments plus grossiers.

*Dans les poudingues et conglomérats.* — On voit dans les poudingues et conglomérats les plus grossiers

des tiges debout associées à d'autres tiges qui ont toutes les inclinaisons possibles ; la plupart de ces tiges sont des fragments de troncs sans racines.

Ces faits s'expliquent facilement dans l'hypothèse du charriage.

On sait que les tiges imprégnées d'eau s'enfoncent assez rapidement en eau tranquille (1) ; charriées par une rivière jusque dans un bassin où se déposent divers matériaux, elles peuvent s'arrêter dès qu'elles sont soustraites à l'action du courant et gagner le fond à peu de distance de l'embouchure dans la région des sédiments grossiers. Que parmi ces tiges, les unes s'étalent sur le fond, sur le plan de stratification, et que d'autres se fixent avec des inclinaisons diverses, cela n'a rien d'étonnant ; les expériences n<sup>os</sup> 26 (2) le font prévoir. Les tiges qui, au moment de leur immersion, ont une tendance à rester quelque temps debout sur le fond du bassin, peuvent être facilement fixées dans cette position plus ou moins inclinée par les nouveaux apports de sédiments grossiers qui viennent en entourer le pied.

Ainsi s'expliquent les arbres debout des poudingues et conglomérats.

Les partisans de l'horizontalité primitive des couches ne se sont pas arrêtés cependant devant l'in vraisemblance de la végétation *in situ* de ces tiges :

« La brèche de La Fouillouse, dit M. Grand'Eury, entrecoupée de dépôts fins où ont poussé, ce qui est assez remarquable, de véritables forêts fossiles, et renfermant d'énormes blocs de plusieurs mètres cubes de gneiss et de granite transportés de loin, est évidemment le produit de plusieurs débâcles causées, à longs

(1) 3<sup>me</sup> partie, ch. IV.

(2) PL. XXIV, FIG. 1 à 14.

intervalles de temps, par de forts ébranlements du sol..... (1) »

J'ai vu des tiges debout dans cette brèche de La Fouillouse, non seulement dans les rares et minces dépôts fins qu'elle renferme, mais encore au milieu des éléments les plus grossiers et de blocs de plusieurs mètres cubes.

Est-il possible de concilier l'existence des fragiles calamites, des fougères à peine enfoncées dans le sol, et même celle des arbres les plus solides et les mieux enracinés avec celle de courants capables de rouler d'énormes matériaux? Peut-on se figurer des forêts restant debout pendant tout le temps nécessaire à la formation de couches de plusieurs mètres d'épaisseur pendant qu'elles sont parcourues par des courants qui charrient des blocs de plusieurs mètres cubes?

M. Grand'Eury a d'ailleurs combattu lui-même sa première hypothèse en disant : « Les forêts fossiles n'ont pas été ravagées par des courants d'eau violents ; elles sont mortes par épaissement de la tranche d'eau (2).

*Dans les grès.* — Les tiges *debout* des grès s'expliquent de la même manière et tout aussi facilement que celles des poudingues.

Parmi les arbres charriés, avec d'autres sédiments, jusque dans un bassin de dépôt, quelques-uns s'enfoncent verticalement, les uns près, les autres loin de l'embouchure ; les premiers s'arrêtent sur les matériaux les plus grossiers, les autres sur des sédiments d'autant plus fins qu'ils sont plus éloignés de l'embouchure. Les tiges qui descendent verticalement sur un

(1) *Flore carbonifère*, p. 607.

(2) *Mémoire sur la formation de la houille*, p. 285.

fond de sable peuvent être facilement fixées *debout* ou *inclinées* par les apports de sable qui ont lieu pendant leur station verticale.

Dans l'hypothèse du développement *in situ*, on a cherché à expliquer les tiges debout des grès de la manière suivante :

Les arbres houillers se plaisaient sur la vase sableuse et poussaient sur un sol inondé en pleine action sédimentaire ; pendant la végétation le sol s'affaissait, favorisant ainsi le dépôt des sédiments qui ensevelissaient peu à peu les tiges.....

Cette explication se concilie mal avec la croissance très rapide des plantes houillères et l'affaissement lent du sol, opinions admises par les partisans du développement *in situ*.

Considérons, par exemple, le groupe d'arbres debout du *Banc des Roseaux* (PL. XIV, FIG. 8). Ce sont, pour la plupart, des calamodendrons de 8 à 12 centimètres de diamètre, observés sur 7 mètres de hauteur et dont on n'a pas vu le sommet. Si ces arbres étaient sur leur sol natal, ils auraient dû vivre ou résister debout pendant le temps nécessaire pour la formation d'une couche de grès de plus de 7 mètres d'épaisseur.

Un affaissement du sol de 1, 2, 3 mètres par siècle entraînerait le maintien à l'état vertical de ces fragiles tiges pendant plusieurs siècles, et ce au milieu de courants charriant des sables grossiers. Cela est déjà inadmissible. Mais nous avons établi ailleurs que le Banc des Roseaux a dû se former en un très court espace de temps, en quelques jours peut-être ; les arbres charriés ont été immédiatement enveloppés de sédiments et n'ont pas eu à résister à des courants pendant de longues périodes.

*Dans les schistes.* — Quoique les schistes soient

généralement infiniment plus chargés de matière végétale que les grès, ils renferment cependant beaucoup moins de tiges debout que les grès.

Il semble que dans l'hypothèse du développement *in situ*, c'est le contraire qui devrait avoir lieu, surtout si parmi les bancs de schiste quelques-uns avaient servi de *sol*. Les arbres n'auraient pas été entraînés aussi facilement par le faible courant limoneux, que par un courant charriant du sable ou des galets.

Cette difficulté disparaît dans l'hypothèse du charriage : en effet, les tiges portées par le courant jusque dans une région du bassin où du limon se dépose et qui gardent quelque temps sur le fond la position verticale, ne sont point retenues dans cette position par le limon comme elles le seraient par du sable, et rien ne les empêche de se coucher quand, par une imbibition plus complète, leur densité est devenue partout supérieure à celle de l'eau.

Ainsi s'expliquent et la rareté relative des tiges debout dans les schistes, et la plus grande abondance des tiges couchées.

*Dans la houille.* — « On chercherait inutilement dans la houille, dit M. Grand'Eury, le moindre indice de tiges s'étant développées sur place.... Lorsque des plantes en place existent au toit et au mur des couches, une séparation tranchée a toujours lieu, aussi bien d'avec la sole que d'avec le toit, les racines sont rasées suivant le plan, d'ordinaire très net, de la sole et les souches du toit s'étalent sur le charbon sans jamais y pénétrer (1). »

Cette opinion fort ancienne, et généralement admise, était erronée ; *il y a des tiges debout dans la houille* ;

---

(1) *Flore carbonifère*, p. 334.

nous en avons trouvé plusieurs à Commentry : les unes partant de la houille et traversant les bancs de schistes ou de grès supérieurs (PL. XV FIG. 4 et 5) ; d'autres qui s'enfoncent dans les bancs inférieurs (PL. XV, FIG. 6 et 11).

Dans l'hypothèse des deltas, nulle difficulté pour concevoir que parmi les milliers de tiges qui se trouvent dans les couches de houille, quelques-unes soient restées debout ;

Les tiges *debout* se conçoivent tout aussi bien dans l'hypothèse des *tourbières* ; il y aurait plutôt lieu de s'étonner de leur rareté.

*Tiges debout groupées, ressemblant à des forêts fossiles.* — Nous avons vu dans le Banc des Roseaux (FIG. 2 et 8, PL. XIV) un très bel exemple de ce que l'on a appelé *forêt fossile*. Un grand nombre d'arbres debout reposent sur la même strate.

Là encore on est en présence d'arbres charriés ; en voici les preuves :

1° Le Banc des Roseaux qui a 7 mètres d'épaisseur et qui est un grès grossier au point où se trouvent les arbres les plus longs, n'a plus que 0<sup>m</sup>,50 à 100 mètres en aval, et est alors constitué par de l'argile fine.

Dans l'hypothèse des arbres *in situ*, il faut se figurer le prétendu sol horizontal, recouvert d'une mince lame d'eau, et des courants apportant les sédiments qui constitueront le Banc des Roseaux et envelopperont les arbres.

Comment le dépôt passera-t-il de 7 mètres d'épaisseur à 0<sup>m</sup>,50, et du grès grossier au limon sur une distance de 100 mètres ?

Comment les fragiles Calamodendrons à la pousse rapide subsisteront-ils au milieu des courants pendant tout le temps nécessaire à un affaissement du sol de 7 mètres ?

Pourquoi les racines s'étalent-elles sur leur prétendu sol au lieu de le pénétrer ?

Je ne crois pas qu'il soit possible de répondre d'une manière satisfaisante à ces questions et à beaucoup d'autres dans l'hypothèse des arbres *en place*, tandis que tout s'explique simplement dans l'hypothèse du charriage : La forme lenticulaire et le changement de nature sont en effet les caractères ordinaires des dépôts lacustres ; quant aux arbres, on sait qu'ils peuvent prendre dans ces dépôts toutes les inclinaisons possibles.

*Tiges debout dans des couches en coin.* — La FIG. 17 (PL. XVI) montre une couche qui se divise subitement en amont en deux branches ; entre les deux branches un banc de grès en coin. Dans ce grès deux tiges debout à côté l'une de l'autre dont le pied touche la couche inférieure.

Il est facile d'expliquer la présence de ces tiges dans l'hypothèse du charriage ; une crue a apporté tout à coup sur une couche végétale en formation, le sable qui a constitué le grès en coin ; et après la crue la couche végétale s'est continuée. Parmi les tiges charriées pendant la crue quelques-unes sont restées debout.

*Racines.* — On trouve des racines attachées à certaines tiges debout comme sur certaines tiges inclinées ou couchées ; mais on connaît beaucoup plus de tiges sans racines qu'avec racines.

Certains fragments de tiges debout, sans racines ni branches, tels que ceux représentés par les FIG. 1, 3 et 4 PL. XVI et FIG. 13 PL. XV, ne permettent pas de s'arrêter un seul instant à l'idée du développement sur place ; ces fragments ne sont évidemment pas sur leur sol natal.

Considérons les tiges à racines. A côté de quelques rares exemples de racines dans une position naturelle, on trouve presque toujours les racines ou froissées, ou coupées, ou étalées sur un plan de stratification, ou encore serrées contre la tige comme les brins d'un balai, ou serrées contre le tronc à droite et fortement écartées à gauche.... Toutes ces dispositions se comprennent facilement dans le cas du charriage ; tandis qu'elles sont incompatibles avec le développement sur place.

Le grand *Stigmaria* ramifié représenté par la FIG. 2 PL. XV, qui a si bien l'apparence d'une souche en place est lui-même un produit du charriage. En effet, si l'on examine de près les innombrables radicelles de ce *Stigmaria*, on voit qu'elles sont toutes, aussi bien celles du dessus que celles du dessous, étalées dans le plan de stratification, comme si ce *Stigmaria*, arraché avec toutes ses radicelles, avait été comprimé entre deux plans. Ce n'est point là l'aspect de racines en place. Si l'on tient compte, en outre, des tiges de diverses espèces, couchées et debout au-dessus, au-dessous et au milieu des ramifications du *Stigmaria* avec des feuilles de toutes sortes, on ne garde pas l'ombre d'un doute sur l'origine de ce végétal qui a été certainement charrié comme tous les débris avec lesquels il git.

Charrié, il ne pouvait pas prendre une position autre que celle qu'il a dans le terrain houiller ; et si les radicelles au lieu d'être molles, avaient été rigides, elles auraient pu rester normales et donner mieux encore l'illusion d'un végétal en place.

Les tiges n° 21 et n° 30 (PL. XIV et XV), pourvues de racines qui s'étalent sur un plan de stratification qu'elles ne traversent pas, sont venues, après un séjour prolongé dans l'eau, s'appuyer sur le fond du bassin.

Aucune tige n'est mieux pourvue de racines que le n° 29 qui est *couché*.

Les racines ne prouvent donc rien en faveur de l'hypothèse du développement *in situ* des arbres debout ; leur disposition prouve plutôt le charriage. Mais l'absence des racines le prouve plus fortement encore.

Tel fragment de calamodendron, par exemple (Fig. 12, PL. XV), composé de quelques articles seulement, très bien conservé, nettement limité en haut et en bas par des articulations, enfermé sur toute sa hauteur dans un banc régulier et sans aucune trace de racines, n'est-il pas évidemment charrié quoique *bien debout* ?

Il est évident que cette tige n'avait pas de racines lorsqu'elle a été enveloppée de sédiments.

On peut dire sûrement de beaucoup d'autres tiges debout sans racines qu'elles ont été enfouies loin du sol qui les avait nourries.

En résumé, nous ne connaissons pas une seule tige dont les racines prouvent la végétation sur place, tandis qu'un grand nombre de tiges pourvues de racines ont été certainement charriées. L'absence de racines dans la plupart des cas, peut être considérée aussi comme une preuve de charriage.

*Stratification modifiée autour des arbres debout.*

— Les strates sont parfois profondément modifiées autour des arbres debout, surtout lorsqu'ils ont beaucoup de racines ; tantôt un banc bien stratifié devient compact ; tantôt le sable remplace l'argile ou réciproquement, dans tout l'intérieur du cône enveloppé par le faisceau radiculaire ; tantôt les strates sont relevées considérablement sur tout le pourtour et à plusieurs mètres de distance. (Voir les Fig. 3, 5, 10, 11, PL. XV et Fig. 2, 6, 7, 10, PL. XVI.)

Ces modifications se trouvent aussi bien autour de certains troncs inclinés à 30 ou 40 degrés qu'autour des tiges debout. (Voir FIG. 9 et FIG. 12, PL. XV.)

Si les modifications stratigraphiques n'existaient qu'autour des tiges *debout* on pourrait supposer qu'elles se lient à l'action des racines sur le sol natal; le même phénomène se reproduisant autour des tiges inclinées ou couchées, il faut chercher une autre explication.

Cette explication est fournie par l'expérience n° 29 (3<sup>e</sup> partie, chap. IV et PL. XXIV) qui montre des modifications de strates tout à fait analogues à celles des bancs houillers, déterminées par la présence de végétaux au fond d'un bassin qui reçoit des sédiments divers.

Tandis qu'il est peu vraisemblable, on pourrait même dire impossible, que des racines puissent produire de tels effets sur le sol dans lequel elles ont pris naissance, on a dans le charriage une explication très simple.

*Absence d'anciens sols de végétation dans le bassin houiller.* — Lorsqu'on admettait que les tiges debout sont sur leur sol natal, on considérait naturellement la strate du pied comme l'ancien sol sur lequel ont poussé ces tiges. Le mur des couches de houille était également considéré comme l'ancien sol sur lequel se sont développés tous les végétaux dont la houille est formée; on voyait même dans ce mur le sol sur lequel avaient dû pousser certaines tiges qui se montrent au toit des couches.

Cette dernière hypothèse, qui n'a rien d'in vraisemblable au premier abord pour des couches minces, est immédiatement écartée devant les couches de 10 ou 20 mètres d'épaisseur.

L'examen du mur de la Grande Couche de Com-

mentry ne permet pas de s'arrêter à l'hypothèse d'un ancien sol ; les diverses roches qui constituent ce mur en différents points : minces lits de schiste charbonneux alternant avec des lits de houille pure, grès, poudingues ou conglomérats, n'ont rien de commun avec un ancien sol et ne diffèrent pas des mêmes roches que l'on rencontre loin de la Grande Couche ; nulle part on ne reconnaît la trace des actions atmosphériques ; partout, au contraire, l'action sédimentaire s'exerçant dans une eau profonde, est manifeste. Quant aux débris végétaux, ils sont de même nature et disposés de la même manière au mur qu'au toit.

Le mur des petites couches de houille du bassin donne lieu aux mêmes observations.

Quant aux strates qui se trouvent au pied des tiges *debout*, loin des couches de houille, elles ne se prêtent pas mieux à l'assimilation à un sol ; ce sont le plus souvent des grès, parfois des schistes et poudingues, qui ne diffèrent en aucune façon des autres grès, schistes et poudingues et dont la constitution ne rappelle pas du tout celle d'un ancien sol.

On peut affirmer qu'il n'y a pas dans le terrain houiller de Commentry un seul banc qui ressemble à un ancien sol de végétation (1).

En résumé, tout prouve que les tiges *debout* ont été charriées comme les tiges *couchées* et comme tous les autres débris végétaux que renferme le terrain houiller. Tous les faits concernant les tiges fossiles s'expliquent d'ailleurs simplement de la manière suivante :

Parmi les tiges que charrient les cours d'eau, les unes s'enfoncent près de l'embouchure dès qu'elles

---

(1) Je puis en dire autant d'un certain nombre de mines du Nord et de la Belgique que j'ai visitées. Je n'ai pas vu un seul mur ayant l'aspect d'un ancien sol végétal.

échappent à l'action du courant, les autres flottent plus longtemps et vont plus loin. Le plus grand nombre des tiges se couchent immédiatement en arrivant au fond du bassin quelle qu'en soit la pente ; quelques-unes gardent quelque temps sur le fond la position verticale ; si des apports sédimentaires ont lieu pendant que ces dernières sont debout, elles peuvent être fixées dans cette position ; le sable se prête bien à cette consolidation ; le limon y réussit moins bien ; au moment où les tiges tendent à se coucher, le limon qui entoure leur pied peut ne pas avoir encore la consistance nécessaire pour les retenir ; les accumulations végétales ne se prêtent pas bien non plus à la fixation des tiges verticales.

Notons en passant la série des raisonnements et des déductions erronées dont les tiges *debout* ont été le point de départ (1).

Puisque ces tiges sont debout, et que quelques-unes ont des racines, a-t-on dit, *on doit admettre* qu'elles sont sur leur sol natal ;

Les couches sédimentaires qui les renferment se sont déposées dans l'eau ; mais comme les tiges appartiennent à des espèces terrestres, aériennes, non aquatiques, *il faut admettre* que le sol n'était recouvert que d'une mince lame d'eau ;

Et comme les terrains houillers présentent partout, à tous les niveaux, des tiges debout, toutes les couches *ont dû* se former dans les mêmes conditions sous une faible hauteur d'eau à peu près constante dans toute leur étendue.

*Il s'ensuit* que les couches les plus anciennes se sont

---

(1) Voir Grand'Eury. *Flore carbonifère et Mémoire sur la formation de la houille.*

affaissées pour faire place aux nouvelles et par suite que le sol houiller fut soumis à un affaissement lent et continu . . . . .

C'est ainsi que, de déduction en déduction, ou plutôt d'hypothèse en hypothèse, on est arrivé à constituer un système complet, un cercle dont il était difficile de sortir ; car après avoir déduit de la verticalité des tiges *les affaissements du sol et l'horizontalité primitive des couches* on s'appuyait ensuite sur ces dernières hypothèses pour affirmer le développement *in situ* des tiges debout et pour attribuer aux végétaux des mœurs singulières.

§ 4. — DESCRIPTION DE QUELQUES TIGES DU TERRAIN DE  
COMMENTRY

Planche XIV.

Les FIG. 1 et 2 (PL. XIV) représentent, à petite échelle, deux points A et C de la tranchée Saint-Charles, où le Banc des Roseaux a été exploité morceau par morceau, feuillet par feuillet, de manière à pouvoir observer et recueillir toutes les empreintes que ce banc renferme en si grande abondance.

On sait que le Banc des Roseaux est intercalé dans la Grande Couche, qu'il a à peu près la forme d'une demi-lentille de 1.500 mètres de diamètre, dont l'axe est aux affleurements. La partie centrale et renflée de l'axe se trouve précisément au point C, C' (FIG. 1 et 2). Là, le banc est un grès grossier, de 7 mètres d'épaisseur, sa puissance diminue rapidement, et en A, A', à 100 mètres seulement de distance, elle est réduite à 1 mètre environ, et le grain devenu beaucoup plus fin constitue plutôt une sorte d'argile, de couleur gris clair, à peine feuilletée.

En ce point, la partie supérieure de la Grande Couche F a 4<sup>m</sup>,50 d'épaisseur, la veine inférieure G varie de 1<sup>m</sup>,50 à 2 mètres.

En A, le Banc des Roseaux ayant été découvert sur 750 mètres de superficie, par l'exploitation préalable de la veine F, on a noté, suivi et dessiné avec soin tous les arbres qui se sont présentés pendant l'enlèvement du banc dans toute son épaisseur. Ces arbres, à peine indiqués dans les FIG. 1 et 2 sont figurés en détail dans les FIG. 3 à 7.

En C' E' (FIG. 2) on voit des arbres nombreux simulant une forêt fossile. Les mêmes arbres sont représentés à plus grande échelle dans la FIG. 8.

FIG. 3. — *Détail de la partie A, FIG. 1. — Vue en dessus du Banc des Roseaux.* — En A, le Banc des Roseaux a une puissance variable de 0<sup>m</sup>,50 à 1<sup>m</sup>,20 ; c'est une sorte d'argile au milieu de laquelle les empreintes végétales se sont admirablement conservées et ressortent vivement en noir brillant sur un fond clair. Le banc n'est pas stratifié régulièrement ; il se divise cependant en plaques discontinues, irrégulières ; les divisions sont presque toujours causées par une empreinte. Un grand nombre des beaux échantillons de notre collection viennent de là.

On n'a ni compté, ni figuré les troncs nombreux, mais à peine discernables, qui se trouvaient au-dessus et au-dessous du Banc des Roseaux, presque en contact avec la houille, non plus que les innombrables empreintes de feuilles et de fruits dont ce banc est parsemé. La FIG. 3 ne représente que les troncs bien nets trouvés dans l'épaisseur du banc. Il y en a 391, dont 301 couchés et 90 debout ; ces derniers sont figurés par leur section (un petit cercle).

Les troncs rencontrés à la partie supérieure du banc

sont marqués de la lettre D (dessus) ; ceux trouvés dans la partie moyenne, par la lettre M (milieu) et ceux de la partie inférieure par la lettre B (bas). Quelques troncs qui traversent obliquement le Banc des Roseaux portent plusieurs lettres indiquant leur place dans le banc.

Tous ces troncs appartiennent à quatre espèces végétales ; les plus nombreuses sont des calamodendrons (n° 1) ; ensuite viennent les fougères (n° 2), puis les aulacopteris (n° 3), et enfin les cordaïtes (n° 4).

On verra plus loin la nomenclature des autres débris végétaux qui se trouvaient mêlés avec les troncs.

La plupart des troncs debout, et bon nombre de troncs couchés sont pourvus de racines ; quelques-uns ont des branches ; un tronc de fougère n° 12 portait, chose très rare, des pétioles et des frondes (1).

Les troncs couchés ou debout sont très inégalement répartis dans le Banc des Roseaux ; sur certains points, les troncs couchés sont amoncelés, enchevêtrés et forment des espèces de radeaux (vers les n°s 10, 11 et 12 et vers le n° 14). On ne voit aucune orientation dominante.

Il y a des inclinaisons de quelques degrés (n° 10. FIG. 3 et 5), des inclinaisons de 40 à 60 degrés (FIG. 4 et 7) et toutes les inclinaisons possibles.

Les troncs dits *debout* sont inclinés entre 45 degrés et la normale.

Ils ont généralement conservé la forme cylindrique ; la partie extérieure est en houille sur quelques millimètres, parfois quelques centimètres d'épaisseur, l'intérieur est de même nature que le Banc des Roseaux. — Les racines se présentent de la même manière que les troncs.

L'ensemble du tronc et des racines constitue une

---

(1) PL. XIV, FIG. 3.

sorte de cône, une souche terreuse qui se détache assez facilement et qui est plus argileuse, à grains plus fins que ce qui l'entoure.

FIG. 4, 5 et 7. — Ces figures ont pour but de mieux montrer comment les troncs sont disposés dans le Banc des Roseaux.

Les troncs debout déterminables sont des fougères (psaronius) et des calamodendrons.

Sur la FIG. 4 on voit des psaronius debout, aux racines fines et nombreuses ; des troncs couchés à divers niveaux, dont un calamodendron (n° 15) entouré de ses racines.

Les troncs couchés ont une section ovale-houille à la surface sur 1 à 20 millimètres d'épaisseur, argile à l'intérieur.

Sur la FIG. 7 on voit : 1° — deux psaronius debout, pourvus de nombreuses racines qui s'étalent sur la veine G sans la pénétrer ; l'un des troncs est courbé sur la veine F ; 2° — un calamodendron (n° 17) incliné à 30 degrés qui va de la base au sommet du banc, et dont les racines sont en contact avec des cordaïtes et des calamodendrons couchés ; 3° — un fragment de calamodendron (n° 20) légèrement incliné ; 4° — des racines (n°s 18 et 19) dont les troncs n'ont pas été rencontrés par la coupe K L.

FIG. 8. — *Détail des parties C' E' de la coupe verticale, FIG. 2.* — Cette coupe, prise dans la partie puissante et gréseuse du Banc des Roseaux, montre des groupes d'arbres debout ou peu inclinés, avec quelques arbres couchés.

Tous les arbres debout sont des calamodendrons ; la plupart, avec racines, reposent sur le lit schisteux qui recouvre la veine de houille G. Plusieurs troncs traversent tout le banc, sur 7 mètres de hauteur.

Il y a une enveloppe de houille autour des troncs ; le cylindre intérieur est en grès. Entre les racines, le banc est généralement à grains plus fins, plus argileux.

Sous quelques troncs on remarque un relèvement, une sorte de dôme formé par la houille et le schiste de la veine G. (FIG. 6.)

Planche XV.

La PL. XV est entièrement consacrée aux troncs d'arbres.

FIG. 1. — *Troncs couchés et debout dans le Banc de l'Ouest.* — Beaucoup de bancs sont aussi riches que celui des Roseaux en empreintes végétales ; mais peu sont dans des conditions d'exploitation et d'inclinaison se prêtant aussi bien à l'observation. Le *Banc de l'Ouest*, également intercalé dans la Grande Couche, faiblement incliné, a fourni aussi là où on l'a enlevée, à ciel ouvert, de riches moissons de fossiles.

C'est un schiste charbonneux (1) feuilleté de 0<sup>m</sup>,50 à 2<sup>m</sup>,00 d'épaisseur, qui sépare deux branches de la Grande Couche ; ces ramifications de la Grande Couche ont une puissance variable de 0<sup>m</sup>,50 à 1<sup>m</sup>,50 dans la *tranchée du puisard* où la FIG. 1 a été prise.

Le Banc de l'Ouest est rempli d'empreintes : feuilles, fruits, troncs, se succèdent en lits serrés à peine séparés par quelques millimètres d'argile.

En prenant par exemple un mètre carré de surface et en enlevant avec soin feuillet par feuillet, on trouve sur 10 centimètres de hauteur : radicelles de *stigmaria*, feuilles de *cordaïtes* et de *lepidodendrons*, *annularia*, *asterophyllites*, *pécopteris*, *sphenopteris*, graines, épis et troncs nombreux.

Sur les 10 centimètres qui suivent, on fait une nou-

---

(1) En moyenne il laisse 72 p. % de cendres à l'incinération.

velle récolte tout aussi abondante; la proportion de chaque espèce est seule variable. Et il en est de même jusqu'au fond du banc.

Quelques troncs de lepidodendrons aplatis, couchés, dans les plans de stratification, ayant 1<sup>m</sup>,20 de largeur, ont été suivis sur 20 mètres de long, sans présenter la moindre variation de largeur.

La FIG. 1 représente les troncs rencontrés sur un mètre carré de surface et 1<sup>m</sup>,20 de hauteur; ce sont des calamodendrons (1), des fougères (2), des lepidodendrons (5), des knorria (6). Les troncs de cordaïtes et d'aulacopteris manquent.

Ces troncs sont presque tous couchés, aplatis, et étalés suivant la stratification, sans orientation dominante; les diverses espèces alternent. Leur largeur varie de 0<sup>m</sup>,10 à 1<sup>m</sup>,20; l'enveloppe de houille n'est que de quelques millimètres sur les lepidodendrons, même lorsque leur largeur atteint 1<sup>m</sup>,20; elle atteint 20 millimètres sur les calamodendrons. Le remplissage est mince et argileux.

L'espace compris entre les troncs couchés est en grande partie rempli par des feuilles et des fruits; mais on y trouve aussi des troncs debout. Tels sont ceux qui portent les lettres A et B; ce sont des fragments de Calamodendrons avec racines, reposant sur des troncs couchés et limités en dessus par d'autres troncs couchés.

FIG. 2. — *Grands stigmaria et troncs divers dans le Banc de l'Ouest.* — A peu de distance du point où a été prise la FIG. 1, on a rencontré, dans le Banc de l'Ouest, une sorte de souche A (n° 23), ayant l'aspect de la base d'un arbre coupé, de 1 mètre environ de diamètre, d'où partaient 15 stigmaria s'étalant dans le même plan de stratification et rayonnant dans toutes les direc-

tions, sur une surface de 36 mètres carrés. La largeur de ces stigmaria varie de 0<sup>m</sup>,15 à 0<sup>m</sup>,40; ils sont aplatis et n'ont que 2 à 6 centimètres d'épaisseur; ils sont pourvus de cicatrices d'une parfaite netteté d'où partent des radicelles toutes étalées aussi dans le plan de stratification et ne pénétrant nullement dans les feuillettes de dessus ni de dessous. L'amoncellement de ces radicelles forme, avec les particules argileuses intercalées, une petite lamelle de houille schisteuse sur toute la longueur des stigmaria.

Pour mieux montrer les stigmaria, on a négligé les troncs couchés qui se trouvaient au-dessus, et figuré seulement ceux de dessous; ce sont encore principalement des calamodendrons et des lepidodendrons aussi nombreux, aussi gros, aussi longs que ceux de la FIG. 1 et distribués tout aussi irrégulièrement. Les stigmaria étaient en contact, dessus et dessous, avec un assez grand nombre de troncs couchés.

On voit en outre trois troncs debout (B, B', B''), à racines, reposant sur les stigmaria. Le remplissage de ces troncs se composait d'argile et de feuilles, surtout de feuilles de lepidodendrons.

L'épaisseur de houille formée par ces divers troncs varie depuis une simple trace jusqu'à 20 millimètres.

FIG. 3. — *Tronc de fougère, debout dans le Banc des Roseaux, couché sous la veine de houille supérieure.* — Cette figure a été prise dans la même tranchee (Saint-Charles) que celle de la Pl. XIV.

Un psaronius, pourvu de très nombreuses racines, part de la veine de houille inférieure, sur laquelle les racines s'étalent et s'amoncellent sans la pénétrer. Arrivé sous la veine de houille supérieure F, le tronc se courbe de 90 degrés et se couche dans le lit schisteux qui se trouve sous cette veine.

On remarque la différence de disposition des racines des deux côtés du tronc : serrées contre le tronc à gauche, elles s'en éloignent beaucoup plus à droite.

Les feuillettes du banc sont sensiblement relevés des deux côtés vers le tronc.

Sous le tronc, la veine G forme un dôme très accentué.

FIG. 4. — *Fragment de tronc (calamites) ayant sa base dans la houille et son sommet dans les grès (Tranchée du Puisard).* — Un tronc de calamites, à section circulaire, à cannelures très nettes, part de l'intérieur de la branche R de la Grande Couche, traverse obliquement la houille et pénètre dans le grès grossier du toit, au milieu duquel on ne l'a suivi que sur 0<sup>m</sup>,30 de longueur.

Le remplissage du tronc est en grès de même nature que celui du toit.

FIG. 5. — *Tronc debout, avec racines, partant de l'intérieur de la houille et pénétrant dans un grès argileux du dessus (Banc des Roseaux, Tranchée des Chavaïs).* — Au moment où on allait achever l'enlèvement du Banc des Roseaux, pour découvrir la veine de houille G, on a remarqué le tronc debout n° 26 que l'on a suivi attentivement. Il pénétrait dans la veine sur 0<sup>m</sup>,30 à 0<sup>m</sup>,40 de profondeur et était pourvu de racines.

La partie supérieure du tronc était déjà détruite lorsqu'on l'a remarqué. Il n'a pas été possible de savoir jusqu'où ce tronc se prolongeait en dessus.

FIG. 6. — *Fragment de tronc ayant sa base dans le schiste et son sommet dans la houille.* — Tronc de cordaïte (n° 27), incliné à 35 degrés dans le Banc de

l'Ouest (Tranchée du Puisard) et se poursuivant dans la veine de houille Q, sur 0<sup>m</sup>60 de long.

Le tronc a des racines plus ou moins courbées, quelques-unes de ces racines sont en contact avec des troncs couchés, représentés par les lentilles assez nombreuses qu'on voit dans le Banc de l'Ouest.

On a teinté moins noire la veine Q que la veine P, quoique les veines soient en houille de même nature, pour mieux laisser voir le tronc n° 27 dans la houille et pour faire ressortir aussi des lentilles de houille spéculaire F. F..... qui sont autant de troncs couchés facilement visibles et déterminables à l'œil nu.

FIG. 7. — *Tronc à racine, couché suivant l'inclinaison dans les schistes du toit de la Grande Couche (Tranchée St-Edmond).* — Ce tronc a été observé sur 2<sup>m</sup>,50 de longueur; sa section est circulaire; l'enveloppe de houille a quelques millimètres d'épaisseur; le remplissage est enfin carbonaté. Les racines allongées et serrées les unes contre les autres donnent à l'ensemble l'aspect d'un balai.

FIG. 8 et 8 bis. — *Arbre couché paraissant reposer par ses racines et sa tige sur une couche de houille (9<sup>e</sup> étage, Saint-Augustin).* — A Saint-Augustin la Grande Couche est divisée par des intercalations gréseuses; dans l'un de ces nerfs de grès on a rencontré le tronc n° 29, ayant sur la houille inférieure la même disposition qu'aurait sur le sol un arbre arraché avec ses racines, coupé à une certaine hauteur et abandonné.

Le tronc et les racines ont une enveloppe de houille de 3 à 5 millimètres d'épaisseur.

L'intérieur est en grès de même nature que le banc.

FIG. 9. — *Modification dans l'allure des strates,*

autour d'un tronc incliné (Banc des Roseaux, Tranchée Saint-Charles). — Calamodendron incliné à 30 degrés ; pourvu de racines. Quelques racines s'étalent sur la veine de houille G ; aucune n'y pénètre. Le tronc s'arrête dans le Banc des Roseaux, sous la veine de houille F. Autour du tronc incliné n° 17, on voit plusieurs troncs couchés dans le sens des strates.

Les strates ne changent pas d'allure au-dessus du tronc ; dessous elles se relèvent assez fortement.

FIG. 10. — *Modification dans l'allure des strates autour d'un tronc debout (Banc des Roseaux, Tranchée Saint-Charles).* — Le tronc n° 30 a été observé dans le Banc des Roseaux sur un point où l'épaisseur de ce banc est réduite à 0<sup>m</sup>,40. Son grain est argileux, très fin.

De nombreuses racines s'étalent sur la veine de houille G, sans y pénétrer ; sous les racines la houille se relève en dôme ; entre les racines le banc est plus argileux. Le tronc s'arrête nettement sous la veine F.

Les strates sont fortement relevées à droite du tronc, à peine infléchies à gauche.

FIG. 11. — *Tronc commençant dans le schiste et se terminant dans la houille (Banc de l'Ouest, Tranchée du Puisard).* — Cordaïtes pourvues de racines ; à droite les racines s'étalent suivant les strates qui sont d'ailleurs assez fortement relevées vers le tronc ; à gauche elles sont serrées contre le tronc.

Le tronc a une section circulaire, 10 à 12 <sup>c</sup>/<sub>m</sub> de diamètre, tout en houille, sauf un étui central de 2 à 3 centimètres rempli par du fusain.

On a suivi le tronc dans la veine de houille Q sur 0<sup>m</sup>,20 à 0<sup>m</sup>,30 de longueur.

FIG. 12. — *Tronc incliné dans les poudingues. — Modification des strates (tranchée de l'Espérance).* — Au milieu des grossiers poudingues de l'Espérance (1), on rencontre quelques troncs debout ou inclinés.

La FIG. 12 représente un tronc de 3 mètres de longueur, sans racines, ni branches, incliné à 40 degrés environ sur le plan général de stratification, bien cannelé et articulé. L'enveloppe de houille a quelques millimètres d'épaisseur ; le remplissage est en grès fin.

Ce tronc, entouré de poudingues, est limité en haut et en bas à des veinules de schiste.

On remarque le changement considérable d'allure des strates, d'un côté à l'autre du tronc ; le relèvement des strates à gauche ; la pointe poussée par le schiste du bas jusque vers le tronc.

FIG. 13. — *Gros tronc debout dans les poudingues (tranchée de l'Espérance).* — Le fragment de tronc n° 33, trouvé dans les poudingues de l'Espérance, a 1 mètre de diamètre, 4<sup>m</sup>,50 de longueur ; sans branches, ni racines. Il est perpendiculaire aux strates. Sa base repose sur un banc de cailloux.

Les caractères extérieurs sont peu marqués ; l'enveloppe de houille n'est que de 2 à 3<sup>m</sup>/<sup>m</sup> ; le remplissage est en poudingues semblables à ceux des bancs voisins.

#### Planche XVI.

Comme les PL. XIV et XV, la PL. XVI est à peu près entièrement consacrée au mode de gisement des troncs dans le terrain houiller.

---

(1) PL. XV, FIG. 12 et 13.

FIG. 1. — *Tronc debout, de 1 mètre de diamètre, dans les poudingues. — Remplissage en éléments variés (tranchée de l'Espérance).* — Les poudingues de la FIG. 1 renferment les galets ordinaires de l'Espérance, plus quelques fragments de schiste houiller.

Un tronc (n° 34) de 1 mètre de diamètre, à peu près perpendiculaire aux strates, repose sur un mince lit de schiste, traverse quelques bancs de grès grossier et s'élève ensuite dans les poudingues. Ce tronc n'a ni racines ni branches.

En approchant du tronc, les grès plongent à droite et se redressent au contraire à gauche.

Le tronc n'a qu'une très mince pellicule carbonneuse. Le remplissage est en grès dans le bas, en poudingue dans le haut. Des lits très inclinés de droite à gauche semblent indiquer que le sable a commencé à pénétrer en A, alors seulement que les sédiments étaient arrivés à ce niveau.

FIG. 2. — *Tronc debout dans les schistes et les grès fins. — Profonde modification des strates (banc de l'ouest, tranchée du Puisard).* — Un tronc debout (n° 35), avec racines, prend naissance dans les schistes carbonneux, traverse un banc de grès fin, et pénètre dans une autre couche de schiste au milieu de laquelle il s'arrête.

La stratification est profondément modifiée autour du tronc ; dessus et dessous elle reprend à peu de distance son allure régulière.

Entre les racines, les strates n'existent pour ainsi dire plus ; les éléments mêmes du dépôt sont changés ; ils sont plus argileux et plus fins.

Sous les racines, le banc schisteux affecte un petit bombement qui rappelle ceux que la houille prend parfois en pareil cas.

FIG. 3. — *Petit fragment de tronc debout, composé seulement de quelques articulations très nettes (carrière des Pégauds).* — Entre les bancs puissants de grès de la carrière des Pégauds, se trouve une couche de schiste feuilleté, argileux, de 0<sup>m</sup>,40 à 0<sup>m</sup>,50 d'épaisseur.

Un fragment de tronc de 0<sup>m</sup>,30 de diamètre, comprenant cinq articles seulement à cannelures très nettes, commence et finit dans cette couche schisteuse. Le tronc est bien perpendiculaire au plan de stratification.

FIG. 4. — *Fragment de tronc debout, composé d'un certain nombre d'articles, commençant sur la houille, finissant sur le grès (tranchée du Puisard).* — Ce tronc n° 37, à section circulaire, analogue au précédent (0<sup>m</sup>,20 à 0<sup>m</sup>,25 de diamètre, 0<sup>m</sup>,45 de hauteur), repose sur la houille, traverse un banc de grès et s'arrête brusquement sous un autre banc de grès. Il a une enveloppe de houille de 8 à 10 millimètres d'épaisseur; son remplissage est en grès semblable à celui qui l'entoure.

Ici la veine de houille inférieure présente sous le tronc une dépression au lieu du bombement fréquent constaté sous les racines.

FIG. 5. — *Tronc incliné à racines. — Modification dans l'allure des strates (banc de l'Ouest, tranchée du Puisard).* — Une souche de calamodendron, à nombreuses racines, part de la veine de houille Q et s'élève sur 1 mètre de hauteur dans le banc de l'Ouest, avec une inclinaison de 40 degrés sur le plan de stratification.

Les racines d'amont se courbent pour se rapprocher de la tige; celles d'aval s'en écartent au contraire. — Entre les racines, les strates disparaissent; les sédiments ne sont plus feuilletés.

Les strates d'amont sont très fortement redressées vers le tronc.

Pas de dôme sous la souche.

FIG. 6. — *Souches debout.* — Profonde modification dans l'allure des strates. — Disparition des strates devant la souche (banc de l'Ouest. — Tranchée du Puisard). — De nombreuses racines partant du tronc n° 38 (calamodendron) dessinent une sorte de cône autour duquel les strates se relèvent de tous côtés très fortement. Les strates disparaissent dans ce cône qui est constitué par des schistes argileux. Sous la souche, un petit bombement de la houille: au-dessus, les strates reprennent leur allure normale. Le banc de l'Ouest a 2 mètres d'épaisseur en ce point.

FIG. 7. — Phénomène analogue au précédent, mais répété autour de trois souches très voisines les unes des autres.

Sous les souches, beaucoup de troncs couchés.

Autour des souches, modification profonde dans l'allure des strates, et suppression des strates dans l'intérieur du cône des racines.

Légers bombements de houille en dessous.

FIG. 8. — *Tronc debout à racines, dans la houille (tranchée du Puisard).* — La veine de houille Q est représentée ici en teinte grise pour laisser voir la disposition du tronc debout, n° 39, de ses racines, et de quelques troncs couchés à houille spéculaire qui ressortent nettement au milieu de la masse charbonneuse plus terne.

Le tronc n° 39 ne se poursuit pas dans le banc de l'Ouest qui recouvre la houille Q.

La couche de houille est légèrement bombée au-dessus du tronc.

FIG. 9. — *Troncs inclinés dans la houille.* — L'un de ces troncs pénètre dans les schistes de dessous (tranchée du Puisard). — La teinte grise a été encore appliquée ici sur la veine de houille Q pour laisser voir, en pleine houille, des troncs inclinés dont un, A, descend dans les schistes inférieurs.

Les strates charbonneuses s'infléchissent en-dessous vers le tronc A.

FIG. 10. — *Tronc debout, à racines, dans un grès argileux.* — Modification dans l'allure des strates. — Nombreux troncs couchés au milieu des racines (banc des Roseaux, tranchée Saint-Charles). — Un tronc debout (calamodendron), à section circulaire de 0<sup>m</sup>,08 de diamètre, avec enveloppe de houille de 10 à 15 millimètres d'épaisseur, et remplissage argileux, part de la base même du banc des Roseaux et s'élève jusqu'à sa partie supérieure. Le remplissage est en argile grenue comme le banc lui-même ; on y trouve aussi des feuilles de diverses natures.

La stratification assez marquée se relève nettement des deux côtés vers le tronc ; elle s'arrête devant le cône des racines entre lesquelles se trouve un mélange non stratifié de grès argileux très fin avec des troncs couchés et diverses empreintes.

Sous la souche, un dôme assez prononcé de la veine de houille inférieure G.

FIG. 11. — *Tronc de fougère debout, mais renversé (Tranchée St-Christophe).* — Dans les grès grossiers et veines de la tranchée St-Christophe, on a trouvé un tronc de fougère incliné à 55 degrés sur les bancs. Les cicatrices indiquent que ce tronc aurait ses racines en dessus.

FIG. 12. — *Fragment de schiste houiller, disposé verticalement dans un banc de grès (Tranchée de l'Ouest).* — Au-dessus de la ramification n° 2 de la Grande Couche, dans un banc de grès grossier qui renferme beaucoup de débris de bancs houillers, l'un des fragments de schiste A B, est disposé verticalement, et simule de loin une souche d'arbres. Ce fragment de schiste a 0<sup>m</sup>,60 de hauteur, 0<sup>m</sup>,12 de largeur au sommet et 0<sup>m</sup>,30 à la base.

Cet exemple est cité ici pour confirmer que la verticalité n'est pas nécessairement liée à la condition de végétation sur place.

FIG. 13. — *Association de brindilles disposées verticalement, horizontalement et en tous sens (Banc des Roseaux).* — Le Banc des Roseaux présente, en beaucoup de points, des associations de ce genre, de petites brindilles de quelques millimètres de diamètre, disposées en tout sens, horizontalement, verticalement, et suivant toutes les inclinaisons possibles (1).

*Fronde et feuilles en partie verticale et en partie horizontale.* — Les tiges, racines et branches n'ont pas seules la faculté de se disposer normalement aux strates, de simples feuilles prennent aussi la même disposition.

C'est par milliers que l'on compterait les feuilles de cordaïtes sillonnant en tous sens certains bancs de grès.

Nous avons représenté :

FIG. 14. — Dans un grès fin une fronde de fougère normale aux strates en A B, puis repliée et étalée dans le sens de stratification en A C.

---

(1) J'ai constaté le même fait dans les argiles gallo-romaines et dans les alluvions de la Banne. (Voyez 3<sup>e</sup> partie, ch. II.)

FIG. 15. — Dans un grès très fin, argileux, un rameau d'*Annularia* disposé verticalement sur la face D et horizontalement sur la face E.

FIG. 16. — Une fronde de fougère dont les pinnules sont à angle droit dans un même morceau de grès fin argileux.

FIG. 17. — *Troncs debout dans un banc de grès (Coupe suivant l'inclinaison de la Couche n° 3. — Tranchée de l'Ouest).* — Deux ramifications de la Grande Couche (n° 3 et n° 4) se réunissent au point R. Entre ces deux veines de houille, bancs de grès irréguliers, véritables coins qui atteignent rapidement 3 à 4 mètres d'épaisseur, séparés par des veinules schisteuses.

Deux troncs debout (n° 42), à racines, partant de la veine n° 4, s'élèvent debout dans le banc de grès inférieur.

Les strates sont relevées autour des troncs. — Dessous la couche est bombée.

#### Planche XVII.

Les troncs d'arbres ou fragments de troncs, figurés dans les PL. XIV, XV et XVI, étaient presque tous dans des bancs stériles, schistes ou grès ; quelques-uns étaient dans la houille, mais en restaient distincts (n°s 39.....).

Trois seulement (n°s 25, 26 et 27) faisaient intimement partie de couches de houille.

La PL. XVII montre une partie de la Grande Couche, dans laquelle il était possible, après une exposition à l'air de plusieurs années, de discerner nettement et de déterminer un grand nombre de troncs entrant dans la constitution de la couche de houille.

L'observation a été faite dans la tranchée des Chavais.

Une paroi verticale de la tranchée a été laissée exposée à l'air. Elle comprenait la veine de houille G de 3 mètres d'épaisseur, au mur de la Grande Couche ; le Banc des Roseaux (épaisseur 0<sup>m</sup>,50 à 1<sup>m</sup>,00) ; la veine du milieu F de 3 à 4 mètres d'épaisseur ; le Banc des Chavais C (7 mètres d'épaisseur) et la veine B du toit de 2 mètres d'épaisseur.

Après quelques mois on distinguait dans les veines G et F (comme cela se présente toujours plus ou moins bien dans toutes les parties de la Grande Couche exposées à l'air) des lentilles brillantes au milieu de la masse noire plus terne. On pouvait reconnaître dans les lentilles brillantes, par analogie, l'essence de la plupart des arbres qui les avaient formées : calamodendrons, cordaïtes, fougères.

Une partie A (FIG. 1) de la paroi est représentée en détail dans la FIG. 2.

On voit le Banc des Roseaux R dans toute son épaisseur, une grande partie de la veine du mur G et le commencement seulement de la veine au milieu F.

Les veines G et F sont représentées en teinte grise, peu foncée, pour laisser voir les troncs ; ces veines sont en très bonne houille, un peu moins pure cependant que les troncs eux-mêmes dont la teneur en cendres varie de 1/4 à 2 ou 3 p. %.

Le Banc des Roseaux est un grès très fin, argileux, il renferme une très grande quantité d'empreintes. Les troncs discernables seuls ont été figurés. Ce sont, pour la plupart, des calamodendrons bien conservés, quelques fougères et des cordaïtes.

En H on voit un tronc de cordaïtes de 0<sup>m</sup>,50 de largeur et 0<sup>m</sup>,15 d'épaisseur, entièrement en houille pure, à l'exception d'une faible partie argileuse au

centre. Ce tronc est en contact avec la veine G, dont il fait pour ainsi dire partie.

Un tronc de cordaïtes, plus large et un peu moins épais, qui se trouvait à quelques mètres de là dans la veine G, et qu'on a suivi en pleine veine sur 6 mètres de longueur, donnait de la houille à 3,64 p. % de cendres.

Un autre tronc couché K (calamodendron), à la base du Banc des Roseaux, appartient également à ce banc ou à la veine G. Le tronc K est dans une situation analogue, mais à la partie inférieure du Banc des Roseaux. Ces troncs que le hasard a placés à la base ou au sommet du Banc des Roseaux, ne diffèrent pas de ceux qui sont à l'intérieur de ce banc et ne diffèrent de ceux qui se trouvent au milieu des veines de houille G et F que par le remplissage plus ou moins épais, plus ou moins argileux.

Je n'insisterai ici sur la disposition et l'épaisseur de houille des troncs épars dans le Banc des Roseaux que pour les faire comparer aux troncs encore plus nombreux des veines G et F. Ces derniers sont généralement plus aplatis ; leur remplissage très faible est souvent accusé par un simple trait terne ; il est presque toujours un peu argileux.

Dans les veines de houille, les troncs sont pour la plupart étalés suivant les plans de stratification ; mais ces plans sont loin du parallélisme parfait ; témoin les troncs M et N, O et P.

Notons en passant les lignes de cassure Q, S, T, qui ne se révèlent pas dans le Banc des Roseaux.

## Chapitre V.

### PARTICULARITÉS DIVERSES

1° Défaut de parallélisme des bancs. — 2° Variations de nature et de puissance. — 3° Disparition de bancs et de faisceaux de bancs. — 4° Constitution variable du toit et du mur de la Grande Couche. — 5° Intercalations de bancs stériles dans la Grande Couche. — 6° *Glissements*, érosions, refoulements, éboulements, plissements, failles locales. — 7° Fausse stratification. — 8° Galets de grès, de schiste et de houille, dans les bancs houillers et galets granitiques dans les couches de houille. — 9° Position des conglomérats dans le terrain houiller. — 10° Grès noirs. — 11° Clivages.

Le titre précédent énumère un certain nombre de particularités sur lesquelles je désire appeler l'attention parce qu'elles caractérisent le mode de formation du terrain houiller. Plusieurs planches dont on trouvera la description à la fin du paragraphe, ont été consacrées à ces particularités que les carrières ouvertes aux affleurements de la Grande Couche permettent d'observer minutieusement.

#### § I. — FAITS OBSERVÉS

##### 1° *Défaut de parallélisme des bancs.*

Tout le long de la lisière N.-E. du terrain houiller, les premières assises houillères reposent en concordance sur le bord du bassin; les assises qui viennent ensuite se superposent aux premières dans un parallélisme apparent qui fait illusion si l'on n'a qu'un champ

d'observation limité ; l'illusion disparaît si l'on embrasse l'ensemble de la formation.

Sur la FIG. 14 (p. 22), et sur les PL. I, II et III on remarque en effet que la Grande Couche, par exemple, est, en ces différents points, à des distances très inégales de la base du terrain houiller.

L'épaisseur totale des bancs qui séparent cette couche de la lisière N.-E. est :

A l'extrémité Est, vers les Mazelles, de 800 mètres

Au milieu, vers Forêt, de . . . . . 500 —

A l'extrémité Ouest, vers les Forges, de 800 —

Ces écarts s'accroissent encore si l'on suit les strates qui se trouvent dans le prolongement des ramifications de la Grande Couche ; on arrive ainsi, en effet, presque à la limite Sud du bassin, c'est-à-dire normalement à 1.600 mètres de la lisière N.-E. ; puis on rejoint la couche de houille des Ferrières qui se rapproche à 800 mètres de cette lisière.

800<sup>m</sup>, 500<sup>m</sup>, 800<sup>m</sup>, 1.600<sup>m</sup>, 800<sup>m</sup> telles sont les épaisseurs de bancs qui séparent la même strate, ou des strates situées dans le prolongement les unes des autres, de la base du terrain houiller.

Ce défaut de parallélisme que l'ensemble des bancs houillers permet de saisir, se retrouve à échelle réduite en divers points de la formation ; et il est notamment très accentué au-dessus de la Grande Couche et mis en évidence par les carrières à remblais. Les PL. VI, VII et VIII représentent plusieurs cas de ce phénomène ; je me borne à signaler ici les bancs de grès A et C (1), distants d'abord de la Grande Couche d'environ 30 mètres, et qui n'en sont plus qu'à 10 mètres à moins de 200 mètres de distance.

L'ensemble des parois d'aval des carrières (2) mon-

(1) PL. VI, FIG. 6 et PL. VII, FIG. 1.

(2) PL. VI, FIG. 2.

tre les bancs du toit se rapprochant et s'éloignant alternativement de la houille, dessinant ainsi de grandes ondulations au-dessus de la Grande Couche. La divergence est à peine sensible près de la couche ; là, les petits filets de houille et de schiste se confondent ; un peu plus haut la divergence s'accuse généralement, et l'on rencontre nombre de bancs de grès inclinés de 20 à 30 degrés sur le plan de la Grande Couche.

Dans le sens de la direction, l'inclinaison des bancs supérieurs sur le plan de la Grande Couche est tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre ; dans le sens de l'inclinaison de la Grande Couche, la convergence des bancs supérieurs a toujours lieu vers l'aval.

Ces faits qui sautent aujourd'hui aux yeux des observateurs sont restés longtemps ignorés parce qu'on croyait au parallélisme.

Ils ne sont pas spéciaux au voisinage de la Grande Couche ; mais nulle part ils ne peuvent être plus facilement étudiés.

### *2° Variations de nature et de puissance des bancs.*

Je ne connais pas un seul banc dans le terrain houiller de Commeny qui conserve la même puissance et la même composition dans toute son étendue ; tous les bancs se modifient. Avec la puissance, c'est tantôt la nature, tantôt la grosseur des éléments qui varient, souvent les deux à la fois, et parfois assez rapidement.

J'ai déjà eu l'occasion, en parlant de quelques-uns des bancs du bassin, de citer :

Le passage graduel du conglomérat à la houille (1) ;

---

(1) Banc des Chavais, chap. I et V, PL. XII.

Le passage du grès à la houille (1);

Le passage du schiste à la houille (2).

Le passage du conglomérat, du poudingue et du grès à blocs, au grès ordinaire est très fréquent; le passage du grès au schiste ne l'est pas moins.

On peut voir dans toutes les carrières à remblais la transformation graduelle de certains faisceaux de bancs de grès, en schiste d'abord et ensuite en houille (3).

Enfin, on peut constater la transformation graduelle de toute une zone de grès à blocs allant de la base au sommet du terrain houiller, sur trois kilomètres de largeur, en une autre zone, de même largeur, composée de grès ordinaire, de schiste et de houille (4). Cette transformation s'opère dans le sens de la direction des bancs et elle est complète à une distance de 1.000 à 1.500 mètres. Ce ne sont pas les mêmes bancs qui se continuent dans les deux zones; des bancs disparaissent, d'autres naissent et de l'enchevêtrement de bancs lenticulaires résulte la sensation de la continuité.

Pour donner une idée des variations de puissance des assises houillères, il suffit d'en citer deux, prises parmi les plus importantes, les plus régulières et les plus continues de la formation. La Grande Couche qui se poursuit sur environ 5 kilomètres de longueur, à toutes les épaisseurs comprises entre zéro et trente mètres; le *banc Sainte-Aline* qui a 60 mètres d'épaisseur en son milieu, disparaît par amincissement, non sans avoir changé de nature.

La plupart des couches du bassin sont lenticulaires;

(1) Formation des grès noirs, chap. III, PL. XIII.

(2) PL. XII, FIG 6.

(3) PL. VI, VII et VIII.

(4) FIG. 14, p. 22.

le changement de puissance est généralement beaucoup plus rapide pour les roches à éléments grossiers que pour les schistes et la houille.

3° *Disparition des bancs et des faisceaux de bancs.*

Les bancs houillers étant généralement lenticulaires et d'une étendue assez limitée relativement à celle du terrain houiller, disparaissent tour à tour ; on constate aussi, en certains points, la disparition de puissants faisceaux de bancs.

Ainsi, il y a vers l'Ouest, entre la branche inférieure de la Grande Couche et la Couche des Pourrats, une série de bancs de grès et de schiste dont la puissance totale est de 300 mètres ; tous ces bancs disparaissent peu à peu vers l'Est et il n'en reste plus trace à Longeroux (1).

Dans les carrières à remblais, on peut voir plusieurs faisceaux de bancs de 10 à 20 mètres d'épaisseur, qui disparaissent en convergeant vers la Grande Couche, sur une distance de 100 à 200 mètres, quelquefois même plus rapidement (2).

4° *Constitution variable du toit et du mur de la Grande Couche.*

*Toit.* — Le toit de la Grande Couche présente ordinairement la succession de bancs suivante :

1° En contact avec la houille, des schistes plus ou moins charbonneux ou bitumineux ;

2° Au-dessus, sur 10 à 20 mètres de hauteur, des schistes moins charbonneux alternent avec quelques lits de grès fins ;

(1) PL. I et II.

(2) PL. VI, VII et VIII.

3° Des grès de plus en plus abondants ;

4° Enfin à 30, 40, ou 50 mètres de hauteur, des grès de plus en plus grossiers au milieu desquels le schiste devient rare.

La même série de bancs se retrouve à peu près partout au-dessus de la Grande Couche.

Longtemps on a cru que cette succession d'assises analogues était constituée par les mêmes bancs continus, parallèles à la Grande Couche ; en réalité, il n'y a ni continuité, ni parallélisme. Il n'y a même pas identité de composition, car les premiers schistes, par exemple, sont argileux vers l'Ouest, charbonneux et bitumineux à Saint-Edmond, bitumineux et ferrugineux à l'Espérance.

On a vu, d'ailleurs, à l'article précédent, comment les faisceaux de bancs qui recouvrent la Grande Couche en un point, disparaissent et font place à d'autres faisceaux qui disparaissent un peu plus loin.

Ainsi donc, lors même que les séries de bancs rencontrées sur des points éloignés les uns des autres au-dessus de la Grande Couche se ressemblent, il n'en faut pas conclure que ces séries sont identiques ; elles peuvent n'avoir rien de commun.

Mais cette série de schistes avec grès de plus en plus abondants, qui recouvre ordinairement la Grande Couche, fait place, sur quelques points, à des terrains fort différents ; sur la houille même reposent parfois d'énormes blocs de quartz ou de granite ; à l'Espérance, ce sont des poudingues à pendage renversé qui recouvrent la Grande Couche en stratification discordante (1) ; à Forêt, la couche corrodée supporte une sorte d'ancien éboulement (2). Je reviendrai, plus loin, sur ces faits singuliers.

---

(1) PL. VII, FIG. 6.

(2) PL. VIII, FIG. 5.

J'ai déjà parlé ailleurs (1) du banc des Chavais, conglomérat de 7 mètres d'épaisseur intercalé dans la Grande Couche, qui sert à la fois de toit à la veine de houille inférieure et de mur à la veine supérieure.

On voit que la houille de la Grande Couche n'est pas toujours recouverte de schistes.

Là où les schistes forment le toit de la Grande Couche, la limite n'est pas toujours un plan net, unique. Parfois sur plusieurs décimètres et même sur plusieurs mètres de hauteur, les lamelles de houille alternant avec des lamelles de schiste, la limite est confuse, irrégulière. De près, on ne sait si la roche est houille ou schiste; de loin, on a la sensation d'un plan séparatif assez net; quant aux mineurs, malgré une stratification généralement bien accusée, ils ne savent pas quel est le banc qui doit limiter leurs travaux et ils s'arrêtent lorsque la houille devient schisteuse.

Parfois on voit bien que la houille succède aux schistes dans les mêmes strates (2) comme les schistes ont succédé aux grès (3). Les FIG. 32 et 33, de la planche intercalée vers la fin du texte, rendent cette disposition sensible.

*Mur.* — La Grande Couche repose ordinairement sur un lit de schistes charbonneux; quelquefois, directement sur le grès.

Généralement, la partie inférieure de la Grande Couche est schisteuse et passe graduellement au schiste. L'épaisseur des schistes est toujours faible, le grès apparaît presque immédiatement.

Nulle part le mur de la Grande Couche n'a la moindre analogie avec un ancien sol de végétation.

(1) Ch. I., PL. XII, FIG. 4 et 5.

(2) PL. VI, FIG. 6 et PL. VII, FIG. 1.

(3) PL. VI, FIG. 6 et PL. VII, FIG. 1.

Au point de vue de la forme, le mur de la Grande Couche présente les aspects très divers qui peuvent être compris entre le plan net, uni, et les dispositions singulières représentées par les FIG. 3, 4, 5 et 6, PL. X.

Sur la FIG. 3 (coupe verticale), la limite entre la houille et le grès est une dentelure à longues dents aiguës, inclinées dans le même sens que la couche, formant comme une sorte de chevelu, ou comme les brins épars d'un balai.

Les FIG. 4 et 5 montrent une disposition analogue dans le sens horizontal.

Au-dessus de ce mur aussi singulièrement ramifié, le toit de la Grande Couche a une allure ordinaire.

*5° Intercalations des bancs stériles dans  
la Grande Couche.*

Il y a au milieu de la Grande Couche un certain nombre d'intercalations stériles : schistes, grès, poudingues et conglomérats. Les plus puissantes, connues sous le nom de Banc des Chavais et Banc des Roseaux, ont été décrites (voir PL. XII); leur forme est lenticulaire, leurs éléments sont plus grossiers au centre de la lentille vers les affleurements; et sur le pourtour, ces bancs deviennent de plus en plus charbonneux et passent à la houille. Le Banc des Chavais a 8 mètres d'épaisseur dans sa partie renflée et renferme des blocs granitiques de 0<sup>m</sup>,50 à 0<sup>m</sup>,60 de diamètre; dans sa partie renflée le Banc des Roseaux est un grès grossier dont la puissance atteint également 8 mètres. Le Banc des Roseaux existe sur la moitié environ de la surface de la Grande Couche; le Banc des Chavais très grossier est beaucoup moins étendu. Ces deux bancs constituent, au milieu de la houille, des intercalations puissantes;

ils n'ont pas beaucoup modifié, d'ailleurs, l'allure générale et la constitution de la Grande Couche.

Il n'en est pas de même de la série de bancs stériles qui commencent à paraître dans la Grande Couche au fond de la tranchée de l'Espérance (FIG. 6, PL. VII et FIG. 2, PL. X). Ces bancs, grès et poudingues se multiplient et s'épaississent à mesure qu'on monte vers les affleurements ; ils prennent peu à peu la place du charbon qui devient d'ailleurs schisteux, et sur une distance de 200 mètres environ, on voit une belle couche de houille pure transformée en poudingue, grès et schiste charbonneux.

Les bancs de grès, représentés par les FIG. 3, 4, 5 et 6, PL. X, qui pénètrent dans le charbon, soit au mur, soit au toit de la Grande Couche, sont aussi des intercalations ; mais celles-ci, au lieu de se renfler de bas en haut comme celles des Roseaux, des Chavais et de l'Espérance, se renflent au contraire de haut en bas ou latéralement.

On peut aussi, par extension, considérer comme des intercalations stériles au milieu de la houille, les bancs qui séparent la couche des Pourrats de celle des Grès Noirs, ceux qui séparent la couche des Grès Noirs de la Grande Couche, et ceux qui séparent les unes des autres les diverses branches de la Grande Couche (FIG. 7, PL. II).

#### 6° *Glissements*

(Erosions, Refoulements, Plissements, Eboulements,  
Failles locales.)

La succession assez régulière de houille, de schistes et de grès qui caractérise le toit de la Grande Couche fait place, sur quelques points, à des accidents singuliers : corrosions, refoulements, éboulements, fractures...

que je range sous le titre général de *Glissements* parce qu'ils sont tous, comme on le verra plus loin, la suite de phénomènes de glissements assez fréquents à Commentry.

*Erosions.* — Un bel exemple de corrosion de la Grande Couche est fourni par la Tranchée de Forêt (FIG. 5 et 6, PL. VIII). Sur une longueur de 80 mètres en direction, les bancs ordinaires du toit sont remplacés par une sorte de terrain d'éboulement, et la partie supérieure de la Grande Couche est irrégulièrement rabotée, déchiquetée, dentelée comme à l'emporte-pièce; dans la partie médiane de l'accident plusieurs mètres d'épaisseur de houille ont été emportés. La coupe verticale, fig. 6, à plus forte échelle, montre les découpures à angles vifs de la couche de houille qui est recouverte en ce point, non de schiste, mais de grès.

Un autre exemple remarquable de corrosion de la Grande Couche est celui de la tranchée de l'Espérance (FIG. 6, PL. VII). Là encore la série ordinaire des schistes et grès du toit a disparu; elle est remplacée par des poudingues en stratification discordante avec la Grande Couche. Sous ces poudingues la houille est presque partout corrodée, rabottée; vers la limite inférieure de l'accident, on voit au milieu des schistes un fragment de houille H qui a été arraché à la partie supérieure de la Grande Couche en G.

Les corrosions de la houille sont assez fréquentes à Commentry; j'en ai encore représenté quelques exemples pris dans les ramifications Ouest de la Grande Couche (FIG. 10 et 11, PL. II). Là encore, la nature des bancs du toit est changée, et les corrosions sont accompagnées de refoulements et autres déformations.

Le phénomène de corrosion n'est pas spécial aux couches de houille. On voit dans la tranchée de Forêt

(FIG. 1 et 4, PL. IX) un banc de schiste profondément corrodé; la partie supérieure de ce banc est découpée en dentelures aux formes les plus variées.

*Refoulements.* — Les FIG. 11 (PL. II) et 6 (PL. VII) montrent des cas très nets de refoulement de houille sous la poussée de bancs supérieurs. Sous cette poussée, la houille a pénétré au milieu des bancs qui la recouvraient d'abord.

Ce phénomène est assez fréquent à Commeny, surtout vers les extrémités Est et Ouest de la Grande Couche; il est fréquent aussi aux Ferrières. Il ne va pas sans le refoulement des bancs de schistes et de grès voisins.

*Plissements.* — La houille est parfois plissée, mais jamais autant que les schistes représentés par les FIG. 1, 2 et 3 de la PL. IX.

Situés à environ 5 mètres au-dessus de la Grande Couche, entre des bancs de grès relativement réguliers, ces schistes constituent des bancs de 0,50 à 2 mètres de puissance, d'apparence générale assez régulière aussi, mais extrêmement irréguliers dans le détail. Ces schistes sont pliés et repliés, contournés de mille manières et sur certains points corrodés à leur limite supérieure (FIG. 2).

Le même fait se reproduit en plusieurs points différents au-dessus de la Grande Couche, notamment à Longeroux et à l'Ouest.

*Eboulements.* — Sur quelques points les bancs ordinaires du toit de la Grande Couche sont remplacés par un pêle-mêle de terrains fragmentés, déformés, brisés, comme le seraient les débris d'un grand éboulement. Tel est le cas représenté par la FIG. 5 PL. VIII; sur 80 mètres de longueur, la Grande Couche est recouverte par une masse informe de schistes et de grès un peu charbonneux dont l'épaisseur atteint jusqu'à 16 mètres.

Sous cette masse la Grande Couche un peu corrodée garde son allure générale; au-dessus les bancs de schistes et de grès ont aussi leur allure ordinaire; de sorte que cet accident qui a profondément bouleversé 16 mètres d'épaisseur de bancs est entièrement circonscrit dans un espace de 80 mètres de long et 16 de hauteur.

Les FIG. 2 et 5, PL. VII, représentent des phénomènes ayant beaucoup d'analogie avec le précédent; une partie de la Grande Couche est remplacée sur quelques dizaines de mètres en direction, par des blocs de grès, de schiste et de houille qui paraissent avoir glissé de haut en bas en bouleversant quelques bancs; le mur de la Grande Couche n'est pas atteint, non plus que les bancs supérieurs situés à 30 mètres au-dessus.

*Failles locales.* — Les tranchées ouvertes aux affleurements de la Grande Couche montrent dans les bancs du toit, un grand nombre de petites failles, dont le rejet ne dépasse pas 4 ou 5 mètres, et qui n'affectent que quelques bancs, ne troublant d'ailleurs nullement l'allure des bancs supérieurs et inférieurs (1).

Des accidents semblables existent sur les différents points du terrain houiller, mais ils paraissent particulièrement nombreux au toit de la Grande Couche.

Ces divers phénomènes de corrosion, refoulements, plissements, éboulements, cassures locales..... existent dans toutes les parties du terrain houiller, surtout dans les régions où des sédiments grossiers recouvrent des couches de schiste ou de houille; ils sont nombreux au-dessus de la Grande Couche, surtout à Longeroux et à l'Ouest; leur caractère général est d'affecter, de troubler même parfois profondément le terrain sur un

---

(1) PL. VI et VII.

espace autour duquel, de tous côtés, les assises sont intactes.

La région troublée est quelquefois très restreinte (quelques mètres) ; parfois aussi elle est considérable ; tel est le cas de l'Espérance, où sur 700 mètres en direction et sur une surface courbe qui, partant des affleurements atteint jusqu'à 300 mètres de largeur, les schistes ordinaires du toit sont remplacés par des poudingues en stratification discordante et même à inclinaison renversée sur la Grande Couche (FIG. 6, PL. VII). Et cependant la formation des Grès Noirs, supérieure et toute voisine, ne porte pas la moindre trace de cet accident extraordinaire.

A l'Ouest, vers le Pré Gigot, sur une longueur de plusieurs centaines de mètres en direction et en inclinaison, la couche n° 1 et les bancs qui la recouvrent sont déformés, bouleversés sur quelques dizaines de mètres d'épaisseur ; au-dessus et au-dessous les assises sont régulières (1).

#### 7° *Fausse stratification.*

Certains bancs de grès sont traversés obliquement par des traces schisteuses qui simulent une stratification. Tel est le cas du banc de la carrière des Pégauts représenté par la FIG. 3, PL. VIII.

Le banc A B de Longeroux (FIG. 4, PL. VIII), dont la puissance est de 6 mètres, possède une fausse stratification, constituée non-seulement par des veinules schisteuses, mais encore par des lignes de petits galets.

---

(1) Ce fait se reproduit dans tous les bassins houillers du Plateau Central ; il est fréquent surtout dans les régions où les couches de houille ou de schiste supportent des sédiments grossiers.

Dans ces deux cas la fausse stratification très nette vers le bas est invisible ou à peine accusée dans la partie supérieure du banc.

8° *Galets de grès, de schiste et de houille, dans les bancs houillers, et galets granitiques dans les couches de houille.*

Sous le titre *Banc de houiller remanié*, j'ai décrit au chapitre I des bancs de grès qui renferment, comme éléments constitutifs, des *galets ou fragments* de grès, de schiste et de houille au toit de la Grande Couche.

Ailleurs, j'ai parlé de galets granitiques enveloppés de houille, au milieu de la Grande Couche (1).

La PL. XI montre quelques bancs à galets *houillers* avec la disposition et les formes des galets ainsi que quelques galets granitiques trouvés au milieu de la houille.

Je me borne ici à rappeler ces particularités.

9° *Position des conglomérats dans le terrain houiller de Commentry.*

En suivant la base du terrain houiller, depuis le Marais jusqu'à Colombier, sur huit kilomètres de longueur, on rencontre successivement :

- 1°. — Des roches à gros éléments vers Chamblet ;
- 2°. — Des grès et des schistes au Marais ;
- 3°. — Des roches à très gros éléments à Montassié ;
- 4°. — Des grès et des schistes aux Raynauds ;
- 5°. — Des alternances de poudingues et de grès entre les Raynauds et Colombier ;
- 6°. — Des roches à gros éléments à Colombier.

---

(1) PL. II, FIG. 10 et 11.

Ainsi les roches à gros éléments alternent avec les grès et les schistes sur la base du terrain houiller.

On sait d'ailleurs que, de la base au sommet de la formation, le terrain houiller est entièrement composé de grès à blocs dans la zone de Montassiégé.

Enfin, on sait aussi que le banc *Ste-Aline*, ce puissant conglomérat qui atteint jusqu'à 60 mètres d'épaisseur avec des blocs de plusieurs mètres cubes, est intercalé entre des bancs de grès fins.

Il ne faut donc pas chercher à Commentry une preuve de la prétendue règle, qui place des conglomérats à la base des terrains houillers, et des roches à fins éléments à la partie supérieure. Des conglomérats existent bien ici à la base du terrain houiller, et même généralement à éléments plus volumineux et plus anguleux qu'au sommet ; mais il y en a aussi au sommet, et les grès fins ne sont pas rares à la base du terrain houiller.

#### 10° Formation des Grès noirs.

Nous désignons sous le nom de Formation des Grès Noirs, une série de bancs de grès, dont l'épaisseur atteint jusqu'à 30 mètres, renfermant une multitude de lentilles irrégulières de houille de toutes dimensions, depuis la parcelle microscopique jusqu'à des amas étendus et même de véritables couches de plusieurs mètres d'épaisseur (1).

Ces grès forment une assise continue depuis Longeroix jusqu'aux Forges ; à Longeroix, ils sont en contact presque immédiat avec la Grande Couche ; vers Sainte-Aline, ils en sont à 80 mètres de distance.

Ils font généralement suite parmi les bancs qui

---

(1) Ch. IV et Pl. XIII.

recouvrent la Grande Couche, aux bancs de *houiller remanié*. Ils renferment eux-mêmes une proportion considérable de grès et schistes remaniés.

La formation dite des *Grès noirs* n'est pas la seule partie du terrain houiller de Commentry qui présente des grès charbonneux à lentilles de houille multiples et irrégulières ; il y a de ces grès en divers points, mais non en couches puissantes comme dans la formation des Grès Noirs. La FIG. 6, PL. XIII représente un morceau de grès pris dans la région des Ferrières (1).

#### 11° Clivages.

La houille et les schistes sont parfois divisés par des plans pseudo-réguliers auxquels on applique le nom de *clivages*.

La PL. XVIII montre un certain nombre d'exemples de clivages, et la direction des clivages que possède la Grande Couche.

Il n'y a aucune direction dominante.

Sur le même point, dans le même bloc, on peut parfois constater :

- 1° Que le grès n'est pas clivé ;
- 2° Que le fer carbonaté n'est pas clivé ;
- 3° Que le schiste est clivé et que les feuillets superposés n'ont pas le même clivage ;
- 4° Qu'une zone brillante de houille de troncs est clivée ; que les zones voisines en houille foliaire, ou en houille grenue ne sont pas clivées.

Le système des plans de clivage d'une lame de houille

---

(1) Des grès charbonneux, et même de véritables formations comme celle des Grès Noirs existent à Montvicq, à Montchanin. Il y a des Grès noirs dans tous les terrains houillers du Plateau Central.

se modifie parfois complètement à quelques centimètres de distance.

Souvent les morceaux de fusain isolés dans la houille servent de centre de rayonnement aux lignes de clivage.

Les lignes de clivage de la houille claire suivent parfois les ornements des troncs dont cette houille provient.

J'ai parlé ailleurs des plaques minérales qui accompagnent parfois le clivage de la houille (1).

#### § 2. — EXPLICATION DES FAITS

Les diverses particularités dont je viens de parler ont une explication facile dans la théorie des deltas (2).

Prenons le remplissage du lac houiller au moment où l'accumulation végétale destinée à devenir la Grande Couche commence à se former dans l'anse comprise entre le delta de Montassié et celui de Colombier (3). Pendant que la couche végétale couvre peu à peu le fond du bassin, les deltas progressent ; de temps en temps, à la suite d'une déviation de cours d'eau ou d'une inondation, les végétaux se recouvrent de limon, de sable ou de galets ; puis, peu à peu, pendant que la couche végétale continue à se développer dans les profondeurs du lac, sa partie supérieure disparaît sous les atterrissements.

1° *Défaut de parallélisme des bancs.* — Supposons la Grande Couche achevée et considérons le dépôt formé par une rivière dont l'embouchure resterait quel-

(1) 2<sup>me</sup> partie, Ch. III.

(2) Cette explication repose sur les règles de la sédimentation exposées dans la 3<sup>me</sup> partie.

(3) Ch. VI et Pl. V, FIG. 2 et 23.

que temps stationnaire entre les tranchées Saint-Edmond et Saint-Christophe (1) ; les matériaux grossiers s'arrêtent sur le bord du bassin avec une forte pente ; le limon prend, plus loin, la pente de la Grande Couche sur laquelle il s'étale.

D'autres bancs analogues s'accumulent à l'embouchure du cours d'eau et finissent par constituer un dépôt renflé dans sa partie médiane, mince sur son pourtour. Le banc qui se trouve à 30 ou 40 mètres de hauteur au-dessus de la Grande Couche, par exemple, dans la partie puissante du dépôt, est constitué comme suit : sables et graviers à forte pente sur le bord du bassin ; sables fins plus bas et plus loin de l'embouchure, et, aux extrémités inférieures et latérales du dépôt, du limon qui se modèle sur la Grande Couche. Écarté de 30 à 40 mètres de la Grande Couche dans sa partie supérieure à éléments grossiers, ce banc est en contact avec la Grande Couche sur tout son pourtour constitué par du limon.

Tel est le cas des bancs que l'on peut voir dans les tranchées Saint-Edmond et Saint-Christophe (FIG. 2, PL. VI).

Les autres ondulations dessinées par les grès et schistes du toit au-dessus de la Grande Couche, ont une origine semblable, et sont dues soit aux multiples embouchures des deux principaux cours d'eau de la région, soit au déplacement de ces cours d'eau.

Ainsi s'expliquent le défaut de parallélisme de la Grande Couche et des bancs supérieurs, les ondulations de ces bancs au-dessus de la Grande Couche, et la convergence constante en profondeur de ces bancs vers la Grande Couche.

---

(1) FIG. 2, PL. VI.

2° *Variation de nature et de puissance des bancs.*

— La Grande Couche n'a pas été recouverte, à la fois, dans toute son étendue, par les bancs qu'elle supporte ; ce recouvrement s'est fait, au contraire, successivement, par places, et par l'action de plusieurs cours d'eau dont les atterrissements n'ont atteint les diverses parties de la surface de la Grande Couche qu'en un temps fort long.

Nous savons d'ailleurs que la rivière de Montassiégé coulait sur des terrains d'une tout autre constitution géologique que ceux parcourus par la rivière de Colombier (1). Cela seul permettrait de concevoir qu'il puisse exister de notables différences de nature dans les bancs qui reposent directement sur la Grande Couche ; mais ces différences peuvent encore être causées par les changements de régime et par le déplacement des cours d'eau, par les ravinements de la plaine alluviale..., etc. Les causes de variation de nature des bancs sont donc multiples. Quant aux changements de puissance, ils sont la règle du dépôt des sédiments grossiers charriés par un cours d'eau dans un bassin tranquille (2).

3° *Disparition de faisceaux de bancs.* — La sorte de cône de déjection qui s'étale sur un point de la Grande Couche, pendant que l'embouchure du cours d'eau reste stationnaire en ce point, se compose de bancs lenticulaires qui constituent un faisceau limité absolument distinct des autres faisceaux qui ont pu, peuvent ou pourront se former sur d'autres points de la Grande Couche. De là les grandes ondulations que dessinent les bancs au-dessus de la Grande Couche, et la dispari-

---

(1) 2<sup>e</sup> partie, ch. I.

(2) 3<sup>m</sup>e partie.

tion complète de faisceaux de 20, 30 et 40 mètres d'épaisseur (1).

4° *Mur et toit de la Grande Couche.* — Quand les végétaux destinés à former la Grande Couche ont commencé à s'accumuler dans l'anse des Pégauts, le fond du bassin pouvait être aussi bien limoneux que sableux ou caillouteux, ce qui fait que la Grande Couche peut reposer aussi bien sur du limon que sur du grès ou des poudingues.

Lorsque la couche végétale est formée et que des sédiments minéraux viennent la recouvrir, les sédiments grossiers restent sur le bord du bassin tandis que les particules fines vont au loin sur les végétaux. Ainsi s'explique la présence ordinaire des schistes au toit immédiat de la Grande Couche. Si ce schiste est charbonneux cela tient à l'équivalence sédimentaire des fines particules minérales et des végétaux.

Si le schiste est peu à peu remplacé par du grès au-dessus de la Grande Couche, cela tient à ce que, en s'élevant au-dessus de la Grande Couche on est en présence des sables restés plus près du bord du bassin pendant que le limon allait se déposer dans les régions plus éloignées ou plus profondes.

L'absence de schiste au-dessus de la Grande Couche résulte généralement de glissements et de refoulements qui ont rapproché de la houille des roches qui en étaient d'abord plus ou moins éloignées.

5° *Intercalations de bancs stériles au milieu de la Grande Couche.* — Pendant que la couche végétale se formait dans l'anse des Pégauts, un déplacement des cours d'eau, une inondation pouvaient apporter des

---

(1) FIG. 2 et 6, PL. VI et PL. VII et VIII.

sédiments minéraux là où ne se déposaient auparavant que des matières végétales.

Ces sortes de phénomènes sont accusés par un assez grand nombre de bancs ou lits intercalés dans la Grande Couche. Tantôt le changement de régime était périodique et divisait sans cesse le dépôt végétal, comme à l'Espérance.

Lorsque les apports minéraux momentanés survenaient au milieu de la couche végétale, ils formaient des dépôts lenticulaires, comme ceux que je viens de citer, dont les extrémités se confondent souvent avec la houille de la Grande Couche parce que l'accumulation végétale s'est poursuivie sans interruption.

Mais lorsque ces apports venaient latéralement à une extrémité de la couche végétale, les intercalations stériles prenaient la forme de coins. C'est le cas de Saint-Augustin (PL. X).

Et lorsque les apports grossiers au lieu d'être momentanés persistaient longtemps sur le même point, laissant revenir le dépôt végétal à de rares intervalles, c'était ce dernier qui prenait l'allure d'une intercalation au milieu des bancs stériles. Tel est le cas des ramifications de la Grande Couche.

#### 6° *Glissements*

(Erosions, Refoulements, Plissements, Eboulements, Failles locales.)

Ces phénomènes s'expliquent facilement par le système des deltas (1).

Supposons la Grande Couche formée, et un cours d'eau qui apporte ses sédiments sur l'un des points de cette couche.

---

(1) 3<sup>me</sup> partie, PL. XX à XXIII.

Les matériaux grossiers s'arrêtent sur le bord du bassin, avec de fortes pentes, le limon va plus loin s'étaler sur les végétaux. Une série de bancs semblables se forment; les strates de sable et de gravier, inclinées dans un état d'équilibre instable, s'avancent sur le limon. La seule surcharge des nouveaux bancs inclinés pourrait entraîner le glissement des précédents, comme des nouveaux matériaux versés au sommet d'un remblai déterminent, par intervalles, des effondrements. Mais ici, il y a une cause de perturbation de plus; la couche limoneuse sur laquelle reposent les sables inclinés n'a aucune consistance; la couche végétale elle-même ne saurait résister à de fortes pressions; des tassements locaux se produisent et toute la masse supérieure entraînée, glisse en poussant devant elle les couches inférieures peu résistantes. De là, des corrosions, des refoulements, des plissements, des éboulements et toutes sortes de déformations.

Les failles locales résultent ordinairement du tassement des couches limoneuses et végétales; il s'en forme aussi pendant les glissements. Ce sont des phénomènes du même ordre.

On s'explique facilement, par le glissement, beaucoup de petits accidents des couches de houille; un grand accident, comme celui de l'Espérance, exige quelques explications. Voici comment cet accident a dû se produire :

Pendant et après la formation de la Grande Couche, des éléments grossiers, charriés par la rivière de Colombier, s'arrêtaient au bord du lac, formant des bancs de poudingue à forte pente (Fig. 23 ci-contre, PE Grande Couche, F affleurements de la Grande Couche à l'Espérance, AK Banc Sainte-Aline).

A un certain moment, par suite du tassement des végétaux et du limon, les poudingues ont glissé, pous-

sant devant eux le limon encore peu consistant, corrodant et refoulant la couche végétale ; dans ce mouvement, ils se sont redressés en quelques points, de manière à plonger en sens inverse de la Grande Couche (FIG. 24 ci-contre).

Après ce mouvement, la sédimentation a repris son allure ordinaire ; les irrégularités du dépôt ont été effacées par des assises nouvelles (FIG. 25 ci-contre), et lorsque la formation des *grès noirs* RS a eu lieu, toute trace du grand glissement de l'Espérance avait disparu.

Enfin les érosions ont enlevé, dans la suite des temps, la partie ACMN et amené la surface du terrain houiller au niveau MN (FIG. 26 ci-contre).

Dans l'hypothèse des *tourbières* ou de tout autre système ayant pour principe l'*horizontalité primitive* des couches, de tels accidents sont absolument inexplicables.

7° *Fausse stratification*. — Considérons un dépôt sableux qui, au lieu de se former par épaissement graduel, s'avance sur le fond incliné du bassin avec toute son épaisseur de un ou plusieurs mètres. La limite inférieure du banc, ou plutôt son point d'avancement, est une surface oblique sur le plan général de stratification. Qu'un arrêt momentané survienne dans l'apport du sable, le limon en suspension dans l'eau se déposera à la surface et sur le front d'avancement du banc ; puis, le sable revenant, le banc continuera à s'étendre, mais il renfermera la trace limoneuse oblique du front d'avancement, c'est-à-dire une fausse stratification.

Si le courant, au lieu de charrier constamment du sable uniforme, fournissait, par intermittences, des grains plus grossiers, du gravier par exemple, ce

gravier pourrait aussi marquer une fausse stratification (1).

8° *Galets de grès, de schiste et de houille, dans les bancs houillers et galets granitiques dans les couches de houille.* — Les débris de terrain houiller (fragments de grès, de schiste, de houille) que l'on rencontre dans un certain nombre de bancs, proviennent des corrosions de la plaine alluviale par les cours d'eau (2).

Les galets granitiques trouvés au milieu de la houille sur les confins du banc des Chavais, ont dû être charriés par les bois que l'inondation, dont ce banc indique la force, a arrachés (3).

9° *Position des conglomérats.* — Les conglomérats existent sur les points où les eaux courantes ont pu charrier de gros blocs ; il y en a notamment à la base du terrain houiller sur les points où débouchaient primitivement les cours d'eau ; mais entre ces points, là où pouvaient se déposer des éléments ténus, il y a des schistes et des grès à la base même du terrain houiller.

Un cours d'eau torrentiel peut porter fort loin dans un lac ses atterrissements grossiers ; c'est ce qui a eu lieu à Montassiégré.

Quant à la Roche Sainte-Aline, conglomérat entouré de sédiments fins, elle est due à une inondation exceptionnelle (4).

10° *Grès noirs.* — La formation des grès noirs s'explique comme suit :

---

(1) PL. VIII.

(2) PL. XI.

(3) PL. XI.

(4) 2<sup>m</sup>e partie, ch. I.

## Glissement de l'Espérance

Fig. 23 — Formation houillère avant le glissement

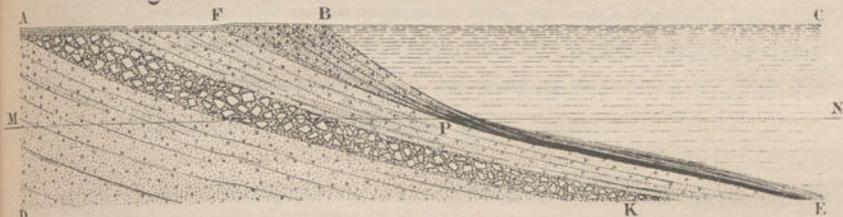


Fig. 24 — Dépôt après le glissement

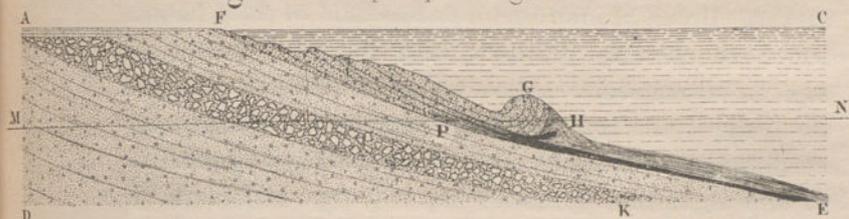


Fig. 25 — Dépôt après la formation des grès noirs

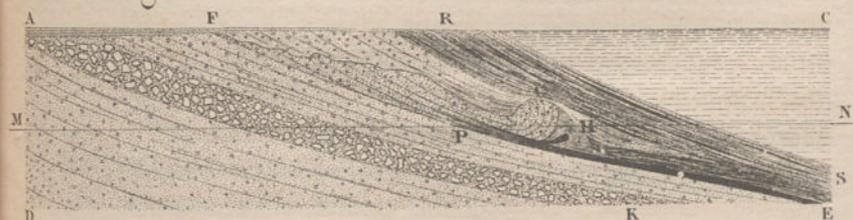
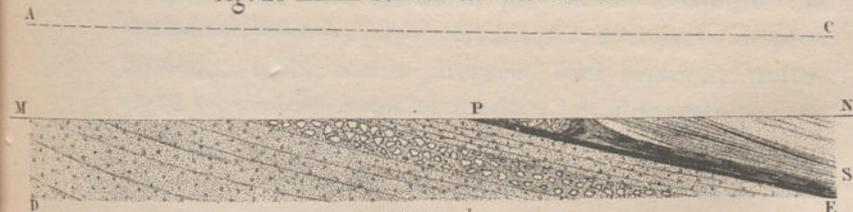


Fig. 26 — Terrain houiller actuel



*Echelle de 20.000*

MN Niveau actuel du sol  
 ACMN Partie détruite par l'érosion

Après un certain abaissement de niveau du lac, révélé par les bancs remaniés (1), les cours d'eau ravinèrent la plaine alluviale et emportèrent jusqu'à leur embouchure les matières végétales répandues à la surface de cette plaine, dans les lagunes et les marécages. C'est durant cette période que se sont formés les grès noirs : les matières végétales en partie transformées, denses par conséquent, se sont arrêtées au milieu des sables qui constituent les grès noirs.

11° *Clivages*. — La disposition des clivages de la houille et du schiste, l'absence de ces divisions dans le grès et dans le fer carbonaté ; leur rareté dans le cannel coal, le boghead et même dans la houille grenue ou foliaire ; les clivages artificiels obtenus avec des couches de peinture et de colle ; l'absence de clivage dans deux lits de boue sablonneux qui enveloppent un lit de limon parfaitement clivé... tous les faits naturels ou artificiels que j'ai pu observer indiquent que le clivage de la houille et des schistes de Commeny est un phénomène de retrait.

### § 3. — DESCRIPTION DÉTAILLÉE DES FAITS.

PL. VI. — Les figures de la PL. VI ont été prises dans les tranchées ouvertes, en divers points, aux affleurements de la Grande Couche.

Ces tranchées servent de carrières à remblais pour l'exploitation souterraine et permettent d'exploiter la Grande Couche à ciel ouvert jusqu'à 60 mètres de profondeur ; leurs parois dressées font ressortir nettement toutes les strates et rendent les observations très faciles.

---

(1) 2<sup>me</sup> partie, ch. I et PL. XI.

FIG. 1. — La FIG. 1 est un plan fait au niveau du sol, à très petite échelle  $\frac{1}{30.000}$ , destiné à indiquer la position des tranchées relativement à la Grande Couche ; elle montre aussi l'allure générale, en direction, des bancs du toit de la Grande Couche.

Ces bancs, sensiblement parallèles à la couche en *ab* (tranchée de Longeroux) sont en stratification nettement discordante en *cd* (tranchée de l'Espérance) ; ils reprennent le parallélisme apparent de *d* en *h* (tranchée des Chavais et de Forêt) ; puis ils redeviennent discordants en *i*, et ne cessent guère de l'être jusqu'à l'extrémité *p. q.* des affleurements (tranchées Saint-Edmond, Grande Tranchée, tranchée de l'Ouest et du Puisard et tranchée du Pré Gigot).

FIG. 2. — La FIG. 2 est une coupe verticale des bancs houillers, faite suivant la ligne *a. b. c. d. e. f. g. h. i. j. k. l. m. n. o. p. q.* du plan (FIG. 1).

C'est le développement sur un plan vertical de la paroi principale des tranchées.

*Grande Couche.* — La Grande Couche, suivie presque en direction, est assez régulière dans l'ensemble ; sa puissance se maintient entre 10 et 18 mètres, de *g* en *m*, sur plus de 1.500 mètres de longueur. On n'a indiqué dans la couche que les principales intercalations : le *Banc des Chavais* près du toit, de *c* en *h*, et une série de banc de grès en *m*.

*Défaut de parallélisme entre la Grande Couche et les bancs supérieurs.* — Le défaut de parallélisme entre la Grande Couche et les bancs supérieurs, visible sur le plan FIG. 1, est encore plus sensible dans la coupe verticale FIG. 2.

La discordance est très nette en *c* (tranchée de l'Espérance) ; en *d*, il y a à peu près parallélisme, mais les

strates du toit ne tardent pas à s'écarter de la houille pour s'en rapprocher ensuite et former ainsi une sorte de grande ondulation de *d* en *h* ; une autre ondulation semblable est visible de *h* en *I*, une troisième de *I* en *o*, une quatrième plus loin.

*Faisceaux de bancs discontinus.* — Ces ondulations ne sont pas formées par les mêmes bancs qui s'éloigneraient et se rapprocheraient alternativement de la Grande Couche (les bancs de grès et de schistes du toit sont loin d'avoir la continuité et l'étendue qui seraient nécessaires); elles résultent de la présence de faisceaux de bancs lenticulaires isolés qui se trouvent de distance en distance sur la Grande Couche et qui n'ont entre eux aucun lien. L'un de ces faisceaux se voit nettement, par exemple, de *i* en *I*; de *i* en *J* des bancs naissent, se renflent, atteignent 35 mètres de puissance, puis disparaissent de *k* en *I*. Même phénomène sous les ondulations *dh*, *In*, *nq*.

Les bancs supérieurs qui reposent sur ces faisceaux isolés, et qui, de prime abord, paraissent continus, ne vont généralement pas beaucoup plus loin que les faisceaux qu'ils recouvrent. Ce ne sont pas les mêmes bancs qui forment les différentes ondulations. Un enchevêtrement de bancs différents, ayant peu d'épaisseur, donne l'illusion de la continuité des mêmes bancs.

*Variation de nature et de puissance des bancs qui recouvrent la Grande Couche.* — Les bancs qui forment le toit immédiat de la Grande Couche, sont :

Des grès charbonneux ou des schistes feuilletés, à Longeroux ; des poudingues grossiers en *c*, à l'Espérance ;

Des schistes bitumineux et des schistes argileux aux Chavais ;

Des schistes bitumineux, puis charbonneux et aussi des grès grossiers à Saint-Edmond ;

Des schistes argileux et charbonneux dans la Grande Tranchée et au Puisard ;

Des grès sur certains points du Pré Gigot.

Ce sont les schistes qui dominent au contact de la Grande Couche ; plus haut, ce sont les grès auxquels le passage se fait graduellement. A 30 ou 40 mètres au-dessus de la Grande Couche, les schistes deviennent rares.

FIG. 3. — *Paroi Ouest des tranchées de l'Espérance et des Chavais.* — Cette coupe montre la Grande Couche avec toute son épaisseur, de A en f ; de A en c on ne voit que la partie supérieure de la couche.

*Bancs intercalés dans la Grande Couche.* — 1° *Banc des Chavais.* — Le Banc des Chavais, près du toit, apparaît en B où il est très charbonneux, se renfle peu à peu en allant vers l'Ouest et atteint 7 mètres d'épaisseur en G. Dans sa partie puissante, c'est une sorte de conglomérat informe, à blocs atteignant jusqu'à 50 centimètres ; les éléments deviennent plus petits et le banc devient plus charbonneux à mesure qu'on se rapproche du point B.

2° *Banc des Roseaux.* — Schiste argileux micacé très riche en empreintes, passant sur quelques points au grès. Ce banc est près du mur ; il est moins irrégulier que le Banc des Chavais.

3° *Filets ferrugineux.* — De B en C, la couche est divisée par des filets ferrugineux assez nombreux.

*Modification de la Grande Couche.* — *Passage de la houille au schiste bitumineux.* — HI est une veine de houille passant au schiste bitumineux. Elle est sépa-

rée du reste de la Grande Couche par le *Banc des Chavais*. En H, c'est de la houille pure et grasse à longue flamme ; elle se modifie et passe graduellement au schiste bitumineux ; de *d* en *e*, la nature schisteuse est déjà nettement accusée ; en *i*, la veine ne rappelle plus du tout la houille ni par l'aspect, ni par les propriétés ; c'est du schiste bitumineux analogue à celui que l'on exploite à Buxières-les-Mines et à Autun pour la fabrication des huiles minérales. Au-delà, à l'Ouest, la veine HI redevient peu à peu charbonneuse. (Voir coupe verticale, FIG. 2.)

*Failles locales.* — En  $f^1$ ,  $f^2$ ,  $f^3$ ,  $f^4$ , on remarque des failles locales qui affectent la Grande Couche et quelques bancs du toit et qui ne troublent pas l'allure des bancs supérieurs de la tranchée.

*Nature du toit de la Grande Couche.* — Le toit de la couche est constitué par des schistes feuilletés, divisés par des filets de grès de plus en plus nombreux et de plus en plus épais à mesure qu'on s'éloigne de la houille.

Parmi les lits de schiste, quelques-uns sont bitumineux.

*Lits ferrugineux.* — Entre les bancs de schiste ou de grès du toit se trouvent quelques lits ferrugineux, dont l'épaisseur varie de 3 à 10 centimètres. C'est du fer carbonaté lithoïde.

FIG. 4. — *Tranchée de Forêt.* — La bande A B indique une partie de la tranchée cachée par des terres rapportées.

*Erosions du toit de la Grande Couche.* — *Eboulements.* — *Plissements.* — Le toit de la couche, régu-

lier et recouvert de schistes aux deux extrémités de la FIG. A et B, est inégal, corrodé, déchiqueté au milieu, de C en D ; les schistes concordants ailleurs sont remplacés ici par un amoncellement informe de blocs de grès, de schiste, de houille. On est en présence d'un glissement, d'un éboulement contemporain de la formation. (Voir détail PL. VIII, FIG. 5.)

*Grès et schistes remaniés.* — Les bancs de grès R<sup>1</sup>, R<sup>2</sup>, R<sup>3</sup>, dont l'allure générale est régulière, sont constitués en grande partie par des fragments de grès et de schistes houillers, qui leur donnent dans le détail l'aspect le plus irrégulier. (PL. XI.)

*Grès à lentilles irrégulières de houille, dits Grès noirs.* — Au sommet de la tranchée apparaît la formation dite des *Grès noirs*, G. Ce sont des grès à grains moyens au milieu desquels se trouvent une multitude de lentilles de houille très irrégulières et de toutes dimensions, depuis 1/10<sup>e</sup> de millimètre jusqu'à plusieurs mètres d'épaisseur.

FIG. 5. — *Tranchée de Forêt.* — *Coupes en travers, suivant l'inclinaison de la Grande Couche.* — *Défaut de parallélisme.* — La coupe (FIG. 5), faite à l'extrémité de la tranchée de Forêt, montre que le parallélisme de la Grande Couche et des bancs supérieurs n'existe pas plus suivant l'inclinaison que suivant la direction. Le banc de schistes H, par exemple, passe de 6<sup>m</sup> d'épaisseur à 1<sup>m</sup> sur une longueur de moins de 50 mètres.

Cette coupe, vue de loin, donne cependant l'impression d'une régularité géométrique.

FIG. 6. — *Tranchée Saint-Edmond.* — *Coupe suivant la direction de la Grande Couche.* — Grande Couche

très régulière, de 10 à 12 mètres de puissance, sans intercalations notables en dehors du Banc des Roseaux.

A distance, le toit de la Grande Couche paraît net, linéaire; de près il est impossible de dire où finit la houille et où commencent les schistes; sur plusieurs décimètres, et même sur plusieurs mètres des schistes très charbonneux alternant avec de la houille plus ou moins schisteuse et il est impossible de fixer la limite de la Grande Couche.

*Bancs du toit.* — Immédiatement au-dessus de la houille on trouve ordinairement des schistes plus ou moins charbonneux ou bitumineux, puis de petits filets de grès font leur apparition au milieu des schistes; plus haut, à 30 ou 40 mètres, ce sont les grès qui dominent.

Quoique ce ne soient ni les mêmes bancs de grès, ni les mêmes bancs de schistes qui règnent au-dessus de la couche dans toute la longueur de la tranchée, ce sont toujours des alternances analogues de schistes et de grès qui règnent sur les divers points.

*Convergence, transformation et disparition de certains bancs supérieurs vers la Grande Couche.* — Considérons le faisceau de bancs A B. Son épaisseur est de 35 mètres à droite; elle n'est plus que de 8 mètres à gauche en C D; 27 mètres de bancs ont disparu au-dessus de la Grande Couche, sur 260 mètres de longueur.

Suivons le banc de grès A C. En A, c'est un grès à grains grossiers de 5 mètres d'épaisseur. Il se rapproche peu à peu de la Grande Couche, prend un grain plus fin, se divise, se transforme, passe au schiste, et en C il n'est plus représenté que par une épaisseur de 1<sup>m</sup> de grès en plusieurs filets séparés par des interca-

lations. C'est ainsi que disparaissent la plupart des bancs de grès du toit de la Grande Couche.

Quant aux schistes, ils perdent aussi de leur épaisseur, ils deviennent plus feuilletés et plus charbonneux, et finissent généralement par se confondre avec la partie supérieure de la Grande Couche.

*Grès remaniés.* — Les bancs R<sup>1</sup>, R<sup>2</sup>, R<sup>3</sup> qui, de loin, ressemblent aux autres bancs de grès, au lieu d'être composés comme d'ordinaire par des grains ou des galets provenant de la décomposition de roches primitives, sont constitués en grande partie avec des fragments de grès et de schistes provenant d'assises identiques aux bancs de grès et de schistes voisins. En E, on peut voir une épaisseur de 5 mètres de bancs remaniés constitués par des fragments très grossiers de grès et de schistes; en F, à 25 mètres seulement de distance, ces 5 mètres de bancs grossiers sont réduits à 0<sup>m</sup>,50 de grès fins schisteux et charbonneux.

*Nodules ferrugineux.* — Dans la Grande Couche, surtout vers le mur, et dans les schistes du toit, on trouve des nodules ferrugineux aplatis et étalés dans le sens de la stratification N N<sup>1</sup>.

*Boules de Grès.* — Au milieu du banc de grès R<sup>3</sup>, on trouve des boules de grès plus ou moins ovoïdes, très dures, de même grain que le grès qui les entoure, à pâte légèrement ferrugineuse.

*Failles locales.* — En f<sup>1</sup>, f<sup>2</sup>, sont des failles qui déplacent quelques bancs de plusieurs mètres de hauteur et qui n'affectent nullement les bancs supérieurs de la tranchée.

*Veinules de chaux carbonatée.* — Des lits de chaux

carbonatée cristalline sont interstratifiés en G, H; ils ont de 2 à 10 millimètres d'épaisseur et de 20 à 70 mètres de longueur.

*Fausse stratification.* — Dans le banc A, on voit en A' quelques traits de fausse stratification

PL. VII. — FIG. 1. — *Paroi sud de la Grande Tranchée.* — Cette figure est une vue agrandie de la partie Im de la coupe générale, FIG. 1, PL. VI.

*Ramification de la Grande Couche.* — A l'Est, en I, on voit en bas une petite couche (la sixième) qui est séparée de la Grande Couche par quelques mètres de grès schisteux.

En ce point la Grande Couche a 14<sup>m</sup> de puissance, sans intercalation stérile notable; elle se conserve à peu près dans les mêmes conditions jusqu'en A. A partir de ce point, des nerfs gréseux de plus en plus nombreux et puissants divisent la Grande Couche; quelques veines Ar s'écartent assez du faisceau principal pour être considérées comme des couches distinctes. La 6<sup>me</sup> couche a continué à s'écarter; en I, il n'y avait que 3 mètres du toit de la 6<sup>e</sup> couche au mur de la Grande; en m, le même intervalle a 23 mètres. Ce n'est que le commencement des divisions de la Grande Couche, dont les ramifications s'accroissent à l'Ouest en s'écartant de plus en plus les unes des autres.

*Toit de la Grande Couche.* — *Limite indéfinie du charbon et du schiste.* — De prime abord et vu de loin, le toit de la Grande Couche paraît rectiligne, net, comme le plan de séparation de deux couches de nature différente. De près on constate que la limite du charbon et des schistes est confuse, indéfinie; on hésite à placer cette limite sur une hauteur de plusieurs décimètres,

quelquefois sur plusieurs mètres. En général, le passage de la houille pure au schiste pur, n'est pas rapide, net, mais graduel. De petits filets de schiste charbonneux paraissent au milieu de la houille ; ils deviennent de plus en plus nombreux et argileux, et on finit par ne plus voir que quelques filets charbonneux au milieu des schistes.

*Convergence et disparition des bancs du toit vers la Grande Couche ; passage du grès au schiste et du schiste à la houille.* — Le faisceau de bancs B m'' de 10 mètres d'épaisseur, disparaît complètement sur une longueur de 60 mètres, au-dessus de la Grande Couche. Les bancs de grès diminuent graduellement ou passent au schiste en s'approchant de la Grande Couche ; les schistes passent à la houille.

Ce phénomène qui se manifeste avec intensité pour les bancs B m'' se renouvelle au-dessus, mais d'une manière moins brusque. Le banc de grès c qui est à 28 mètres de la Grande Couche en c, n'en est plus qu'à 11 en f<sup>2</sup> à 170 mètres de distance, et son épaisseur s'est fortement réduite.

La convergence et la disparition des bancs sont générales, mais ne s'effectuent pas toujours dans le même sens. On l'a déjà vu dans la coupe générale, Fig. 2, Pl. VI ; ici on constate que le faisceau D E, qui a 32 mètres d'épaisseur à l'Est, se réduit à 20 mètres environ en F C. De ces amincissements en sens inverse résulte le parallélisme apparent de l'ensemble.

L'observation attentive de cette tranchée, que l'œil embrasse facilement sur 260 mètres de longueur et une profondeur de 50 à 60 mètres, produit toujours un profond étonnement chez les géologues. De prime abord, les strates qui sont un peu moins apparentes que sur le dessin paraissent parallèles ; on croit voir comme

de longs rubans déroulés ; puis peu à peu l'irrégularité apparaît ; on aperçoit de loin la convergence, la disparition des bancs, les failles locales, la forme lenticulaire des grès, et de près, une multitude de particularités qui échappent facilement à l'observateur non prévenu.

*Failles locales.* — En  $f^1, f^2, f^3, f^4$ , sont des accidents locaux, des failles qui n'affectent que quelques bancs et n'ont laissé aucune trace sur les bancs supérieurs de la tranchée.

*Fausse stratification.* — En G, des lignes transversales forment une fausse stratification dans quelques bancs de grès.

FIG. 2. — *Coupe en travers à l'extrémité Ouest de la Grande Tranchée.* — Les ramifications que l'on voit à l'Ouest sur la FIG. 1 ne donnent pas une idée des irrégularités que les bancs présentent un peu en amont, vers le mur et qui sont représentées par la FIG. 2.

On voit en HI un amas de houille constitué par des lits coupés en aval, et d'autres amas charbonneux J, K, très irréguliers, séparés du premier par des grès bizarrement contournés. L'irrégularité cesse en LN que l'on peut considérer comme la base du faisceau principal de la Grande Couche représenté en  $m', m''$  (FIG. 1).

Au-dessus de LN les bancs prennent une allure à peu près régulière.

On verra que ces irrégularités s'expliquent par des glissements (PL. IX).

FIG. 3. — *Tranchée de l'Ouest. — Grande couche subdivisée.* — Cette figure ne montre que la branche principale de la Grande Couche que l'on désigne sous le nom de *Couche n° 1* et qui correspond aux veines  $m', m''$  de la FIG. 1.

Cette couche n° 1 est elle-même subdivisée en plusieurs veines par des intercalations schisteuses ; son ensemble paraît assez régulier quoique les veines de houille et les schistes qui la constituent soient fort irréguliers.

*Toit variable de la couche n° 1.* — La couche est recouverte en *n* par des schistes en stratification concordante qui deviennent peu à peu gréseux à partir du point A.

*Grès remaniés.* — Au-dessus de ces schistes se trouve un banc B C D constitué par des fragments de grès et de schistes *remaniés*. Plus haut, en E F, se trouve un autre banc de même nature, mais moins puissant.

*Lentilles de houille dans les bancs du toit.* — Sur le banc B C repose une lentille de houille G H de 1 mètre d'épaisseur en son milieu, qui s'amincit à droite et se perd à gauche en un certain nombre de petites ramifications.

*Convergence des bancs supérieurs vers une lentille de houille.* — A droite, un faisceau de bancs H I converge et disparaît rapidement sur la lentille de houille G H ; à gauche, d'autres bancs G J convergent en sens inverse vers la lentille et disparaissent également.

On remarque encore sur la FIG. 3 :

*Des failles locales,  $f^1$ ,  $f^2$ ,  $f^3$  ;*

*La forme lenticulaire des bancs de grès au-dessus de D O ;*

*Des nodules de fer carbonaté très nombreux dans les intercalations schisteuses de la couche n° 1.*

FIG. 4. — *Tranchée du Pré Gigot.* — Coupe suivant la direction de la couche n° 1. — Sur cette figure

où la couche n'est représentée que par sa partie supérieure, on remarque surtout l'irrégularité des bancs supérieurs, leur convergence, leur forme lenticulaire.

FIG. 5. — *Tranchée du Pré Gigot.* — *Coupe en travers.* — Quoiqu'elle ne soit pas régulière, la coupe en direction FIG. 4 ne fait pas prévoir les irrégularités que l'on voit dans la coupe en travers FIG. 5. C'est un effet analogue à celui que font les FIG. 1 et 2 prises dans la tranchée Saint-Augustin.

Ici, on voit des bancs, ou plutôt des lambeaux de bancs venant du dessus pénétrer brusquement dans le toit de la couche n° 1, en refoulant le charbon en tous sens. Le mur de la couche est régulier.

On verra l'explication de ces faits à l'article *glissements* (PL. IX).

FIG. 6. — *Tranchée de l'Espérance.* — *Coupe suivant l'inclinaison de la Grande Couche.*

*Intercalations stériles dans la Grande Couche.* — En R, la Grande Couche a de 10 à 15 mètres de puissance, en bonne houille pure ; le Banc des Roseaux R et deux lits de schiste très minces sont les seules intercalations qu'on y rencontre.

En F, la Grande Couche est représentée par une douzaine de veines schisto-charbonneuses, séparées entre elles par des grès grossiers. L'épaisseur totale, du mur au toit est de 18 mètres.

De R en F la transformation de la Grande Couche est sensible : au milieu de la houille paraissent successivement des filets stériles qui s'épaississent graduellement ; en même temps la houille devient de plus en plus impure. Vers les affleurements en F, il n'y a plus de houille exploitable ; les diverses ramifications de la Grande Couche sont constituées par du schiste charbonneux.

Parmi les lits stériles intercalés dans la Grande Couche on remarque :

1° Le Banc des Roseaux R qui existe sur toute la longueur de la figure, plus près du mur aux affleurements qu'au fond de la tranchée. C'est un schiste gréseux ;

2° Le banc M, grès grossier à nombreux galets, qui s'amincit et disparaît en profondeur ;

3° Le banc N ondulé, en grès grossier aussi, qui se termine par un filet de grès fin ;

4° Le banc O qui forme le toit de la couche en O, et pénètre bientôt sous une veinule de houille.

*Toit de la Grande Couche.* — De A en B, la couche de houille est recouverte de schistes feuilletés en stratification concordante ; de B en D, les schistes sont remplacés par des grès et poudingues grossiers, plongeant fortement en sens inverse de la Couche ; de D en O les mêmes poudingues recouvrent encore la couche en stratification discordante, mais leur inclinaison se rapproche de celle de la Grande Couche.

En B se trouve la limite des deux natures de terrain qui recouvrent la Grande Couche ; schistes et grès ordinaires à droite, poudingues exceptionnels à gauche.

En A la Grande Couche et les bancs qui la recouvrent jusqu'au sommet de la tranchée ont la disposition habituelle et la constitution la plus ordinaire, mais bientôt les schistes et le grès se redressent, se courbent et s'arrêtent brusquement contre une sorte de muraille schisteuse B. Derrière cette muraille apparaissent des grès et des poudingues. Un lambeau de houille GH partant de la Grande Couche s'avance, en remontant, jusqu'au milieu des schistes.

*Troncs d'arbres.* — En C et en I on voit au milieu des poudingues, deux troncs d'arbres de 1<sup>m</sup>,20 de dia-

mètre disposés normalement ou obliquement par rapport à la stratification.

PL. VIII. — FIG. 1. — *Tranchée de l'Ouest.* — *Coupe suivant la direction de la couche n° 1.* — Cette figure a pour but de montrer quelques particularités qui sont au toit de la Couche n° 1, c'est-à-dire au toit de la branche principale et supérieure de la Grande Couche.

*Veinule de houille au toit de la couche n° 1.* — On voit en ABC une veinule lenticulaire de houille qui commence en A par un filet à peine perceptible, grossit graduellement jusqu'en B où son épaisseur est de 1 mètre, se ramifie ensuite très irrégulièrement et disparaît enfin peu à peu vers C par un amincissement graduel analogue à celui de l'autre extrémité A.

La veinule ABC est à quelques mètres au-dessus de la couche n° 1 dont elle est séparée par des schistes et par le banc de grès AF visible en partie sur la Fig. 1.

*Convergence des bancs supérieurs vers la houille.* — Les bancs qui recouvrent la veinule de houille ABC sont remarquablement convergents ; à droite, par exemple, le faisceau AG de 10 mètres d'épaisseur, disparaît entièrement sur une longueur AB de 48 mètres ; à gauche, le faisceau CH, de 7 mètres d'épaisseur, disparaît sur une longueur de 24 mètres.

Les deux faisceaux AG et CH sont très différents de constitution et d'allure. En AG les bancs sont régulièrement stratifiés ; ce sont d'abord des schistes charbonneux séparés par de petits bancs de grès ; ensuite les grès sont plus puissants et les schistes plus minces et plus argileux. Au point où les schistes viennent s'appuyer sur la veinule ABC on voit la houille se renfler graduellement, il y a passage assez rapide du schiste à la

houille. En C, les premiers bancs qui sont au-dessus de la veinule de houille ressemblent bien à ceux de l'extrémité A ; mais les schistes font bientôt place à des bancs de grès puissants qui se terminent brusquement et très irrégulièrement, sur la houille, de E en D.

A droite, la convergence est régulière ; à gauche les bancs se terminent irrégulièrement.

*Bancs houillers remaniés.* — La veine ABC repose presque dans toute sa longueur sur un banc de grès AF, de 3 mètres d'épaisseur, constitué principalement par des *fragments* de grès et de schistes houillers. Ces fragments de toutes les dimensions comprises entre zéro et 1 mètre sont disséminés dans le banc au milieu des grains de quartz, de feldspath et de roches primitives ordinaires ; ils sont distribués sans ordre, et sont souvent déformés, contournés, anguleux.

Deux bancs semblables I, J, mais moins épais, se trouvent au-dessus de la veinule ABC.

FIG. 2. — *Coupe suivant l'inclinaison de la Grande Couche à 250 mètres de profondeur, sur un point où cette couche est amincie.* — Cette figure, prise à 250 mètres de profondeur et à 800 mètres de distance du point où a été prise la FIG. 1, montre un phénomène de convergence aussi accentué que le précédent. Ici la convergence se voit suivant l'inclinaison de la couche de houille.

*Passage graduel du grès au schiste, puis à la houille.* — Comme dans la FIG. 1, les schistes passent graduellement à la houille ; de plus on voit le grès grossier passer au grès fin, puis au schiste, puis à la houille, notamment dans le banc AB.

On remarque le contraste que la couche de houille, d'épaisseur, de constitution et d'inclinaison assez régu-

lières, présente avec les bancs supérieurs très irréguliers d'allure, de puissance et de composition.

FIG. 3. — *Carrière des Pégauds.* — *Coupe suivant la direction des bancs.* — *Prédominance des grès à une grande distance au-dessus de la Grande Couche.* — On exploite, comme pierre à bâtir, dans la carrière des Pégauds, située à 100 mètres au-dessus de la Grande Couche, une série de bancs de grès, dont quelques-uns ont plusieurs mètres d'épaisseur. La hauteur de la carrière est de 25 mètres ; sur cette hauteur on ne compte que 3 mètres de schistes intercalés entre les grès en veines de 0<sup>m</sup>,50 à 1 mètre d'épaisseur.

*Fausse stratification.* — L'un des bancs de grès représenté en AB (FIG 3) porte dans sa partie inférieure de nombreuses lignes schisteuses inclinées à 20 degrés environ sur le plan général de stratification. Ces lignes de fausse stratification se raccordent avec l'assise schisteuse CD sur laquelle repose le banc de grès.

*Passage graduel du schiste au grès.* — En remontant, on voit les fausses veines de schiste passer graduellement au grès au milieu duquel elles disparaissent.

En F, on voit le grès remplacer peu à peu le schiste qui règne exclusivement de E en F ; en G, le schiste représenté par trois petits lits est moins puissant que le grès correspondant.

*Faïlle locale.* — Une petite faille *f* affecte le schiste FE et une partie du banc de grès ; sa trace disparaît avant d'atteindre le mur du banc de grès.

FIG. 4. — *Tranchée de Longeroux.* — *Coupe faite suivant la direction de la Grande Couche, à 25 mètres au-dessus de cette couche.* — Au point où a été prise la

FIG. 4, la Grande Couche est recouverte par une formation de grès charbonneux (les grès noirs) de 20 mètres d'épaisseur. C'est au-dessus de cette formation que se trouve le banc de grès AB représenté sur la FIG. 4.

Ce banc a 6 mètres d'épaisseur; il repose sur des veinules de schistes alternant avec des veinules de houille très irrégulières qui font partie des *grès noirs*.

*Fausse stratification.* — Le banc AB porte de nombreuses traces de fausse stratification, les unes schisteuses S<sup>1</sup>, S<sup>2</sup>, ..... S<sup>7</sup>, qui se raccordent et se confondent avec un mince filet de schiste sur lequel repose le banc de grès AB; les autres P<sup>1</sup>, P<sup>2</sup>, ..... P<sup>5</sup>, formés par des trainées de gros grains de quartz et de granite; ces dernières s'arrêtent nettement à la base du banc de grès.

Les lits de fausse stratification sont inclinés à 40° environ sur le plan général de stratification.

Sous chaque faux lit de schiste on remarque un petit renflement de la veinule charbonneuse EF et une ondulation de la veinule schisteuse CD.

FIG. 5. — *Tranchée de Forêt.* — *Vue de la paroi Sud.* — Les hachures AB indiquent une partie de la paroi de la tranchée recouverte de terres éboulées.

*Grande Couche.* — *Irrégularités du toit.* — La Grande Couche a, dans cette région, 10 mètres de puissance; elle est divisée par deux intercalations notables, qui sont :

Le Banc des Chavais CD, et le Banc des Roseaux R.

Sur les deux côtés de la figure, de E en F et de G en H, le toit de la Grande Couche est régulier et recouvert d'alternances schisteuses et gréseuses ordinaires; mais au milieu, de F en G, le toit de la Grande Couche est irrégulier, corrodé, déchiqueté, et le terrain

supérieur est un amoncellement informe de grès, de schiste et de houille en lambeaux plus ou moins puisants.

Dans la région F, M, B, G, les bancs ordinaires sont détruits et remplacés par des fragments épars de grès, de schistes arrachés au voisinage et formant comme une sorte de grand éboulement au-dessus de la Grande Couche. La partie inférieure de la Grande Couche n'est pas troublée, non plus que les bancs supérieurs de la tranchée. Si l'on ne considérait que la partie inférieure de la Grande Couche et les bancs supérieurs de la tranchée, on ne soupçonnerait pas qu'un bouleversement local aussi considérable existe au toit de la Grande Couche.

Le bloc IJ de 28 mètres de long et 4 mètres d'épaisseur doit avoir été détaché des assises AF à un niveau supérieur ; sa constitution générale et notamment un lit de nodules ferrugineux ne laisse pas de doute à cet égard.

Les petits amas de houille K, L, paraissent provenir de la Grande Couche au toit de laquelle ils ont sans doute été arrachés.

Le grès N est de même nature que des bancs du toit un peu éloignés de la Grande Couche.

Tout le reste de l'éboulement peut se rattacher par fragments aux bancs non déplacés du voisinage.

*Bancs de houiller remanié.* — Parmi les assises régulières du sommet de la tranchée, se trouvent quelques bancs de grès O, P, Q, R, constitués en grande partie par des fragments de grès et de schistes houillers disposés d'une manière très irrégulière dans chaque banc. La dimension de ces fragments varie de 0 à 1 mètre ; ils sont tantôt isolés dans le grain ordinaire du grès, tantôt réunis en grand nombre ; leur forme est généra-

lement plate, souvent contournée, repliée, anguleuse ; ils sont tantôt parallèles, souvent obliques, quelquefois perpendiculaires au plan général de stratification.

Quelques-uns de ces bancs de terrain houiller remanié ne renferment pas de fragments de grande dimension, mais seulement de petits grains ovoïdes, tout au plus gros comme une noisette (FIG. 6, PL. XI). Ces grains sont en grès fin argileux ; ils sont extrêmement nombreux.

FIG. 6. — *Coupe verticale suivant la ligne XY de la FIG. 5.* — Cette figure a pour but de montrer que le toit de la Grande Couche est entaillé, découpé suivant l'inclinaison, comme suivant la direction. La houille est irrégulièrement rabotée, déchiquetée, et le schiste ordinaire du toit est remplacé par du grès.

FIG. 1. — *Coupe verticale suivant l'inclinaison de la Grande Couche, à 10 mètres à l'Est du point A de la FIG. 5.* — Cette coupe faite suivant l'inclinaison de la Grande Couche, au point A de la FIG. 5, présente un ensemble d'apparence très régulière ; vue à quelque distance la tranchée donne l'impression d'une régularité géométrique. Mais cette régularité est plus apparente que réelle, le banc EF, par exemple, perd la moitié de sa puissance (1<sup>m</sup> sur 2<sup>m</sup>) sur une longueur de 10 mètres. La plupart des autres bancs perdent aussi de leur puissance en profondeur.

Cependant le rapprochement de la FIG. 7 avec la FIG. 6 montre combien l'allure des bancs du toit a été modifiée dans la région FMG de la FIG. 5.

PL. IX. — FIG. 1, 2, 3 et 4. — *Tranchée de Forêt.*  
— *Vue de la paroi Sud.*

FIG. 1. — La figure 1 représente à petite échelle une

partie de la paroi sud de la tranchée de Forêt. On y remarque entre autres choses des bancs plissés et ondulés auxquels on a emprunté les détails figurés au-dessus.

*Lambeau de la Grande Couche refoulé dans les bancs du toit.* — De A en B le toit de la Grande Couche suit une double courbure assez régulière ; en B un lambeau de cette couche, de peu d'importance, pénètre dans le toit ; puis le toit de la Grande Couche reprend son allure.

Des lambeaux analogues de Grande Couche pénétrant dans le toit se voient en beaucoup d'autres points des tranchées : à l'Espérance (FIG. 6, PL. VII), à Longeroux (FIG. 2, PL. VI), au Pré Gigot (FIG. 5, PL. VII), à l'Ouest (FIG. 3, PL. VII), et sur beaucoup de figures relevées à l'intérieur de la mine (amas de l'Ouest, 4<sup>e</sup> étage, FIG. 12, PL. II. — Grès noirs, FIG. 13, PL. II).

Au-dessus du lambeau de houille refoulé, on voit un lit schisteux qui suit à peu près la même direction.

*Bancs convergents sur la Grande Couche.* — Le faisceau de banc AD, de 6 mètres d'épaisseur, s'aminuit graduellement et disparaît de A en B sur une longueur de 20 mètres. Ici cette convergence paraît liée à un glissement des bancs du toit sur la Grande Couche.

*Nodules ferrugineux.* — Au milieu du banc de schiste gréseux EF, on voit une ligne de nodules ferrugineux étalés à peu près suivant le plan de stratification. Quelques-uns de ces nodules ont 0<sup>m</sup>,15 de longueur et 0<sup>m</sup>,05 d'épaisseur.

*Schistes ondulés, contournés.* — Au-dessus du banc à nodules ferrugineux, on voit quatre petits lits de grès, assez réguliers, séparés par des bancs de schistes plus puissants, d'apparence assez régulière comme

ensemble, mais extrêmement irréguliers dans le détail ; ils sont ondulés, contournés, repliés comme le montrent en détail les FIG. 2 et 4.

*Banc de grès déchiqueté.* — Plus haut se trouve un banc de grès KL, dentelé dessus et dessous, pénétré par du schiste, dessinant les formes les plus bizarres et les plus irrégulières. La FIG. 4 représente à plus grande échelle la partie RS de ce banc.

FIG. 2. — La FIG. 2 représente à plus grande échelle la partie MO du banc I J, FIG. 1.

Le banc est rubané par des alternances de filets argileux et de filets de schiste gréseux.

A la base quelques feuillets sont d'une parfaite régularité ; un peu au-dessus, les feuillets AB, réguliers à gauche, se relèvent en B, et s'arrêtent en C, à la partie supérieure du banc, brusquement, comme coupés, corrodés. On les retrouve en DE. Au point de rebroussement, les filets de grès ont formé de petits amas, en F.

D'autres feuillets KL sont aussi fortement plissés.

Le banc MO est limité en dessus par une strate de grès très irrégulière. Tous les feuillets qui arrivent au contact de ce grès sont coupés, rabotés, érodés, notamment en J, I, H, G.

FIG. 3. — La FIG. 3 représente la partie PQ du banc GH de la FIG. 1. C'est un double plissement local auquel des filets de grès ont participé comme les schistes dont se compose principalement le banc. On remarque la suppression brusque au toit et au mur, de nombreux filets de schiste, en A, B, C, D. Ces accidents de détail n'empêchent point le banc d'être assez régulier dans son ensemble.

FIG. 4. — La FIG. 4 représente à plus grande échelle la partie RS du banc KL de la FIG. 1.

Sur une veinule de grès LM, repose un banc schisteux dont la partie supérieure est d'une extrême irrégularité, entaillée, dentelée, comme profondément corrodée.

Au fond des entailles A, B, C, E..... I, les filets schisteux sont visiblement comprimés, et la compression semble s'être transmise au-dessous du banc en N, O.

Quelques fragments du grès supérieur P, Q, R, sont noyés dans le banc de schiste au-dessous des dentelures.

FIG. 5. — *Coupe verticale de la partie supérieure de la Grande Couche et de quelques bancs du toit, à 140 mètres de profondeur (Puits Forêt).* — La Grande Couche dont les strates charbonneuses sont visibles et accusées d'ailleurs par le filet de grès AB, est découpée, creusée en CD, et la cavité est remplie par un plissement des premiers bancs du toit. La cavité semble avoir été faite à l'emporte-pièce, sans troubler les parties voisines de la couche.

A gauche, en E, c'est la houille qui pénètre brusquement dans le toit, et supprime de E en F le lit de schiste inférieur.

La matière charbonneuse est rapidement amincie, étirée de E en F.

Ces ondulations, étirements et refoulements, sont tout à fait locaux ; ils diminuent graduellement d'intensité à mesure qu'on s'éloigne de la partie figurée, soit en dessous dans la Grande Couche, soit en dessus dans le toit, soit plus haut suivant l'inclinaison.

FIG. 6. — *Grande Couche et bancs voisins dans la Tranchée de Longeroux.* — La Grande Couche passe rapidement de 15<sup>m</sup>,50 de puissance en AC, à 11 mètres en E, et à 4 mètres en FB.

Les strates charbonneuses comme les bancs du toit, accusent des refoulements, des compressions répétées. Le banc de grès AB, qui forme le mur, se ressent à peine des déformations du toit.

On est là dans le voisinage du grand accident de l'Espérance. (FIG. 6, PL. VII.)

La houille et les schistes supérieurs sont plissés, recourbés, étirés, refoulés, coupés, en FG surtout.

En H paraissent les grès noirs (Ch. III et PL. XIII).

PL. X. — FIG. 1. — *Coupe verticale suivant la direction de la Grande Couche, à 225 mètres de profondeur. (Puits du 12 juillet.)*

Dans cette région, la Grande Couche s'amincit, se ramifie et disparaît peu à peu en passant graduellement au schiste et au grès, aussi bien en direction qu'en inclinaison.

La FIG. 1, PL. X, est une coupe en direction faite à 225 mètres de profondeur, en un point où la Grande Couche, déjà amincie, se modifie rapidement.

En A cette couche a 2<sup>m</sup>,30 d'épaisseur en houille de bonne qualité et sans intercalation stérile ; en B, à 36 mètres de distance, il n'y a plus que quelques minces filets de bonne houille ; la Grande Couche est alors représentée par une douzaine de veines schisto-charbonneuses, séparées entre elles par des lits de schistes et un banc de grès D de 0<sup>m</sup>,50 d'épaisseur.

Ce banc de grès D prend naissance en A au milieu de la houille pure et grossit rapidement ; il est assez irrégulier.

Les lits de schistes prennent naissance vers le même point, sous forme de feuillet multiples à peine visibles d'abord, et pour ainsi dire intimement mêlés aux feuillet de houille. En avançant vers B les feuillet de schistes deviennent plus abondants et finissent

par constituer des lits distincts de plus en plus argileux.

*Failles locales.* — On remarque encore en F deux petites failles locales en sens inverse qui affectent seulement la partie supérieure de la Grande Couche, le banc de grès intercalé et les premières assises schisteuses du toit.

FIG. 2. — *Coupe verticale de la Grande Couche, suivant l'inclinaison, à l'Espérance.* — Le point A est à l'affleurement de la Grande Couche.

En ce point la Grande Couche est représentée par un certain nombre de veines irrégulières, très schisteuses, séparées entre elles par des lits de schiste, de grès et même de poudingue. Du mur au toit du faisceau charbonneux, il y a 18 mètres.

Suivant l'inclinaison, les veines charbonneuses deviennent assez rapidement de plus en plus pures, les intercalations stériles s'amincissent, et bientôt, à 178 mètres de distance, en B, on est en présence d'une couche de houille d'excellente qualité de 10 mètres d'épaisseur.

La transformation est complète; une couche schisteuse inexploitable, divisée par de nombreuses intercalations stériles, passe rapidement à une couche pure.

La plupart des bancs stériles de la partie A n'existent plus en B. Le banc de poudingue C D qui a 4 mètres d'épaisseur aux affleurements s'amincit très rapidement, sans changer de nature et disparaît en D. En C il est en contact avec le Banc des Roseaux C E qui subsiste seul en B.

Un autre banc de poudingue G, vers le toit, disparaît aussi avant d'arriver en B.

On remarque encore les bancs plissés, ondulés de la partie F.

FIG. 3. — *Coupe verticale de la Grande Couche, suivant l'inclinaison, entre 80 et 150 mètres de profondeur, près du puits Saint-Augustin.* — La FIG. 3 montre la Grande Couche en aval de la partie *m* de la coupe générale des tranchées (FIG. 2, PL. VI).

Déjà aux affleurements la partie supérieure de la Grande Couche était très divisée, ramifiée. Ici, à 150 mètres de profondeur, la base de cette couche est constituée par une multitude de veinules en coin, une sorte de chevelu, qui pénètre dans les grès du mur.

Ce n'est point un plan qui forme le mur de la couche, mais une série de ramifications qui s'écartent de la masse principale de houille comme les branches d'un peuplier.

Le toit, de B en C, est constitué comme d'ordinaire par du schiste à peu près concordant avec la Grande Couche; en B, une veinule de grès AB pénètre obliquement et assez profondément dans le charbon. Cette veinule de grès a été suivie sur 60 mètres de longueur en BA, et sur 140 mètres dans le sens BD. Au point D, où elle se termine, elle est recouverte de 7 mètres de houille.

On voit donc là des bancs du mur et des bancs du toit pénétrer profondément dans la Grande Couche, qui s'amincit d'ailleurs assez rapidement en profondeur.

FIG. 4. — *Coupe horizontale de la Grande Couche, à 110 mètres de profondeur. — Région de Saint-Augustin.* — La couche est pure en AB; une seule intercalation en grès la divise; sa puissance est de 14 mètres.

A 40 mètres de distance, en E, on voit naître des ramifications gréseuses, qui se développent rapidement aux dépens de la houille et qui ne lui laissent plus que 6 mètres de puissance en D, à 100 mètres de distance de AB.

Au milieu du grès la houille se perd en filets de plus en plus petits et de plus en plus schisteux; le schiste lui-même ne tarde pas à faire place au grès.

Cette figure montre en direction la même chose que nous venons de voir suivant l'inclinaison dans la FIG. 3.

FIG. 5. — *Coupe horizontale de la Grande Couche prise à 130 mètres de profondeur. — Région de Saint-Augustin.* — C'est un amincissement graduel de la couche en direction, par ramifications et disparition rapide de ces ramifications. Les branches A, B, C, D ont été observées jusqu'à leur terminaison finale au milieu des grès qui forment le mur de la Grande Couche dans cette région; la branche E disparaît aussi plus loin de la même manière.

La FIG. 6 est une coupe verticale de la Grande Couche suivant la ligne CD de la FIG 5.

On voit les branches A, B, C, D se perdre assez rapidement; la branche E se poursuit à des centaines de mètres. La couche se comporte suivant l'inclinaison comme suivant la direction.

#### Planche XI.

FIG. 1. — *Tranchée Saint-Edmond. — Vue de quelques bancs situés à 10 mètres au-dessus de la Grande Couche (voir FIG. 6, PL. VI).* — Dans la région où cette figure a été prise, la Grande Couche est régulière; sa puissance est de 12 mètres. — Au-dessus de la houille, la série ordinaire des schistes alternant avec des grès est aussi assez régulière dans son ensemble, malgré une convergence prononcée.

On peut dire que dans le cadre embrassé par la FIG. 1, l'allure générale des bancs est très régulière.

Plusieurs bancs E, E<sup>1</sup>, E<sup>2</sup>, E<sup>3</sup>, E<sup>4</sup>, renferment une

grande quantité de *fragments de grès et de schistes*, de même nature que les assises houillères. Ces fragments, dont la dimension varie de 0 à 1 mètre, sont généralement isolés, anguleux, souvent courbés. De loin ils paraissent répartis à peu près parallèlement aux strates; de près, on voit qu'ils sont distribués très irrégulièrement, et que le sens de leur plus grande dimension est souvent oblique, parfois même perpendiculaire au plan général de la stratification.

La plupart des fragments sont des schistes grossiers, stratifiés; quelques-uns sont en grès; le schiste domine dans certains bancs ou dans certaines parties d'un banc; ailleurs c'est le grès.

La proportion pour laquelle les fragments houillers entrent dans les bancs de grès varie de  $\frac{1}{10}$  à  $\frac{1}{2}$ . Certains bancs sont en très grande partie constitués par des fragments et peuvent être considérés comme des *bancs de terrain houiller remanié*.

En général, là où les fragments houillers sont abondants, la pâte du banc devient plus foncée, surtout dans la partie supérieure, et si l'on y regarde de près, on voit que cette pâte est composée en très grande partie de débris très fins de même nature que les fragments.

Dans la partie Ouest de la tranchée Saint-Edmond, sur une épaisseur totale de 40 mètres, les bancs qui recouvrent la Grande Couche sont constitués en grande partie par du houiller remanié.

FIG. 2. — *Détail de la partie A du banc E<sup>1</sup> de la FIG. 1.* — Cette figure a pour but de faire ressortir la forme, la constitution, les dimensions et la distribution des fragments houillers dans le banc E<sup>1</sup>.

Ces fragments sont des grès schisteux, feuilletés, à strates bien marquées. Il y en a de très petits qui se confondent avec les grains de quartz; les plus gros F<sup>1</sup>,

F<sup>2</sup> ont 0<sup>m</sup>,16 de longueur et de 20 à 60<sup>m</sup>/<sup>m</sup> d'épaisseur.

Les uns F<sup>1</sup>, F<sup>2</sup>, F<sup>3</sup>, F<sup>4</sup> sont disposés à peu près parallèlement au plan de stratification ; d'autres, F<sup>5</sup>, F<sup>6</sup>, ..... F<sup>12</sup> sont disposés obliquement sous toutes les inclinaisons, en sens divers, et même perpendiculairement au plan de stratification.

Beaucoup de fragments sont droits dans le sens de leurs feuillets ; quelques-uns sont courbés (F<sup>10</sup>, F<sup>11</sup>, F<sup>12</sup>) et leurs feuillets ont la même courbure.

Les fragments F<sup>1</sup>, F<sup>6</sup>, F<sup>8</sup> sont déchiquetés, corrodés.

L'ensemble des fragments occupe la partie médiane du banc. Les fragments sont presque tous isolés.

FIG. 3. — *Détail de la partie B du banc E<sup>2</sup> de la FIG. 1.* — Le fragment F<sup>1</sup> a 0<sup>m</sup>,50 de longueur et 0<sup>m</sup>,07 d'épaisseur.

Ces dimensions sont dépassées et l'on voit des fragments houillers de 1 mètre de longueur sur 0<sup>m</sup>,20 à 0<sup>m</sup>,25 d'épaisseur.

A côté des gros fragments, il s'en trouve une multitude de plus petits.

Quelques-uns sont obliques, mais la plupart sont disposés à peu près parallèlement aux strates, et dans la partie médiane du banc.

Le fragment F<sup>1</sup> présente à ses deux extrémités, au milieu du dessus, et en divers point du dessous, des sortes de corrosions ; ses feuillets sont ondulés. Ces particularités très sensibles sur le fragment F<sup>1</sup> qui est de grande dimension existent aussi sur la plupart des autres fragments.

FIG. 4. — *Fragment de grès dans le banc E<sup>2</sup> de la FIG. 1.* — La FIG. 4 représente un fragment de grès C, de 0<sup>m</sup>,50 de long et 0<sup>m</sup>,15 d'épaisseur, à grain fin, enveloppé des grains moyens qui constituent l'ensemble du

banc E<sup>2</sup>. La teinte du fragment C, un peu plus sombre que celle du banc, permet d'en bien apercevoir les contours qui sont irréguliers. Le bloc C est parfaitement lié, soudé au grès qui l'enveloppe.

Certains fragments de grès, dont le grain est très ressemblant à celui du banc, se distinguent difficilement.

FIG. 5. — *Détail de la partie D du banc E<sup>2</sup> de la FIG. 1.* — Les fragments de grès que représente la FIG. 5 ont une particularité intéressante : les points noirs dont ils sont parsemés sont de petits fragments de schistes bien distincts.

On est donc là en présence de deux remaniements successifs du terrain houiller : les petits fragments schisteux ont été d'abord arrachés à leur strate et transportés dans un banc de grès en formation ; puis ce banc de grès a été détruit à son tour et ses débris sont en G<sup>1</sup>, G<sup>2</sup>, G<sup>3</sup>, dans le banc E<sup>2</sup>.

FIG. 6. — *Détail d'une partie du banc E<sup>3</sup> de la FIG. 1.* — Le banc E<sup>3</sup>, à grain fin, de couleur gris foncé, renferme une multitude de petits fragments en grès très fin aussi, de couleur plus claire que le banc.

La première fois que nous avons remarqué ce fait, les fragments étaient des sortes de nodules arrondis, de grosseur comprise entre le pois et la noisette ; leur pâte et leur couleur différaient très peu de celles du banc qui les renfermait.

Nous en avons trouvé l'explication en sciant et polissant quelques nodules, ce qui a fait ressortir des strates ; puis en cherchant bien, nous avons rencontré des fragments un peu plus gros et plus irréguliers, comme ceux de la FIG. 6.

Nous venons de voir que certains bancs houillers renferment des fragments de grès et de schistes provenant

de la destruction d'autres bancs houillers; les Fig. 7, 8 et 9 ont pour but de montrer que la houille existe aussi à l'état de galets dans les bancs houillers.

FIG. 7. — *Galets de houille dans un banc de grès grossier de la carrière des Pégauts.* — Un banc de grès de 3 mètres de puissance, situé dans la carrière des Pégauts, à 100 mètres au-dessus de la Grande Couche, est divisé en deux parties, en deux assises, par une sorte de lit de galets de houille associés à quelques galets de granite G, G.

Le lit de galets de houille a environ 0<sup>m</sup>,01 d'épaisseur; les galets dont il se compose ont de 0 à 0<sup>m</sup>,01 de diamètre. Au-dessus et au-dessous de l'amoncellement se trouvent, épars au milieu du grès, d'autres fragments de houille.

La plupart des galets de houille sont arrondis; quelques-uns sont anguleux.

FIG. 8. — *Galets de houille dans un grès à lentilles charbonneuses.* — Le galet représenté par la Fig. 8 a été pris dans la tranchée Saint-Edmond, à 15 mètres au toit de la Grande Couche.

Il est arrondi, à surface polie.

Autour de ce galet se modèlent les feuilletts charbonneux arénacés du banc.

FIG. 9. — *Galets de houille dans un grès fin de la carrière des Pégauts.* — Ces galets, généralement arrondis et polis, sont disposés sans ordre au milieu des grains fins du banc de grès.

*Fragments de granite et de gneiss dans la houille.* — Dans certaines parties de la Grande Couche, on rencontre des fragments de granite et de gneiss au milieu de la houille.

Les FIG. 10 et 11 proviennent de la partie de la Grande Couche qui se trouve sur le prolongement ou dans le voisinage du Banc des Chavais.

FIG. 10. — *Fragment de granulite, anguleux, non poli, dans la houille.* — Autour du fragment, on voit la houille nettement stratifiée, dont les feuillets enveloppent le galet.

La houille est composée surtout de lamelles spéculaires provenant de troncs d'arbre.

FIG. 11. — *Galet de granulite roulé dans la houille.* — Le galet représenté par la FIG. 11 est rond et poli.

La houille en contact avec le galet est un peu schisteuse; elle devient pure à quelques centimètres de distance.

Quelques-uns des feuillets de houille suivent encore les contours du galet.

Ces galets ont été pris dans la Grande Couche, au point où le Banc des Chavais se transforme en houille. (Voir FIG. 4 et 15, PL. XII.) Ils sont assez nombreux dans cette région.

#### Planche XII.

Les FIG. 1, 2, 3 et 4 de la PL. XII ont pour but de montrer l'allure générale de deux bancs intercalés dans la Grande Couche, le Banc des Chavais A et le Banc des Roseaux B.

FIG. 1. — *Coupe verticale suivant la ligne FG du plan FIG. 3.*

FIG. 2. — *Coupe verticale suivant la ligne HI du plan FIG. 3.*

FIG. 3. — *Plan au niveau du sol.* — Il montre les affleurements de la Grande Couche du Banc des Cha-

vais et du Banc des Roseaux, il montre aussi l'étendue de ces deux bancs dans la Grande Couche.

FIG. 4. — *Coupe verticale suivant la direction de la Grande Couche, de J en L (plan FIG. 3).*

On voit que la Grande Couche, aux Chavais, renferme deux intercalations puissantes : le Banc des Chavais A et le Banc des Roseaux B ; elle se trouve, par suite, divisée en trois parties : la partie supérieure ou veine du toit c, la partie du milieu D, et la partie ou veine du mur E.

L'une de ces intercalations A disparaît à la ligne JKL ; l'autre, le banc des Roseaux, s'étend beaucoup plus loin, jusqu'en MNO.

*Banc des Chavais, A.* — En coupe horizontale, le Banc des Chavais a une forme lenticulaire très prononcée, JAL, FIG. 3. Son épaisseur, qui atteint 7 à 8 mètres au milieu en A, diminue peu à peu des deux côtés, et le banc disparaît, en J et L, à la fois par amincissement et par un passage graduel à la houille.

Les FIG. 4 et 5 indiquent la constitution et la puissance du banc aux affleurements.

Au point c, le Banc des Chavais mesure 7 mètres d'épaisseur ; c'est une sorte de conglomérat à pâte de grès grossier, au milieu duquel on trouve des blocs de granulite et de micaschiste généralement mal arrondis, dont le diamètre atteint 50 et 60 centimètres, de gros fragments de grès houiller et des troncs fossiles assez nombreux disposés en divers sens dans toute l'épaisseur du banc.

Le Banc des Chavais repose en ce point sur un lit régulier de houille pure ; il est recouvert d'un lit régulier de houille passant au schiste bitumineux.

Au point b (à 150 mètres à gauche de c), le banc n'a

plus que 3<sup>m</sup>,80 d'épaisseur ; il renferme toujours des fragments de granulite, de micaschiste et de grès houiller, mais moins gros qu'en *c* ; les vestiges de plantes sont plus abondants ; la pâte gréseuse, encore fort grossière, devient, par places, charbonneuse. Ici encore, le Banc des Chavais est nettement séparé des veines *c* et *D* de la Grande Couche dont l'allure est régulière. On remarque, cependant, en dessous, un bloc de granulite faisant partie du Banc des Chavais qui pénètre à moitié dans la veine de houille *D*.

En *a*, à 180 mètres du point *b*, le Banc des Chavais n'a plus que 1<sup>m</sup>,75 d'épaisseur, et sans les nombreux galets caractéristiques qu'il renferme, on ne pourrait plus le distinguer des veines *c* et *D*, parce qu'il est presque complètement transformé en houille.

À droite du point *c*, une modification tout à fait analogue à celle que nous venons de décrire s'opère dans le Banc des Chavais.

En *d*, à 375 mètres de *c*, le banc n'a plus que 2<sup>m</sup>,30 d'épaisseur ; les éléments sont moins grossiers ; la partie supérieure du banc est très charbonneuse ;

En *e*, l'épaisseur est réduite à 2 mètres ; la partie supérieure du banc est de la houille ;

En *f*, la houille forme plus de la moitié de l'épaisseur du banc ;

En *g*, le Banc des Chavais est devenu une couche de houille impure d'environ 1 mètre d'épaisseur. Même en ce dernier point, le Banc des Chavais est facile à distinguer des veines de houille *c* et *D* de la Grande Couche, grâce aux grains de micaschiste et de granulite dont il est parsemé. Gros ou petits, les fragments de ces roches qui sont dans le Banc des Chavais ont leur feldspath kaolinisé, ce qui leur donne un aspect caractéristique.

Au-delà des points *a* et *g*, la houille du Banc des

Chavais se confond peu à peu avec celle des veines c et D dont on ne peut bientôt plus la distinguer. Cependant, des galets ou des grains isolés, de micaschiste ou de granulite, révèlent encore assez loin dans la Grande Couche la place du Banc des Chavais.

Les modifications que le Banc des Chavais subit de chaque côté de son renflement, au niveau du sol, il les subit aussi suivant l'inclinaison, et de tous côtés il se termine par un passage graduel à la houille.

*Banc des Roseaux, B.* — Le Banc des Roseaux (FIG. 1, 2, 3, 4) a 8 mètres d'épaisseur dans sa partie la plus puissante B, FIG. 1.

Là c'est un grès à grains moyens.

A mesure qu'on s'éloigne du point B en direction ou en inclinaison, le Banc des Roseaux diminue d'épaisseur ; son grain devient plus fin, plus argileux et plus charbonneux, et vers ses confins, MNO (FIG. 3), c'est un mince filet de schiste charbonneux passant à la houille.

Le Banc des Roseaux a la même allure générale que le Banc des Chavais ; mais ses éléments sont plus fins et son étendue plus grande.

*Veine du toit, C.* — Aux points J et L (FIG. 3, 4 et 6), cette veine est en houille pure de qualité ordinaire ; au point K, c'est un schiste bitumineux franc (FIG. 4 et 6). Le passage de la houille au schiste bitumineux se fait graduellement d'une manière insensible.

Il y a également passage graduel du schiste bitumineux à la houille dans la veine du toit dans le sens de l'inclinaison. Le changement de nature est complet sur une longueur de 350 mètres.

La FIG. 6 montre l'aspect de la veine c aux divers points *h, i, j, k, l, m, n*, de la FIG. 4.

En *h* et *n*, c'est de la houille un peu cendreuse; en *k*, c'est du schiste bitumineux au milieu duquel on distingue quelques filets brillants de houille pure.

FIG. 7, 8 et 9. — *Cannel-coal et schistes ferrugineux dans la Grande Couche.* — La FIG. 7 est une coupe prise en un point de la Grande Couche (région de Forêt), où la houille est de la qualité dite *cannel-coal*.

Le *cannel-coal* A est compris entre deux veinules de houille ordinaire, et un peu au-dessus se trouve une veinule de schiste ferrugineux B.

Dans la FIG. 8 prise dans la région du Douze Juillet, on voit au milieu de la houille ordinaire du schiste ferrugineux B en contact avec du *cannel-coal*.

Dans la FIG. 9, une veinule de schiste ferrugineux, comprise entre deux veinules de *cannel-coal*, lesquelles sont au milieu de la houille ordinaire.

FIG. 10. — *Houille des grès noirs imprégnée de silice (calcédoine).* — Sur une étendue de 25 mètres, on a trouvé la formation des grès noirs imprégnée de silice. Toutes les fissures de la roche sont remplies de silice (2<sup>me</sup> partie, 2<sup>me</sup> section).

#### Planche XIII.

##### *Formation des grès noirs.*

Nous désignons sous le nom de *grès noirs* (2<sup>me</sup> partie, chap. I, III et V) des grès renfermant une multitude de lentilles irrégulières de houille de toutes dimensions, depuis la parcelle microscopique jusqu'à des amas étendus ayant plusieurs mètres d'épaisseur.

Ces grès forment à une certaine hauteur au-dessus de la Grande Couche, une assise puissante dont l'épaisseur atteint jusqu'à 30 mètres. Leur constitution très

caractéristique est indiquée par les figures de la Pl. XIII.

FIG. 1. — *Coupe verticale des grès noirs dans la tranchée des Goutilloux. — Région de Sainte-Aline.* — Cette figure représente les grès noirs sur 36 mètres de long et 12 mètres de haut.

Tous les amas de houille numérotés ont été figurés avec soin ; les autres amas très petits ou lentilles innombrables, sont seulement indiqués.

On remarque dans l'ensemble de la formation des strates bien accusées, mais discontinues, quelques lits non charbonneux, et un certain parallélisme entre les amas de houille et la stratification générale. Cependant certains amas s'écartent beaucoup de cette stratification, par exemple les n<sup>os</sup> 1, 2 et 3.

L'amas n<sup>o</sup> 1 dont on n'aperçoit qu'une extrémité sur la FIG. 1 et qui est entier sur la FIG. 3, forme avec les grès un angle de 18 degrés. Il commence à gauche par deux pointes, atteint 1<sup>m</sup>,10 d'épaisseur, puis passe rapidement à 0<sup>m</sup>,50 et disparaît presque subitement par trois branches très courtes. Les strates de grès se terminent brusquement au contact de la houille.

L'amas n<sup>o</sup> 2 (voir détail FIG. 2) commence par une pointe à gauche, se renfle rapidement jusqu'à 1<sup>m</sup>,50 et se termine ensuite presque subitement. Sa longueur totale est de 11 mètres. Les strates de grès sont fortement dérangées autour de l'amas n<sup>o</sup> 2 ; dessus elles viennent se heurter contre l'amas avec une inclinaison de 15 degrés ; dessous, c'est une disposition analogue avec une obliquité qui va, à droite, jusqu'à 40 degrés.

Vers l'axe de l'amas se trouve une veinule schisteuse AB (FIG. 2).

A droite et un peu au-dessous de l'amas n<sup>o</sup> 2 se trouve l'amas n<sup>o</sup> 3, très oblique sur la stratification générale.

Quelques branches, peu longues, terminent l'amas n° 3 à ses deux extrémités.

La nature du grès se modifie aussi autour des amas ; il est souvent plus argileux et moins charbonneux au contact de la houille. Ce phénomène est très sensible aux deux extrémités de l'amas n° 2 et à droite de l'amas n° 3.

Le n° 4 est un amas de forme lenticulaire assez régulier. De même les n°s 8, 9, 10, 21, 22.

La plupart des amas se terminent par des branchements (n°s 1, 2, 3, 5, 6, 12, 13, 15, 16, 17....)

La grande lentille n° 7, bien interstratifiée, visible sur 27 mètres de longueur, commence tout à coup à gauche avec une puissance de 0<sup>m</sup>,70 et se termine graduellement à droite.

Le n° 15 commence par une série de branches à gauche, et atteint 1<sup>m</sup>,20 d'épaisseur à la distance de 5 mètres, les strates voisines sont dérangées comme autour des amas 1, 2 et 3.

Les innombrables petites lentilles dont les grès noirs sont parsemés ont des formes tout à fait analogues à celles des amas décrits ci-dessus.

La partie inférieure des *grès noirs* repose sur un grès ordinaire, par un plan irrégulier. Des fragments du grès inférieur semblent avoir pénétré dans les grès noirs, en E, E, E, et des fragments des grès noirs sont disséminés dans l'assise inférieure en c, c, c.

FIG. 4 et FIG. 5. — Les fig. 4 et 5 sont des coupes verticales faites suivant l'inclinaison des grès noirs, dans la région Saint-Charles, à 800 mètres de distance de la tranchée des Goutilloux.

Elles montrent des grès charbonneux et des amas analogues à ceux des Goutilloux ; elles montrent de plus

que ces amas se terminent, en haut et en bas, suivant l'inclinaison, comme les premiers se terminent en direction.

Les amas de houille et les grès ont les mêmes caractères dans toute l'étendue de la formation des *grès noirs*.

FIG. 6. — La Fig. 6 représente, en grandeur naturelle, un morceau de grès charbonneux qui ne provient pas de la formation des grès noirs. Il a été pris aux Ferrières; on en trouve de semblables sur beaucoup d'autres points du bassin.

Les traces charbonneuses qui parsèment ce fragment de grès ont beaucoup d'analogie avec la houille des grès noirs. On a là, sur quelques centimètres de long et quelques millimètres d'épaisseur, des formes semblables à celles des amas des grès noirs.

#### Planche XVIII.

##### *Clivages.*

FIG. 1. — La Fig. 1 est un plan d'ensemble donnant l'allure de la Grande Couche aux affleurements et en profondeur. Le trait plein indique la direction des clivages principaux et la ligne ponctuée les clivages secondaires.

Des directions ont été prises à tous les niveaux; on a constaté que la direction des clivages principaux est très variable, non seulement aux différents points de la Grande Couche, mais encore à un même point.

Les clivages secondaires sont tantôt perpendiculaires aux clivages principaux, tantôt ils forment avec ces derniers des angles aigus.

Sur quelques points on ne distingue pas de clivage; la houille est alors très difficile à abattre.

FIG. 2. — *Rose des principaux clivages.* — Cette figure montre qu'il y a des clivages dans toutes les directions.

FIG. 3. — *Clivages constatés dans la Grande Couche à la tranchée des Chavaïs.* — On voit que sur un même plan les clivages principaux ont des directions très variables. Ces clivages diffèrent d'un point à l'autre d'un même plan et chaque feuillet de charbon offre des clivages différents.

FIG. 4. — *Feuillet de houille sur le banc du mur, à la tranchée de Forêt.* — Les clivages principaux sont très irréguliers sur toute la surface du banc ; la FIG. 4 est souvent reproduite. Sur le mur les clivages sont souvent beaucoup plus serrés que dans le milieu de la couche.

FIG. 5. — *Mince pellicule de houille enveloppant un tronc de fougère.* — Quelques clivages prennent la direction des diverses cicatrices.

FIG. 6. — *Galet de houille au milieu d'un grès fin.* — Le galet est séparé du grès par une pellicule blanche de pholélite. Une mince cloison de même matière divise le galet en deux parties.

Dans l'intérieur du galet on voit des veinules très irrégulières, très noires, formant une sorte de surface moirée.

FIG. 7, 8, 9, 10, 11. — *Fragment extrait de la Grande Couche de Commentry, composé de cannel-coal et de houille spéculaire* — Le cannel-coal *abgh* (coupe verticale FIG. 7) est compacte, sans trace de clivage.

Les lentilles de houille brillantes qui sont au-dessus,

au-dessous et au milieu du cannel-coal sont, au contraire, parfaitement clivées.

La FIG. 8 représente le clivage de la lame *ab* ; de grandes lignes assez régulières et assez régulièrement espacées, reliées par des lignes transversales à peu près perpendiculaires aux premières.

La FIG. 9 représente la lamelle de houille brillante *cd* : des lignes rayonnantes partent de deux petits points de fusain isolés dans la houille.

La FIG. 10 représente une petite lamelle de houille spéculaire placée dans le cannel-coal en *ef*. Les lignes de division diffèrent comme direction et comme allure de celles des lames *ab*, *cd*. Deux petits grains de fusain servent encore de point de départ à quelques clivages.

La FIG. 11 représente la lame inférieure *gh*. Le clivage est très inégal et extrêmement irrégulier ; il y a des lignes droites et des lignes courbes, aucune direction ne domine.

On voit par cet échantillon combien le clivage peut varier à quelques centimètres de distance ; qu'il est lié à la nature du combustible, et aussi aux éléments (fusain) qui se trouvent disséminés dans la masse.

FIG. 12 et 13. — Les Fig. 12 et 13 mettent en évidence l'action des fragments de fusain éparpillés dans la houille.

La Fig. 12 est une lentille de houille spéculaire sur une plaque de cannel-coal ; le clivage est interrompu au fusain et rayonne autour. Le rayonnement est bien plus accusé encore sur la Fig. 13.

FIG. 14 et 15. — *Plan et coupe d'une lentille de houille au milieu du grès. — Région de Forêt.* — Le grès ne porte pas trace de clivage.

La houille est clivée. Le clivage rayonne autour d'un

point central qui correspond à une dépression, à un enfoncement du grès.

Le même fait a été constaté en beaucoup de points.

FIG. 16 et 17. — *Plan et coupe d'une lentille de houille dans le grès. — Région de Forêt.* — Le grès ne porte pas de trace de clivage.

La houille est clivée.

On voit sur la coupe FIG. 14 que les plans de clivage traversent verticalement la lentille.

Le plan FIG. 16 montre deux systèmes de division bien distincts, formant entre eux un angle de 48 degrés. Le clivage secondaire est assez régulier, mais peu accusé.

FIG. 18 et 19. — *Schiste bitumeux avec filet de grès.* — Le filet de grès (FIG. 19) n'est pas clivé; le schiste feuilleté bitumineux qui recouvre le grès est clivé; le schiste bitumineux compacte qui se trouve sous le grès n'est pas clivé.

FIG. 20 et 21. — Les FIG. 20 et 21 représentent deux feuillets de schistes séparés par un filet de fer carbonaté; le schiste seul est clivé et les deux feuillets le sont différemment, celui de dessus est à clivage serré et un peu irrégulier, et celui du dessous est à clivage éloigné. La direction est la même pour les deux feuillets.

FIG. 22. — *Schistes du toit de la tranchée des Chavais.* — On remarque quelques grandes lignes de clivages et entre chaque grande ligne un clivage à peu près parallèle et irrégulier.

Le clivage secondaire est peu net.

FIG. 23. — *Coupe verticale d'un lit composé, au-dessus en A, de houille de tronc (cordaïtes) reposant*

*sur du schiste argileux, puis d'une autre lentille de houille B reposant également sur du schiste argileux.*

— Chaque plan de clivage du tronc A correspond en bas à un retrait de houille. L'ensemble de ces retraits donne à la figure l'aspect de dents de scie.

FIG. 24 et 25. — *Autre clivage à dents de scie qu'on voit dans la FIG. 25.* — C'est encore de la houille de tronc; l'axe du tronc AB est un peu schisteux; des deux côtés la houille spéculaire est clivée, mais d'une manière différente. La FIG. 24 montre la disposition du clivage de la lame supérieure; ce sont des traits discontinus qui font saillie sur le plan général.

FIG. 26, 27 et 28. — *Clivages des schistes qui sont au toit de la Grande Couche. — Région de Forêt.* — La FIG. 27 est une coupe verticale de ces schistes; la FIG. 26 un plan des lames superposées AB, CD et EF; la FIG. 28 est une vue à plus grande échelle de la partie N.

Sur ces divers feuillets de schiste, le clivage principal conserve à peu près la même direction; mais il diffère sensiblement pour chaque feuillet, en ce qui concerne l'espacement des plans de clivage. Le clivage secondaire n'existe pas sur tous les feuillets; il est quelquefois légèrement recourbé à la rencontre du clivage principal. Quelquefois un troisième clivage peu accusé se montre comme dans les FIG. 26 (N) et 28.

Les FIG. 29, 30, 31 et 32 sont le relevé d'expériences faites dans le but d'expliquer le clivage des couches de houille et de schiste.

FIG. 29. — Sur une planche de chêne, on a passé trois couches de peinture à l'huile, et sur ces couches, après dessiccation, on a passé une couche de noir verni.

Les couches de peinture à l'huile ne se sont pas divisées ; le noir verni seul s'est divisé, clivé, comme l'indique la FIG. 29. On remarque une certaine direction générale des grandes lignes, et des lignes secondaires à peu près perpendiculaires aux premières.

FIG. 30. — *Clivage obtenu avec une mince couche de gomme arabique chauffée à 60° et soumise à une pression d'environ 10 kilos par décimètre carré.* — On remarque des clivages tout à fait discordants ; les clivages secondaires sont à peu près perpendiculaires aux clivages principaux.

D'autres essais de clivage ont été faits avec de la gomme et de la boue, avec ou sans pression ; on a obtenu les dessins les plus variés : régularité et irrégularité dans les clivages, clivages rayonnant autour d'un centre ; ce rayonnement est dû soit à une plus grande épaisseur de matière ou à un simple grain.

FIG. 31 et 32. — *Dépôt de boue d'un fossé.* — Cette boue est formée d'argile ferrugineuse et de couches grenues composées de sable et de charbon ; les parties grenues ne sont pas clivées.

La FIG. 31 représente une de ces petites couches argileuses, parfaitement clivées, à grandes lignes régulières.

La FIG. 32 est une coupe verticale montrant la couche argileuse clivée et les parties grenues non clivées.

---

**Chapitre VI.**

## MODE DE FORMATION DU TERRAIN HOULLER (1)

ET DES

COUCHES DE HOUILLE DE COMMENTRY

---

Au début de la formation houillère, un lac, entouré de montagnes escarpées, se trouvait à la place actuellement occupée par le terrain houiller. Les eaux de pluie, corrodant peu à peu le sol, creusèrent des vallées et charrièrent jusqu'au lac des galets, des sables, du limon et des végétaux qui finirent par le combler ; ce sont ces matériaux qui ont constitué les couches de poudingues, de grès, de schiste et de houille dont se compose le terrain houiller.

Je me propose de décrire ici les diverses phases de cette formation ; mais avant, je dirai un mot des principaux événements géologiques qui ont laissé des traces dans la région de Commentry.

En remontant dans le passé, on trouve d'abord, à l'état de galets, dans les strates inférieures du terrain houiller, des vestiges d'un dépôt *anthracifère* formé antérieurement dans le voisinage de Commentry, à Merlerie (2). Ces galets, associés à du porphyre et en

---

(1) Ce chapitre sera purement descriptif ; je renverrai par des notes aux chapitres qui fournissent la preuve de ce qui sera exposé.

(2) 2<sup>e</sup> partie, ch. I et VIII.

partie silicifiés, renferment des empreintes végétales qui prouvent l'existence de la flore carbonifère dans la région avant la formation du lac houiller; ils prouvent aussi que le dépôt anthracifère de Merlerie s'est effectué pendant que des éruptions porphyriques et siliceuses répandaient leurs produits à la surface du sol.

Beaucoup d'autres dépôts semblables se formaient en même temps dans le plateau central; quelques-uns sont encore en place (1); d'autres sont révélés par des cailloux roulés qui entrent dans la constitution de divers terrains houillers (2).

Un soulèvement important mit fin à la période anthracifère et détermina le relief du sol du début de l'époque houillère. Les principaux témoins de ce mouvement dans notre région sont les deux séries de terrains houillers séparés par un massif granitique, Saint-Eloy, Le Montet et Noyant d'une part; Commentry, Doyet-Montvicq et Buxière d'autre part (3).

Antérieurement, le sol avait déjà subi de nombreuses dislocations; on a vu (4) notamment que l'éruption seule des granulites avait dû produire des dénivellations de plusieurs centaines de mètres de hauteur. Il ne nous est pas possible d'apprécier l'importance des mouvements anciens; mais il paraît certain que leur trace n'avait point disparu à la fin de la période anthracifère. La période houillère dut donc s'ouvrir sur un sol très accidenté. Le rivage de la mer était à Buxière.

La sédimentation commença simultanément dans tous les lacs et dans l'anse marine de Buxière; elle fut rapide sur certains points, lente sur d'autres. Tous les

---

(1) Notamment à Château-sur-Cher (Creuse) et dans le Roannais.

(2) A Doyet, en Saône-et-Loire, dans la Loire.

(3) Voy. FIG. 13, dans le texte.

(4) 2<sup>e</sup> section.

lacs furent enfin comblés, et il vint un moment où la formation houillère ne se poursuivit plus qu'à Buxière.

Le lac de Commentry fut l'un des premiers remplis ; il avait disparu depuis longtemps sous les atterrissements, lorsque la *dioritine* fit sa première apparition ; à ce moment, le lac de Doyet-Montvicq n'était pas encore à moitié rempli.

Les coulées de roche éruptive se renouvelèrent à plusieurs reprises et se prolongèrent au-delà de la période de remplissage des lacs.

Plus tard surgirent de tous côtés des sources siliceuses qui marquent le début de l'ère *permienne* dans la région. En même temps, le sol subissait quelques mouvements, quelques dénivellations de peu d'importance, qui transformèrent en divers points le fond des vallées en lacs peu profonds ; ces lacs, étalés aussi bien sur la surface houillère que sur les roches anciennes, servirent ensuite de bassin de dépôt aux produits des sources hydro-thermales et aux sédiments détritiques charriés par les cours d'eau. Telle est l'origine des nappes permienes si nombreuses dans la région.

La différence d'aspect et de composition qu'il y a entre ces nappes et le terrain houiller provient de la présence des matières siliceuses et ferrugineuses d'origine hydro-thermale ; lorsque ces matières dominent, le dépôt est d'aspect argileux, généralement blanc, avec des colorations jaunes, rouges, verdâtres ; parfois rouges. Lorsque ces matières n'entrent qu'en faible proportion au milieu des sédiments détritiques, le dépôt ressemble au terrain houiller. Ce qui contribue aussi à donner au dépôt permien un aspect spécial, c'est la rareté du carbone dont la destruction est d'autant plus complète que les bassins de dépôt étaient plus petits et la proportion des matières siliceuses plus grande.

Comme la formation houillère, la formation per-

mienne s'est effectuée à la fois dans un grand nombre de lacs et sur le littoral marin. Les dépôts lacustres ont pris fin avec le remplissage des lacs ; les dépôts marins se sont poursuivis sans interruption jusqu'à l'époque jurassique qui se trouve représentée au Nord du département de l'Allier par une série de roches où domine le calcaire (1).

Les formations sédimentaires, dont je viens de parler, appartiennent toutes à la période *permo-carbonifère*. Ce sont les seuls dépôts sédimentaires qui existent à Commeny, en dehors des alluvions dont il sera question ailleurs (2).

La position superficielle des nappes permienes semble indiquer qu'aucun autre dépôt ne s'est effectué depuis dans la région ; l'horizontalité approximative de ces nappes tend aussi à faire supposer que le sol n'a subi depuis aucun grand bouleversement. Cependant, il est certain que le niveau du sol au-dessus de la mer s'est beaucoup élevé ; et d'un autre côté les observations faites ailleurs dans le Plateau Central ne permettent pas de douter de plusieurs mouvements considérables. Quelques-uns de ces mouvements ont laissé des traces dans les terrains houillers ; mais il faut se garder de leur attribuer, comme on l'a fait jusqu'à pré-

---

(1) « La stratification régulière des couches, dit Boulanger, et la prédominance des calcaires, et l'état de conservation des fossiles, tout indique que le terrain jurassique du nord de l'Allier s'est formé dans la mer, sous l'influence d'un calme presque parfait..... Les couches étant horizontales n'ont par conséquent pas éprouvé, depuis leur dépôt, d'autre mouvement que celui résultant de l'élévation générale de tout le plateau central de la France..... La liaison intime que l'on observe entre les couches du lias et celles du trias (permien) porte à penser que le premier terrain n'a été que la suite de l'autre. » (*Statistique*, p. 195.)

(2) 2<sup>e</sup> partie, 5<sup>e</sup> section.

sent, la plupart des inclinaisons et des irrégularités des couches ; à Commeny, notamment, l'allure générale du terrain houiller tend à faire exclure presque complètement l'intervention de bouleversements postérieurs à l'ère permienne.

#### FORMATION DU TERRAIN HOULLER.

Passons maintenant à l'examen détaillé des phénomènes houillers.

Deux planches ont été consacrées à la représentation des principales phases de la formation du terrain houiller de Commeny ; la première (PL. IV) représente la marche des atterrissements ou du remplissage du lac ; la seconde (PL. V) a surtout pour but de montrer comment les couches de houille se sont formées.

FIG. 1, PL. IV. — *Début de la formation houillère.*  
— Le lac, de forme irrégulière, a environ 10 kilomètres de longueur et 4 kilomètres de largeur moyenne ; sa plus grande profondeur est d'environ 800 mètres.

Les montagnes qui bordent le lac sont généralement abruptes ; celles du Nord-Est s'élèvent à plus de 500 mètres au-dessus de la nappe liquide. Les eaux du lac ont un déversoir au Sud, en S.

Une bande étroite de micaschiste borde le lac au Nord-Est et se relie à du gneiss qui s'étend au Sud jusqu'au déversoir S ; c'est le granite qui domine ailleurs. De nombreux filons de granulite sillonnent les schistes cristallins et le granite ; quelques filons de micro-granulite se trouvent à l'Ouest ; à la Merlerie, un dépôt anthracifère recouvre le gneiss.

D'autres lacs existent à peu de distance de Commeny ; le plus voisin est celui de Doyet-Montvicq, dont on voit le bord en M (FIG. 1).

La sédimentation a commencé aussitôt que les eaux, ruisselant sur les pentes, se sont rendues au lac, c'est-à-dire dès que le lac a été formé.

Les FIG. 2, 3, 4 et 5 montrent la marche des atterrissements.

FIG. 2, PL. IV. — *Quelques deltas apparaissent sur le pourtour du lac.* — Les sédiments amoncelés par les cours d'eau à leur embouchure n'ont pas tardé à paraître à la surface du lac ; on voit sur la FIG. 2 la disposition des premiers deltas sur les rives Ouest, Nord et Est ; il n'y en a pas sur la rive méridionale qui est abrupte et peu élevée et dont la déclivité passe rapidement au Sud.

Deux deltas ont pris un assez grand développement ; celui des Bourrus au Nord, et celui de Colombier à l'Est.

*Delta des Bourrus.* — Le delta des Bourrus s'avance de 1 kilomètre dans le lac, en une sorte d'hémicycle qui a environ 3 kilomètres de base ; il plonge sous les eaux avec une pente de 25 à 35 degrés qui diminue en profondeur (FIG. 2<sup>b</sup>) ; et il couvre sur le fond du bassin une surface beaucoup plus grande que celle de la plaine alluviale.

Le cours d'eau a d'abord coulé sur le micaschiste ; puis, en creusant le sol, il a atteint la masse granitique ; sa pente est forte ; il roule des galets et même des blocs avec des sables, du limon et des débris de plantes.

Une petite partie de ces éléments s'arrêtent sur la plaine alluviale ; les autres vont au lac. Parmi ces derniers, les matériaux grossiers et lourds suivent immédiatement la pente sous-lacustre du delta ; le limon et les végétaux restant un certain temps en suspension, vont se déposer plus loin, en avant de l'embouchure,

ou latéralement dans les régions où l'action du courant est moins sensible. Et tous ces matériaux se classent et se stratifient conformément aux lois de la sédimentation (1).

Au milieu de la base du delta se trouvent beaucoup de fragments de micaschiste, parfois volumineux et peu roulés; puis le granite apparaît et devient peu à peu prédominant; la granulite, très résistante, se trouve partout en assez grande proportion.

*Delta de Colombier.* — Le delta de Colombier est beaucoup moins volumineux que celui des Bourrus et se compose surtout de débris du dépôt anthracifère de Merlerie avec une certaine proportion de schistes cristallins; le granite est tout à fait absent.

Les petits deltas de *Chamblet* et des *Boulades* et les dépôts, plus petits encore, de la rive Nord-Est, entre les Bourrus et Colombier, ont aussi chacun une constitution lithologique spéciale en rapport avec la nature des terrains parcourus par leurs cours d'eau respectifs.

FIG. 3. — *La sédimentation a poursuivi son œuvre; le lac a perdu plus de la moitié de son volume.*

*Delta des Bourrus.* — Le cours d'eau des Bourrus, alimenté par un bassin hydrographique plus étendu, a un plus fort débit et charrie plus de matériaux qu'au début; il pousse ses atterrissements en avant et forme un promontoire au milieu du lac; il avance d'autant plus vite que le lac est moins profond.

Dans ses divagations latérales, le cours d'eau des Bourrus rencontre à l'Est celui de Colombier et à l'Ouest celui de Chamblet. De là des mélanges de sédiments qui sont indiqués par des hâchures croisées sur la FIG. 3<sup>a</sup>. Seul, le petit delta des Boulades reste isolé.

---

(1) 3<sup>e</sup> partie.

Les matériaux charriés proviennent presque entièrement de la masse granitique du Nord ; ils sont encore volumineux parce que la pente de la rivière reste forte ; la partie centrale du delta reçoit principalement des sables et des galets et quelques blocs. Le limon et les végétaux se rendent presque entièrement dans les anses tranquilles des Pégauds et des Ferrières.

*Delta de Colombier.* — Le limon et les végétaux de Colombier se rendaient aussi en grande partie dans l'anse des Pégauds, et, se confondant avec ceux des Bourrus, donnaient lieu à de grandes accumulations végétales et limoneuses ; c'est la période de formation de la Grande Couche de Commeny. La couche de houille des Ferrières se formait en même temps dans l'anse des Bourrus par l'accumulation des végétaux provenant de Chamblet et d'une partie de ceux des Bourrus.

Au moment représenté par la FIG. 2, la rivière de Colombier charriait surtout des débris du petit dépôt anthracifère de Merlerie ; elle n'en charrie plus au moment représenté par la FIG. 3 ; son lit est alors entièrement sur le gneiss granulitique.

Un incident géologique dont le terrain houiller porte la trace est survenu pendant cette période : un glissement de montagne s'est produit vers Merlerie ; la vallée a été obstruée par l'éboulement, et les eaux se sont accumulées derrière ce barrage ; puis une débâcle s'est produite, et les matériaux, violemment emportés jusqu'au lac, se sont répandus sur toute la surface émergée et immergée du delta de Colombier. C'est ce qui a formé le *Banc Sainte-Aline* (1) qui renferme des blocs de plusieurs mètres cubes.

On peut évaluer à 125 millions de mètres cubes le

---

(1) 2<sup>e</sup> partie, ch. I.

volume de terrain transporté par la débâcle ; ce terrain se compose à peu près exclusivement de gneiss, de granulite et de quartz de Merlerie.

L'éboulement de Merlerie s'est produit au moment où la rivière de Colombier cessait de charrier des débris anthracifères. Est-ce une coïncidence fortuite ? Ne doit-on pas supposer au contraire que les derniers vestiges du dépôt anthracifère servaient de contrefort aux masses qui se sont détachées lorsque cet appui leur a manqué ?

FIG. 4. — *Le delta des Bourrus a atteint la rive méridionale du lac.* — Le lac presque rempli n'est plus représenté que par deux petits bassins séparés par le delta des Bourrus ; les eaux de l'Ouest, se frayant un passage entre les alluvions et la rive Sud, viennent se mêler à celles des Pégauds pour sortir par le déversoir commun.

Les cours d'eau, devenus plus puissants, se portent fréquemment sur les divers points du pourtour du bassin ; aucune région ne reste longtemps tranquille ; sans cesse des graviers ou des sables succèdent au limon et aux végétaux ; l'ère des grandes accumulations végétales est passée.

Vers la fin du remplissage, lorsque la nappe lacustre très réduite n'est plus qu'une sorte de lit élargi de rivière, les végétaux et les limons sont emportés au-delà du déversoir et le lac ne garde que les sédiments grossiers.

FIG. 5. — *Le lac est comblé.* — Les derniers vestiges de la grande nappe liquide ont disparu sous les matériaux apportés par tous les cours d'eau réunis. Le dernier terme de la série des phénomènes sédimentaires qui ont donné naissance au terrain houiller, s'est accompli tranquillement, sans secousse, sans cataclysme

d'aucun genre et sans aucun changement dans les conditions physiques ou organiques générales.

Les cours d'eau continuent à couler ; la surface du dépôt houiller, encore dépourvue de cohésion, offre une prise facile aux érosions ; cette surface est détruite et baisse en même temps que le niveau du lit de l'ancien déversoir.

Ce phénomène de destruction de la surface houillère n'a pas attendu la fin de la formation pour se manifester ; il n'a pas cessé de se produire pendant toute la durée du remplissage, et il a été à certains moments, extrêmement actif. L'une de ces périodes de destruction a coïncidé avec l'arrivée du delta des Bourrus à la rive méridionale du lac. On peut évaluer à environ 60 millions de mètres cubes la quantité de matière alluviale que la rivière des Bourrus jeta alors dans l'anse des Pégauts. Des érosions semblables s'étant produites sur le delta de Colombier, on en peut conclure que ce fait n'est pas dû à un simple déplacement du lit des rivières, mais à un abaissement du seuil d'émission des eaux du lac, abaissement qui a pu être de 20 à 40 mètres et qui se serait produit dans un espace de temps assez court.

Les FIG. 6 et 7 montrent deux étapes par lesquelles le terrain houiller de Commentry a passé avant d'arriver à l'état actuel représenté par la FIG. 8.

FIG. 6. — *Période d'éruption de la dioritine* (1). — Le terrain houiller de Commentry était depuis longtemps comblé lorsque la dioritine fit son apparition. A ce moment le remplissage du lac de Montvicq n'en était encore qu'à moitié ; la nappe liquide est visible sur la FIG. 6.

---

(1) 2<sup>e</sup> partie, 2<sup>e</sup> section, PL. IV et PL. XIX.

La roche éruptive a froissé, brisé, altéré le terrain houiller sur son passage, elle a produit aussi à la surface des dénivellations locales qui ont modifié l'allure des cours d'eau (1).

L'orographie générale, le climat et la vie organique de la région n'ont pas subi de changement notable depuis le remplissage du lac de Commentry.

FIG. 7. — *Epoque permienne*. — La diorite avait depuis longtemps cessé de couler, et la surface du terrain houiller avait subi des corrosions considérables, lorsque des sources hydro-thermales répandirent leurs produits sur un grand nombre de points de la région. Ce fut le début de l'*époque permienne* (2).

Au moment où ces sources jaillirent, des vallées se changèrent en lacs peu profonds, comme il adviendrait aujourd'hui si un soulèvement de quelques dizaines de mètres avait lieu suivant une ou plusieurs directions.

Deux de ces petits lacs sont marqués dans la région Nord-Ouest du bassin de Commentry, au Marais et aux Boulades, par un dépôt composé de débris granitiques et de matières siliceuses et ferrugineuses.

Toute vie organique fut rendue impossible dans ces petits lacs permien par la forte proportion des eaux thermales qui décomposaient même entièrement les débris de plantes charriées par les cours d'eau ; la végétation dut disparaître sur tous les points atteints par le produit des sources ; les fossiles qu'on rencontre sont à l'état de moulage argilo-ferrugineux ; toute trace de carbone a disparu.

Les fossiles, appartenant aux mêmes espèces que les plantes du terrain houiller, montrent que le climat

---

(1) FIG. 16 du texte.

(2) 4<sup>e</sup> section.

n'avait pas encore subi de notables changements depuis l'époque houillère.

Ainsi se formèrent à la surface du sol, les nappes permienes, peu épaisses, qui reposent à la fois sur les roches granitiques et sur le terrain houiller, et qui sont en nette discordance de stratification avec les couches houillères.

Cette discordance résulte non d'un soulèvement, mais du fait que le lac houiller était comblé lorsque les couches permienes se déposèrent. Si le lac eût été encore ouvert, comme cela avait lieu au même moment dans l'anse marine de Buxière (1), les sédiments permienes se seraient déposés en stratification concordante sur les couches houillères.

FIG. 8. — *Etat actuel du bassin de Comentry.* — Les FIG. 8, 8<sup>a</sup>, 8<sup>b</sup> représentent l'état actuel du bassin; les traits pointillés qui indiquent le relief du sol et le niveau du lac au début de la formation houillère, font saisir l'importance des érosions et des modifications que le sol a subies depuis cette époque. Les sommets ont perdu beaucoup plus de terrain que les lacs houillers et permienes n'en ont gardé; la corrosion ne paraît pas s'être arrêtée un moment; elle dure toujours. Nous reviendrons sur ce phénomène à propos des alluvions (2).

#### FORMATION DES COUCHES DE HOUILLE DE COMMENTRY.

On vient de voir comment le lac houiller de Comentry a été comblé par les apports de ses divers affluents; il me reste à entrer dans quelques détails

---

(1) Et aussi dans les vastes bassins de la Loire et de Saône-et-Loire.

(2) 5<sup>e</sup> section.

sur le mode de formation des couches de houille que renferme ce dépôt.

J'ai montré ailleurs comment des galets, des sables, du limon et des végétaux charriés simultanément par un ou plusieurs cours d'eau, peuvent former dans le même bassin des couches distinctes (1).

La Pl. V représente quelques-unes des phases sédimentaires les plus intéressantes au point de vue de la formation des couches de houille.

Les FIG. 1 à 6 sont des plans ou plutôt des coupes horizontales faites au niveau actuel de la surface du terrain houiller, lequel est à 200 mètres environ au-dessous du niveau primitif du lac ; les FIG. 7 à 15 sont des coupes verticales faites dans le sens de la longueur du bassin ; les FIG. 16 à 21 sont des coupes transversales faites dans l'anse des Ferrières, et les FIG. 22 à 27 des coupes transversales dans l'anse des Pégauts.

La ligne MN indique le niveau primitif du lac ; la ligne KL le niveau de la surface actuelle du terrain houiller ; MNKL la partie détruite par les érosions.

FIG. 1. — *Lac houiller quelque temps après le début de la formation.*

Le delta des Bourrus est large de 800 mètres en son milieu et se raccorde latéralement avec le terrain primitif au Marais et aux Reynauds.

Le sable et les galets charriés par les cours d'eau s'arrêtent sur le bord du delta dont ils suivent la pente sous-lacustre ; le limon et les végétaux restent quelque temps en suspension, s'éloignent davantage de l'embouchure et se déposent soit en avant, dans

---

(1) 3<sup>e</sup> partie.

les parties profondes, soit latéralement à toutes les profondeurs.

Les matières végétales qui se trouvent en avant, dans le sens de la plus rapide progression du delta, sont bientôt recouvertes de sable et de cailloux ; elles restent disséminées. Celles qui se sont rendues dans les anses tranquilles du Marais et des Raynauds, là où les sables et les galets n'arrivent point, sont susceptibles de former de puissantes accumulations.

Dans l'anse du Marais se rendent les végétaux charriés par la rivière de Chamblet et une partie de ceux de la rivière des Bourrus. Les Raynauds ne reçoivent des végétaux que de la rivière des Bourrus et de quelques très petits courants voisins ; les végétaux de Colombier restent à l'Est.

Ces premières accumulations végétales, aujourd'hui transformées en anthracite, sont représentées par une teinte noire sur les FIG. 1, 7 et 16.

FIG. 2. — *Début de la formation de la Grande Couche de Commentry.*

Après une longue période d'atterrissements, le delta des Bourrus a 1.800 mètres de largeur et se relie latéralement avec les deltas voisins.

Les premières couches végétales des Marais, Raynauds et Colombier sont depuis longtemps recouvertes de sédiments terreux. D'autres petites couches, *a*, *b*, *g*, *r*, se sont formées ensuite et ont été recouvertes à leur tour.

Le limon et les végétaux n'ont pas cessé de se déposer en grandes quantités dans les anses des Ferrières et des Pégauds, mais ils sont restés mélangés et ont constitué des schistes plus ou moins charbonneux.

Le promontoire des Bourrus est composé principa-

lement de sables et de galets au milieu desquels se trouvent quelques débris de plantes.

Au moment représenté par la FIG. 2, des accumulations recommencent à se former dans l'anse des Pégauts où arrivent rarement les matériaux grossiers ; la sédimentation grossière, rapide au contraire dans l'anse des Ferrières, ne permet pas aux végétaux de s'amonceler.

C'est pendant cette deuxième phase qu'a eu lieu la débâcle de Merlerie ; le fonds de l'anse des Pégauts a pu être protégé contre les atterrissements, non seulement par sa position qui l'éloigne à la fois du cours d'eau des Bourrus et de celui de Colombier ; mais encore par une sorte de cordon littoral formé par les blocs énormes disséminés sur la plaine alluviale au moment de la débâcle.

FIG. 3. — *Formation de la Grande Couche de Commentry et de la Couche des Ferrières.*

Le delta des Bourrus a avancé au Sud ; la marche du delta de Colombier a été relativement lente ; une certaine tranquillité n'a pas cessé de régner dans l'anse des Pégauts, où les végétaux se sont constamment accumulés. C'est la Grande Couche qui se forme ; déjà cette couche est terminée à sa partie supérieure et recouverte à droite et à gauche de limon et de sables (FIG. 14) ; mais elle continue à se développer en aval (FIG. 3 et 24).

Dans ses fréquentes divagations, le cours d'eau des Bourrus vient parfois jeter dans l'anse des Pégauts des dépôts sableux qui interrompent l'amoncellement des végétaux ; puis le cours d'eau se retire et les végétaux s'amoncellent de nouveau formant les petites couches ou ramifications de l'Ouest (1).

---

(1) PL. I, II et V.

Des phénomènes analogues s'accomplissent dans l'anse des Ferrières.

FIG. 4. — *La Grande Couche est terminée. Formation de la couche des grès noirs.*

Le delta des Bourrus s'est heurté à la rive méridionale du lac; les sédiments rejetés latéralement dans un bassin de moins en moins profond, forment des atterrissements rapides; les parties même les plus reculées de l'anse des Bourrus n'ont plus de longues périodes de tranquillité. L'ère des grandes accumulations végétales est terminée.

Déjà la Grande Couche est recouverte de sédiments terreux sur presque toute son étendue (FIG. 12, 19 et 25).

Cependant les végétaux continuent à affluer dans l'anse des Pégauts; ils y restent généralement épars au milieu des limons et des sables dont l'arrivée de plus en plus fréquente et abondante rend la formation des couches végétales difficile.

L'anse des Ferrières est le siège de phénomènes analogues à ceux des Pégauts.

FIG. 5. — *Formation de la couche des grès noirs et de la couche des Pourrats.*

Après la Grande Couche, deux autres couches ont encore pu se former dans l'anse des Pégauts, celle des grès noirs et celle des Pourrats (1). Ces deux couches sont peu puissantes, irrégulières, lenticulaires, impures; elles portent manifestement l'empreinte d'une sédimentation troublée par les déplacements fréquents de l'embouchure des cours d'eau.

Après la couche des Pourrats, il ne se forme plus

---

(1) PL. V, FIG. 5 et 6.

que quelques amas végétaux sans importance ; le dépôt s'achève presque exclusivement avec des matériaux grossiers au milieu desquels disparaissent le limon et les plantes que le courant n'a pas emportés au delà du déversoir.

La partie supérieure de l'anse des Ferrières est également dépourvue de couches de houille pour les mêmes raisons.

J'ai établi ailleurs (1) qu'avec des apports sédimentaires constants, le littoral des deltas aurait progressé en moyenne 16 fois plus vite au-dessus de la Couche des Pourrats qu'au niveau de la Grande Couche, en raison de la profondeur et de l'étendue de plus en plus réduites du lac ; on conçoit facilement que, au-dessus des Pourrats, aucun point du littoral n'ait joui des longues périodes tranquilles favorables à l'accumulation des végétaux. Dans un essai d'évaluation du temps nécessaire à la formation des couches (2), j'ai trouvé que l'ensemble du dépôt pouvait progresser de 1 mètre d'épaisseur en 16 ans, au niveau de la Grande Couche ; le même épaissement n'aurait plus exigé que 1 an au-dessus des Pourrats. Or les végétaux charriés en un an ne représentant que quelques millimètres d'épaisseur, ils devaient donc se perdre au milieu de la couche sédimentaire de 1 mètre d'épaisseur qui se déposait en même temps sur le fond du bassin ; au niveau de la Grande Couche, au contraire, l'anse des Pégauts pouvait rester à l'abri des invasions sableuses pendant de très longues périodes.

Ainsi s'explique la formation des couches de houille dans le bassin de Commentry. Aucun cataclysme n'a

---

(1) 3<sup>e</sup> partie.

(2) 2<sup>e</sup> partie, ch. VII.

précédé ni suivi la formation de chaque couche ; des raisons très simples d'ordre sédimentaire, ont fait que les végétaux charriés par les cours d'eau se sont tantôt disséminés au milieu des matières terreuses, tantôt amoncelés en couches ou en amas.

Au début de la formation, alors que la plaine alluviale et la surface de végétation étaient peu étendues et le lieu d'alluvionnement très variable, les couches végétales n'ont pas pris de grandes proportions. Les grandes accumulations végétales se sont produites au moment où la plaine alluviale, déjà considérable, laissait cependant encore au bassin de dépôt un assez grand développement pour que les matériaux pussent se classer ; elles ont cessé de se former lorsque le bassin devenu exigü était sans cesse atteint sur tous ses points par les matériaux terreux, et qu'aucune de ses régions n'offrait la tranquillité qu'exigent le dépôt et l'accumulation des matières végétales.

Au début, les débris végétaux étaient rares ; vers la fin ils étaient abondants, mais ils ne pouvaient plus s'amonceler.

Parmi les causes qui ont pu contribuer à arrêter le développement de la Grande Couche, je dois signaler l'abaissement de niveau du lac qui s'est produit entre la deuxième et troisième phase ; cette dénivellation qu'on peut évaluer à environ 30 mètres, a entraîné une érosion considérable de la partie supérieure du dépôt ; une masse énorme d'alluvions ont été jetées dans le bassin et se sont étalées sur la couche végétale ; puis, les cours d'eau profondément encaissés et ne pouvant par conséquent plus divaguer sur la plaine alluviale, ont cessé momentanément de recueillir les produits de la végétation. La proportion des végétaux charriés a été relativement faible pen-

dant cette période. Peu à peu la plaine alluviale s'est nivelée ; après la corrosion rapide qui a suivi l'abaissement de niveau du lac et dont la trace est conservée dans les bancs remaniés à éléments volumineux et anguleux, est venue une érosion lente qui a détruit une grande partie de la plaine alluviale avec les marécages et les lagunes qui la recouvraient ; c'est de ces débris que la couche des grès noirs est principalement formée.

---

---

**Chapitre VII.****DURÉE DE LA FORMATION DU TERRAIN HOULLER  
DE COMMENTRY**

---

Nous avons vu que le terrain houiller de Commentry résulte du remplissage d'un lac par les sédiments de différents cours d'eau ; nous allons essayer de nous rendre compte du temps qu'a exigé cette formation.

Pour arriver à formuler et à chiffrer quelques idées précises, j'ai examiné séparément les deux parties du dépôt limitées par la strate du mur de la Grande Couche. La Fig. 2, Pl. V, indique où en était le dépôt au moment où s'achevait la formation de la partie inférieure.

Au point de vue de la marche des atterrissements, je parlerai seulement du delta des Bourrus, le plus important et le plus intimement lié aux puissantes couches de houille du bassin.

Le tableau suivant résume les hypothèses qui me paraissent admissibles sur la durée de la formation du terrain houiller :

	PARTIE INTÉRIEURE du dépôt.	PARTIE SUPÉRIEURE du dépôt.	ENSEMBLE du TERRAIN HOUILLER
Volume du dépôt.....	40 milliards de m <sup>3</sup>	5 milliards de m <sup>3</sup>	45 milliards de m <sup>3</sup>
Volume de la houille renfermée dans le dépôt..	40 millions de m <sup>3</sup>	47 millions de m <sup>3</sup>	57 millions de m <sup>3</sup>
Rapport entre le volume de la houille et le vo- lume total du dépôt.....	1/1000	1/106	1/263
Avancement total du delta des Bourrus.....	2 kilomètres	3 kilomètres	5 kilomètres
Avancement moyen annuel id. ....	0,45	0,75	0,30
Durée du dépôt, en siècles.....	130	40	170
Volume total des sédiments déposés, par siècle.	77 millions de m <sup>3</sup>	125 millions de m <sup>3</sup>	88 millions de m <sup>3</sup>
Volume total de houille déposée, par siècle.....	77.000 m <sup>3</sup>	4.175.000 m <sup>3</sup>	335.394 m <sup>3</sup>
Surface de végétation moyenne pendant la for- mation du dépôt.....	2.000 hectares	15.000 hectares	
Epaisseur moyenne de houille utilisée sur toute la surface de végétation, par siècle.....	0 <sup>m</sup> ,0038	0,0078	

*Marche des atterrissements.* — Nous savons que le cours d'eau des Bourrus, d'abord petit ruisseau coulant sur une côte abrupte de quelques centaines de mètres de longueur, a grandi pendant la durée de la formation, et était, vers la fin, une rivière de 20 kilomètres de longueur à large bassin hydrographique. Les autres affluents du lac se sont également étendus pendant la même période.

Au début, les cours d'eau étant petits et le lac profond, la marche des atterrissements fut d'abord très lente ; elle devint plus rapide à mesure que les cours d'eau grandirent, et vers la fin, lorsque le lac eut perdu une partie de sa profondeur, les deltas s'étendirent rapidement.

Les chiffres admis pour l'avancement du delta des Bourrus :

0<sup>m</sup>,15 par an pendant la 1<sup>re</sup> période,

0,75 — — 2<sup>me</sup> —

0,30 par an pour l'ensemble du dépôt,

sont en rapport avec l'avancement de beaucoup de deltas lacustres actuels ; ils sont plutôt faibles, car un certain nombre de deltas actuels progressent deux fois, cinq fois, dix fois plus vite. On pourrait donc doubler ces chiffres, et par suite diminuer de moitié la durée du remplissage sans s'écarter des faits de la nature actuelle.

De ces chiffres, résultent des durées de 130 siècles pour la partie inférieure du dépôt et 40 siècles pour la partie supérieure, soit pour l'ensemble 170 siècles.

*Surface de végétation.* — La surface de végétation, dont les produits ont constitué la houille, se confond naturellement avec le bassin hydrographique des cours d'eau.

Au début de la formation, ce bassin hydrographique

était représenté par quelques centaines d'hectares d'un littoral abrupt ; lorsque la Grande Couche commença à se former, la surface émergée des deltas avait une superficie de 1.800 hectares, et les rives recueillaient les eaux de 10.000 hectares de côtes ; à la fin de la formation, la plaine alluviale était de 3.100 hectares et le bassin hydrographique des rivières s'étendait sur 16.000 hectares de terrain primitif. En moyenne, pendant la première période du dépôt, la surface susceptible de se couvrir de végétation et de laisser aller ses produits au lac fut d'environ 2.000 hectares et de 15.000 hectares pendant la deuxième période.

*Houille produite par la surface végétale.* — Nous savons (1) qu'un seul pied de cordaïte a pu fournir trois mètres cubes de houille. Si l'on admet que chaque arbre couvrait 100 mètres carrés et se développait en 50 ans, la houille produite par siècle sur cette surface représente une couche de 60 millimètres d'épaisseur.

Telle est l'épaisseur que fournirait sur toute sa surface une forêt d'arbres semblables espacés de 10 mètres, sans tenir compte des herbes et des arbrisseaux qui peuvent se développer en même temps que les grands arbres.

Les autres espèces arborescentes (fougères, lepidodendrées, calamodendrées) pouvaient produire autant de houille que les cordaïtes par unité de surface.

Or, la proportion de houille renfermée dans le dépôt ne représente qu'une couche de 4 à 8 millimètres par siècle couvrant toute la surface de végétation, soit 1/10 environ de la houille produite. Ainsi les 9/10 de la végétation se seraient décomposés à l'air.

L'écart qu'il y a entre la quantité de matière végétale

(1) 2<sup>e</sup> partie, ch. III.

qui aurait pu se produire et celle qui a été conservée permet les hypothèses suivantes :

1° Si la marche des atterrissements avait été deux fois plus rapide que celle que nous avons supposée, et que le dépôt se fût, par suite, formé en moitié moins de temps (85 siècles au lieu de 170), la production végétale aurait pu être encore cinq fois plus considérable que la proportion transformée en houille ;

2° La végétation aurait pu être deux fois moins active que nous ne l'avons supposé et produire encore cinq fois plus de matière végétale que les cours d'eau n'en ont charrié jusqu'au lac.

La quantité de matière végétale utilisée est inférieure à celle que produisent aujourd'hui les forêts de nos régions. On connaît les calculs d'Elie de Beaumont, à ce sujet ; l'illustre savant a compté qu'une couche de bois sans interstices, si elle pouvait être changée en houille sans perte de carbone, diminuerait d'épaisseur dans le rapport de 1 à 0,228. En tenant compte de la quantité de matière ligneuse contenue dans un hectare de taillis de 25 ans, il calcule que cette matière ligneuse formerait sur toute la surface de l'hectare une couche continue et sans interstices d'environ 0<sup>m</sup>,008 d'épaisseur ; transformée en houille d'après les évaluations précédentes, cette couche de bois reviendrait à une couche de houille d'environ 2 millimètres d'épaisseur. Par siècle, la production de houille du taillis serait de 8 millimètres.

Dans l'hypothèse de la formation de la houille sur place, en appliquant ce calcul aux couches de houille du bassin de Comentry dont l'épaisseur totale, sur la même ligne transversale, atteint jusqu'à 56 mètres (1), on arrive à une durée de 7.000 siècles.

---

(1) Couches anthraciteuses, 5 mètres ; Grande Couche, 25 mè-

A ce temps, il faudrait ajouter encore celui qu'aurait pris le dépôt des couches de grès et de schiste dont la somme des épaisseurs aux affleurements est de 1.800 mètres. L'hypothèse de la formation de la houille sur place entraînant celle des affaissements du sol, si l'on suppose des affaissements de 1, 2, 3 mètres par siècle, ce serait 1.800 ou 900 ou 600 siècles à ajouter aux 7.000 exigés pour les accumulations végétales.

On arrive ainsi à une durée totale de 8.000 siècles environ, soit cinquante fois plus que le temps nécessaire dans le système des deltas.

Dans l'hypothèse de l'accumulation sur place, la Grande Couche avec ses 25 mètres de puissance, n'aurait pu se former, sur un sol produisant 8 millimètres de houille par siècle, en moins de 3.125 siècles. Dans l'hypothèse du charriage, la surface de végétation qui pouvait envoyer ses produits au lac étant d'environ 12.000 hectares, la même épaisseur de 8 millimètres de houille par siècle aurait pu former la Grande Couche en 25 siècles. Ce chiffre est en rapport avec la marche du delta des Bourrus qui, ayant progressé de 1.500 mètres environ pendant le temps qu'a duré la formation de la Grande Couche, aurait eu ainsi un avancement annuel de  $\frac{1500}{2500} = 0^m,60$ .

Le système des deltas n'oblige donc à aucun effort d'imagination, ni au point de vue sédimentaire, ni au point de vue de la production des végétaux. Les phénomènes actuels suffiraient à tout expliquer simplement ; mais l'on ne doit pas oublier que le climat et la flore houillère se prêtaient à une formation beaucoup plus active.

---

tres ; couche des grès noirs, 6 mètres ; couche des Pourrats, 5 mètres ; petites couches ou lames disséminées dans les grès et les schistes, 15 mètres. — Total : 56 mètres.

---

### Chapitre VIII.

#### AGE RELATIF DU TERRAIN HOULLER DE COMMENTRY

---

Il y a dans le bassin de Commentry des vestiges de trois dépôts sédimentaires distincts.

1° Le dépôt anthracifère de Merlerie représenté par des *galets* de schiste, de grès, de poudingue et de quartz dans les couches de la base du terrain houiller, à Colombier ;

2° Le terrain houiller proprement dit ;

3° Les nappes à peu près horizontales qui reposent en discordance sur le terrain houiller et que j'ai qualifiées de *permiennes*.

Le terrain houiller proprement dit renferme une multitude de plantes considérées comme caractéristiques du houiller *supérieur* ; la flore de Merlerie, beaucoup moins connue, renferme aussi des espèces appartenant au terrain houiller (1) ; enfin, les nappes supérieures (*permiennes*) n'ont pas fourni jusqu'à présent d'autres espèces que celles que renferme le terrain houiller (2).

Si l'on s'en rapportait uniquement à la flore, ces trois

---

(1) *Astérophyllites equisetiformis*, *Sphenophyllum oblongifolium*, feuilles de *Sigillaires*, *Sigillaria lepidodendrifolia*, *Trigonocarpus pusillus*, feuilles de *Dorycordaïtes*, *Cordaïtes lingulatus*, *Diplotesta* (déterminations de M. Renault).

(2) Plantes des nappes *permiennes* : *Calamites suckowi*, *Pecopteris polymorpha*, *Cordaïtes*, *Annularia Longifolia* et *Sphenophylloïdes*, des graines, etc. (déterminations de M. Zeiller).

dépôts seraient considérés comme contemporains, mais on sait d'ailleurs qu'ils se sont formés successivement et qu'un temps extrêmement long sépare la première formation de la dernière.

*Dépôt de Merlerie.* — J'ai établi que ce dépôt, antérieur au houiller proprement dit, reposait sur le gneiss et qu'il a été détruit par les cours d'eau pendant la formation des parties inférieures du terrain houiller (1).

Les débris de ces dépôts que l'on trouve à l'état de galets dans les couches houillères de Colombier, sont, au point de vue lithologique, de même nature que beaucoup de couches *anthracifères* parsemées autour du plateau central (2), et sont, notamment, identiques au dépôt de Château-sur-Cher, voisin de Commeny, dans lequel j'ai trouvé avec des plantes semblables à celles de Merlerie, le *Bornia* caractéristique des premières assises carbonifères.

Ces faits tendent déjà fortement à faire considérer le dépôt de Merlerie comme *anthracifère*, il y en a d'autres qui militent dans le même sens.

Des galets semblables à ceux de Merlerie existent dans le terrain houiller de Montvicq; il y en a aussi dans le terrain houiller de Saint-Etienne, ces derniers rappellent plus particulièrement les couches anthracifères du Roannais.

Ces galets, de même nature que des couches anthracifères encore en place, qui se trouvent dans divers terrains houillers, n'ayant pu être roulés qu'après un soulèvement général, fournissent une preuve de plus du synchronisme des formations auxquelles ils appartiennent.

(1) 2<sup>e</sup> partie, ch. I.

(2) C'est l'avis de M. Julien qui a fait une étude approfondie des dépôts anthracifères du plateau central.

*Nappes permienes.* — J'ai dit ailleurs (1) pourquoi les nappes horizontales qui recouvrent le terrain houiller de Commentry, doivent être considérées comme *permienes*, malgré l'absence de fossiles nettement permienes.

Ces nappes ont commencé à se former à partir du moment où la sédimentation houillère a été troublée par le phénomène hydro-thermal qui a répandu des quantités considérables de silice sur un grand nombre de points du plateau central et ailleurs.

Entre le soulèvement postérieur au dépôt anthracifère qui a donné à la région le relief qu'elle avait au début de la formation houillère proprement dite, et l'éruption siliceuse permienne, il s'est écoulé un temps extrêmement long qui se trouve pour ainsi jalonné par les faits suivants :

1° Le terrain houiller de Commentry se forme ; (J'ai évalué la durée de cette formation à 170 siècles environ.)

2° Les cours d'eau coulent à la surface du terrain houiller, corrodant sa partie supérieure. Survient alors la première éruption de diorite (porphyrite micacée) ;

3° A ce moment, le terrain houiller de Montvicq était à moitié formé. La diorite se mêle dès lors aux autres éléments détritiques dans les couches supérieures du terrain houiller de Montvicq.

Ce dépôt houiller se poursuit et s'achève.

Après, la diorite fait encore quelques apparitions, puis surviennent les sources permienes.

Ainsi s'établit, en dehors des considérations paléontologiques, la chronologie des grands dépôts permocarbonifères de la région. Les plantes fournissent peu d'indications utiles à ce sujet.

---

(1) 2<sup>e</sup> partie, 4<sup>e</sup> section.

Si la flore est impuissante à caractériser l'âge de ces grandes divisions, elle l'est à bien plus forte raison pour classer chronologiquement les différentes couches d'un même dépôt. C'est ce qui ressort nettement des observations faites dans le bassin de Commeny.

*Terrain houiller de Commeny.* -- Dans son ensemble, la flore du terrain houiller de Commeny ne diffère pas de celle des terrains houillers voisins.

Grâce à une roche éruptive, la diorite (1), nous avons pu reconnaître que la moitié supérieure du terrain houiller de Montvicq était de formation plus récente que les assises supérieures du terrain houiller de Commeny ; la Flore est la même sur les deux points.

Nos découvertes de fossiles, si nombreuses et si intéressantes n'ont abouti à aucun résultat au point de vue de la classification des couches. Nous avons en effet reconnu :

1° Que si l'on considère des zones un peu importantes au Nord, au Sud, à l'Est, à l'Ouest, au sommet ou à la base du terrain houiller, l'ensemble des plantes est toujours à peu près le même ;

2° Que la même couche présente parfois, au contraire, même sur des points peu éloignés les uns des autres, des différences considérables de flore (2).

Par suite, toute classification chronologique des couches qui repose sur la présence ou l'absence de quelques espèces, n'offre aucune garantie d'exactitude.

Dans un bassin comme celui de Commeny, les caractères lithologiques sont beaucoup plus importants que les caractères paléontologiques ; mais encore ne faut-il pas partir de l'idée essentiellement fautive du parallélisme et de l'horizontalité primitive des couches.

(1) 2<sup>e</sup> partie, 2<sup>e</sup> section.

(2) 2<sup>e</sup> partie, ch. III.

---

**Chapitre IX.****CLIMAT DE LA RÉGION DE COMMENTRY  
A L'ÉPOQUE HOUILLÈRE**

---

De la constitution stratigraphique et lithologique du terrain houiller de Commentry, nous avons déduit que ce terrain a pris naissance dans un lac profond, entouré de montagnes abruptes et élevées sur lesquelles coulaient des cours d'eau torrentiels ; à peu de distance existaient d'autres lacs également entourés de montagnes qui donnaient à l'ensemble de la région une physionomie alpestre.

Les nombreuses variétés de plantes et d'insectes conservées par les strates houillères indiquent un climat chaud et humide comme certaines régions actuelles voisines des tropiques.

Aucun vestige de glacier n'a été rencontré. La mer d'ailleurs était à peu de distance (1), et les sommets voisins de Commentry ne semblent pas avoir dépassé à ce moment l'altitude de 1.000 mètres.

Les pluies devaient être abondantes ; mais non diluviennes et extraordinaires, comme on l'a dit si souvent. Pour se faire une idée à ce sujet, il faut rapprocher les évaluations faites sur la durée probable de la formation du terrain houiller, du charriage opéré actuellement par les cours d'eau de la région (2) ; ces cours d'eau, sortes de grands ruisseaux qui ne

---

(1) 24 kilomètres à Buxière.

(2) 3<sup>m</sup>e partie, chap. II.

paraissent pas modifier la surface du sol, lui empruntent cependant assez de matériaux pour combler un lac grand comme le lac houiller de Commentry, presque aussi rapidement que celui-ci fut comblé à l'époque houillère.

Le *climat houiller* existait déjà dans la région avant le mouvement orographique qui détermina la formation des lacs houillers ; on en a la preuve dans les plantes que renferment les galets de la zone de Longeroux. Ces galets arrachés à un terrain sédimentaire antérieur sont très probablement de l'époque *anthracifère* ; or les plantes qu'ils renferment appartiennent aux mêmes espèces que la flore houillère et vivaient par conséquent dans les mêmes conditions climatériques.

Comme d'ailleurs les plantes trouvées dans les nappes permienes appartiennent aussi aux mêmes espèces, il s'ensuit que le climat ne s'est pas sensiblement modifié, non seulement pendant toute la durée de la formation du terrain houiller de Commentry, mais pendant une période trois ou quatre fois plus longue, remontant plus loin dans le passé et se prolongeant après.

La persistance de la même flore dans la région n'entraîne nullement l'uniformité de la végétation sur tous les points de cette région. Certaines couches de Commentry donnent au contraire la preuve d'une grande diversité sous ce rapport entre des points assez rapprochés : les schistes qui forment le toit de la Grande Couche, par exemple, sont remplis de lepidodendrons à l'Ouest et n'en renferment pas de trace à l'Est, à 1.500 mètres de distance ; le banc des *Roseaux* ne renferme de *dicranophyllum* qu'en son

milieu ; le titanophyllum très abondant sur un point du mur de la Grande Couche, ne se retrouve pas ailleurs.

Ces variations de flores sur des points rapprochés d'une même couche s'expliquent facilement par l'intervention de plusieurs cours d'eau (dont l'existence est déjà démontrée) ; on en peut conclure que les diverses parties du littoral lacustre ne portaient pas la même végétation, et que les diverses influences qui agissent aujourd'hui, telles que sécheresse, humidité, exposition, altitude, nature du sol, etc., agissaient aussi dans une certaine mesure à l'époque houillère.

#### CLIMAT GÉNÉRAL DU GLOBE A L'ÉPOQUE HOUILLÈRE.

Il y a des terrains houillers, c'est-à-dire des dépôts renfermant des plantes *houillères*, aussi bien sous la zone torride et sous la glace des pôles, que dans la zone tempérée ; on en a conclu qu'il y a eu une période pendant laquelle une parfaite uniformité de climat régnait sur toute la surface du globe et que tous les terrains houillers se sont formés pendant la même période.

Il est vrai que l'on rencontre des terrains houillers sur quelques points des principales régions du globe, mais ces terrains ne représentent qu'une très petite partie de chacune de ces régions. Or, il y a bien aujourd'hui des pays froids dans les principales régions du globe, sans que l'on puisse en conclure que toute la surface du globe est uniformément froide.

L'hypothèse de l'uniformité du climat allait avec celle d'un sol plat, insulaire, à peine émergé, soumis à l'influence régularisatrice des courants marins ; mais j'ai établi qu'il y avait des montagnes à l'époque houillère, et l'on sait que « quelque peu importantes que

soient les inégalités superficielles du globe, il n'en est pas moins vrai que c'est de la position et de la direction de ces faibles inégalités que dépendent principalement l'état de l'atmosphère, ainsi que le climat général et local » (1).

On sait aussi que « la faune et la flore de notre planète durant les périodes qui comprennent depuis les terrains siluriens les plus anciens jusqu'aux terrains tertiaires les plus nouveaux, étaient aussi variés qu'aujourd'hui » (2).

Pourquoi faire une exception pour l'époque houillère ?

Il n'est pas besoin d'exception si l'on admet que la formation des terrains houillers n'a pas été partout simultanée. Or, il est certain que dans notre région très restreinte, le dépôt carbonifère de Merlerie précéda celui de Commentry ; que celui-ci était achevé alors que celui de Montvicq n'en était pas encore à la moitié de sa hauteur et que les nappes *permiennes* qui représentent toujours le climat houiller se sont formées longtemps après le comblement du lac de Montvicq. De tels écarts de temps pour des dépôts à flore identique espacés de quelques kilomètres seulement permettent de supposer des écarts beaucoup plus grands pour les terrains houillers disséminés sur les différents points du globe.

Pour ces raisons et pour beaucoup d'autres exposées ailleurs, je suis porté à croire que l'hypothèse de l'uniformité du climat doit disparaître avec toutes celles qui tendaient à faire de l'époque houillère une époque exceptionnelle et extraordinaire.

(1) LYELL, *Principes*, p. 306.

(2) Id. p. 150.

## QUATRIÈME SECTION

## TERRAIN PERMIEN

On voit à la surface du sol, dans la région Ouest du bassin de Commentry, à Magnier et aux Ferrières, un terrain blanc, parfois tacheté de rouge, dont l'aspect contraste vivement avec celui du terrain houiller et des roches anciennes; ce dépôt constitue, sur le terrain houiller, deux nappes distinctes qui se prolongent de quelques kilomètres sur le terrain primitif, et dont l'épaisseur ne dépasse pas 40 mètres.

Ces nappes se composent principalement de grès et d'une matière fine, ordinairement blanche, qui cimente les grès et constitue parfois des assises de plusieurs mètres d'épaisseur. Cette matière, presque exclusivement en silice, se montre, au microscope, composée d'une multitude de petits cristaux de quartz brisés et disséminés en désordre au milieu d'une pâte argilo-siliceuse (1); elle est connue sous le nom d'*argilolite*.

A peu de distance à l'Ouest, à Saint-Angel, un autre petit dépôt semblable à celui de Magnier se trouve à la surface du sol, sur le gneiss.

A Montvicq, des nappes analogues s'étendent à la fois sur le terrain houiller et sur le terrain primitif.

Plus loin, au Nord, la même formation prend une extension considérable (FIG. 13 du texte).

---

(1) 4<sup>me</sup> partie.

La position superficielle de ces dépôts et leur très grande ressemblance avec certaines couches tertiaires bien déterminées avaient conduit Boulanger à classer cette formation dans le *tertiaire* (1).

Les fossiles que j'ai trouvés depuis et diverses considérations minéralogiques et stratigraphiques sur lesquelles je reviendrai plus loin font entrer ces dépôts dans le groupe *permien*.

*Mode de formation des nappes permienes.* — Les phénomènes détritiques et sédimentaires qui permettent de comprendre la formation des terrains houillers ne suffisent plus à expliquer l'origine des nappes permienes.

On ne saurait trouver dans les produits de la désagrégation et de la trituration des roches par les eaux météoriques, ni la proportion ni la sorte de silice qui caractérise cette formation. L'allure informe des couches, leur faible inclinaison, le quartz isolé dans la pâte des grès, et beaucoup d'autres signes sont incompatibles avec le charriage ordinaire des cours d'eau et la sédimentation en eau profonde. Pour expliquer la formation des nappes permienes, il faut avoir recours à d'autres phénomènes dont les sources thermo-minérales donnent la clef.

On sait que la silice est l'un des produits les plus abondants des sources chaudes qui existent en divers points du globe (2); les geysers d'Islande ont formé un dépôt siliceux de 8 kilomètres de long, 1 kilomètre de large et de plus de 30 mètres d'épaisseur; les manifestations geysériennes du Yellowstone sont beaucoup plus importantes encore; on y compte des milliers de bouches d'éruption.

---

(1) *Statistique géologique de l'Allier.*

(2) DE LAPPARENT, *Traité de Géologie.*

La proportion de silice de ces dépôts dépasse souvent 80 p. %; c'est une silice hydratée, opale commune, associée parfois à du fer, à des chlorures, etc. Le dépôt siliceux est souvent coloré en rouge, en vert, par des boues ferrugineuses.

L'eau des sources est ordinairement chargée d'une assez forte proportion de sulfates, chlorures et carbonates alcalins, qui doivent résulter de l'action des vapeurs sulfureuses, carboniques et chlorydriques des eaux chaudes, sur les silicates des roches traversées.

On a remarqué que dans une même région les sources les plus chaudes forment les dépôts les plus siliceux; les sources deviennent ferrugineuses quand leur température descend au-dessous de 66 degrés (1).

Les dépôts siliceux actuels renferment parfois des débris de végétaux silicifiés.

Nous allons voir que ces phénomènes, combinés avec l'action des cours d'eau, permettent d'expliquer tous les dépôts permien de la région.

*Nappe de Magnier.* — La nappe de Magnier tire son nom des carrières ouvertes entre le Marais et les Ferrières pour l'exploitation de grès durs, résistants à l'air, recherchés comme pierre à bâtir; elle a environ 5.000 mètres de long, 1.500 mètres de large, et une épaisseur qui varie de 0 à 40 mètres; elle repose partie sur le terrain houiller et partie sur le terrain primitif; sa surface est à peu près horizontale.

Dans la partie Nord-Est, *près de la gare*, cette nappe renferme une assez forte proportion de poudingues avec des grès et des argilolites; au centre, vers *Magnier*, les grès dominant, les galets sont rares; la roche est blanche; un peu au-delà, elle devient plus argileuse et plus rouge.

---

(1) DE LAPPARENT, *Traité de géologie.*

Près de la gare, le dépôt permien fournit en partant de la surface du sol la coupe suivante :

Argilolites et grès . . . . .	}	3 <sup>m</sup> ,00
Dépôts argileux blancs, jaunâtres, en partie décomposés . . . . .		
Grès argileux blanc . . . . .	environ	6,00
Argilolite . . . . .	—	6,00
Mélange de grès et d'argilolite . . . . .	—	5,00
Bancs de poudingues très irréguliers . . . . .	—	10,00
Grès et argilolite . . . . .	—	10,00
		<hr/>
Total . . . . .	—	40 <sup>m</sup> ,00

Les bancs sont faiblement inclinés vers le Nord-Ouest (de 5 à 13 degrés), en sens inverse des bancs houillers.

L'inventaire des galets des poudingues donne :

Micaschistes . . . . .	24
Granulite rose et grise . . . . .	72
Quartz . . . . .	4

Les *micaschistes* sont en fragments plats, ayant jusqu'à 0,15 de longueur, aux angles à peine émoussés, tout à fait de même nature que le massif des Bourrus.

Les *granulites* sont en fragments presque anguleux, en moyenne de la grosseur du poing, atteignant parfois 0,20; ce n'est qu'aux Bourrus qu'on trouve en place la même association de granulites roses et grises.

La nature des galets et leur faible usure désignent la région des Bourrus comme lieu d'origine. Guidé par cette indication, j'ai facilement trouvé dans cette région, sur les talus des tranchées du chemin de fer, des filons de silice et des traces d'éruptions ferrugineuses qui se sont généralement fait jour en profitant du passage de la granulite. Les éruptions permienes ont

profondément modifié les roches voisines ; la granulite et le micaschiste sont silicifiés sur plusieurs mètres de largeur et portent des colorations blanches et rouges qui rappellent les colorations permienes.

Il paraît certain que là se trouvaient quelques-unes des sources thermo-minérales qui ont contribué à former la nappe de Magnier.

A l'exception du quartz, les galets ont presque tous subi une décomposition parfois très profonde ; la granulite est devenue blanche, grenue, et elle est si bien liée à la pâte qui l'enveloppe qu'on la distingue parfois difficilement ; sur certains gros fragments, on observe une altération décroissante de l'extérieur vers le centre qui est encore rose, compacte, dur. Le micaschiste a aussi blanchi et a pris l'aspect général de la roche permienne.

Cette décomposition s'explique par la présence des carbonates, des chlorures et des sulfates alcalins dans les eaux minérales.

Vers le Marais et Magnier, on peut constituer comme suit la coupe d'ensemble suivante, en partant de la surface :

Grès argileux avec nombreuses colorations rouges. . . . .	4 <sup>m</sup> ,00
Argilolite blanc jaunâtre, empâtant des parties gréseuses.. . . .	1,00
Grès porphyrique blanc, dur. . . . .	6,00
Argilolite blanche . . . . .	5,00
Alternances de grès porphyrique et d'argilolite. . . . .	14,00
Total. . . . .	<u>30<sup>m</sup>,00</u>

Ce qui domine à Magnier, c'est un grès dur, résistant à l'air, à cassure esquilleuse et tranchante, rappe-

lant beaucoup certains porphyres petro-siliceux par ses grains de quartz cristallins, souvent isolés dans la pâte.

Ce grès est parfois divisé en colonnes prismatiques semblables aux colonnes de basalte.

Les assises de grès sont séparées par de minces dépôts d'argilolite, blanche, farineuse ; la même matière a pénétré dans les fissures des grès. Cette matière est presque exclusivement constituée par de la silice (93 p. % de silice, 5 p. % de magnésie, fer, alumine, man ganèse 2) ; on a essayé de l'utiliser comme kaolin. Elle se met facilement en suspension dans l'eau et blanchit les ruisseaux au moment des pluies.

On y trouve aussi des fragments de calcédoine blanche, bleuâtre, jaspöide, et des tubes siliceux de quelques millimètres de diamètre, à remplissage farineux, qui sont peut-être des vestiges de plantes ? Ce seraient les seuls fossiles trouvés jusqu'à présent dans la nappe de Magnier.

Il y a bien, sur le sol, à Magnier et dans le voisinage, un certain nombre de végétaux silicifiés qui doivent provenir de la nappe permienne ; ces débris volumineux résistant aux actions atmosphériques, ont dû rester en place alors que les éléments fins ont été désagrégés et entraînés par les eaux. Ils sont d'ailleurs, au point de vue minéralogique et paléontologique, identiques à ceux que l'on trouve dans la nappe permienne de Montvicq et à la surface de cette nappe.

Les assises inférieures de Magnier, à peu près horizontales, visibles dans la tranchée du chemin de fer, reposent en stratification *discordante* sur les couches houillères qui sont inclinées de 20 à 40 degrés. La surface de contact est irrégulière, comme un sol dur corrodé par un cours d'eau. En quelques points, le terrain houiller est coloré en blanc et en rouge vineux sur plusieurs mètres de profondeur.

A quelques centaines de mètres au Nord-Est des carrières de Magnier, vers le puits du Marais, la partie supérieure de la nappe permienne est fortement colorée en rouge amarante. Plus loin, le terrain prend l'aspect argileux ; on l'utilise comme terre à briques.

Les argilolites, la silice farineuse, les boues ferrugineuses rouges s'expliquent facilement par l'apport des sources minérales ; il est à remarquer que le fer est abondant, surtout dans les parties supérieures de la formation, ce qui semble indiquer qu'à l'époque permienne les éruptions ferrugineuses ont suivi, comme dans certains cas actuels, les éruptions siliceuses.

Les colorations rouges pourraient s'expliquer à la rigueur sans l'intervention des sources ferrugineuses. On a vu, en effet, que les sources siliceuses ont profondément décomposé et souvent rougi les gneiss et micaschistes qu'elles ont traversés ; les débris de ces roches rougies auraient pu suffire à colorer les nappes permienes.

Les fragments de calcédoine, épars, ont dû se consolider près de la source et subir ensuite un transport par les eaux courantes.

Les quartz des grès porphyriques peuvent provenir à la fois du quartz des roches anciennes entraîné par les sources et aussi, comme l'a supposé M. Daubrée (1), pour les grès analogues des Vosges, de la précipitation de la silice tenue en dissolution par les eaux chaudes au moment où ces eaux arrivaient au lac. Ces grains de quartz seraient de même nature et de même origine que les grains microscopiques dont l'argilolite est presque exclusivement constituée.

---

(1) Etudes synthétiques.

L'inclinaison des bancs qui va en décroissant de la gare à Magnier et qui est à peu près nulle en ce dernier point, la stratification informe, l'empâtement des grains de quartz et même des galets dans la pâte siliceuse révèlent un bassin peu profond dans lequel le dépôt s'est effectué à l'état boueux.

L'eau du lac, chargée de carbonates, chlorures et sulfates alcalins, ne laissait subsister aucun organisme et détruisait le carbone des plantes entraînées. De là l'absence ou la rareté des fossiles. Si la masse d'eau du bassin eût été très considérable relativement à l'apport hydro-thermal, les végétaux auraient pu conserver leur carbone et la vie aurait pu se manifester dans le lac.

Pour ces diverses raisons, je crois que la profondeur du lac de Magnier ne devait pas dépasser une centaine de mètres.

*Nappe de Saint-Angel.* — De très faible étendue ; ressemble beaucoup à celle de Magnier. Je la cite ici à cause de sa composition lithologique, en rapport avec celle des roches anciennes de son voisinage, et notablement différente de celle de Magnier.

A Saint-Angel, c'est :

Micaschiste . . . . .	15
Granulite saccharoïde . . . . .	40
Quartz . . . . .	45
	100
Total . . . . .	100

*Nappe de Montvicq.* — Près du village de Montvicq, sur le plateau autour du puits Sainte-Marie, plusieurs carrières permettent d'étudier une nappe permienne peu épaisse (15 à 20 mètres) mais très intéressante, qui repose sur le terrain houiller.

La partie supérieure de la nappe est un grès argileux de quelques mètres d'épaisseur, fortement teinté de

rouge, au milieu duquel se trouvent un grand nombre de fragments arrondis de même nature que la masse.

Au-dessous se trouvent des grès porphyriques passant parfois au poudingue, exploités comme pierre à bâtir. Ces grès dont la puissance varie de 2 à 10 mètres sont divisés en quelques points par des veines d'argilolite ; tantôt ils reposent directement sur le grès houiller, tantôt ils en sont séparés par des amas irréguliers d'argilolite ou plutôt d'une sorte de silice farineuse sans consistance.

Les grès *houillers* qui sont en contact avec le Permien sont fortement altérés, blanchis, sur plusieurs mètres de profondeur ; le feldspath qu'ils renferment est kaolinisé.

Les grès porphyriques sont souvent colorés par des taches rouges et jaunes qui ressortent vivement sur le fond blanc de la roche.

Au milieu des grès se trouvent épars des fragments de calcédoine, laiteux, opalins, résinoïdes, parfois fendillés, caverneux, comme s'ils avaient subi à cette place le retrait de consolidation.

Plusieurs petits filons de barytine traversent les grès porphyriques.

Beaucoup de points de la nappe permienne de Montvicq rappellent le filon siliceux de Varennes.

*Fossiles.* La nappe permienne de Montvicq est très riche en fossiles végétaux difficiles à voir tout d'abord parce que leur couleur se confond absolument avec celle de la roche ; il ne reste pas trace de carbone ; mais les empreintes sont parfois d'une admirable netteté. Il y a des arbres debout et couchés en assez grand nombre dans les grès (1) et toutes sortes de débris dans

---

(1) Parmi les tiges debout des grès et des poudingues se trouvent quelques tronçons de calamites de 0<sup>m</sup>,05 à 0<sup>m</sup>,45 de

les argilolites. La boue blanche siliceuse qui a rempli certaines dépressions de la partie supérieure du terrain houiller en renferme une assez grande quantité. Les plus beaux échantillons viennent d'un petit lit de calcédoine zonée ferrugineuse, situé dans la carrière d'aval du puits Sainte-Marie.

Tous ces fossiles appartiennent à la fois à la formation houillère et à la formation permienne. Aucun n'est caractéristique.

Ceux que l'on trouve épars à la surface du sol sont silicifiés; ces fossiles ont un aspect bien différent de ceux du terrain houiller.

Dans les premiers, il ne reste généralement pas trace de carbone; la silice s'est substituée à la matière organique en respectant les tissus les plus délicats. « La réaction la plus naturelle, dit M. de Lapparent (1), celle qui paraît s'être opérée aux abords des geysers, consiste dans la décomposition d'un silicate alcalin par la matière ligneuse; cette dernière passe à l'état d'humate alcalin et la silice prend sa place, se précipitant, à l'état de quartz, de calcédoine ou d'opale.... »

Les rares troncs silicifiés du terrain houiller ont conservé leur carbone noir; la silice a pénétré dans les vaisseaux et les fibres les plus fines, constituant ainsi un réseau solide au milieu duquel le carbone est disséminé en traces fibreuses. Il n'y a pas eu substitution moléculaire, mais simple pénétration.

Une autre nappe permienne, celle de la Souche, n'est séparée de celle de Sainte-Marie que par quelques cen-

diamètre et 0<sup>m</sup>,50 à 0<sup>m</sup>,60 de longueur, à remplissage siliceux fin.

Ces tiges debout, dans un milieu où toute matière organique était détruite, sont l'un des meilleurs arguments que l'on puisse opposer aux partisans de la végétation sur place.

(1) *Traité de Géologie*, p. 697.

taines de mètres. Ici, bien que l'aspect général de la formation ait toujours le même caractère dû à l'abondance de l'argilolite, les roches diffèrent notablement de celles de Sainte-Marie. Il y a surtout une assise de 3 à 4 mètres d'épaisseur, véritable arkose granitique, composée de gros grains de quartz et de feldspath nacré, cimentés par la pâte blanche siliceuse ; cette roche ressemble beaucoup au massif granitique de Varennes (1) altéré par les sources siliceuses.

*Nappe de Rongère.* — Une autre nappe de 2 kilomètres de long et d'environ 40 mètres d'épaisseur se trouve encore sur le terrain houiller de Montvicq, dans la partie Nord, à Rongère.

La partie supérieure de cette nappe est rouge sur plusieurs mètres d'épaisseur ; au-dessous sont des grès et des argilolites semblables à ceux des autres dépôts.

La nappe de Rongère est en face et à quelques centaines de mètres seulement de distance du filon siliceux de Vizelle (2), et au même niveau que la couche de grès porphyrique qui prend naissance sous ce filon et qui est aussitôt interrompue par la vallée.

On ne saurait distinguer certains grès bariolés de rouge et de blanc de Rongère, de certaines parties du gneiss de Vizelle modifié par les sources siliceuses.

Au-delà du bassin houiller de Doyet-Montvicq, vers le Nord, on rencontre encore fréquemment des nappes permienes à partie supérieure rubéfiée, dont la composition générale rappelle les nappes de Montvicq et Commentry.

---

(1) 2<sup>me</sup> partie, 2<sup>me</sup> section.

(2) 2<sup>me</sup> partie, 2<sup>me</sup> section.

*Formation permienne de Buxière-la-Grue.* — A Buxière, la formation permienne, très puissante, se présente sous forme de couches bigarrées argilo-marneuses, qui reposent en concordance sur les couches houillères. Les éléments siliceux encore très abondants sont mieux mélangés qu'ailleurs avec les éléments détritiques et le calcaire.

*Résumé.* — En résumé, les diverses formations permienes de la région sont généralement caractérisées par l'abondance de la pâte siliceuse blanche, parfois rouge, qui cimente les gros éléments et forme parfois seule des couches puissantes (argilolite).

Les diverses nappes diffèrent entre elles par la nature des éléments détritiques qu'elles renferment, lesquels proviennent presque toujours de massifs très voisins.

Le dépôt de Buxière diffère des autres par sa plus grande puissance, par un mélange plus intime de la pâte siliceuse avec les éléments détritiques, par une association avec des éléments calcaires, et par le parallélisme de ses couches houillères.

Ces différences tiennent à ce que les terrains houillers lacustres étaient depuis longtemps formés et même fortement corrodés lorsque les nappes permienes se déposèrent; ces nappes s'étalèrent sur la surface corrodée, en discordance par conséquent avec les couches houillères naturellement inclinées. Tandis qu'à Buxière la sédimentation se poursuivit sans interruption dans la mer; lorsque les sources thermo-minérales surgirent, leurs produits allèrent se mêler dans l'anse marine avec les détritiques charriés par les cours d'eau.

Si un grand lac, incomplètement comblé par le terrain houiller, eût subsisté dans la région au moment du jaillissement des sources permienes, des couches lacustres auraient succédé en concordance aux couches

houillères, comme cela a eu lieu dans la mer, à Buxière (1).

*Raisons qui ont fait rattacher les nappes siliceuses à l'ère permienne.* — Les fossiles de Montvicq sont à la fois *houillers* et *permien*s ; on n'a encore trouvé aucune des plantes qui caractérisent le permien.

Pour rattacher les nappes siliceuses au terrain permien, on a les raisons suivantes :

1° Le long espace de temps compris entre la fin de la formation du terrain houiller de Commentry, et la formation des nappes siliceuses.

Entre ces deux dépôts se place la période fort longue des éruptions de diorite.

Les éruptions de diorite avaient cessé depuis longtemps lorsque les nappes siliceuses se formèrent ;

2° Il y a une analogie complète au point de vue stratigraphique et minéralogique entre le *permien des Vosges* caractérisé par le *Callipteris* et le *Walchia*, et les nappes siliceuses de l'Allier (2). Comme ces nappes, le permien des Vosges recouvre le terrain houiller, tantôt en discordance, tantôt en concordance. Végétaux silicifiés, grès à structure colonnaire ; fragments de calcédoine, colorations rouges, etc. ; tous ces caractères sont communs aux deux formations ;

3° Le phénomène hydro-thermal qui a suivi la formation houillère dans l'Allier et dans les Vosges paraît

(1) Ainsi que dans les bassins de la Loire et de Saône-et-Loire où les couches permien nes concordent aussi bien avec les couches houillères que ces dernières concordent entre elles.

(2) M. Vélain qui a fait une étude complète du permien des Vosges (voyez le *Bulletin de la Société géologique*, 1885) et qui est venu ensuite visiter Commentry, a constaté cette analogie ; de nombreux échantillons que je dois à l'obligeance de M. Vélain ne laissent pas de doute à cet égard.

avoir été général autour du plateau central. On le retrouve en Saône-et-Loire et à Saint-Etienne, où il a contribué à la formation de dépôts qui recouvrent le terrain houiller et que l'on a rapportés à l'époque permienne.

---

## CINQUIÈME SECTION

## ALLUVIONS

Le terrain houiller de Commentry est recouvert en certains points, ainsi que le terrain permien et les roches anciennes, d'une sorte de manteau alluvial dont l'épaisseur ne dépasse généralement pas quatre ou cinq mètres et qui se compose de limon, de sables et de galets. Ce dépôt ne s'étend pas uniformément sur toute la surface du bassin ; il présente d'assez nombreuses interruptions ; on le rencontre surtout au bord des rivières ; mais il existe aussi sur la pente des collines et même sur les plateaux élevés.

« Les géologues, disait Boulanger à ce sujet (1), considèrent les dépôts diluviens comme dus au grand cataclysme qui a donné à la surface du globe les derniers traits de sa configuration. Lors de cette catastrophe, de grandes masses d'eau ont sillonné de toutes parts la surface de la terre, et les cailloux, les sables et argiles que transportaient ces courants ont rempli les dépressions que présentaient les roches des terrains préexistants. Dans le département de l'Allier, ces dépôts ont comme partout les caractères d'une formation par transport ; ils couvrent le fond des vallées et se montrent sur les coteaux et les flancs des vallées en des points tellement élevés, qu'il est impossible de ne pas admettre qu'ils ont été produits par

---

(1) *Statistique géologique de l'Allier*, p. 226.

l'action de masses d'eau beaucoup plus puissantes que celles de nos cours d'eau dans leurs plus forts débordements. »

Une observation attentive des faits de la région prouve que, contrairement à l'opinion de Boulanger, laquelle est partagée encore aujourd'hui par beaucoup de géologues, le manteau alluvial des collines et des plateaux a pu se former sans l'intervention des masses d'eau puissantes que l'on s'est figurées coulant à pleins bords dans les vallées. L'action persistante des petits cours d'eau actuels a suffi.

Devant la continuité et l'uniformité de composition de la couche alluviale, on a cru à un dépôt formé simultanément dans toutes ses parties, tandis que la formation de cette couche a duré, en réalité, aussi longtemps que le creusement des vallées.

Les alluvions de la vallée de la Banne (1) en fournissent la preuve.

*Couche alluviale dans la région des Chavais.* —

Une tranchée qui coupe la vallée en travers permet de faire les observations suivantes :

Au fond, près de la rivière, la couche alluviale a jusqu'à 5 mètres d'épaisseur. Elle repose sur un plan inégal visiblement creusé par la rivière sur la tranche des assises houillères qui sont, en ce point, inclinées à 45 degrés environ.

La couche alluviale se compose ordinairement de limon argileux en haut ; de limon et de sable au milieu, de limon, de sable et de galets en bas. En général c'est le limon qui domine.

Quelques strates irrégulières et sans continuité paraissent dans les sables ; il n'y en a pas trace dans le limon.

---

(1) 3<sup>me</sup> partie, chap. II.

Les débris végétaux, feuilles, fruits, branches, troncs et menues parcelles de toutes sortes, sont abondantes près de la rivière ; ils disparaissent à mesure qu'on s'en éloigne ; le limon devient en même temps plus compacte.

On rencontre, de distance en distance, dans la couche alluviale, des concrétions ferrugineuses.

La couche alluviale des Chavais se poursuit sans interruption et sans changement dans sa constitution générale, d'abord jusqu'au puits Forêt, c'est-à-dire sur une longueur de 500 mètres et une hauteur de 14 mètres ; puis jusque sur le plateau des Remorets, à 40 mètres au-dessus de la vallée des Chavais. Sa puissance va en diminuant sur les hauteurs ; elle n'est plus que de 1 mètre à 2 mètres aux Remorets.

Cette couche est toujours principalement composée de limon, fin en haut, sableux et plus ou moins chargé de galets en bas. Les éléments constituants ont subi des changements notables ; le limon des plateaux est plus compacte ; la nature des galets s'est modifiée. Ainsi aux Chavais, sur le bord du cours d'eau, on trouve sur 100 galets environ :

- 20 gneiss,
- 60 granulites (presque toutes blanches),
- 16 quartz,
- 5 carbonifère de Merlerie,
- 5 houiller de Commentry,
- 3 dioritines,
- 0 permien.

A 10 mètres d'altitude, il y a moitié moins de gneiss et de granulites ; on trouve encore quelques galets carbonifères ; le houiller et la diorite sont très rares ; le quartz est relativement abondant. Ces changements de proportions tiennent surtout à l'altération profonde

que subissent les roches, au sein de la couche alluviale ; à l'exception du quartz qui résiste bien, toutes ces roches finissent par se décomposer et se confondre avec le limon sableux qui les enveloppe ; la décomposition est généralement d'autant plus profonde que la couche est à une altitude plus élevée.

Un autre fait intéressant au point de vue du mode de formation et de l'âge des alluvions, c'est l'apparition de grès porphyriques permien dans la couche alluviale, à 10 mètres environ au-dessus de la rivière, et la persistance de ces roches aux altitudes plus élevées. Il ne reste pas trace aujourd'hui, dans la vallée de la Banne, du dépôt permien qui a fourni ces galets. Cela seul atteste l'ancienneté relative de la partie élevée de la couche alluviale.

*Anciens lits de la rivière.* — La rivière a laissé sur le flanc du coteau, à diverses hauteurs au-dessus de la vallée des Chavais, des traces nettes de son passage. Ces traces se rencontrent à 10, 12 et 18 mètres d'altitude, surtout dans la diorite ; la roche éruptive, en partie décomposée, peu dure, a été corrodée par la rivière et remplacée sur une dizaine de mètres de largeur et deux ou trois mètres de profondeur, par un amas de galets ; ces galets sont les mêmes que ceux qu'on trouve aux alentours, épars dans la couche alluviale.

Le même fait se produit à Champfromenteau, près des Bâches, à Saint-Charles, et sur la route de Colombier, près Saint-Front.

La rivière, se trouvant sur un sol meuble, l'a affouillé profondément ; puis elle s'est transportée latéralement à une assez grande distance et la trace profonde de son lit est restée. Cette trace montre qu'à ces hauteurs, le cours d'eau n'était pas plus puissant qu'aujourd'hui.

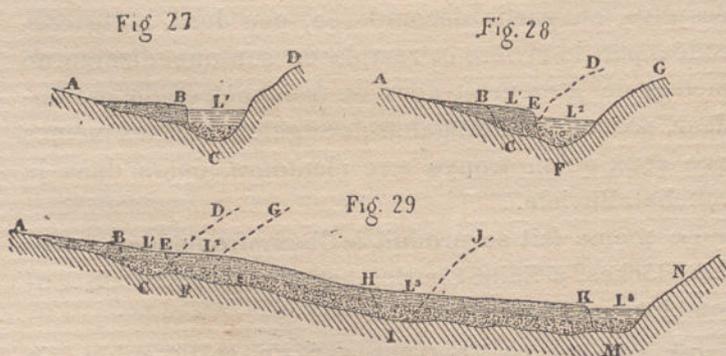
*Mode de formation de la couche alluviale.* — On peut assister aujourd'hui à la formation du dépôt alluvial, sur les bords de la rivière ; chaque inondation répand sur la rive du limon et parfois du sable et des galets. Habituellement les matériaux grossiers restent dans le lit de la rivière.

Les lits successifs de limon finissent par former un dépôt argileux épais dont le niveau supérieur s'élève peu à peu jusqu'au niveau des grandes crues. La formation alluviale serait terminée à partir de ce moment, si la rivière ne subissait aucun déplacement.

Mais les cours d'eau de montagne creusent et déplacent sans cesse leur lit, et la Banne n'échappe point à la règle ; tantôt elle creuse sur place, tantôt en creusant, elle se déplace latéralement.

Considérons ce dernier cas :

Soit ABCD (Fig. 27 ci-dessous) la vallée ; L<sup>1</sup> le lit de la rivière ; C les galets du fond ; AB une couche de limon déposée sur la rive gauche (C'est le cas de la Banne aux Chavais).



La rivière ronge sa rive droite et arrive au bout d'un temps plus ou moins long en L<sup>2</sup> (Fig. 28) ; elle coule alors sur les galets F qui sont reliés à ceux du

premier lit par les matériaux que la rivière a laissés sur son chemin en passant de la première position à la seconde. Quand elle est en L<sup>2</sup>, la rivière recouvre de limon les premiers galets.

Plus tard, la rivière occupera successivement les positions L<sup>3</sup>, L<sup>4</sup> (FIG. 29); elle aura laissé sur son parcours une couche continue composée de galets à sa base, de limon à sa partie supérieure.

Ainsi, la vallée se creuse peu à peu et la côte se couvre d'une couche continue dont la pluie et les ruissellements régularisent la surface.

Si au lieu d'être graduel, le déplacement latéral de la rivière était brusque et considérable, on n'aurait pas une couche continue, mais une série de terrasses étagées comme on en voit dans beaucoup de vallées.

Telle est l'origine du manteau alluvial qui couvre une partie du sol de la région.

Il y a un rapprochement intéressant à faire, au point géogénique, entre les couches d'alluvions et les couches de houille.

La *couche alluviale des Chavais*, par exemple, qui couvre le flanc de la vallée et le sommet des plateaux voisins est, malgré sa continuité, le produit d'une multitude de petits dépôts à peu près horizontaux, accumulés successivement pendant une longue période de temps, au fur et à mesure du creusement de la vallée; la *Grande Couche de houille de Commeny* est aussi le produit d'accumulations végétales successives dont la surface a grandi à mesure que le bassin de dépôt se comblait. Ces deux couches ne se sont pas formées à la fois dans toute leur étendue. La couche alluviale suivait la rivière dans son déplacement; la couche de

houille se formait toujours en avant de l'embouchure des cours d'eau.

Une soudure presque invisible s'est établie également entre les limons déposés à des intervalles éloignés et entre les végétaux.

*Durée de la formation de la couche alluviale des Chavais.* — Les anciens lits de rivière qu'on rencontre sous la couche alluviale à diverses hauteurs sur le flanc de la vallée, et qui sont si analogues au lit actuel de la Banne, permettent de supposer que le régime des eaux ne s'est pas sensiblement modifié depuis l'époque où la rivière coulait à ces hauteurs.

Actuellement la Banne débite en moyenne environ 2 mètres cubes d'eau par seconde, et charrie, en limon et autres matériaux détritiques, à peu près  $\frac{1}{2.000}$  de son volume. Le volume total de matières solides qu'elle entraîne annuellement serait ainsi d'environ 30.000 mètres cubes.

Puisque la couche alluviale couvre la rive gauche entre les Chavais et les Remorets (sur 40 mètres de hauteur), le travail d'érosion s'est effectué presque exclusivement sur la rive droite, c'est-à-dire sur la moitié environ de la surface du bassin hydrographique, soit sur 2.000 hectares. Pour abaisser de 40 mètres en moyenne le niveau de cette étendue de terrain, le cours d'eau a dû emporter 800.000.000 de mètres cubes, ce qui représenterait le travail de 270 siècles. Tel serait l'âge de la couche alluviale des Chavais à 40 mètres au-dessus du lit actuel de la rivière. Le creusement de la vallée et par suite le développement de la couche alluviale aurait marché annuellement à raison d'environ 1/2 millimètre de profondeur.

Nous avons évalué à 15 milliards de mètres cubes le volume primitif du terrain houiller de Commentry ; il suffirait donc de vingt petites rivières torrentielles comme la Banne, ou de quatre petites rivières débitant 10 mètres cubes d'eau par seconde, pour charrier en 270 siècles une quantité de matériaux égale à celle qui a constitué le terrain houiller.

---

---

---

## TROISIÈME PARTIE

---

### ÉTUDES SÉDIMENTAIRES

---

- I. Constitution, origine et mode de formation des deltas. —  
II. Expériences sédimentaires. — III. Inclinaison primitive  
des couches sédimentaires.
- 

#### I. — BUT DE CES ÉTUDES.

Les phénomènes sédimentaires fluvio-lacustres et fluvio-marins sont mal connus ; quelques exemples suffiront à l'établir :

Lorsqu'une couche inclinée renferme des galets plats disposés parallèlement à son plan de stratification, on dit que cette couche a dû se former horizontalement ; cependant de telles couches peuvent se former sous toutes les inclinaisons comprises entre 0 et 40 degrés ;

Lorsque des couches sédimentaires sont inclinées à 20 ou 30 degrés, on n'hésite pas à affirmer qu'elles ont été soulevées après leur formation ; cependant ces couches peuvent avoir encore leur inclinaison primitive ;

Lorsque des couches de houille alternent avec des couches de grès et de schiste, ou des couches d'eau douce avec des couches marines, on considère ces alternances comme impliquant des oscillations du sol ; cependant elles ont pu prendre naissance dans un bassin tranquille ;

Lorsqu'une couche renferme des troncs d'arbres fossiles perpendiculaires à la stratification, on admet que ces arbres sont encore sur le sol qui les a nourris ; et cependant ils ont pu être et ont généralement été transportés par les eaux loin des lieux où ils ont végété.....

En ce qui concerne la houille, je crois qu'il faut attribuer la plupart des erreurs qui ont eu cours sur son origine, à une insuffisante connaissance des phénomènes sédimentaires ; dès qu'une hypothèse a paru susceptible d'expliquer l'accumulation des matières qui ont donné naissance au précieux combustible, on l'a facilement admise, sans trop chercher à la mettre d'accord avec les conditions de formation des grès et des schistes qui entrent cependant pour plus des neuf dixièmes dans la masse totale du terrain houiller ; les mouvements du sol les plus extraordinaires, et d'in vraisemblables arrêts et retours de végétation ont été imaginés là où il suffisait d'avoir recours au jeu ordinaire des phénomènes sédimentaires les plus simples.

C'est ce que je me suis surtout proposé d'établir. Il ne sera question ici que des phénomènes fluvio-lacustres et fluvio-marins, qui suffisent, comme on le verra, pour expliquer la formation des terrains houillers.

Les matières charriées par les cours d'eau forment à leur embouchure ou dans la profondeur des lacs et des mers, des dépôts dont l'étendue, la forme et la constitution dépendent d'un grand nombre de causes, telles que la vitesse et le volume du courant charrieur, l'orographie du sol émergé et submergé, la constitution géologique des vallées d'écoulement, l'agitation des eaux du bassin de dépôt, la vie végétale et animale, etc.

Parfois les matériaux sont entraînés au loin et ne

laissent aucune trace sur le littoral ; le plus souvent ils s'accroissent à l'embouchure du cours d'eau et forment *des deltas*.

La partie extérieure des deltas est bien connue ; mais, par suite des difficultés que présente l'observation des phénomènes qui s'accomplissent à une certaine profondeur dans les lacs et les mers, on a peu de renseignements sur la constitution intime des parties profondes de ces dépôts. Pour m'éclairer, j'ai eu recours à l'expérimentation ; j'ai pu saisir ainsi l'enchaînement de causes et d'effets qu'il serait extrêmement difficile, sinon impossible, de relier par un simple effort de l'imagination.

Il n'avait été fait jusqu'ici dans cette voie qu'un petit nombre d'essais, et je n'en connais pas d'autres que ceux dont il fut question dans la séance du 1<sup>er</sup> avril 1850 de l'Académie des sciences, à propos d'une communication de M. de Wegmann.

L'intérêt de cette discussion et les rapports qu'elle a avec la présente étude feront excuser, je l'espère, la longueur de la citation suivante (1) :

« M. de Wegmann entretient la Société d'une expérience qu'il a faite en Savoie, l'été dernier, dans le but de rechercher, par voie d'analogie, si des couches sédimentaires ont pu se déposer au fond des eaux, *sur des plans inclinés*.

« Dans un bassin d'environ 15 mètres cubes, alimenté par un ruisseau d'eau vive, M. de Wegmann, après avoir mis ce bassin à sec, en détournant momentanément le cours d'eau, fit placer au fond une couche épaisse de plâtre, divisée en compartiments mobiles, et préalablement moulée de telle sorte que ce fond fac-

---

(1) *Bulletin de la Société géologique de France*, 1<sup>er</sup> avril 1850.

tice représentât en petit les inégalités du sol sous-marin dans ses dépressions et ses protubérances. Les pentes, toutefois, n'excédaient pas 40 degrés. On ramena alors le ruisseau dans le bassin et, quand celui-ci fut à demi rempli, on mêla successivement à l'eau courante d'abord du sable fin, puis du charbon en poudre, puis de nouveau sable et de nouveau charbon, alternant cette opération plusieurs fois et laissant à chacun de ces charriages le temps nécessaire pour se déposer tranquillement, avant de charger le ruisseau d'un nouveau transport de matières. Après cette opération, les compartiments de plâtre furent asséchés et disjoints, et l'on put s'assurer que des couches alternantes, parfaitement distinctes l'une de l'autre par la nature des matériaux et leur couleur, s'étaient régulièrement moulées sur le fond ondulé du bassin.

« De ces faits, M. de Wegmann conclut par analogie : 1° que des couches sédimentaires ont pu se superposer sur des plans inclinés, toutes les fois que la pente n'excédait pas 40 degrés ; 2° qu'il pourrait, par conséquent, n'être pas *toujours* nécessaire de recourir à des soulèvements ou affaissements violents, conséquence d'une action souterraine, pour expliquer l'inclinaison de certaines couches.... ; 3° enfin, qu'on pourrait déduire de ce mode de sédimentation par couches inclinées la contemporanéité de faunes placées à des niveaux différents.....

« M. Constant Prévost croit que l'on ne saurait trop multiplier et varier les expériences de la nature de celles dont M. de Wegmann vient de faire connaître les résultats principaux ; il a lui-même fait à diverses reprises des tentatives analogues, soit dans des vases de petite dimension, soit dans des bassins de plusieurs pieds de diamètre et de profondeur, et dans tous les cas, il est parvenu à obtenir des dépôts successifs net-

tement séparés, quelle que fût leur minceur, sur des pentes unies ou ondulées de 20, 30 et 35 degrés.

« M. Constant Prévost avait encore un autre but, c'était de produire artificiellement des dépôts synchroniques différents, des alternances, des mélanges et des enchevêtrements de matières variées, en faisant affluer en même temps dans un bassin, avec des vitesses plus ou moins accélérées et par des points opposés, des courants chargés de sédiments de nature ou de coloration diverses.

« M. Constant Prévost n'a jamais pensé, non plus que M. de Wegmann, qu'il faille conclure de ce que dans certains cas des matières sédimentaires peuvent être déposées sur des plans inclinés, que la plupart des couches inclinées ne le soient pas par suite de dislocation du sol ; seulement il lui semble important que les observateurs soient prévenus que la *non-horizontalité des dépôts sédimentaires ne prouve pas toujours leur dislocation* et que, par conséquent, cette non-horizontalité peut être due à plusieurs causes qu'il faut savoir discerner, par un examen attentif, à de certains caractères. Si, par exemple, l'inclinaison est le résultat des dislocations du sol, les ruptures, les solutions de continuité, les changements brusques d'inclinaison et de niveau, la disposition des fragments de roches, des galets, des fossiles par rapport au plan des strates ne l'attestent-ils pas suffisamment ? Lorsqu'au contraire les dépôts ont été formés sur des plans inclinés, les mêmes couches passent presque toujours par des pentes insensibles et des lignes courbes, de l'horizontalité à des *inclinaisons plus ou moins fortes et modelées sur le sol inférieur* ; les mêmes couches, épaisses dans les parties basses, s'amincissent en se relevant, les divers lits s'imbriquent sur les massifs qui préexistaient et qui les supportent, *massifs que l'on*

*est trop souvent disposé à regarder comme les agents du redressement.*

« Parmi les causes nombreuses et variées qui peuvent et ont pu donner lieu à des changements d'inclinaison et de niveau dans les dépôts de sédiment, M. Constant Prévost cite, comme exemple, l'expérience suivante : Dans un bassin circulaire et concave de 3 pieds de diamètre et de 25 centimètres de profondeur, on a laissé déposer alternativement des matières argileuses et des sables ; les premiers lits se sont formés sous un angle d'environ 20 degrés, et les derniers sont devenus graduellement horizontaux, de manière que l'ensemble du dépôt avait 20 centimètres d'épaisseur au centre. On a laissé évaporer le liquide et dessécher les sédiments ; ceux-ci se sont affaissés de moitié, de telle sorte, qu'au centre du bassin leur surface se trouve à 10 centimètres au-dessous du niveau des bords vers lesquels cette surface se relevait circulairement avec une pente de 12 degrés au moins, car un autre phénomène s'était produit qui avait contribué encore à l'inclinaison des couches : en se desséchant, les matières sédimentaires s'étaient détachées des parois du bassin, et s'étaient élevées au-dessus de leur premier niveau, en laissant une véritable vallée circulaire à bords abrupts et escarpés entre elles et les parois du bassin . . . . .

« M. de Roys rappelle que M. Rozet a fait, il y a 13 ou 14 ans, des expériences analogues, consignées dans le *Bulletin*, et qu'il arrive d'ailleurs aux mêmes conclusions . . . . .

« M. Boubée admet les résultats des expériences décrites précédemment ; mais, à ses yeux, il manquait à ces expériences une circonstance importante, le mou-

vement. Si les eaux eussent été agitées d'un mouvement provenant du centre du bassin, les dépôts n'auraient eu lieu que sur les parois de ce bassin. Ils n'eussent point été parallèles les uns aux autres, mais seraient venus se ranger par ordre de pesanteur spécifique et suivant la grosseur des matériaux ; le mouvement lui paraît une circonstance nécessaire . . . . .

« M. Elie de Beaumont rappelle que dans ses leçons au Collège de France, il a traité ces diverses questions avec une grande étendue : il ne reviendra pas aujourd'hui sur les opinions qu'il a émises à ce sujet. Il fera seulement quelques remarques sur les expériences dont il s'agit. Celle dans laquelle on a fait arriver l'eau dans un bassin où elle a déposé tranquillement, d'où on l'a décantée avec le plus grand soin, au moyen d'un siphon très effilé, n'est, comme toutes les expériences analogues, qu'on lui permette cette expression, *qu'une récréation géologique* qui ne ressemble qu'imparfaitement à ce qui se passe dans la nature. Pour reproduire les circonstances naturelles, il aurait, au contraire, fallu agiter l'eau avec toute l'intensité possible.

« Au reste, M. Elie de Beaumont admet bien qu'il peut se former des dépôts de matières très ténues dans les parties profondes de l'Océan ; mais ces dépôts ne jouent qu'un rôle peu important dans les formations géologiques, parce que, le plus souvent, les couches que l'on y rencontre contiennent des fossiles qui ont vécu en place, et qui attestent, par conséquent, une petite profondeur d'eau.

« M. Deshayes dit que, d'après les recherches de M. Ed. Forbes, les mollusques peuvent vivre à des profondeurs assez considérables ; il cite même une expérience de M. Aimé, dans laquelle une sonde aurait ramené de plus de 1.500 mètres des animaux qui vivaient appuyés sur le sol.

« M. Elie de Beaumont répond que les expériences de M. Forbes, qu'il connaît très-bien, permettent de fixer à environ 500 mètres le zéro de la vie animale ; et quant à celle qui vient d'être mentionnée, elle ne lui paraît pas constituer une preuve suffisamment authentique de l'existence de la vie animale à une profondeur de 1.500 mètres . . . . .

« M. de Wegmann, revenant sur ce qui a été dit au sujet de l'expérience dont il vient d'entretenir la Société, répond d'abord qu'il ne connaissait nullement les expériences analogues de MM. Rozet, Constant Prévost, James, Hietz et autres, n'étant point encore membre de la Société quand il en a été question devant elle. Il ignore jusqu'à quel point la sienne rentre dans la catégorie des récréations géologiques ; elle s'y trouverait, au besoin, en assez bonne compagnie avec celles de ses savants confrères, et d'ailleurs étant faite dans des conditions convenables, la petitesse de l'échelle n'en infirmerait pas les résultats. S'il fallait, en effet, pour que nos essais eussent quelque valeur, que les instruments de nos recherches fussent en rapport de grandeur avec les formes colossales de la nature, il faudrait briser tous nos instruments de physique et de chimie, supprimer tous nos appareils, fermer tous nos laboratoires.

« Est-ce à dire pour cela qu'on méconnaisse les couches *véritablement relevées* et qu'on s'insurge contre les soulèvements ? Ce serait prêter gratuitement à celui qu'on critique une énormité qu'il décline, et dont il n'a pas à se défendre » . . . . .

Je poursuivais depuis longtemps les études que je viens exposer aujourd'hui lorsque la lecture de la discussion précédente m'apprit que j'étais, sans le savoir,

un disciple de Constant Prévost. Si les idées que cet illustre géologue a émises dans cette mémorable séance du 1<sup>er</sup> avril 1850 et dans ses divers ouvrages (1), avaient prévalu, les erreurs que je combats seraient depuis longtemps abandonnées. Mais Constant Prévost mourut avec le regret de voir triompher les doctrines qu'il condamnait et qui n'ont pas cessé d'être généralement professés depuis (2).

Il n'est plus nécessaire aujourd'hui de se défendre contre la prévention qui s'est longtemps attachée dans les questions géologiques, à la méthode expérimentale ; on sait que de très grands progrès ont été réalisés par ce moyen.

On verra que l'expérimentation peut rendre dans l'ordre des phénomènes sédimentaires d'aussi grands services que ceux qu'elle a rendus dans les autres branches de la géologie. Les lois de la sédimentation sont simples ; mais elles s'appliquent généralement au milieu d'une telle complexité de circonstances, et donnent lieu à tant de combinaisons qu'il est extrêmement difficile d'en suivre la marche, même dans les petites opérations dont on a préparé les moindres détails. Dans ces conditions, l'expérience l'emporte sur le raisonnement et l'imagination ; elle m'a non seulement permis de reproduire des faits et de contrôler certaines prévisions, mais elle m'a encore souvent ouvert des horizons nouveaux.

---

(1) Voy. surtout : *Les submersions itératives des continents*, 1827.

(2) M. Gosselet, qui fut le préparateur et l'ami de Constant Prévost et qui assistait à ses derniers moments, m'a dit que les dernières paroles du savant furent une expression amère de ce regret.

---

PREMIÈRE SECTION

—

CONSTITUTION, ORIGINE ET MODE DE FORMATION  
DES DELTAS

—

**Chapitre I.**

CONSTITUTION DES DELTAS

—

Tous les cours d'eau portent à leur embouchure des matériaux solides dont la nature, le volume, la forme et les proportions dépendent d'un grand nombre de circonstances, telles que l'orographie et la constitution minéralogique du sol, le régime et l'importance du cours d'eau, le climat, le monde organique, etc. Tantôt ces matériaux s'accablent près de l'embouchure et forment des atterrissements qu'on appelle *deltas* ; tantôt emportés par les vagues, les marées et les courants, ils ne laissent pas de trace sur le littoral et vont se déposer à de grandes profondeurs.

Il y a des deltas dans la mer, dans les lacs et les plus petits bassins ; il y en a à toutes les altitudes ; leurs formes et leurs dimensions sont extrêmement variées.

Dans tout delta on distingue une partie émergente que j'appellerai *alluviale*, et une partie située au-dessous du niveau de l'eau du bassin, que je désignerai

sous le nom de *neptunienne*. La partie neptunienne est généralement de beaucoup la plus considérable.

Les deltas se composent principalement de galets, sables, limons et matières organiques apportés par les rivières ; ils renferment aussi des sédiments fournis par le bassin de dépôt lui-même. Tantôt les gros sédiments dominent ; tantôt ce sont les éléments ténus.

Les deltas sont toujours stratifiés. Dans un même delta et même dans chaque couche, la composition, la direction et l'inclinaison peuvent varier beaucoup.

#### § 1. — DELTAS LACUSTRES.

La région des Alpes fournit un grand nombre d'exemples de deltas lacustres actuellement en formation dans les conditions suivantes :

Le lac, entouré de montagnes, reçoit un certain nombre d'affluents, petits torrents ou rivières plus ou moins torrentielles.

Tous ces cours d'eau charrient du limon, du sable, des galets et des débris de végétaux. Les plus gros blocs sont ordinairement transportés par des torrents à faible débit moyen qui deviennent impétueux au moment des crues.

Les matériaux grossiers se déposent au bord du lac ; les matériaux ténus s'éloignent plus ou moins de l'embouchure.

La pente du dépôt est ordinairement comprise entre 25 et 35 degrés au bord supérieur ; elle diminue en profondeur et se confond en bas avec celle du fond même du lac :

Le delta de l'Aar, dans le lac de Brienz, commence en haut par une inclinaison de 30 degrés et se termine au fond par une pente presque nulle. J'ai vu la même pente au bord supérieur du dépôt de la Lutschine, et

des pentes allant jusqu'à 35 et même 40 degrés près de l'arête de plusieurs dépôts torrentiels du même lac.

Dans le lac Léman, la pente du delta de Thonon est, en haut, de 30 degrés environ ; celle du delta du Rhône est beaucoup moins forte. Telles sont les pentes de la partie sous-lacustre du dépôt.

A mesure que le delta progresse, la rivière est obligée de porter son embouchure plus en avant, et de relever son lit. Alors, le moindre obstacle ou une crue la font dévier à droite ou à gauche, et dans ses nombreuses divagations elle répand des alluvions sur les couches neptuniennes. Il se forme ainsi une nappe qui, partant du niveau du lac, s'élève graduellement avec la même pente moyenne que le cours d'eau. C'est ainsi que les couches neptuniennes plus ou moins inclinées se recouvrent de couches alluviales presque horizontales.

L'exhaussement de la plaine alluviale est parfois assez lent pour n'apporter aucun changement sensible dans l'aspect général des lieux, et pour ne point troubler d'une manière sensible le renouvellement des végétaux ; tel est le cas pour les deltas des principaux cours d'eau alpins : Rhône, Reuss, Aar ; les deltas des petits cours d'eau torrentiels sont souvent au contraire couverts, sur quelques-unes de leurs parties, de galets qui arrêtent pour un temps la végétation.

Chaque delta, d'abord isolé, a un caractère spécial en rapport avec le régime du cours d'eau et la nature des éléments qui le constituent ; lorsque deux deltas voisins se rencontrent, les rivières confondent leurs apports dans un atterrissement commun qui participe du caractère des deux deltas isolés. A mesure que les plaines alluviales s'étendent, les matériaux charriés

subissant une usure plus grande, arrivent au lac avec de plus petites dimensions.

Sur les bords d'un même lac, on voit des atterrissements bien différents : éboulements venus des crêtes voisines sans l'intervention des cours d'eau ; dépôts torrentiels à blocs encore anguleux et de matériaux qui, ayant subi longuement l'action de l'eau, sont roulés, usés et de plus en plus fins. Cependant il n'est peut-être pas un seul cours d'eau alpin qui ne roule une assez forte proportion de galets au moment des crues.

Ainsi les lacs se comblent peu à peu aux dépens des sommets voisins.

Pendant que les affluents du lac corrodent les vallées d'amont, l'eau sortant du lac exerce une action analogue sur le déversoir, le creuse et entraîne un abaissement du niveau du lac. Les plaines alluviales d'amont sont ainsi transformées en terrasses plus ou moins élevées au-dessus de la nappe liquide.

Beaucoup de lacs sont entourés de terrasses semblables dont quelques-unes, fort étendues, attestent que le niveau de l'eau a été longtemps plus élevé que le niveau actuel.

Autour du Léman, il y en a de considérables, à 11 mètres, 30 mètres, 55 mètres et 77 mètres au-dessus du niveau actuel du lac.

Les cours d'eau ont naturellement corrodé ces dépôts sans cohésion, et l'on peut observer, sur un grand nombre de points, la constitution intérieure suivante :

La terre végétale recouvre ordinairement un groupe de couches de quelques mètres d'épaisseur disposées à peu près horizontalement ; immédiatement au-dessous de cette nappe horizontale, on voit sur toute la paroi des tranchées (vallées ou carrières de 10 à 20

Delta de l'Aubonne  
sur les bords du lac Léman  
Fig 30

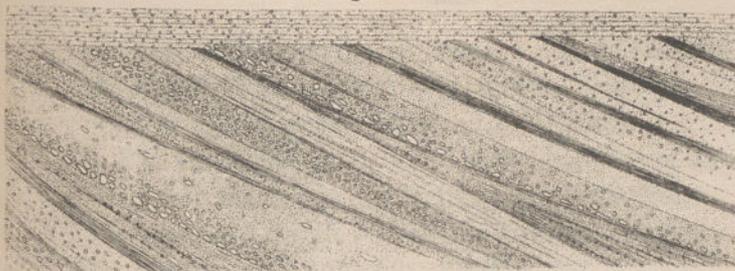


Fig 31



Fig 32



Fig 33

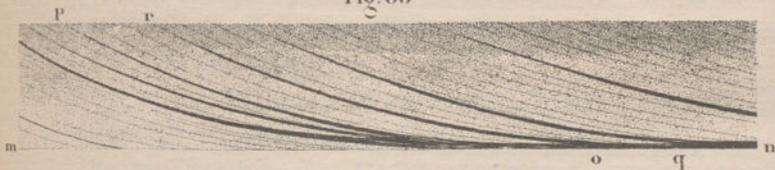


Fig 34



mètres de hauteur), des couches inclinées, dont l'inclinaison, généralement supérieure à 25 degrés, s'élève à 35 et même à 45 degrés.

J'ai vu un bel exemple de cette disposition des couches, sur les bords du lac Léman, à Buchillon, dans une carrière de 15 mètres de hauteur, ouverte dans la terrasse de l'Aubonne. La FIG. 30 ci-contre, faite d'après les croquis que j'ai pris sur place, et une photographie (1), indique la disposition des couches dans cette carrière :

Couches horizontales et couches inclinées sont constituées par des éléments semblables à ceux que charrie encore aujourd'hui, à quelque distance, la rivière l'Aubonne : sables, galets, limon. Ces matériaux ont formé des couches bien stratifiées, mais incomplètement cimentées, de grès et de poudingues. Quelques-unes des couches inclinées se raccordent avec les couches horizontales ; les autres s'arrêtent brusquement sous la nappe horizontale. En bas, les couches inclinées paraissent se poursuivre en profondeur au-dessous du niveau actuel du lac.

Au milieu des couches de sable et de gravier, on rencontre quelques veines argileuses et des matières végétales. On y rencontre aussi des débris remaniés des couches alluviales.

Partout où l'on a pu observer la partie supérieure de dépôts lacustres, on a remarqué la même superposition de couches horizontales sur les couches inclinées (2).

(1) Je dois cette photographie à M. Boursault, que j'ai eu la bonne fortune de rencontrer en Suisse, armé d'un appareil photographique, et qui a bien voulu, à ma demande, ajouter la carrière de Buchillon à toutes les vues géologiques fort intéressantes qu'il avait déjà recueillies.

(2) Je tiens du savant professeur M. Colladon plusieurs photographies prises dans les terrasses formées par l'Arve, dans le lac près de Genève. C'est la même disposition générale ; par-

On remarque encore dans les terrasses du Léman, malgré une stratification bien accusée, l'irrégularité et la discontinuité des couches, des traces de glissement des couches les unes sur les autres, etc.

Depuis que les terrasses ont été exondées, elles ont subi, en bien des points, des corrosions considérables dont les produits sont allés se mêler dans le lac aux matériaux apportés de plus haut par les rivières. Ainsi, les rivières attaquent les dépôts qu'elles avaient précédemment formés. Leur action corrosive ne cesse même pas au moment où le lac est entièrement comblé; elle se poursuit aussi longtemps que l'ancien seuil s'abaisse et peut faire disparaître toute trace du lac et du dépôt dont elle l'avait rempli.

« L'absence de grands lacs dans les Alpes du Tyrol et de la Carinthe, dit Elisée Reclus, est un témoignage des changements considérables qui se sont accomplis sous l'action des météores dans la forme des montagnes. Les vastes réservoirs lacustres qui occupaient les

---

fois les couches inclinées ne portent pas leur manteau de couches horizontales, celles-ci ayant été détruites par la corrosion.

J'ai vu près de Grenoble, entre Saint-Laurent et les Echelles, un bel exemple de couches lacustres coupées par une route tracée au bord du Guiers. Le lac qui figure sur la carte de Cassini est depuis longtemps vidé :

Le dépôt, visible sur 20 mètres de hauteur, se compose de couches de sable fin alternant avec des couches de sable grossier et de galets dont l'inclinaison varie de 30 à 35 degrés, et l'épaisseur de 0<sup>m</sup>,40 à 1 mètre. Des blocs épars, dont le diamètre atteint jusqu'à 1 mètre, se trouvent dans les diverses couches, même dans celles de sable fin.

M. A. Nobili, habitant des bords du lac d'Orta en Piémont, avait depuis longtemps observé la constitution des terrasses lacustres. C'est M. Dausse qui en a, paraît-il, donné le premier l'explication dans le *Bulletin de la Société géologique de France*, en 1866. Les observations de M. Colladon ont pleinement confirmé celles de M. Dausse.

espaces compris entre les divers massifs ont été comblés par les éboulis ou les alluvions et vidés par les rivières qui le traversaient.

« En aval du confluent de l'Aar et de la Thièle, tous les bassins lacustres qui s'étendaient au pied du Jura ont cessé d'exister. Les alluvions des torrents, la croissance des tourbes, le travail de l'homme, les ont changés peu à peu en de vastes prairies. » (Elisée RECLUS, Suisse.)

## § 2. — DELTAS MARINS.

Les vagues, les marées et les courants sous-marins ne laissent pas immédiatement en repos les matériaux apportés par les fleuves dans la mer; ces matériaux repris, agités, triturés ne se déposent pas comme en eau tranquille; avant de se fixer, ils sont plus ou moins usés et étalés par les mouvements qu'ils subissent.

Cependant, dans certains estuaires de mers fermées, la sédimentation s'opère à peu près comme dans les lacs. La plupart des rivières qui coulent au pied des Alpes-Maritimes, entre Toulon et Gênes, forment des dépôts très analogues aux deltas lacustres alpins (1), soit comme allure, soit comme composition.

Les dépôts qui se trouvent à l'embouchure des grands fleuves diffèrent notablement des précédents; le limon

---

(1) On sait que la Méditerranée n'a sur presque tous ses rivages que des marées vagues et incertaines.

Le Var et le Paillon, petits cours d'eau torrentiels qui sont secs à certains moments, reçoivent à d'autres moments des quantités d'eau considérables; ils roulent alors jusqu'à la mer du sable, des graviers et des blocs; ces matériaux forment des strates très inclinées de conglomérats et de sable; le limon laisse pendant plusieurs jours une teinte jaune aux eaux du Golfe. Le méplat des atterrissements occupé par la ville de Nice n'a pas plus de 7 à 8 kilomètres carrés, dont la moitié est due aux dépôts formés par le Paillon depuis les temps historiques.

domine généralement dans les deltas marins formés par les grands cours d'eau ; les couches neptuniennes sont plus étendues, plus régulières, moins inclinées. Il y a des couches en formation qui couvrent une surface de plusieurs milliers de kilomètres carrés et dont la pente est seulement de quelques centimètres par mètre.

On connaît peu la constitution intérieure des dépôts d'estuaires. Je citerai ici quelques-unes des rares observations faites au moyen de sondages dans la profondeur de grands deltas marins.

*Delta du Pô.* — Dans dix sondages exécutés à Venise, au milieu des couches alternantes de sables et d'argile, on a trouvé des couches charbonneuses d'une sorte de lignite, aux profondeurs de 40, 60, 100 et 120 mètres. Parmi ces lignites dont le bois est carbonisé et contient parfois son écorce, on a trouvé des fragments assez bien conservés pour en déterminer l'essence (1).

*Delta du Mississipi.* — Mesuré en ligne droite depuis Balise, qui est près de l'embouchure, jusqu'au sommet, le delta du Mississipi a une longueur de 320 kilomètres ; sa base a environ 500 kilomètres de développement ; sa surface a été évaluée à 32.000 kilomètres carrés.

Sur les premiers 160 kilomètres à partir de son embouchure, le fleuve a, en moyenne, 800 mètres de largeur et une profondeur inférieure à 50 mètres ; la pente est de 28 millimètres par kilomètre. Il charrie environ 100.000.000 de mètres cubes de limon par an, plus une quantité de sable et de galets égale à 1/10<sup>e</sup> environ de celle du limon.

---

(1) DEGOUSSÉ, *Note sur les puits artésiens faits à Venise de 1846 à 1849.*

*Bulletin de la Société géologique.* — Séance du 6 mai 1850.

« La prodigieuse quantité de bois que charrient annuellement le Mississipi et ses tributaires, dit Lyell (1), offre un double intérêt sous le rapport géologique : elle explique, d'une part, comment s'est déposée la grande quantité de matières végétales qui, dans le cours ordinaire de la nature, sont enfouies tant dans les dépôts sous-marins que dans ceux des estuaires, et atteste, de l'autre, la destruction constante du sol. Tous les arbres ainsi transportés doivent avoir mis un grand nombre d'années, quelques-uns mêmes plusieurs siècles, pour atteindre leur croissance ; aussi n'est-ce qu'après être resté longtemps sans éprouver aucun dérangement que le sol sur lequel ils ont poussé a fini par être déchiré et entraîné. »

Par suite du changement continu de son cours, le Mississipi balaye, durant une partie de l'année, des amas d'alluvions qui se sont accumulés pendant les inondations des années antérieures ; il comble des dépressions, des marécages, des lagunes ; il en forme d'autres. La plaine alluviale qui se constitue ainsi se compose de lits d'argile, de sables, de galets et de végétaux, les uns charriés, les autres ensablés sur place.

La pente sous-marine du delta est très faible.

En 1854, on creusa à la Nouvelle-Orléans un puits artésien de 190 mètres, à travers des couches renfermant des coquilles d'espèces récentes, sans qu'aucune indication vint prouver que les fondements du dépôt eussent été atteints. Les couches consistaient d'un bout à l'autre en sables et argiles de diverses couleurs, mêlés à une grande quantité de matières végétales. A la profondeur de 20 mètres, on rencontra des racines de cyprès et des cailloux arrondis ; à 39 mètres, l'écorce de cette même espèce de cyprès, et à celle de 46 mè-

---

(1) *Principes*, t. I, p. 585,

tres, une pièce de bois de cèdre dans un bon état de conservation.

*Delta du Gange.* — Ce delta est formé par l'action combinée des deux grands fleuves de l'Inde ; de la mer à son sommet, il a une longueur d'environ 400 kilomètres.

Sur le point où, dans la saison du débordement, le Gange et le Brahmapoutra déchargent leur courant principal, la mer ne redevient transparente qu'à 100 ou 160 kilomètres du delta, et l'on tient pour certain que le courant transporte ses particules les plus fines bien au-delà de l'endroit où les eaux commencent à devenir claires. On peut prévoir, d'après cela, que la pente générale des nouvelles couches doit être excessivement douce. Suivant les meilleures cartes, la profondeur augmenterait graduellement de 7<sup>m</sup>,30 à 110 mètres, depuis la base du delta jusqu'à la distance de 160 kilomètres dans la baie du Bengale. Sur quelques points, on a trouvé 128 et même 182 mètres de profondeur (1) ; à cette distance, c'est une pente de 0° 2' 21" à 0° 3' 48".

Un sondage de 145 mètres de profondeur fut fait en 1835 près de Calcutta, dans le delta du Gange (Calcutta n'est qu'à quelques décimètres au-dessus du niveau de la mer) :

Sous la surface du sol, à la profondeur de 3 mètres environ, on trouva une couche résistante d'argile bleue, de 12 mètres d'épaisseur ; elle surmontait une argile sableuse renfermant à sa base une grande quantité de matière végétale décomposée qui prenait, au fond, le caractère d'un *lit de tourbe noirâtre*, d'une épaisseur de 60 centimètres. Au-dessus de la tourbe et immédiatement au-dessous, on trouva des branches et des fragments d'un bois de couleur rouge, peu altérés.

---

(1) LYELL, *Principes de Géologie*.

Au-dessous de la masse végétale, on pénétra dans une couche d'argile jaunâtre d'environ 3 mètres d'épaisseur, qui contenait des lits horizontaux de calcaire argileux, noduleux et concrétionnaire.

A la profondeur de 36 mètres, on trouva du loëhm, contenant des fragments de micaschiste usés par les eaux et d'autres espèces de roches que le Gange ne transporte plus depuis longtemps dans cette région.

Les seuls fossiles qui ont été obtenus dans un état reconnaissable présentent un caractère fluviatile ou terrestre. Ainsi, on retira du sable à la profondeur de 105 mètres, la carapace d'une tortue d'un genre d'eau douce, tout à fait semblable à l'espèce vivante du Bengale, et l'humérus d'un ruminant.

A la profondeur de 114 mètres, on rencontra l'argile, avec des débris de coquilles lacustres, puis une sorte de *lit de boue*, ou strate de bois.

A la profondeur de 120 mètres environ de la surface, on observa un changement brusque dans le caractère des couches, qui se composaient en grande partie de sable, de cailloux et de blocs de transport. En fait de fossiles, on n'y remarque que des vertèbres d'un crocodile, une coquille de trionix, et des fragments très peu altérés d'un bois tout à fait semblable à celui qui était enfoui dans les lits au-dessus.

Ces couches graveleuses constituaient le fond de la section à la profondeur de 145 mètres, quand on dut cesser l'opération.

Ces sondages montrent que les deltas marins se composent principalement de débris charriés par les fleuves, qu'ils sont stratifiés, et que parmi les couches de sable, de gravier et de limon se trouvent *des couches végétales à différentes profondeurs*. Outre les véritables couches végétales, il y a des débris de végétaux

et d'animaux épars au milieu des sédiments minéraux.

Un remarquable exemple de classification et de stratification de matériaux charriés par les fleuves, est celui observé par M. Kerviller dans les alluvions de l'embouchure de la Loire à Saint-Nazaire :

« Ces *alluvions*, dit M. Kerviller, semblent former une masse homogène et compacte ; mais en les examinant attentivement, on reconnaît une multitude de stratifications horizontales : des files de coquilles accusent nettement les divisions principales séparées d'environ 10 à 20 centimètres ; de distance en distance, de petites couches sableuses indiquent le retour de phénomènes à plus longues périodes. Nous avons tout lieu de croire que les premières divisions sont dues à ces grandes crues de la Loire qui n'ont lieu qu'un petit nombre de fois par siècle, tandis que les autres ont pour cause ces perturbations extraordinaires qui ne se produisent qu'à plus longue échéance et qui portent la dévastation sur les côtes environnantes. »

Poussant plus loin l'examen de ces dépôts, M. Kerviller distingue nettement des lits successifs d'environ 3 millimètres d'épaisseur, qui se décomposent en lits plus minces très souvent distincts : un de sable, un d'argile, et un plus petit formé de débris végétaux. Avec ces dépôts annuels, formés et détaillés dans les anses en dehors des courants, M. Kerviller a cru pouvoir calculer approximativement le temps écoulé entre les diverses époques indiquées par les débris déposés à certains niveaux. Les atterrissements sont évalués à 37 centimètres par siècle.

Deux niveaux ont fourni des débris significatifs ; le premier, recouvert par une épaisseur de 6 mètres de ces atterrissements réguliers, a fourni des poteries datant de l'occupation romaine. Le second, à 2<sup>m</sup>,50 au-dessous du précédent, a fourni des armes en bronze,

des andouillers en bois de cerf taillés pour armes ou pour outils, des ossements et crânes humains identiques à ceux des races déjà reconnues comme préhistoriques.

Sans m'arrêter aux conclusions archéologiques très intéressantes que M. Kerviller a tirées de ses observations, je ferai remarquer que le dépôt moderne de Saint-Nazaire présente des alternances répétées un grand nombre de fois, de couches d'argile, de sable, de calcaire et de végétaux. Formé dans une anse, loin du courant, il n'a reçu que des particules ténues ou légères, et ne peut être considéré que comme une image très réduite de la masse des sédiments accumulés pendant le même temps par la Loire à son embouchure.

Ce qui précède résume à peu près les notions que l'on possède sur la constitution des deltas ; c'est tout à fait insuffisant pour se faire une idée de l'allure et de la constitution des couches qui constituent ces deltas.

Ces notions seront complétées par les expériences dont il sera question plus loin. Voici ce qui ressort des observations précédentes :

Les couches des deltas marins sont généralement plus régulières, plus étendues, moins inclinées et à grains plus fins que les couches des deltas lacustres ; cependant, dans certains estuaires marins aux eaux peu agitées par les vagues, on rencontre des couches irrégulières, peu étendues, très inclinées, à éléments grossiers, comme celles que les torrents forment dans les lacs.

L'allure des couches paraît à peu près complètement indépendante de la salure des eaux ; elle est, au contraire, étroitement liée au degré d'agitation des eaux, qui est lui-même en rapport direct avec la grandeur du bassin.

---

---

**Chapitre II.****ORIGINE DES SÉDIMENTS**

---

## § 1. — PUISSANCE DE TRANSPORT DE L'EAU COURANTE.

Avant de former des rivières, l'eau qui tombe à l'état de pluie, de neige ou de rosée, exerce d'abord sur le sol des actions physiques ou chimiques qui le désagrègent ; l'eau courante agit surtout mécaniquement. Toutes les roches, même les plus dures, finissent par être attaquées et entraînées. Aux substances minérales s'ajoutent des matières organiques, et tous ces matériaux cheminent en subissant de plus ou moins profondes modifications.

Les débris grossiers (sables, galets, blocs) avancent d'ordinaire lentement sur le fond de la rivière, en s'usant et se pulvérisant de plus en plus ; le limon et les matières organiques, flottants ou en suspension, vont beaucoup plus vite (1).

Le tableau suivant indique les rapports qui existent entre la dimension des débris et la vitesse nécessaire pour les entraîner.

---

(1) Des observations faites chaque jour sur le mouvement du sable de la Loire, dans la partie moyenne de son cours, ont montré que le parcours annuel de ce sable était d'environ 2000 mètres (2 mètres par jour en été et 9 mètres en hiver. (DELESSE, *Lithologie du fond des mers*, p. 55.)

La vitesse du limon est des milliers de fois plus grande.

*Puissance de transport de l'eau courante (1).*

SUBSTANCES	DIMENSION DES ÉLÉMENTS	VITESSE NÉCESSAIRE
		A L'ENTRAÎNEMENT (par seconde).
Vases ou limons.	plus petits que 0 <sup>m</sup> ,0002	de 0 <sup>m</sup> ,07 à 0 <sup>m</sup> ,08
Sables fins.....	de 0,0004 à 0,0007	de 0,10 à 0,20
Sables grossiers.	de 0,0015 à 0,0017	de 0,21 à 0,30
Graviers.....	de 0 <sup>m</sup> ,01 à 0,02	de 0,60 à 0,70
Galets moyens...	de 0,03 à 0,05	de 0,70 à 1,00
Gros fragments..	de 0,05 à 0,10	de 1,00 à 1,50
Pavés.....	20 centimètres	2 mètres
Blocs.....	1 mètre	5 mètres

Tous les cours d'eau torrentiels charrient des éléments grossiers ; on a vu des blocs de plusieurs mètres cubes transportés à des centaines de mètres de distance, en une seule crue, par de petits cours d'eau.

§ 2. — FORMATION DES GALETS, DU SABLE ET DU LIMON  
DANS LE LIT DES COURS D'EAU ACTUELS DE LA RÉGION DE  
COMMENTRY.

Les observations suivantes faites sur quelques cours d'eau actuels de la région de Commentry, donnent des indications intéressantes sur la formation des galets, des sables et du limon en pays de montagnes granitiques.

On trouve dans ces cours d'eau tous les éléments que renferme le terrain houiller, associés à des débris

---

(1) *Traité de Géologie*, de Lapparent. — *Principes*, Lyell. — *Lithologie du fond des mers*, Delesse, Vauthier.

sédimentaires ou éruptifs plus récents ; on remonte facilement à l'origine des matériaux et aux circonstances qui font passer la roche à l'état de sédiment plus ou moins ténu.

Les petites rivières observées sont, par ordre d'importance :

1° *L'Œil* qui prend sa source à 6 kilomètres en amont de Colombier et se jette dans l'Aumance, à Cosne, à 30 kilomètres en aval.

Jusqu'aux Raynauds (PL. III, FIG. 2), sa pente moyenne est d'environ 20 millimètres, et son lit est formé exclusivement de micaschiste avec filons de granulite ; aux Raynauds, changeant brusquement de direction, l'Œil tourne vers le Nord, traverse la bande de micaschiste et pénètre dans la masse granitique.

Les rives de l'Œil sont généralement abruptes sur 20 à 50 mètres de hauteur ; puis les collines s'élèvent en pente douce de chaque côté, jusqu'à une hauteur totale de 50 à 100 mètres.

Dans le moment des grandes crues, l'Œil débite de 30 à 40 mètres cubes d'eau par seconde ; ses flots sont impétueux ; en été son lit est souvent sec.

2° *La Banne*. — La Banne se jette dans l'Œil aux Raynauds, à 12 kilomètres de sa source ; elle coule d'abord sur 8 kilomètres au milieu d'un terrain de gneiss à nombreux filons de granulite ; puis elle parcourt le terrain houiller sur 3 kilomètres, et traverse enfin une centaine de mètres de micaschiste avant de se jeter dans l'Œil.

Pendant cinq mois de l'année, de mai à septembre, son débit est nul ou presque nul ; pendant les pluies, grâce à sa forte pente et aux collines abruptes qui la bordent, son débit atteint 15 mètres cubes.

3° *Le Banny*, tributaire de la Banne, est une petite rivière de 7 kilomètres de longueur, à pente rapide, sèche en été, torrentielle aux saisons pluvieuses.

Le Banny coule d'abord au milieu du gneiss et des filons de granulite, puis sur le granite, puis sur le terrain houiller où il rencontre la Banne.

4° *La Chaux*, fort ruisseau torrentiel qui se jette dans l'Œil après un parcours de 10 kilomètres, dont 9 sur le micaschiste avec filons de granulite et 1 sur le terrain houiller.

A toutes les crues, qui sont fréquentes, ces ruisseaux se chargent de limon et coulent troubles, jaunes.

On constate facilement aussi que les galets et les blocs, dont le lit est garni, se déplacent et avancent.

Enfin, si on observe attentivement les eaux, on y remarque des quantités assez considérables de végétaux charriés.

On verra plus loin la proportion des végétaux recueillis. Nous allons d'abord nous occuper des débris minéraux.

*Formation des sables, des galets et des blocs.*

On a recueilli les débris minéraux charriés par ces rivières, en différents points de leur cours, et noté leur nombre, leur nature et leur grosseur.

Les tableaux suivants donnent un résumé de ces observations; le premier concerne seulement les galets ou blocs d'un diamètre supérieur à 20 millimètres; le second, les grains compris entre 2 et 20 millimètres; le troisième est un inventaire des grains de moins de 2 millimètres. Pour faire ce dernier, on a jeté les alluvions dans l'eau et négligé les particules qui ne se sont pas déposées au bout de quelques instants; c'est le résidu qui a été observé.

## Galets de plus de 20 millimètres de diamètre (1).

DÉSIGNATION  DES RIVIÈRES  et des  POINTS D'OBSERVATION	DISTANCE  de  CHAQUE POINT  à  la source.	NATURE, PROPORTION ET GROSSEUR DES GALETS							
		Schistes cristallins		Granite		Granulite		Quartz.	
		Proportion p. o/o.	Diamètre.	Proportion p. o/o.	Diamètre.	Proportion p. o/o.	Diamètre.	Proportion p. o/o.	Diamètre.
<i>Banny.</i>									
Point n° 1 . . . .	2.100 kilom.	65	0,20	»	»	15	0,20	20	0,15
Id. 2 . . . .	4.500	30	0,20	10	0,10	45	0,20	15	0,15
Id. 3 . . . .	6.000	25	0,10	10	0,15	40	0,15	25	0,10
<i>Banne.</i>									
Point n° 4 . . . .	5.000	60	0,20	»	»	30	0,20	10	0,15
Id. 5 . . . .	6.800	70	0,20	»	»	20	0,15	10	0,15
Id. 6 . . . .	9.000	55	0,08	15	0,15	15	0,15	15	0,15
Id. 7 . . . .	10.000	30	0,08	10	0,10	40	0,08	20	0,12
Id. 8 . . . .	11.000	10	0,07	10	0,07	55	0,05	25	0,10
<i>Chaux.</i>									
Point n° 9 . . . .	6.800	35	0,20	»	»	50	0,20	5	0,15
Id. 10 . . . .	9.000	40	0,20	»	»	50	0,15	10	0,15
<i>Œil.</i>									
Point n° 11 . . . .	5.000	65	0,20	10	0,10	20	0,15	5	0,20
Id. 12 . . . .	6.500	50	0,15	»	»	40	0,15	10	0,15
Id. 13 . . . .	7.800	50	0,20	»	»	40	0,15	10	0,15
Id. 14 . . . .	10.000	30	0,15	10	0,10	45	0,15	15	0,15
Id. 15 . . . .	12.000	15	0,12	30	0,20	40	0,18	15	0,15
Id. 16 . . . .	14.000	25	0,10	35	0,20	20	0,12	20	0,15
Id. 17 . . . .	15.500	15	0,08	45	0,20	30	0,06	10	0,15
Id. 18 . . . .	17.000	5	0,06	65	0,20	15	0,04	15	0,15
Id. 19 . . . .	19.000	5	0,04	70	0,20	10	0,03	15	0,15

(1) PL. III.

## Graviers de 2 à 20 millimètres de grosseur.

DÉSIGNATION  DES RIVIÈRES  et des  POINTS D'OBSERVATION	NATURE ET PROPORTION POUR CENT					
	Schistes cristallins	Granite	Granulite	Feldspath	Mica	Quartz
<i>Banny.</i>						
Point n° 1.....	62	»	21	1	»	16
Id. 2.....	65	2	18	2	»	13
Id. 3.....	40	»	47	»	»	13
<i>Banne.</i>						
Point n° 4.....	41	»	36	1	1	21
Id. 5.....	25	»	56	1	»	18
Id. 6.....	17	»	59	4	»	20
Id. 7.....	12	»	56	2	»	30
Id. 8.....	7	»	52	»	»	41
<i>Chaux.</i>						
Point n° 9.....	52	»	22	»	1	15
Id. 10.....	45	2	29	»	»	24
<i>Æil.</i>						
Point n° 11.....	53	1	36	»	»	10
Id. 12.....	43	»	38	4	»	15
Id. 13.....	40	»	26	2	»	32
Id. 14.....	30	»	45	3	»	22
Id. 15.....	24	2	37	»	4	33
Id. 16.....	15	4	41	6	»	34
Id. 17.....	11	7	37	6	»	39
Id. 18.....	7	6	50	5	»	32
Id. 19.....	3	5	65	3	»	24

'Sables de moins de 2 millimètres de grosseur.

DÉSIGNATION  DES RIVIÈRES  et des  POINTS D'OBSERVATION	NATURE ET PROPORTION POUR CENT					
	Schistes cristallins	Granite	Granulite	Feldspath	Mica	Quartz
<i>Banny.</i>						
Point n° 1.....	7	»	»	20	3	70
Id. 2.....	9	»	3	16	4	68
Id. 3.....	»	»	»	17	4	79
<i>Banne.</i>						
Point n° 4.....	»	»	»	23	2	75
Id. 5.....	»	»	3	17	4	76
Id. 6.....	»	»	»	15	1	84
Id. 7.....	»	»	»	12	»	88
Id. 8.....	»	»	»	7	»	93
<i>Chaux.</i>						
Point n° 9.....	»	»	»	18	3	79
Id. 10.....	3	»	»	11	2	84
<i>Œil.</i>						
Point n° 11.....	»	»	»	20	6	74
Id. 12.....	»	»	»	13	5	82
Id. 13.....	»	»	»	10	4	86
Id. 14.....	»	»	»	»	»	100
Id. 15.....	»	»	»	20	»	80
Id. 16.....	»	»	1	13	1	85
Id. 17... ..	»	»	1	18	1	80
Id. 18.....	»	»	»	19	1	80
Id. 19... ..	»	»	»	20	»	80

*Galets de plus de 2 centimètres.*

*Dans le Banny.* — Une première observation faite dans le lit du Banny, après un parcours de 2<sup>k</sup>,100 au milieu de schistes cristallins traversés par quelques filons de granulite, donne, sur 100 galets de plus de 2 centimètres, 65 schistes et 15 granulites ; pas de granite.

Les fragments ont un diamètre moyen d'environ 0,20 ; quelques-uns ont un volume de plusieurs mètres cubes.

A 2.400 mètres en aval, la proportion des galets de schiste est réduite à 30 p. % par suite de l'accroissement du nombre des granulites et de l'apparition du granite que le cours d'eau a rencontré.

A 1.500 mètres plus bas, il n'y a plus que 25 schistes dont la dimension moyenne est réduite à 0,10. Sur ce parcours, le lit du ruisseau est au milieu du granite et des granulites.

Le granite apparaît au point n° 2, et le diamètre moyen de ses fragments augmente de n° 2 à n° 3 (il passe de 10 à 15 centimètres). L'apport qui a eu lieu sur ce parcours compense et au-delà l'usure par frottement.

La proportion des granulites augmente notablement entre n° 1 et n° 2, ce qui s'explique par l'abondance extraordinaire des filons de cette nature entre ces deux points (vers le réservoir de la Ville).

La proportion des quartz ne subit pas de changements importants. Ce sont des quartz anciens.

*Dans la Banne.* — Les schistes cristallins, au nombre de 70 p. %, avec un diamètre moyen de 20 centimètres au point n° 5, descendent à 55, à 30 et à 10 p. % en aval, et le diamètre moyen se réduit en même temps à 7 ou 8 centimètres.

Ainsi, presque tous les schistes que la rivière roulait en si grande proportion et avec de si fortes dimensions, disparaissent sur un parcours de 4 kilomètres. Ceux qui restent sont petits et arrondis.

Il n'y a pas de *granite* dans le bassin hydrographique de la Banne, il n'y en a pas non plus dans les alluvions de cette rivière jusqu'au point n° 6, où se fait la jonction avec le Banny ; là, il y en a 15 p. % du diamètre moyen de 15 centimètres.

Du point n° 6 au point n° 8, parcours de 2 kilomètres sur le terrain houiller, les galets de granite passent de la dimension moyenne de 15 centimètres à celle de 7 centimètres et leur nombre de 15 à 10. On voit que ces galets s'usent assez rapidement.

La *granulite* en plusieurs variétés entre pour 30 p. % dans les galets du point n° 4, avec une [dimension moyenne de 20 centimètres environ ; aux points n° 7 et 8, la dimension moyenne est réduite à 6 centimètres environ ; mais le nombre des granulites est accru. Cet accroissement a deux causes : d'abord la disparition des schistes cristallins qui donne plus d'importance relative aux autres sortes de galets, ensuite la subdivision d'un certain nombre de gros fragments.

On reconnaît aux points n° 7 et 8 certaines granulites (variétés C<sup>p</sup>) qui ont été apportées par le Banny.

La Fig. 2, Pl. III, fait bien ressortir l'effacement rapide des schistes cristallins charriés par la Banne et le Banny ; elle montre aussi que les granites et les granulites s'usent assez vite.

L'accroissement du nombre des quartz n'est qu'apparent ; c'est leur proportion qui augmente à mesure que celle des autres roches diminue.

*Dans la Chaux.* — Les schistes cristallins au milieu

desquels la rivière s'est constamment tenue jusqu'aux points n<sup>os</sup> 9 et 10 ne constituent pas la moitié des galets et sont moins nombreux que la granulite qui occupe cependant sur le sol traversé un espace infiniment moindre. Cela montre que le gneiss résiste beaucoup moins que la granulite aux actions météoriques.

Il n'y a pas de galets de granite dans le lit de la Chaux ; mais il n'y a pas non plus de granite dans le bassin hydrographique de cette rivière.

*Dans l'Œil.* — Tant que l'Œil coule sur la roche feuilletée (sur près de 11 kilomètres), les galets de *schistes cristallins* sont assez nombreux ; mais lorsque cette rivière entre dans la masse granitique, ces galets disparaissent assez vite.

Jusqu'au point n<sup>o</sup> 13, il y a au moins 50 p. % de schistes de 15 à 20 centimètres de diamètre moyen.

Au point n<sup>o</sup> 14, la proximité du granite et l'abondance des filons de granulite suppriment la prédominance du micaschiste ; au point n<sup>o</sup> 15, le micaschiste est déjà rare et il le devient davantage assez rapidement.

Du n<sup>o</sup> 13 au n<sup>o</sup> 18, sur un parcours de 9 kilomètres, la proportion des galets feuilletés passe de 50 à 5 p. % et le diamètre moyen de 20 à 6 centimètres. Les 9/10<sup>es</sup> ont disparu ; ceux qui restent sont petits et arrondis.

La proportion des galets de *granite* suit une marche à peu près inverse de celle des micaschistes, ce qui est tout à fait en rapport avec la nature des terrains traversés. Quelques galets de granite sont des blocs de plusieurs mètres cubes.

Dans leur ensemble, les *granulites* subissent aussi, à partir du point n<sup>o</sup> 15, où elles sont très abondantes et en gros fragments, une destruction assez rapide.

A 5 kilomètres, au point n<sup>o</sup> 18, il n'y en a plus que 15, en galets de 4 centimètres de diamètre moyen ; à 2

kilomètres au-delà, il n'y en a plus que 7 p. % en galets de 3 centimètres.

Si l'on tient compte de l'apport qui a dû être fourni par quelques filons qui existent sur le parcours de la rivière, en dessous du point n° 15, on voit que tous les galets de granulite de ce point ont été à peu près détruits sur un parcours de 7 kilomètres.

Les tableaux ne parlent pas d'une pegmatite gneissique apportée par la Chaux, et qui entre pour 15 p. % dans la proportion des galets du point n° 12 (diamètre moyen = 15 centimètres). Il n'en reste que 5 au point n° 13 et plus un seul vestige au point n° 14. Ces galets sont donc entièrement détruits sur une longueur de 3 à 4 kilomètres.

Le quartz reste toujours en proportion faible et assez constante, quoique rare dans la région; les nodules et les filons de quartz qui se trouvent sur le passage des cours d'eau suffisent pour compenser les suppressions provenant de l'usure.

En résumé, toutes les roches rencontrées par nos rivières sont représentées, sur un espace plus ou moins long, dans le lit de ces cours d'eau, par des galets de plus de 20 millimètres de diamètre.

Il y a toujours une relation étroite entre la nature des galets et celle des roches qui constituent en amont le sol de la vallée.

Un parcours de 5 à 6 kilomètres suffit pour réduire tous les blocs de gneiss et de micaschiste de 20 centimètres à moins de 2 centimètres de diamètre; pour la granulite, le même résultat est atteint par un parcours de 12 à 15 kilomètres. Le granite paraît se comporter à peu près comme la granulite. Le quartz est plus résistant.

*Grains de 0 à 2 millimètres et de 2 à 20 millimètres  
de diamètre.*

On tire des deux derniers tableaux les conclusions suivantes :

Tant que les grains restent supérieurs à 2 millimètres on continue à distinguer les diverses roches originelles, sauf le granite qui devient difficile à déterminer ou qui est réduit à ses éléments vers 3 ou 4 millimètres.

Quelle que soit la nature du sol traversé par les cours d'eau, et celle des gros galets charriés, les petits grains de 0 à 2 millimètres de diamètre sont toujours constitués principalement et parfois exclusivement par du quartz ; le feldspath est moins abondant et le mica beaucoup plus rare encore.

Le mica est loin d'être aussi abondant dans le lit des cours d'eau que dans les masses primitives ; il est relativement rare, même dans les rivières qui sont en plein micaschiste, ce qui s'explique par la facilité avec laquelle il se décompose sous l'influence du frottement et des actions atmosphériques.

Le *feldspath* résiste mieux que le mica, mais beaucoup moins que le quartz ; à la dimension de 1 millimètre, la proportion de feldspath est environ moitié de ce qu'elle est dans ceux de 2 millimètres ; la proportion des quartz est au contraire d'autant plus grande que les grains sont plus petits. Le quartz subsiste encore à l'état de grains, alors que le feldspath et le mica sont réduits en limon.

Les grains de *schistes cristallins* de 20 millimètres peuvent disparaître entièrement sur un parcours de 6 kilomètres.

Et comme nous avons déjà vu les blocs de 20 centi-

mètres passer à 20 millimètres sur un parcours à peu près égal, il s'ensuit que des blocs de 20 centimètres peuvent être entièrement réduits en grains fins et en limon sur un parcours d'environ 12 kilomètres.

Le *granite* résiste mieux que les schistes cristallins.

La *granulite* semble pouvoir supporter un parcours trois ou quatre fois plus long que les schistes cristallins.

Il n'a été question jusqu'à présent que des produits de la désagrégation des roches primitives, lesquelles fournissent d'ailleurs la plus grande partie des matériaux charriés par les cours d'eau de la région de Comentry ; mais le terrain houiller, le terrain permien, la dioritine et les dépôts récents sont aussi représentés dans le lit des cours d'eau.

Voici ce que l'on constate :

Le *grès houiller* est entièrement désagrégé après un parcours de 1.000 à 1.500 mètres. Il faut remarquer que les galets de grès sont déjà altérés par les actions météoriques lorsque la rivière les saisit.

Certains fragments de *schistes houillers* parcourent plus de 20 kilomètres, et des fragments de *houille* plus de 40 kilomètres, grâce sans doute à leur faible densité. Ces fragments prennent l'aspect des cailloux roulés ordinaires.

Le *grès permien*, quand il est siliceux, est plus dur et plus résistant que le grès houiller.

Les galets de *dioritine* sont réduits en limon sur un parcours de 3 à 5 kilomètres.

Enfin les fragments de *couches sableuses* arrachés par les cours d'eau à leurs dépôts récents, et qui n'ont généralement qu'une très faible consistance, sont entièrement désagrégés après un parcours de quelques centaines de mètres.

Les observations précédentes montrent qu'après un assez faible parcours dans le lit des vallées torrentielles, les matériaux les plus durs peuvent être entièrement désagrégés et pulvérisés.

Elles semblent être en désaccord avec les expériences bien connues de M. Daubrée (1). L'illustre géologue ayant placé des pierres avec de l'eau, dans un cylindre tournant autour de son axe et animé d'une vitesse de 0<sup>m</sup>,80 à 1 mètre à la circonférence, a constaté que l'usure, *par kilomètre*, est :

Pour les fragments de feldspath anguleux, de.	0,003
— — — arrondis, de.	0,002
— de silex . . . . .	0,0002

D'après ces coefficients, après un parcours de 20 kilomètres dans le cylindre, les fragments de feldspath n'auraient perdu que de 0,04 à 0,06, et les fragments de silex 0,004; tandis que dans les vallées, j'ai constaté, pour le même parcours, une usure ou une désagrégation totale.

Le désaccord n'est qu'apparent.

Les expériences de M. Daubrée ont été de courte durée, tandis que les matériaux des vallées ont été soumis pendant un temps fort long aux influences atmosphériques.

Dans une expérience faite à un autre point de vue (2), des galets de la grosseur du poing, placés avec de l'eau et des végétaux dans un cylindre comme celui de M. Daubrée, m'ont permis de constater, après une rotation d'un an, et un parcours de 11.800 kilomètres, l'usure moyenne suivante par kilomètre :

Par kilomètre, pour des galets de granite .	0,00006
— — — de quartz .	0,00003

(1) Etudes synthétiques.

(2) § 4.

Cette usure est cinquante fois moindre que celle observée par M. Daubrée.

Je n'en veux tirer que cette conclusion : c'est que l'usure des galets ne dépend pas seulement du chemin parcouru et qu'elle n'est en rapport avec ce chemin que toutes choses égales d'ailleurs.

On sait que, sans changer de place, les masses rocheuses peuvent être entièrement désagrégées par les actions atmosphériques, et que des blocs, même énormes, peuvent être entraînés fort loin par des eaux impétueuses sans être notablement usés.

*Limon.* — Le limon que j'ai laissé de côté dans les observations précédentes constitue la majeure partie des matières charriées par les grands fleuves qui en jettent constamment à la mer des quantités énormes.

Voici quelques chiffres :

Le Rhône dépose, en moyenne, chaque année, dans le lac Léman, environ 10.000.000 de mètres cubes de matériaux solides ; dans la Méditerranée, 21.000.000 de mètres cubes ;

Le Pô, dans l'Adriatique, de 40 à 100.000.000 de mètres cubes ;

Le Mississipi, dans l'Océan, environ 110.000.000, dont 1/10<sup>e</sup> environ en sables et graviers ;

Le Gange et le Brahmapoutrah réunis déversent dans le golfe du Bengale, de 500.000.000 à 1 milliard de mètres cubes de limon ;

Le Mé-Kong se jette dans la mer par quatre embouchures dont la largeur totale n'est pas inférieure à 30 kilomètres. La vitesse du courant varie de 0<sup>m</sup>,50 à 1<sup>m</sup>,50. Le débit moyen est de 90.000 mètres cubes par seconde. Les matières en suspension varient de 5 à 15 dix-millièmes. C'est annuellement plus de 1

milliard de mètres cubes qui s'accumulent en avant de l'embouchure sous forme de bancs de sable et de vase.... (1).

Le limon est composé de substances minérales toujours mélangées à une certaine proportion de matières organiques. Ces substances sont surtout l'argile, la silice en parcelles microscopiques, le carbonate de chaux. — L'argile a beaucoup de tendance à s'emparer des matières salines ou organiques.

Voici, d'après Delesse (2), la composition de quelques limons :

SUBSTANCES	LOIRE	GIRONDE	SEINE A IVRY	DOUBS
Matières organiques et eau combinée.....	8,39	9,31	3,39	30,00
Sels solubles.....	0,22	0,20	»	»
Carbonate de chaux avec magnésie.....	4,75	6,61	60,31	3 à 21
Silice et argile insoluble dans l'acide.....	74,59	70,22	36,30	67 à 49
Alumine et oxyde de fer.	12,05	13,66		
	100 »	100 »	100 »	100 »

Les sources minérales et les éruptions volcaniques mêlent parfois leurs déjections aux débris détritiques et organiques charriés par les cours d'eau ; et à tous ces matériaux s'ajoutent encore dans les deltas les produits de la corrosion du rivage et ceux de la vie organique du bassin de dépôt.

(1) *Exploration des gîtes de combustibles du Tong-King*, par M. Fuchs (*Annales des mines*, 5<sup>e</sup> livr. 1882, p. 220).

(2) *Lithologie du fond des mers*.

En face des charriages de limon, plaçons quelques exemples de transport de gros éléments :

« En 1818, dit Lyell (1), la partie supérieure de la vallée de Bagnes, au-dessus du lac de Genève, fut convertie en lac par suite de l'engorgement d'un passage étroit, occasionné par des avalanches de neige et de glace qui s'étaient précipitées des hauteurs d'un glacier dans le lit de la Dranse. Comme dans l'hiver, lorsque la gelée est continuelle, il coule à peine assez d'eau dans le lit de cette rivière pour entretenir un canal ouvert, la barrière de glace était restée entière jusqu'à la fonte des neiges, qui eut lieu au printemps. A cette époque, il se forma au-dessus un lac d'une demi-lieue de longueur environ, qui finit par atteindre, en quelques points, une profondeur de 60 mètres et une largeur de 210 mètres environ. Pour prévenir, ou tout au moins pour diminuer les accidents que faisait appréhender la rupture soudaine de la barrière, on pratiqua dans la glace, avant que les eaux ne se fussent élevées à une grande hauteur, une galerie artificielle de 210 mètres de longueur. Quand les eaux finirent par atteindre une élévation suffisante pour couler par ce conduit, elles firent fondre la glace et augmentèrent ainsi la profondeur de leur canal, jusqu'à ce que la moitié à peu près de l'eau que contenait le lac se fût lentement écoulée. Enfin, aux approches de la saison chaude, la partie centrale de la masse de glace restante s'enfonça avec un bruit épouvantable, et en une demi-heure, le lac fut entièrement vidé. Dans leur chemin, les eaux eurent à franchir plusieurs gorges étroites, à chacune desquelles elles s'élevaient à une grande hauteur, débordant alors avec une fureur nouvelle dans le bassin voisin, et entraînant ro-

---

(1) LYELL, *Principes de Géologie*, p. 465.

ches, forêts, maisons, ponts et terres cultivées. Le torrent ressemblait, dans la plus grande partie de son cours, à une masse mouvante de roches et de limon, plutôt qu'à un courant d'eau. Quelques fragments de roches granitiques que, d'après leur grosseur, on pouvait sans exagération comparer à des maisons, furent arrachés d'un terrain d'alluvion plus ancien, et transportés plus bas, à 400 mètres. Un de ces fragments déplacés avait soixante pas de circonférence. La vitesse de l'eau, dans la première partie de sa course, était de 10 mètres par seconde, lesquels se réduisirent à 1,80, avant d'atteindre le lac de Genève, où la masse liquide arriva en 6 heures et demie, après avoir parcouru une distance de 72 kilomètres. »

Le volume des matériaux charriés est en rapport avec la vitesse des courants, laquelle est généralement très variable pour chaque rivière.

Le Var, à son embouchure, passe de  $28^{\text{m}^3}$  par seconde à  $4.000^{\text{m}^3}$  (1 à 143).

La Loire, à Orléans, varie de 25 à  $10.000^{\text{m}^3}$  (1 à 400).

Le Reno, qui descend de l'Apennin, varie de 1 à  $1.400^{\text{m}^3}$  par seconde (1 à 1.400).

Le débit du Mississipi varie de  $8.500^{\text{m}^3}$  à  $35.000^{\text{m}^3}$  (1 à 4).

Les variations sont généralement moins fortes pour les grandes rivières que pour les petites.

Les crues sont particulièrement violentes dans les pays montagneux et granitiques où l'imperméabilité du sol et les fortes pentes précipitent l'écoulement des eaux.

Dans son remarquable mémoire sur la *Lithologie du fond des mers*, Delesse a résumé comme suit les

observations très nombreuses qu'il a faites sur les dépôts de rivières :

« Les dépôts des rivières proviennent des roches qui forment leur bassin hydrographique. C'est ce qui explique pourquoi les caractères des alluvions et du terrain de transport sont quelquefois si différents lorsqu'on passe d'un bassin à un autre.

« Le quartz hyalin est de beaucoup le minéral le plus fréquent et aussi le plus abondant. Parmi les minéraux ayant ensuite le plus d'importance, il convient de mentionner le silex, la meulière et les nombreuses variétés de la silice, l'argile qui est fournie par la décomposition des feldspaths ou des silicates alumineux et les débris calcaires. D'autres minéraux sont relativement exceptionnels : tels sont les micas, le fer oxydulé, le grenat, le péridot, l'amphibole, le pyroxène. On rencontre plus rarement encore le zircon, le corindon, l'or et en général les gemmes ou les minerais métalliques.

« Autour des massifs granitiques plus ou moins dénudés de calcaire, comme ceux de la Bretagne, du Plateau-Central, des Vosges, du Morvan, les cours d'eau ne déposent pas de carbonate de chaux dans leurs alluvions ; mais il en est autrement dans les régions calcaires. Dans une même rivière, la proportion du carbonate de chaux peut, du reste, varier beaucoup et présenter de nombreuses oscillations depuis sa source jusqu'à son embouchure.

« Lorsqu'on suit le cours d'une rivière, il est facile de constater des variations dans la nature de ses dépôts ; comme ces derniers proviennent des roches qui sont à l'amont du point considéré dans le bassin, ils se modifient avec elles ; mais ils participent surtout de la composition minéralogique de celles qui sont les plus dures et les plus rapprochées.

« Vers l'embouchure des grands fleuves qui traversent le territoire de la France, les dépôts contiennent très peu de carbonate de chaux. Dans les rivières sujettes aux marées, les dépôts d'embouchure se composent d'ailleurs, en partie, d'apports maritimes. »

§ III. — VÉGÉTAUX CHARRIÉS PAR LES COURS D'EAU.

Tous les cours d'eau charrient des matières organiques et surtout des végétaux.

L'observation suivante faite sur l'une des petites rivières torrentielles de Commeny, donne une idée de la nature et de la proportion des matières végétales qui peuvent se trouver dans ces cours d'eau.

*Végétaux charriés par la Banne.*

La petite rivière la Banne débite de 1 à 3 mètres cubes par seconde pendant une grande partie de l'année ; elle est souvent sèche en été ; après de grandes pluies, son débit s'élève à 15 mètres cubes.

Lorsqu'elle arrive sur le terrain houiller, cette rivière a parcouru 7 à 8 kilomètres de vallées escarpées, peu boisées. La pluie qui tombe sur le sol granitique gagne rapidement le thalweg, apportant au cours d'eau des pierres, de la terre, des végétaux, etc.

Vers la fin de janvier, je fis placer en travers de la rivière une toile métallique à maille de 1 centimètre, qui arrêta en deux minutes les débris suivants :

Poids après dessiccation.

Feuilles entières. . . . .	107 grammes.
» déchiquetées . . . . .	170 —
	<hr/>
<i>A reporter.</i> . . . .	277 grammes.

<i>Report.</i> . . . . .	277	grammes.
Débris de feuilles à moitié pourries . . . . .	43	—
Feuilles sans tissu cellulaire, n'ayant que les fibres . . . . .	109	
	—	429 grammes.
Brindilles de bois . . . . .	62	
Herbes vertes . . . . .	2	
Pailles écorces, fruits, etc. . . . .	9	73 —
		—
Total des débris recueillis . . . . .	502	grammes.

Outre les feuilles, fruits, brindilles et autres menus débris de diverses natures que la toile métallique a retenus, les eaux de la Banne étaient chargées d'une assez forte proportion de particules végétales qui ont passé avec le limon à travers les mailles. Ce sont là les matières végétales le plus ordinairement charriées par la rivière; il s'y ajoute de temps en temps des troncs d'arbres, de grosses branches, des racines, etc.

Une grande partie de ces végétaux cheminent sans arrêt jusqu'aux fleuves, de plus en plus divisés et altérés; une autre partie se fixe dans les alluvions déposées par la Banne le long de ses rives. Nous reparlerons plus loin de ces derniers.

Au moment de l'observation, le débit de la Banne était de 2.160 litres par seconde; ce qui porte la proportion des végétaux recueillis à environ 1<sup>er</sup>.555 par mètre cube d'eau, ou 1.000 kilog. pour 650.000 mètres cubes d'eau. Il faudrait probablement doubler cette proportion pour tenir compte des particules qui ont passé à travers la toile.

J'ai souvent vu dans la rivière beaucoup plus de feuilles qu'on n'en apercevait le jour de l'observation; il faut remarquer qu'à la fin de janvier, l'époque de la

chute des feuilles est déjà lointaine et que la pluie a emporté la plus grande partie des débris tombés depuis l'automne. On peut donc considérer la proportion ci-dessus comme une sorte de moyenne.

Ajoutons qu'aucun débris ne surnageait, ce qui s'explique par la durée déjà prolongée des actions atmosphériques sur ces débris depuis leur chute.

J'ai dit qu'une certaine proportion des débris végétaux charriés par la Banne s'arrêtaient au milieu des argiles, sables et galets que la rivière dépose sur ses rives. En fouillant ces alluvions, on trouve, en effet, ces débris, tiges, branches, racines, écorces, feuilles, fruits et particules nombreuses, tantôt isolés, tantôt groupés, formant parfois des lits de 10 à 20 centimètres d'épaisseur, dans un état de décomposition ou de transformation plus ou moins avancé. Lorsque la rivière corrode son lit, ces débris depuis longtemps enfouis sont de nouveau repris par le courant et s'ajoutent à ceux qui viennent directement de la surface du sol (1).

L'exemple précédent montre que de petits cours d'eau sillonnant des terrains peu boisés, charrient une quantité assez considérable de matières végétales.

J'ai vu en Suisse, après des pluies peu importantes, de petits amas de végétaux surnageant à l'embouchure de tous les cours d'eau. Les végétaux visibles à la surface de l'eau ne représentaient évidemment qu'une faible proportion de la matière végétale apportée ; car, sur les bords des lacs, on apercevait beaucoup de débris végétaux reposant sur le fond, à quelques mètres de profondeur.

Les transports de bois sont faibles en Europe, où la civilisation cherche à tirer parti de tous les produits

---

(1) § IV.

du sol ; cependant, ils ont encore parfois de l'importance.

J'ai gardé le souvenir d'un défilé d'arbres, de meubles, de toitures que je vis sur le Rhône, en 1857, et dont Elisée Reclus a parlé dans les termes suivants (1) :

« Trois petites rivières : le Doux, l'Erieux et l'Ar-dèche, contenues de leur source à leur embouchure dans les limites d'un seul département, peuvent donner une idée du gonflement rapide des eaux de crue. Le 10 septembre 1857, ces trois cours d'eau, qui d'ordinaire coulent paisiblement sur leur fond de rochers ou de cailloux et n'apportent au Rhône qu'une masse liquide d'une vingtaine de mètres cubes par seconde, déversaient dans le fleuve un volume total de 14.000 mètres, plus que le Gange et l'Euphrate réunis ne portent à la mer. S'épanchant dans leurs vallées respectives, à 15 et 18 mètres au-dessus de l'étiage, ces rivières débordées rasaient les maisons, arrachaient les cultures, déracinaient les arbres. Toute la surface du Rhône ne présentait, d'une rive à l'autre, qu'un vaste train de bois, sur lequel, semblait-il, un homme audacieux eût pu se hasarder à franchir le fleuve. »

Les fleuves américains font de bien plus grands charriages de végétaux :

« A certaines époques d'inondation, on voit passer, au fil du courant du fleuve des Amazones, de longs radeaux de troncs entrelacés qui se nouent, se dénouent, roulent et plongent lourdement..... ; autour des immenses processions d'arbres flottent de vastes étendues d'herbes qui font ressembler certaines parties de la surface de l'eau à d'immenses prairies.... (2).

---

(1) E. RECLUS, *la Terre*, p. 440.

(2) E. RECLUS, *la Terre*, p. 434.

« Le Mississipi entraîne à la mer les débris d'innombrables forêts. Il arrive souvent que des terrains de plusieurs ares de superficie, couverts de bois épais, sont précipités d'une seule fois dans le courant. Parfois les arbres forment, dans le lit même du fleuve, d'immenses *rafts*, sorte de radeaux fixes; en 38 ans, antérieurement à 1816, il s'est formé un raft continu dont la longueur n'était pas de moins de 16 kilomètres sur 220 mètres de largeur et 2<sup>m</sup>,40 de profondeur (1).

« De nos jours, dit E. Reclus (2), le fleuve, contenu par des levées latérales, n'arrache que des lambeaux étroits de vastes forêts riveraines; et, dans les plus fortes crues, les troncs entremêlés suivent le fil de l'eau et ne forment plus comme autrefois de longs radeaux flottants. »

Outre les végétaux de grandes dimensions visibles à la surface des eaux, les rivières transportent encore parfois des quantités considérables de matière végétale plus ou moins décomposée, en particules fines.

En résumé, le renouvellement des saisons, la mort des végétaux, le vent, les pluies, les corrosions du sol livrent constamment aux cours d'eau des feuilles, des fruits, des branches, des troncs, des racines, et même des arbres tout entiers. Les végétaux font pour ainsi dire partie de l'écorce terrestre; ils sont entraînés en même temps que les matières terreuses.

§ 4. — CE QUE DEVIENNENT LES MATIÈRES ORGANIQUES  
CHARRIÉES PAR LES COURS D'EAU.

De même que les matières minérales, les corps organisés, charriés par les cours d'eau, tendent à se réduire

(1) LYELL, *Principes de Géologie*, t. I, p. 583.

(2) E. RECLUS, *la Terre*, p. 435.

en poussière ; la désorganisation physique de ces corps est beaucoup plus rapide lorsqu'ils cheminent sur le fond du lit que lorsqu'ils flottent ; ainsi, un pétale de rose peut parcourir plusieurs kilomètres à la surface de l'eau sans altération sensible, tandis que sur le même parcours, un gros tronc de chêne, en contact avec les sables et galets du fond, peut être entièrement pulvérisé.

La durée du flottage variant, selon la nature et l'état des corps, de quelques instants à plusieurs mois et même à plusieurs années (1), on conçoit facilement que des débris organiques différents, jetés sur le même point d'un cours d'eau, arrivent à l'embouchure les uns en poussière, d'autres intacts, la plupart dans un état intermédiaire.

On peut observer cette désagrégation dans tous les cours d'eau torrentiels, et constater après chaque débordement, dans les dépressions de la rive, des dépôts de limon provenant de la trituration des roches et des végétaux.

L'expérience suivante montre ce que peuvent devenir des végétaux soumis au frottement des sables et des galets dans l'eau :

Dans un cylindre en fonte, de 0<sup>m</sup>,40 de longueur et 0<sup>m</sup>,28 de diamètre, j'ai introduit :

1° Des cailloux anguleux de granite et de quartz, de la grosseur du poing (environ 6 kil.) ;

2° Des feuilles, des branches, du bois, des écorces de fougère et de sapin (environ 2 kil. 1/2) ;

3° De l'eau pour achever le remplissage du récipient ;

Puis, le cylindre étant disposé horizontalement, et fixé sur un arbre animé d'un mouvement de rotation pendant onze heures par jour, on l'a laissé tourner

---

(1) 3<sup>m</sup>e partie, ch. IV.

autour de son axe, avec une vitesse de 55 tours par minute (soit 0<sup>m</sup>,83 par seconde à la circonférence).

Au bout de 8 jours, les feuilles étaient réduites en bouillie, les fragments de bois et les écorces avaient de l'usure ; les cailloux commençaient à perdre leurs angles ;

Au bout de 50 jours, les fragments de bois et d'écorce avaient perdu environ la moitié de leur volume primitif ;

Au bout de 360 jours, avec un parcours de 11.800 kilomètres à la circonférence du cylindre, les cailloux étaient parfaitement arrondis (ceux de granite avaient perdu environ 30 p. % de leur poids, ceux de quartz 15 p. %) ; sauf quelques petits fragments, arrondis comme les galets, toutes les matières végétales formaient avec le limon minéral une boue noire qui, desséchée, avait l'apparence de certains schistes houillers.

Ces schistes artificiels ont donné à la distillation :

Environ 65 p. % de résidu fixe (à 80 p. % de cendres) et 35 p. % de matières volatiles, comprenant 12<sup>lit</sup>,50 de gaz par 100 grammes, d'un faible pouvoir éclairant (1).

Pendant tout le temps de l'agitation dans le cylindre tournant, les matières sont restées sensiblement à la température ambiante ; elles ont dégagé une certaine quantité de gaz inflammable et explosible.

On sait que les matières organiques exposées à l'air finissent par se transformer entièrement en éléments gazeux. Il n'en est plus de même lorsque ces matières sont protégées contre les actions atmosphériques par une couche d'eau ou de sédiments terreux.

---

(1) C'est la moyenne de quatre expériences faites avec des végétaux différents ; les résultats se ressemblent.

On retrouve, dans certaines parties des alluvions de la Banne, des éléments organiques de même nature et de mêmes dimensions que ceux qui sont actuellement charriés par ce cours d'eau (1), mais dans un autre état, qui révèle quelques-unes des nombreuses transformations que peuvent subir ces éléments dans le sein de la terre. Voici quelques-unes des observations faites à 1, 2, 3 et 4 mètres de profondeur, dans les argiles de la couche alluviale (les restes organiques sont plus rares dans les sables) :

Certaines argiles sont chargées de matières organiques en particules microscopiques. Elles renferment aussi des fragments plus ou moins volumineux de végétaux discernables, des débris d'insectes, etc.

Les *feuilles* sont rousses ou noires, sans consistance, réduites à leur épiderme qui n'est plus qu'une membrane très mince ;

Certaines *branches*, tantôt cylindriques, tantôt aplaties, qui, lorsqu'elles sont humides, semblent être en bon état de conservation, cèdent sous la pression des doigts comme une éponge. En séchant, ces branches perdent les trois quarts de leur volume, deviennent dures, d'aspect cirieux brun ou noir, comme les lignites ligneux. D'autres *branches* sont réduites à l'enveloppe extérieure de l'écorce ; quelques-unes sont représentées par un tube ou un cylindre plein d'argile ocreuse, qui a pris entièrement la place du végétal. On surprend là une véritable minéralisation ; parmi les branches minéralisées, quelques-unes ne renferment plus que 10 p. % de matière organique.

Les *troncs* d'arbres sont roux ou noirs, cassants ; les fibres ligneuses n'ont plus de résistance ; certaines parties ont une cassure noire, brillante comme celle du

---

(1) 2<sup>e</sup> partie (5<sup>e</sup> section) et 3<sup>e</sup> partie.

charbon de bois. La teneur en cendres des troncs, ordinairement comprise entre 1, 5 et 4 p. %, arrive parfois à 30 p. %.

Des *graines* ont conservé seulement le tégument extérieur ; toute la partie interne a disparu. Des *noyaux* de fruits sont également vides.

Des *insectes* assez nombreux sont représentés par des élytres bien conservées et même par des corps entiers, mais vides.

Il est difficile de savoir depuis combien de temps ces débris organiques sont dans la terre ; un tronc d'arbre scié, une pierre qui semble avoir servi de pierre à affûter, ne permettent pas de faire remonter la formation de ces alluvions à une époque bien reculée.

J'ai pu faire des observations analogues dans un dépôt d'âge à peu près certain, remontant à une quinzaine de siècles :

Dans la région du Pré-Gigot, les travaux de la mine ont mis au jour un fossé annulaire de 600 mètres environ de tour, de 20 à 40 mètres de largeur et de 3 à 5 mètres de profondeur. Ce fossé, depuis longtemps comblé, n'est révélé par aucun indice superficiel ; la terre végétale est là ce qu'elle est ailleurs ; au-dessous se trouvent des terres, sables, argiles, débris de constructions, poteries, tuiles, conduites d'eau en terre et en bois, etc., de l'époque gallo-romaine ; on suppose que le fossé entourait d'abord un camp romain dont la vaisselle cassée et autres débris allaient rejoindre dans le fossé ce que les eaux y charriaient (1).

Certaines parties argileuses sont pleines de débris organiques ; on y rencontre :

(1) Des inscriptions, des médailles, etc., trouvées dans le voisinage, permettent de faire remonter au IV<sup>e</sup> siècle ces constructions romaines.

1° Des *feuilles* de chêne, de saule, de cerisier, de ronces, de fougère, de buis, des brins d'herbe, etc.

Quelques-unes de ces feuilles sont encore vertes au moment où on les découvre ; mais elles ne tardent pas à brunir à l'air. La plupart sont rousses ou noires et réduites à une mince membrane, sans consistance, sur laquelle la nervation primitive apparaît souvent d'une manière très nette ;

2° Des *brindilles*, rameaux ou jeunes tiges, ayant jusqu'à 3 ou 4 centimètres de diamètre.

Lorsque ces brindilles sont encore humides elles paraissent intactes, bien conservées ; mais elles s'écrasent sous la simple pression des doigts ; les fibres n'ont plus aucune résistance. Par la dessiccation, lente ou rapide, ces brindilles perdent les trois quarts de leur volume, se fendillent longitudinalement, et deviennent très dures ; leur cassure est alors esquilleuse. L'écorce n'est généralement plus représentée que par son épiderme ;

3° Des *bois*, surtout des fragments de gros chênes dont on a fait des tuyaux de conduites d'eau. Ces bois sont noirs ; bien conservés dans certaines parties ; altérés, transformés dans d'autres parties. Le ligneux, à fibres résistantes, est parfois changé en une masse molle ;

4° Des *graines*, provenant des divers arbres qui ont fourni les brindilles et les feuilles, des noyaux de cerise, des pépins de fruits, etc. L'enveloppe seule de ces graines subsiste ; l'intérieur a disparu ;

5° Des *insectes* ; de nombreuses élytres de coléoptères aux couleurs vives comme sur les insectes vivants ; des larves vides ; des cocons ; des nids de chenilles, quelques-uns entourés d'œufs ronds de 1 à 2 millimètres de diamètre ;

6° De la *vivianite*. Le dépôt gallo-romain présente une particularité que n'ont pas les alluvions de la Banne.

Au moment où l'on brise les blocs argileux, on aperçoit au milieu de la masse une multitude de points blancs, farineux, qui ont jusqu'à plusieurs centimètres d'épaisseur ; ces points blancs prennent une belle teinte bleu-clair après quelques heures d'exposition à l'air ; ils sont constitués par la *vivianite* (phosphate de fer) qui s'est concentrée à l'extérieur et à l'intérieur des débris organiques ; des dents de grands herbivores en sont remplies ; la matière végétale de certaines brindilles, de graines, est aussi parfois remplacée par de la vivianite. L'acide phosphorique doit avoir pour origine les animaux qui servaient à l'alimentation du camp et dont les os amoncelés dans le fossé ont subi les diverses transformations qui devaient les amener à l'état de vivianite ;

7° Des tubes et des cylindres en matière ferrugineuse ; sorte de fossilisation des brindilles.

Les gisements du Pré-Gigot et de la Banne montrent ce que deviennent au bout de quelques siècles, les matières organiques enfouies dans l'argile humide, à la température ordinaire et sous une pression de quelques mètres de hauteur d'eau.

J'ai fait quelques expériences dans le but de constater les effets de la chaleur, de la pression et de la nature des sédiments qui enveloppent les matières organiques.

Des débris végétaux : feuilles, branches, racines, tiges, écorces, graines ; des animaux : poissons, insectes, crustacés, oiseaux, rats,.... ont été placés dans les diverses conditions suivantes :

(a) Au fond d'un tube de 60 mètres de hauteur, rempli d'eau, à une température comprise entre 15 et 25 degrés :

1° Pendant 1 an 1/2 ;

2° Pendant 3 ans 1/2 ;

(b) Dans un récipient de 1 mètre, rempli d'eau dont la température a oscillé entre 90 et 100 degrés :

Pendant 9 mois ;

(c) Dans une chaudière renfermant de l'eau à la température d'environ 150 degrés, qui correspond à une pression d'environ 60 mètres de hauteur d'eau :

Pendant 8 mois.

Les matières organiques étaient tantôt en contact direct avec le récipient, tantôt isolées du récipient par des bouteilles en verre ou des boîtes en fer ; tantôt on les a amoncelées seules, tantôt on les a enveloppées de matières terreuses : sable, argile, calcaire, pyrite...

Ces expériences ont donné lieu aux observations suivantes :

(a) A la température de 15 à 20 degrés, sous une pression de 60 mètres de hauteur d'eau, il s'est produit des gaz inflammables, peu éclairants ;

La décomposition est un peu plus avancée après 3 ans 1/2 qu'après 18 mois.

*Fougères* : Les feuilles ont conservé leur forme ; elles sont sans consistance ; les racines et les tiges sont creuses ; les parties fibreuses subsistent seules ;

*Genêt d'Espagne* : La moelle des feuilles et des rameaux a disparu ; l'épiderme reste. Le bois des racines est devenu très cassant.

*Chêne* : Les feuilles se sont détachées des branches ; elles sont très décomposées, réduites à l'épiderme ; quelques-unes sont en bouillie. Le bois est devenu un peu cassant. L'écorce se détache du bois ; elle est molle, réduite aux parties fibreuses.

*Pin* : Les feuilles étaient encore vertes, comme intactes, au moment où on les a retirées du récipient ; après quelques heures d'exposition à l'air, elles sont devenues noires et se sont flétries. Elles n'avaient plus

aucune adhérence aux rameaux. Le bois de pin est un peu mieux conservé que celui de chêne ; l'écorce est au contraire plus altérée que celle du chêne.

(b) C'est dans la chaudière à 90 degrés, sous un mètre d'eau exposée à l'air, que les matières organiques se sont le plus décomposées ; probablement sous l'influence de l'air introduit avec l'eau destinée à compenser les pertes par évaporation.

(c) Dans la chaudière à 150 degrés, dont l'eau ne s'évaporerait pas, l'altération a été à peu près la même que dans l'eau à 20 degrés sous pression de 60 mètres.

On n'a pas remarqué de différence notable dans l'état des matières organiques en contact direct avec l'eau, ou enveloppées de sédiments terreux.

Par ordre de décomposition, les matières organiques seraient classées comme suit :

- Chair des animaux ;
- Feuilles vertes ;
- Feuilles sèches ;
- Ailes d'oiseaux ;
- Racines ;
- Ecorces ;
- Bois ;
- Elytres d'insectes.

Voici les principales conclusions qui découlent des observations et expériences précédentes :

1° Les matières organiques protégées contre les actions atmosphériques par une épaisse couche d'eau, se décomposent très lentement ;

2° Les parties végétales qui résistent le mieux sont : les fibres ligneuses, les écorces fibreuses, l'épiderme des feuilles et des graines ; celles qui disparaissent le plus rapidement sont : le tissu cellulaire des feuilles,

des écorces et des jeunes rameaux, la moelle des branches, la partie intérieure des graines (fécule, gluten, sucs divers.....)

Les élytres et la carapace des insectes résistent aussi bien que les fibres ligneuses ; l'intérieur des corps se décompose rapidement.

Pendant que certaines parties des restes végétaux ou animaux disparaissent par dissolution ou par transformation gazeuse, les parties qui restent prennent une composition de plus en plus carbonée ; elles subissent peu à peu une véritable carbonisation ;

3° La marche de la décomposition paraît de plus en plus lente ; elle est très marquée au bout de quelques mois ; les années et les siècles qui viennent ensuite ne font faire à la transformation que des progrès très lents ;

4° L'altération des matières organiques est à peu près la même, que ces matières soient en contact avec l'eau ou qu'elles soient enveloppées de sédiments terreux ;

5° A la température ordinaire, la décomposition paraît s'opérer de la même manière sous des pressions de 1 mètre et de 60 mètres de hauteur d'eau ;

6° Sous une pression de 60 mètres de hauteur d'eau, la décomposition s'opère à peu près de même à la température ordinaire et à la température de 150 degrés.

---

**Chapitre III.****MODE DE FORMATION DES DELTAS**

---

**I. — CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES.**

La nature fournit des exemples de deltas de toutes les grandeurs entre quelques mètres carrés et des milliers de kilomètres de superficie ; au point de vue de la forme et de la constitution, tous ces dépôts peuvent aussi être reliés par des degrés insensibles, comme le plus petit ruisseau se relie aux grands fleuves, et le plus petit bassin à l'Océan.

L'observation prouve que la formation des dépôts qui s'effectuent à l'embouchure des cours d'eau est soumise à des règles constantes ; pour dégager ces règles, sur lesquelles l'accord est loin de régner, j'ai eu recours à l'expérimentation.

J'ai formé des deltas dans des bassins dont la capacité a varié de quelques litres, à 500, 20.000 et 60.000 mètres cubes ; les matériaux employés étaient de natures et de grosseurs diverses ; le débit des cours d'eau charrieurs a varié depuis quelques litres jusqu'à 10 mètres cubes par minute ; l'eau du bassin a été tranquille ou agitée par des vagues ; le volume du dépôt a été tantôt de quelques litres, tantôt de quelques centaines de mètres cubes ; enfin les expériences ont duré de quelques heures à plusieurs années.

Ces expériences sont décrites en détail dans le

chapitre suivant; je vais exposer ici les conclusions que j'en ai tirées.

Je m'occuperai d'abord des lois de la chute des corps dans l'eau qui suffisent à rendre compte de la plupart des phénomènes de la sédimentation fluvio-lacustre et fluvio-marine; je passerai ensuite aux particularités que présentent les dépôts.

### § 1. — CHUTE DES CORPS DANS L'EAU.

#### 1° Chute en eau tranquille.

*Matières minérales.* — Lorsqu'un corps tombe librement en eau tranquille, sa vitesse s'accroît d'abord jusqu'à un certain degré, puis elle reste constante.

La vitesse uniforme est atteinte presque instantanément par les corps de très petite dimension; les gros blocs de roche, de 0<sup>m</sup>,50 à 1 mètre de diamètre, l'atteignent au bout de 3 à 4 secondes.

Toutes choses égales d'ailleurs, la vitesse de chute augmente avec le volume et la densité des corps; elle diminue quand la surface des corps augmente (1).

*Matières végétales.* — Tous les végétaux tombés dans l'eau finissent par s'enfoncer et se coucher sur le fond du bassin, après avoir gardé, pendant un certain temps, l'une des trois positions suivantes :

1° Le végétal surnage, il est couché à la surface de l'eau ;

(1) Voyez 3<sup>me</sup> partie, 2<sup>e</sup> section, et CALLON, *Cours d'exploitation des mines*, t. III, p. 48;

MARSAULT-VICAIRE, *Lavage de la houille* (*Ind. min.*, 1879, 2<sup>e</sup> livr.);

VAUTHIER, *Association française pour l'avancement des sciences*, Congrès de 1884.

2° Le végétal est debout, incomplètement immergé ; l'une de ses extrémités se montre à la surface de l'eau ;

3° Le végétal a gagné le fond du bassin, où il reste debout, appuyé sur l'une de ses extrémités.

Le temps pendant lequel les végétaux peuvent flotter varie de quelques instants à plusieurs années.

Quand les végétaux quittent la surface pour gagner le fond, ils subissent les mêmes lois de chute que les matières minérales ; leur vitesse est en rapport direct avec leur volume, et leur densité, en rapport inverse avec leur surface.

Deux corps sont dits *équivalents* lorsqu'ils prennent la même vitesse. Un arbre énorme peut être *équivalent* d'une fine particule minérale.

Les matières animales se comportent, au point de vue de la chute dans l'eau, comme les matières végétales.

#### 2° Chute en eau courante.

Le chemin suivi par les corps pendant leur chute en eau courante se rapproche d'autant plus de la verticale que leur *vitesse de chute en eau tranquille* est plus grande, et que la *vitesse* du courant est plus faible. Les corps ténus ou peu denses, entraînés par un courant, s'écartent très lentement de l'horizontale.

---

La vitesse de chute en eau tranquille est de quelques dixièmes de millimètre par seconde, pour les très fines particules minérales, quelle que soit leur densité ; elle est de 0<sup>m</sup>,30 à 0<sup>m</sup>,40 (des milliers de fois plus grande), pour des grains de quelques millimètres de diamètre.

La vitesse de chute des matières végétales peut varier aussi suivant le degré de grosseur et d'imbibition, de quelques dixièmes de millimètre à plusieurs décimètres par seconde.

Le déplacement horizontal, pendant la chute en eau courante, peut être également des milliers de fois plus grand pour les végétaux et les fines particules minérales, que pour les sables et les galets.

§ 2. — INCLINAISON QUE PRENNENT LES MATÉRIAUX DANS L'EAU.

1° *En eau tranquille.*

Les *matières pulvérulentes* qui tombent dans un bassin tranquille, tendent à s'étaler sur une grande surface. Si leur point d'arrivée dans l'eau est le même, elles forment un dépôt conique.

L'arête du cône est presque horizontale pour les matières extrêmement ténues; elle s'incline de plus en plus à mesure que les particules grossissent. Pour les poussières proprement dites, cette inclinaison varie de 0 à 25 ou 30 degrés.

Les *matériaux grossiers* (sables, galets) forment des cônes dont l'inclinaison varie de 25 à 45 degrés; les plus fortes inclinaisons sont prises par les éléments les plus gros.

Les *végétaux* prennent des inclinaisons rapprochées de celles des poussières minérales.

2° *En eau courante.*

Les corps qui tombent vite forment des dépôts inclinés; ceux qui tombent lentement, s'écartent de la verticale et forment des dépôts peu inclinés.

Il faut remarquer le rapport qui existe entre la vitesse de chute en eau tranquille, le déplacement horizontal pendant la chute en eau courante, et l'inclinaison du dépôt.

3° *En eau agitée par des vagues.*

Dans un bassin tranquille, les sédiments sont fixés dès qu'ils ont gagné le fond ; si les eaux sont agitées par un mouvement de va et vient, les matériaux sont pris et repris, triturés, étalés. Dans le premier cas, les matériaux s'amoncellent sur la moindre surface avec la plus forte épaisseur et la plus forte inclinaison possible ; dans le second, les matériaux forment un dépôt plus étendu, plus mince et moins incliné. L'inclinaison peut être réduite à zéro sous l'influence prolongée des vagues.

§ 3. — DÉPLACEMENT DES COURS D'EAU A LEUR EMBOUCHURE.

Nous avons vu (1) que les cours d'eau à deltas sont sujets à de fréquents déplacements vers leur embouchure.

Dans la région basse des deltas, le sol, à demi-noyé, sujet à de fréquentes inondations, change souvent d'aspect ; à mesure que les atterrissements s'étendent, les terres des campagnes supérieures se consolident et le cours d'eau s'y creuse un lit plus fixe.

Presque toutes les rivières se partagent en plusieurs bras, à une certaine distance de leur embouchure ; le nombre de ces bras varie avec les saisons ; ils se déplacent fréquemment.

On verra plus loin (2) que les moindres cours d'eau, les plus petits filets, formant des atterrissements, sont

---

(1) 3<sup>e</sup> partie, 1<sup>re</sup> et 2<sup>e</sup> section, PL. XXV.

(2) Id. 2<sup>e</sup> section, PL. XXV.

sujets, comme les grands fleuves, à de continuels déplacements.

On peut dire que l'hydrographie des deltas se modifie sans cesse; telle rivière, après avoir été longtemps le courant principal est aujourd'hui un simple affluent; telle autre se jette à la mer à une grande distance du point où se trouvait son embouchure quelques années ou quelques siècles auparavant. Ces déplacements résultent principalement de l'obstacle que les matériaux apportés par le fleuve lui-même opposent à l'écoulement des eaux.

De grands déplacements de 10, 20, 100 kilomètres, comme ceux que l'on a constatés à l'embouchure de certains fleuves, ont une influence considérable sur la constitution intime des deltas. L'eau redevient salée là où elle était douce ou saumâtre; des organismes marins peuvent revivre sur des points où ils avaient depuis longtemps disparu, et des couches essentiellement marines peuvent se former sur les sédiments précédemment apportés par le cours d'eau. Puis, lorsque de nouveaux changements de lit ramènent le fleuve à son ancienne position, des couches de sédiments fluviaux recouvrent les couches marines.

Si les grands déplacements sont relativement rares, les petits sont continuels, et nous verrons que c'est l'une des causes principales de la stratification des dépôts: des grains grossiers viennent là où se déposaient des grains fins, ou inversement, et les strates s'accusent.

#### § 4. — STRATIFICATION. — SES CAUSES.

Qu'ils soient grands ou petits, formés vite ou lentement, quelle que soit d'ailleurs la nature des matériaux qui les constituent et les conditions générales de leur formation, les deltas sont toujours *stratifiés*.

Cette particularité n'est pas spéciale aux accumulations terreuses formées par les cours d'eau ; je l'ai constatée dans les tas de matières quelconques (terre, houille, laitiers) formés par versement de wagons au bout d'un chemin de fer. En tombant sur le talus, les éléments se classent d'après leur grosseur, leur forme, leur densité et forment des couches distinctes.

Le même phénomène se produit plus nettement encore dans l'eau qui accroît l'écart entre la vitesse de chute des grains grossiers et celle des grains fins.

La stratification peut être encore déterminée :

- 1° Par tout changement dans la nature, la grosseur ou la forme des apports du cours d'eau ;
- 2° Par un déplacement du courant ;
- 3° Par un changement dans le degré d'agitation des eaux du bassin de dépôt.

---

## II. — DELTAS.

Arrivés au bassin de dépôt, les matériaux charriés par les cours d'eau, s'ils sont denses et volumineux, gagnent immédiatement le fond du bassin et ne tardent pas à s'arrêter en prenant la pente qui leur convient ; s'ils sont légers ou ténus, ils restent quelque temps en suspension et vont se déposer plus ou moins loin de l'embouchure. Ainsi se forme la partie *neptunienne du delta*.

Lorsque les matériaux apparaissent à la surface du bassin, le cours d'eau se prolonge et relève son lit. Une nappe dite *alluviale* se forme alors sur la partie *neptunienne* et progresse au fur et à mesure de l'avancement du dépôt neptunien.

## § 1. — PARTIE ALLUVIALE.

D'une épaisseur presque nulle vers l'embouchure des cours d'eau, la nappe *alluviale* s'épaissit en amont jusqu'au-dessus du bord primitif du bassin, puis elle s'amincit graduellement jusqu'à sa propre limite supérieure; son volume est généralement très faible, relativement à celui de la partie neptunienne du dépôt.

Elle se compose de couches presque horizontales ou faiblement inclinées dans le sens des cours d'eau.

Les couches peuvent être étendues lorsqu'elles résultent du débordement d'une rivière chargée de limon; mais elles sont alors très minces; elles sont fort irrégulières et peu étendues lorsqu'elles sont constituées par des éléments grossiers.

Des marécages, des lagunes, des tourbières se trouvent fréquemment dans la partie basse de la plaine alluviale.

Outre les corrosions que subissent toutes les plaines alluviales lors du changement de lit des cours d'eau, les plaines lacustres sont, de plus, exposées aux ravissements et même à la destruction totale que peut entraîner l'abaissement du niveau des lacs.

## § 2. — PARTIE NEPTUNIENNE.

*Etendue et forme des couches.* — Les couches neptuniennes ont généralement la forme d'une demi-lentille plus ou moins irrégulière; parfois la lentille est complète, notamment lorsqu'elle est constituée par des sédiments fins ou légers qui sont allés se déposer loin de l'embouchure.

L'étendue de chaque couche est en rapport direct avec le débit du cours d'eau, la grandeur du bassin, la

puissance des vagues et des marées, ainsi qu'avec la ténuité et la légèreté des sédiments.

Des matériaux denses et grossiers, charriés en eau tranquille, se déposent presque comme s'ils étaient versés par un wagon sur un talus de remblais ; au contraire, des sédiments fins, abandonnés par un fort courant en eau agitée, peuvent prendre une immense extension.

Parmi les couches actuellement en formation à l'embouchure des cours d'eau, il y en a de toutes dimensions jusqu'à des milliers de kilomètres carrés, et de toute forme depuis la nappe conique la plus irrégulière jusqu'à des couches que l'on peut considérer comme ayant leurs faces parallèles.

Du déplacement fréquent des cours d'eau résulte un enchevêtrement de lentilles, facile à observer dans les dépôts à grossiers éléments, déguisé par un aspect d'ensemble rubanné dans les autres dépôts.

*Puissance des couches.* — La puissance ou épaisseur d'une couche varie naturellement en sens inverse de son étendue ; il s'ensuit que, toutes choses égales d'ailleurs, la couche est d'autant plus épaisse que le cours d'eau est plus petit et les eaux plus tranquilles.

*Inclinaison (1).* — L'inclinaison des couches *nep-tuniennne* peut varier de zéro à 45 degrés. Cette inclinaison est *d'autant plu forte* que le cours d'eau est plus faible, le bassin plus petit et plus tranquille, et les sédiments plus grossiers et inversement, elle est *d'autant plu faible* que le cours d'eau est plus grand, le bassin de dépôt plus vaste, les vagues plus fortes et les sédiments plus fins ou plus légers.

---

(1) 3<sup>e</sup> partie, 2<sup>e</sup> section.

On voit parfois dans le même dépôt un système moyen de couches fortement inclinées, compris entre des couches alluviales à peu près horizontales et des couches inférieures également très peu inclinées. Tantôt ces trois systèmes se relient, chaque couche se poursuivant sans interruption du haut en bas du dépôt (1), tantôt, au contraire, il n'y a aucun lien apparent entre les trois systèmes.

On voit aussi dans le même dépôt formé en eau tranquille, et sans que les parois du bassin aient subi aucun mouvement, plusieurs groupes de couches faiblement inclinées alterner avec des groupes de couches inclinées de 30 à 40 degrés. Ce fait résulte du déplacement des cours d'eau (2).

*Constitution des couches.* — L'apport simultané de diverses matières charriées par un même cours d'eau donne naissance à des couches de constitution fort différente.

Par exemple, dans un bassin qui a reçu constamment le même apport de gravier, de sable, d'argile et de végétaux, on peut trouver :

- 1° Des couches composées uniquement de gravier ;
- 2° — — — — — de sable ;
- 3° — — — — — d'argile ;
- 4° — — — — — de végétaux ;

5° Des couches composées dans toute leur étendue d'un mélange uniforme de gravier, de sable, d'argile et de végétaux ;

6° Des couches constituées de manière différente dans leurs diverses parties, commençant par exemple par du gravier, se poursuivant par du sable, puis par de l'argile, et se terminant par des végétaux seuls.

---

(1) 3<sup>e</sup> partie, 2<sup>e</sup> section, PL. XXI, XXII et XXIII.

(2) PL. XXI, XXII et XXIII.

Cette classification et cette stratification des matières se produisent aussi bien dans les petits dépôts artificiels (1) que dans les plus grands dépôts de la nature.

*Matières végétales.* — Les matières végétales, lorsque leur densité est devenue supérieure à celle de l'eau (2), se comportent dans les bassins de dépôt d'une manière analogue aux autres sédiments de même densité et de mêmes dimensions.

Les *feuilles*, comme les fines particules minérales, s'isolent ou se groupent en couches distinctes, pures ou plus ou moins mélangées de matières terreuses. On en trouve au milieu des éléments les plus grossiers ; mais elles sont généralement associées au limon et font plutôt partie des couches peu inclinées de la partie inférieure des dépôts (3).

Certaines particules terreuses, très fines, vont se déposer plus loin que les feuilles, de sorte que la même couche peut renfermer, à une certaine distance de l'embouchure, beaucoup de feuilles, et plus loin une proportion de plus en plus faible de matières végétales.

Les *tiges, branches, racines* prennent, au milieu des sédiments minéraux, les dispositions les plus variées, notamment la position verticale et même la position verticale renversée, c'est-à-dire racines en dessus (4). Comme les feuilles, elles peuvent aussi constituer des couches distinctes.

*Galets plats.* — Les galets plats sont, le plus sou-

(1) 3<sup>e</sup> partie, 2<sup>e</sup> section.

(2) Le bois ne surnage qu'à cause de l'air qu'il contient dans ses pores ; sans ces pores, il est plus dense que l'eau. La densité de l'éradle ou du sapin est égale à 1,46 ; celle du chêne ou du hêtre à 1,53.

(3) 3<sup>e</sup> partie, 2<sup>e</sup> section, PL. XX, FIG. 7, 12, 13 et 14.

(4) 3<sup>e</sup> partie, 2<sup>e</sup> section, PL. XXIV, FIG. 1 à 14.

vent, disposés parallèlement au plan de stratification, quelle que soit l'inclinaison des couches dont ils font partie ; ils sont cependant quelquefois disposés autrement, en tous sens.

*Débris arrachés au dépôt.* — Le ravinement des couches alluviales par les cours d'eau fournit des matériaux qui vont se mêler dans le dépôt à ceux venus du dehors. Certaines couches neptuniennes renferment une proportion considérable de ces débris remaniés, les uns en gros fragments, d'autres plus nombreux en grains fins.

Le ravinement peut être causé par une crue ou par un déplacement du lit du cours d'eau ; il peut aussi résulter d'une corrosion du déversoir du bassin (1). Cette dernière cause fait que les deltas lacustres renferment généralement plus de débris remaniés que les deltas marins.

*Changements de puissance, d'inclinaison et de nature de la même couche.* — On constate souvent des changements de puissance, d'inclinaison et de nature dans une même couche ; ces divers changements sont parfois simultanés. Ils sont plus fréquents et plus accusés dans les dépôts formés en eau tranquille que dans ceux formés en eau agitée. Cela s'explique facilement :

En eau tranquille, les matériaux denses et volumineux s'arrêtent sur le bord du bassin avec une forte pente pendant que les sédiments plus fins ou plus légers s'éloignent davantage de l'embouchure et se déposent avec une pente plus faible ; la même couche peut passer ainsi graduellement du poudingue au sable, au limon et aux matières végétales ;

---

(1) 3<sup>e</sup> partie, 2<sup>e</sup> section, PL. XXI et XXII.

En eau agitée par des vagues, les matériaux déplacés, triturés, broyés, finissent par s'étaler et se mélanger mieux. Le produit final d'une agitation prolongée serait la pulvérisation des matériaux et l'horizontalité du dépôt.

Selon l'importance relative des vagues, du cours d'eau, du bassin, on peut avoir en eau agitée des couches de même allure que celles qui se formeraient en eau tranquille, ou des couches beaucoup plus régulières, plus étendues et moins inclinées.

*Convergence de plusieurs couches vers une seule.* — L'une des particularités les plus remarquables et les plus fréquentes des dépôts en eau tranquille est celle de couches multiples, à gros éléments, inclinées à 20 ou 30 degrés qui, perdant peu à peu leur inclinaison et leur puissance, passent en même temps du grain grossier au grain le plus fin, et confondent leurs extrémités dans une sorte de couche unique peu inclinée, sur laquelle les couches inclinées reposent.

Il arrive que la couche unique, sorte de résumé des couches supérieures, en diffère autant par sa nature que par son allure (voir Fig. 31, p. 368).

C'est l'un des caractères des dépôts en eau tranquille.

L'influence des vagues atténue beaucoup cette disposition.

*Ramifications des couches.* — La disposition précédente se relie par des degrés insensibles à celle d'une couche qui se ramifie. On trouve tous les intermédiaires possibles entre la Fig. 32 et la Fig. 33, page 368.

Supposons que la couche noire soit constituée par du limon; à certains moments de ralentissement du courant, le limon, au lieu d'arriver jusqu'à la profondeur  $mn$ , reste en arrière sur le talus du dépôt, en  $o, p$ , et

il en résulte des ramifications limoneuses *op, qr* (Fig. 33).

La même chose a lieu avec les matières végétales.

Sous l'influence des déplacements du cours d'eau, la même couche peut se ramifier à la fois dans le sens de l'inclinaison et dans le sens de la direction.

Les *alternances en coin* et les *intercalations de bancs grossiers au milieu de couches limoneuses ou végétales*, ont la même origine (1).

*Accidents mécaniques résultant de la sédimentation elle-même.* — La stabilité des couches récemment déposées et encore incohérentes peut être troublée de diverses manières :

1° Par le *tassement* que subissent certains sédiments sous l'influence des charges supérieures.

Considérons, par exemple, une couche de limon ou de végétaux, qui peut se réduire de moitié et plus sous le poids des couches qui doivent la recouvrir. Si le tassement se produisait à la fois sur toute l'étendue de la couche, il pourrait s'effectuer sans déformation locale et sans laisser de trace sur les couches supérieures ; il peut en être ainsi dans les dépôts réguliers et peu inclinés des bassins agités par des vagues ; mais, en eau tranquille, on voit souvent des couches de sédiments grossiers, très inclinées, s'avancer sur un point seulement ; s'il se trouve sous ce point une couche molle, cette dernière, comprimée, se déforme, et des déformations successives qu'elle subit résultent des refoulements, des ondulations, des chapelets et autres accidents singuliers, qui affectent non seulement la couche compressible, mais encore les couches voisines (2) ;

---

(1) 3<sup>e</sup> partie, 2<sup>e</sup> section et PL. XX, Fig. 43 et 49.

(2) 3<sup>e</sup> partie, 2<sup>e</sup> section et PL. XXIII.

2° Par le *glissement* des couches les unes sur les autres. Lorsque des matériaux grossiers s'arrêtent sur le bord supérieur d'un talus, l'inclinaison du sommet s'accroît jusqu'au moment où une nouvelle addition de matière détermine un glissement. Cela se produit dans l'eau, comme sur les remblais extérieurs.

Dans les dépôts en eau tranquille, le glissement est favorisé par le tassement ; aussi, les déformations sont-elles nombreuses dans le voisinage des couches limoneuses ou végétales recouvertes de sédiments grossiers.

Ces deux causes réunies transforment parfois une couche régulière en *chapelet*. Lorsque les couches inclinées avancent sur la couche molle, il se produit, par intermittences, des mouvements qui compriment et renflent cette dernière ; ces déformations successives peuvent aller jusqu'à la solution de continuité, jusqu'au chapelet (1).

Parmi les conséquences de ces mouvements se trouvent des *failles localisées* (1), fractures à rejets qui n'affectent que quelques bancs compris entre d'autres bancs absolument intacts. Au moment où un affaissement se produit au-dessus d'une couche molle comprimée par la charge supérieure, le mouvement n'atteint naturellement que les couches existantes.

Glissements, refoulements, chapelets, failles locales, etc., sont fréquents dans les dépôts en eau tranquille, rares et beaucoup moins accentués dans les dépôts en eau agitée par des vagues ; cela tient à ce que la sédimentation des matériaux grossiers en eau tranquille est généralement localisée et pour ainsi dire dans un état d'équilibre instable ; tandis qu'en eau agitée, les mêmes matériaux sont plus étalés et ne se fixent que sous

---

(1) 3<sup>e</sup> partie, 2<sup>e</sup> section et Pl. XXIII.

des inclinaisons plus faibles, par conséquent plus stables.

*Couches simulant un soulèvement*, Fig. 34, p. 368.  
— Certains dépôts en eau tranquille présentent de grandes ondulations avec des discordances de stratification qui donnent à l'ensemble l'apparence d'un soulèvement. Cette disposition peut se produire notamment lorsque plusieurs cours d'eau à direction opposée se déversent dans un même bassin et que deux deltas viennent à se rencontrer (1).

Ce qui précède montre qu'un dépôt peut être fort irrégulier et que l'allure d'une couche peut être profondément troublée par le simple jeu des phénomènes sédimentaires, sans que les parois du bassin de dépôt aient subi le moindre mouvement.

Il en ressort aussi que les dépôts en eau tranquille sont beaucoup plus irréguliers que les dépôts en eau agitée par des vagues.

*Action des vagues et des marées.* — Les vagues étendent, nivellent, régularisent le dépôt; le résultat est en rapport avec la puissance et la durée de l'action. Malgré les vagues, lorsque des matériaux grossiers arrivent abondamment dans un bassin profond, le dépôt peut prendre l'allure qu'il aurait en eau tranquille; mais cette allure peut être modifiée profondément si les matériaux sont longtemps remués et triturés par les vagues.

Les marées, dans un bassin sans vagues, n'auraient qu'une action sédimentaire insignifiante; en effet, les plus fortes marées, même sur une plage dont l'incli-

---

(1) 3<sup>e</sup> partie, 3<sup>e</sup> section et PL XXI.

raison ne serait que de 1 degré, n'imprimeraient à l'eau qu'une vitesse de quelques centimètres par seconde, insuffisante pour déplacer de petits grains de sable. La vitesse des vagues est cent fois, mille fois plus grande.

Mais les marées ont pour effet d'élargir considérablement, de centupler souvent la zone d'action des vagues ; de sorte qu'un sédiment qui, dans une mer sans marée, serait soustrait au mouvement des flots après avoir parcouru 20 mètres par exemple sur le talus sédimentaire, y reste soumis sur un parcours beaucoup plus long, et l'action des vagues se trouve ainsi considérablement accrue.

Les vagues et les marées exceptionnellement puissantes, comme il s'en présente de temps en temps, modifient la répartition ordinaire des sédiments et sont une cause de plus de stratification et de division du dépôt, qui n'existe pas en eau tranquille. Les vagues et les marées ont donc non seulement pour effet de régulariser et d'augmenter l'étendue des couches, mais encore de les multiplier, c'est-à-dire d'en diminuer l'épaisseur.

*Caractères sédimentaires distinctifs des couches lacustres et marines.* — Il n'y a aucun caractère sédimentaire net, précis, qui permette de distinguer une couche d'estuaire marin d'une couche d'estuaire lacustre.

La composition chimique ou minéralogique des dépôts peut évidemment être la même dans les deux cas, puisque les sédiments sont apportés par des cours d'eau ou empruntés aux côtes, et que la salure des eaux ne laisse généralement pas de trace.

Nous avons vu d'ailleurs que dans les mêmes condi

tions générales d'apport des sédiments et de mouvement des eaux du bassin de dépôt, le résultat était identique et indépendant de la salure des eaux. Il peut donc se former dans les lacs et dans les mers des couches identiques.

Mais la puissance des vagues et la grandeur des marées sont généralement en rapport avec l'étendue du bassin, d'où il suit que les couches marines doivent être généralement plus étendues, plus régulières, plus minces et à grains plus fins que les couches lacustres ; d'un autre côté, les plus grands cours d'eau dont l'action s'exerce dans le même sens que les vagues, et qui ne charrient d'ordinaire que du limon, c'est-à-dire des sédiments susceptibles de former des couches étendues et régulières, ces grands cours d'eau, dis-je, se jettent dans les plus grands bassins, le plus souvent dans la mer. Tout concourt donc à donner aux couches marines plus d'étendue, plus de régularité, moins d'épaisseur et un grain plus fin qu'aux couches lacustres.

*Rapports entre l'épaisseur totale d'un dépôt et la puissance des couches qui le constituent.* — Si les couches étaient d'une régularité absolue et reposaient en stratification concordante sur leur base, l'épaisseur totale serait égale à la puissance totale des couches.

Mais les deltas ne sont jamais dans ce cas et s'en écartent souvent beaucoup. Un bassin de 100 mètres de profondeur et de 1 kilomètre de longueur peut être entièrement comblé par des couches inclinées de 25 à 40 degrés ; l'épaisseur du dépôt serait de 100 mètres et la somme des épaisseurs des couches de près de 1.000 mètres.

L'épaisseur totale d'un delta peut être égale ou supérieure à la profondeur du bassin ; mais elle n'a aucun

rapport forcé avec la somme des épaisseurs des couches qui le constituent.

*Age relatif des couches d'un même dépôt.* — Il n'y a pas non plus de rapport forcé entre l'âge des couches et leur hauteur au-dessus de la base du dépôt; telle couche qui est à 1.000 mètres de distance de la base peut être plus ancienne qu'une autre couche qui repose directement sur cette base.

## DEUXIÈME SECTION

## EXPÉRIENCES SÉDIMENTAIRES

## Chapitre I.

## CHUTES DES CORPS DANS L'EAU

## § 1. — MATIÈRES MINÉRALES.

1<sup>o</sup> Chute en eau tranquille.

Lorsqu'un corps tombe librement en eau tranquille, sa vitesse s'accroît d'abord jusqu'à un certain degré, puis elle reste constante (1).

La vitesse uniforme est atteinte presque instantanément par les corps de très petite dimension ; les gros blocs de roche de 0<sup>m</sup>,50 à 1<sup>m</sup>,00 de diamètre, l'atteignent au bout de 3 à 4 secondes.

Dans les phénomènes sédimentaires on peut généralement négliger la courte période d'accélération et ne considérer que la vitesse constante qui s'établit ensuite.

---

(1) On peut consulter à ce sujet :

CALLON, *Cours d'exploitation des mines*, t. III, p. 48.

MARSAULT-VICAIRE, *Lavage de la houille* (*Ind. min.*, 1879, 2<sup>e</sup> livr.).

VAUTHIER, *Association française pour l'avancement des sciences*, Congrès de 1884.

La vitesse de chute des corps en eau tranquille dépend du volume, de la forme et de la densité de ces corps.

Pour apprécier ces différentes influences, j'ai fait l'expérience suivante :

Expérience n° 1.

Un tube de 10 mètres de longueur et de 0<sup>m</sup>,10 de diamètre a été disposé verticalement, puis rempli d'eau. La partie inférieure de ce tube, sur 1 mètre de hauteur, était en verre ; la partie supérieure était en fer.

Des corps ont été abandonnés librement, sans vitesse, à la surface de l'eau ; on a noté le temps écoulé entre le départ et l'arrivée au fond. Les tableaux suivants indiquent les résultats obtenus et les vitesses moyennes.

Vitesse de chute des corps en eau tranquille.

Influence du volume.

NATURE DES MATÉRIAUX	DENSITÉ	FORME	DIMENSIONS DES GRAINS			VOLUME en centimètres cubes.	DURÉE de chute en secondes.	VITESSE moyenne par seconde.
			Longueur.	Largeur.	Épaisseur.			
		Sphérique	0 <sup>m</sup> ,020	de diamètre		cm <sup>3</sup> 4,188	5	2 <sup>m</sup> ,000
		Id.	0,01225	Id.		0,950	6	1,666
		Id.	0,0061	Id.		0,118	7	1,428
		Id.	0,003	Id.		0,014	11	0,909
		Cubique	0,020	de côté		8,000	7	1,428
		Id.	0,01225	Id.		1,838	8	1,250
		Id.	0,0061	Id.		0,226	11	0,909
		Id.	0,003	Id.		0,027	16	0,625
Plomb.....	11 <sup>k</sup> ,35	Plate	0,0050	0 <sup>m</sup> ,020	0 <sup>m</sup> ,005	2,000	12	0,833
			0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	12	0,0000

Schistes.....	2k,00	Id. Id. Id.	0,01225 0,0061 0,003	Id. Id. Id.	0,950 0,448 0,014	21 25 32	0,476 0,400 0,312		
		Cubique	0,020	de côté	8,000	17	0,588		
		Id.	0,01225	Id.	1,838	23	0,434		
		Id.	0,0061	Id.	0,226	33	0,303		
		Id.	0,003	Id.	0,027	42	0,238		
		Plate	0,020	0 <sup>m</sup> ,020	0 <sup>m</sup> ,005	40	0,250		
Argile pure.....	1k,70			Poussières impalpables.....		22	0 <sup>m</sup> ,00012		
Argile ferrugineuse ..	"	Id.				6	0,00042		
Houille.....	4,30	Id.				40	0,00027		
Pyrites.....	5,00	Id.				40	0,00027		
Or.....	49,36			Paillettes.....		1 1/2	0,00165		

En heures. Vitesse par seconde.

Vitesse de chute des corps en eau tranquille.

Influence de la forme et de la densité.

NATURE DES MATÉRIEAUX	DENSITÉ	FORME	DIMENSIONS DES GRAINS			VOLUME en centimètres cubes.	DURÉE de chute en secondes.	VITESSE moyenne par seconde.
			Longueur.	Largeur.	Epaisseur.			
Plomb. ....	11 <sup>k</sup> ,35	sphérique cubique plate	0 <sup>m</sup> ,0061	de diamètre		0,120 " " " "	8	4 <sup>m</sup> ,250
			0,00495	de côté			11 1/2	0,869
			0,010	0,006   0,002			16	0,625
Pyrites. ....	5,00	sphérique cubique	0,061	de diamètre		0,120	48	0,555
			0,00495	de côté			19	0,526
			0,010	0,006   0,002			16	0,625

Pyrton	5,00	Sphérique cubique plate	0,00495		de côté		25 28 1/2 49	0,400 0,350 0,204	
			0,0061	0,00495	de diamètre	de côté			
Granite.....	2,70	{	sphérique	0,0061	0,120	0,120	25	0,400	
				0,00495	»	»	28 1/2	0,350	
				0,010	0,006   0,002	»	49	0,204	
Schistes.....	2,00	{	sphérique	0,0061	0,120	0,120	30 1/2	0,327	
				0,00495	»	»	36	0,277	
				0,010	0,006   0,002	»	56 1/2	0,176	
Houille.....	1,30	{	sphérique	0,0061	0,120	0,120	42	0,238	
				0,00495	»	»	73	0,436	
				0,010	0,006   0,002	»	135	0,074	
Bois de chêne	1,25	{	sphérique	0,0061	0,120	0,120	68	0,447	
				0,00495	»	»	81	0,423	
				0,010	0,006   0,002	»	148	0,067	
	}	imbibé.....	{	sphérique	0,0061	0,120	0,120	400	0,100
					0,00495	»	»	415	0,086
					0,010	0,006   0,002	»	219	0,045
}	sec.....	{	sphérique	0,0061	0,120	0,120	400	0,100	
				0,00495	»	»	415	0,086	
				0,010	0,006   0,002	»	219	0,045	

Des expériences semblables faites dans des tubes de 5 mètres de hauteur seulement et 0<sup>m</sup>,10 de diamètre, et dans d'autres tubes de 10 mètres de hauteur et 0<sup>m</sup>,035 de diamètre ont donné des vitesses moyennes un peu plus faibles que celles qui sont consignées dans les tableaux ci-dessus. Cela tient sans doute, pour les tubes étroits, à l'action des parois, et pour les tubes courts à l'influence plus sensible de la période d'accélération (1).

On voit que toutes choses égales d'ailleurs :

- 1° La vitesse de chute augmente ou diminue en même temps que le volume des corps ;
- 2° Qu'elle augmente ou diminue en même temps que la densité des corps ;
- 3° Qu'elle diminue à mesure que la surface du corps augmente et réciproquement.

La vitesse de chute est d'autant plus grande que les corps sont plus denses et plus volumineux ; elle est plus grande aussi lorsque, pour un même volume, la surface du corps est plus petite : une sphère tombe plus vite qu'un cube ou un parallélépipède de même volume mais de plus grande surface.

La vitesse de chute diminue assez rapidement avec le volume, et elle est très faible pour les poussières, quelle que soit d'ailleurs leur densité.

Les roches, le plomb, l'or, réduits en poussière impalpable, tombent comme les fines particules d'argile avec une extrême lenteur.

---

(1) La vitesse de chute de corps dans l'eau a été représentée par la formule  $V = C \sqrt{D(d - 1)}$ , dans laquelle C représente un coefficient de résistance variable avec la forme du corps, D le diamètre et  $d$  la densité du corps.

Cette formule a été vérifiée expérimentalement par M. de Rittinger. Elle donne des résultats à peu près identiques à ceux que j'ai obtenus par expérience.

La vitesse de chute des corps peut être presque annulée par une extrême division ; elle peut l'être aussi par une immense extension de surface. Des feuilles d'or ou de plomb, très minces, tombent lentement dans l'eau ; on a même parfois de la peine à les faire enfoncer ; de petites bulles d'air ou des particules grasses imperceptibles suffisent à les retenir à la surface.

Une expérience très simple rend sensible l'influence de la surface : Une boule d'argile s'enfonce rapidement dans l'eau ; la même boule, réduite en poussière ou en boue liquide, ne s'enfonce plus qu'avec une extrême lenteur.

Une faible densité produit sur la vitesse de chute les mêmes effets que l'extrême division. Lorsque la densité des corps dépasse à peine celle de l'eau, leur chute s'effectue lentement, quels que soient d'ailleurs leur volume ou leur forme.

On peut expliquer ces divers phénomènes sans entrer dans des considérations trop abstraites.

Pour tomber, un corps doit écarter les molécules liquides qui se trouvent sur son passage ; plus le volume d'eau déplacé est grand, plus grande est la résistance que le corps doit vaincre.

On a constaté que cette résistance est proportionnelle à la section du corps, comptée normalement à la direction de la vitesse, et au carré de cette vitesse. C'est ce qu'exprime la formule  $V = C \sqrt{Dd - 1}$ .

Or, lorsqu'on subdivise un corps on augmente sa surface, et cette augmentation de surface peut être considérable. Par exemple, un cube de 1 décimètre de côté, que l'on diviserait en cubes très petits de 1 dixième de millimètre de côté, prendrait une surface totale 100.000 fois plus grande que la surface primitive.

Si au lieu de pulvériser le corps on l'aplatit en lame mince, le résultat est semblable, parce que la lame ne descend pas suivant sa tranche, et déplace en tombant une quantité d'eau relativement très grande.

L'action de la densité se conçoit aussi aisément : la force qui détermine la chute étant l'excès de la densité du corps sur celle de l'eau, est représentée :

Pour le plomb, par . . .  $11^k,350 - 1^k,000 = 10^k,350$

Pour le granite, par. . .  $2,700 - 1,000 = 1,700$

Pour la houille, par. . .  $1,300 - 1,000 = 0,300$

Pour certains bois, par. . .  $1,001 - 1,000 = 0,001$

Comparée à la force très faible qui entraîne les bois, la force entraînant est 300 fois plus grande pour la houille, 10.350 fois plus grande pour le plomb.

On appelle *équivalents*, les corps qui prennent dans l'eau la même vitesse.

L'équivalence peut exister entre des corps très différents de volume, de forme et de densité. Des animaux et des végétaux énormes peuvent être les équivalents de très fines particules minérales.

### 2<sup>o</sup> Chute en eau courante.

En eau courante, les corps sont sollicités par deux forces : celle de la pesanteur qui tend à les faire tomber verticalement, et celle du courant qui tend à les déplacer horizontalement.

Le chemin suivi par le corps dépend à la fois de la vitesse du courant et de la vitesse de chute du corps lui-même. Il se rapproche d'autant plus de la verticale que la vitesse de chute est plus grande et la vitesse du courant plus faible ; il s'en éloigne considérablement et tend vers l'horizontale lorsque le courant est fort et

que la vitesse de chute des matériaux entraînés est très faible.

Il est facile de constater l'entraînement des corps peu denses, ou des corps denses réduits en poussière, même dans des courants à faible vitesse ; j'ai cherché à constater expérimentalement quel était l'entraînement subi dans l'eau courante par quelques grains assez gros de différente nature.

Expérience n° 2.

Les corps ont été abandonnés librement, sans vitesse, à la surface d'un cours d'eau à régime constant. A la profondeur de 1 mètre, un casier recueillait les grains.

Le tableau suivant indique les résultats obtenus :

*Déplacement horizontal des corps pendant leur chute en eau courante*  
(pour une hauteur de chute de 1 mètre).

NATURE des MATIÈRES	DENSITÉ	FORME	VOLUME DES GRAINS = 600 CENT. CUBES				VOLUME DES GRAINS = 120m <sup>3</sup> /m CUBES			
			Dimensions des grains.		Entraînement par un courant animé d'une vitesse de		Dimensions des grains.		Entraînement par un courant animé d'une vitesse de	
			Longueur.	Epaisseur.	0m,50 par second.	0m,40 par seconde.	Longueur.	Epaisseur.	0m,04 par seconde.	0m,01 par seconde.
Plomb.....	11k,35	sphérique	0,105		0m,20	0m,04	0m,0061		0,00	
Granite.....	2,70	id.	0,105		0,40	0,20	0,0051	de diamètre	0,02	
Schistes.....	2,00	id.	0,105		0,50	0,20	0,0061	id.	0,08	
Houille.....	1,30	id.	0,105		1,00	0,25	0,0061	id.	0,08	
Plomb.....	11k,35	cubique	0,0845		0,30	0,04	0,00495	de côté	0,01	
Granite.....	2,70	id.	0,0845		0,70	0,25	0,00495	id.	0,03	
Schistes.....	2,00	id.	0,0845		0,70	0,30	0,00495	id.	0,09	
Houille.....	1,30	id.	0,0845		1,05	0,31	0,00495	id.	0,09	
Plomb.....	11k,35	plate	0m,460	0m,425	0,40	0,01	0,010	0,006	0,08	
Granite.....	2,70	id.	0,460	0,030	0,85	0,30	0,010	0,006	0,16	
Schistes.....	2,00	id.	0,460	0,030	1,05	0,32	0,010	0,006	0,18	
Houille.....	1,30	id.	0,460	0,030	1,20	0,40	0,010	0,006	0,22	

On voit que les matériaux lourds, en grains grossiers, ne s'éloignent pas beaucoup de la verticale. Cependant, les grains sphériques de houille de 600 centimètres cubes suivent dans le courant de 1 mètre de vitesse, une ligne inclinée à 45 degrés, et plus inclinée encore pour les morceaux cubiques et plats.

Cette ligne se relève bien davantage et se rapproche beaucoup de l'horizontale lorsque les corps sont pulvérents. Ces derniers ne tombent pas verticalement, même dans l'eau la plus tranquille en apparence. Soit que les molécules liquides se mettent en mouvement sous le poids du grain qui tombe, soit qu'il y ait des mouvements imperceptibles dans l'eau sous l'influence des différences de température qui existent entre les différents points du bassin, soit enfin que la forme irrégulière du grain lui imprime une direction oblique, le grain impalpable ne descend pas verticalement et s'écarte parfois considérablement de son point de départ, même en eau tranquille. A plus forte raison dans les eaux courantes.

Remarquons que les matériaux qui subissent le plus grand déplacement horizontal sont ceux qui ont la plus faible vitesse de chute en eau tranquille.

On sait que les limons apportés par les fleuves dans la mer surnagent parfois plusieurs jours et atteignent des distances de 10 et même de 50 et 100 kilomètres.

Les matières organiques peuvent surnager plus longtemps et atteindre des distances plus grandes encore, comme on le verra dans le paragraphe suivant :

## § 2. — MATIÈRES ORGANIQUES.

1° *Chute en eau tranquille.*

## Expérience n° 3.

*Chute des végétaux.* — On a jeté des végétaux dans un bassin de 2 mètres de profondeur, plein d'eau.

Tous ont fini par s'enfoncer et se coucher sur le fond du bassin, mais seulement après avoir gardé pendant un certain temps une ou plusieurs des trois positions suivantes :

1° Le végétal surnage ; il est couché à la surface de l'eau ;

2° Le végétal est debout, incomplètement immergé ; l'une de ses extrémités se montre à la surface de l'eau ;

3° Le végétal a gagné le fond du bassin où il reste debout, appuyé sur l'une de ses extrémités.

*Fougères.* — Des fougères vertes de 1 mètre à 1<sup>m</sup>,75 de hauteur (tige, racines et feuilles comprises) ont pour la plupart passé par les trois positions ci-dessus avant de s'étendre sur le fond du bassin.

Le temps pendant lequel elles ont gardé chacune de ces positions a varié de zéro à une dizaine de jours.

La *tige* seule, dépourvue de racines et de feuilles, se place d'abord horizontalement à la surface, puis elle s'enfonce doucement et se couche sur le fond. Les *feuilles* seules font comme la tige. Les *racines* s'enfoncent immédiatement et assez vite, ce qui prouve que leur densité est notablement supérieure à celle de l'eau.

Cela explique pourquoi les fougères entières prennent parfois la position verticale, au début de l'immersion : la plante est sollicitée à s'enfoncer par les racines et elle est retenue à la surface par les feuilles ; c'est

comme si on avait mis du plomb en bas de la tige et du liège en haut. Après un certain temps d'immersion, l'eau prend dans les cellules et les vaisseaux la place de l'air qui s'y trouvait d'abord, le végétal devient plus dense que l'eau dans toutes ses parties et ne peut plus alors ni surnager ni rester debout au fond.

Les fougères sèches surnagent horizontalement pendant 8 ou 10 jours, puis elles descendent au fond et se couchent sans passer par la position verticale.

*Végétaux divers.* — Les jeunes chênes de 1 mètre à 1<sup>m</sup>,50 de hauteur, avec feuilles et racines, nouvellement arrachés, les acacias, les peupliers, les lilas, des plants de chardons, d'asperges, etc., se comportent à peu près comme les fougères. Beaucoup de ces végétaux se tiennent debout pendant quelques jours au fond du bassin avant de se coucher.

*Fragments de végétaux.* — Il n'y a pas que les végétaux entiers qui prennent la position verticale ; la plupart des racines, des branches et des feuilles s'étaient bien horizontalement dès qu'elles arrivent au fond du bassin ; mais un certain nombre de ces débris végétaux restent aussi debout avant de se coucher. Voici quelques exemples :

Une branche verte de peuplier, avec écorce, coupée depuis 24 heures, ayant 0<sup>m</sup>,80 de long et 0<sup>m</sup>,05 de diamètre, a surnagé horizontalement pendant 69 jours ; elle s'est ensuite disposée verticalement en restant à la surface, puis elle s'est enfoncée et est restée 44 jours debout sur le fond du bassin avant de se coucher.

Une racine d'acacia fraîche, de 0<sup>m</sup>,60 de long et 0<sup>m</sup>,045 de diamètre, s'est enfoncée après 30 jours et est restée 9 jours debout au fond du bassin.

Une branche sèche de peuplier, avec écorce, de

0<sup>m</sup>,80 de long et 0,045 de diamètre, a surnagé horizontalement pendant 387 jours, puis elle s'est mise debout, l'une de ses extrémités affleurant la surface ; au 405<sup>me</sup> jour, elle s'est enfoncée en gardant la position verticale, et 22 jours après elle s'est couchée sur le fond du bassin.

Une racine sèche de sureau, sans écorce, ayant 0<sup>m</sup>,60 de long, 0<sup>m</sup>,05 de diamètre et une moëlle de 0<sup>m</sup>,01, a surnagé horizontalement pendant 355 jours ; ensuite elle s'est mise debout, affleurant la surface de l'eau par l'une de ses extrémités et a gardé cette position pendant 13 jours ; puis elle est allée au fond où elle a encore gardé la position verticale pendant 6 jours.

Des branches d'acacia et de chêne, avec ou sans écorce, ont aussi pris la position verticale à la surface et au fond du bassin.

Des branches de frêne, avec feuilles, après avoir surnagé pendant quelques jours, se sont enfoncées les unes horizontalement, les autres verticalement. Parmi ces dernières, il y en a eu avec la pointe en bas.

Certaines souches de genêt, des touffes de trèfle, de joncs, d'herbe, avec racines, sont aussi allées se reposer normalement au fond du bassin, après avoir surnagé quelque temps.

Une petite gerbe de paille de seigle a surnagé pendant 105 jours, puis elle s'est enfoncée et s'est tenue 4 jours debout sur le fond du bassin avant de se coucher.

Il y a donc des végétaux et des fragments de végétaux de toute nature qui peuvent garder un certain temps la position verticale au fond de l'eau. Mais la grande majorité des végétaux se couchent immédiatement en arrivant au fond du bassin.

Le temps pendant lequel les végétaux peuvent surnager est très variable. Il est généralement beaucoup plus long pour les tiges et branches que pour les feuilles, plus long aussi pour les branches sèches que pour les tiges vertes; les feuilles sèches, au contraire, s'enfoncent plus tôt que les feuilles vertes. Des végétaux identiques, en apparence, ne se comportent pas toujours de la même manière.

Voici quelques faits constatés :

Les tiges et racines de fougères ont surnagé . . . . . de	0 à 14 jours.
Les branches et racines de chêne, vertes . . . . . de	0 à 20 —
Les branches et racines de chêne, sèches. . . . . jusqu'à	40 —
Les branches et racines d'acacia, vertes . . . . . de	0 à 45 —
Les branches et racines d'acacia, sèches. . . . . jusqu'à	128 —
Les branches et racines de peuplier, vertes . . . . . de	0 à 69 —
Les branches et racines de peuplier, sèches . . . . . jusqu'à	387 —
Les branches et racines de sureaux, vertes. . . . . de	0 à 10 —
Les branches et racines de sureaux, sèches. . . . . jusqu'à	386 —
Les feuilles de fougère . . . . . de	0 à 10 —
— de chêne, vertes, de	20 à 30 —
— — sèches, de	10 à 12 heures.
— d'acacia, vertes, de	2 à 3 jours.
— — sèches, de	1 à 2 —
— de peuplier, vertes, de	20 à 24 heures.
— — sèches, de	8 à 10 —
— de sureau, vertes, de	20 à 24 —
— — sèches, de	0 à 3 —

On voit combien la période de flottage varie avec la nature et l'état de dessiccation ou de décomposition du végétal au moment où on l'abandonne dans l'eau ; de bien faibles influences peuvent faire varier la durée de cette période.

Exemples :

Un glaïeul vert, avec ses racines tuberculeuses, s'enfonce immédiatement, debout ; ce glaïeul, retiré aussitôt de l'eau et exposé pendant deux heures au soleil, puis remis dans le bassin, ne s'enfonce plus qu'au bout de 10 jours.

Une botte de joncs s'enfonce au bout de quelques heures ; retirée de l'eau et exposée pendant deux heures au soleil, puis rejetée dans le bassin, elle surnage 7 jours.

#### Expérience n° 4.

*Chute des animaux.* — Divers animaux, rats, poissons morts, insectes, ont été jetés dans le même bassin que les végétaux dont il vient d'être question.

Le rat vivant se débat quelques heures à la surface de l'eau ; au moment où il meurt, il s'enfonce. Après une immersion de 2 ou trois jours, il reparait à la surface où il surnage pendant 8 à 10 jours, puis il s'enfonce définitivement.

Des poissons morts (loches et vérons) coulent à fond immédiatement ; ils remontent à la surface 12 heures après, surnagent cinq à six jours et s'enfoncent définitivement. A ce moment, ils sont déjà en partie décomposés ; la décomposition se poursuit au fond ; au bout d'une quinzaine de jours, la forme des poissons est à peine reconnaissable.

Les insectes (coléoptères, papillons, mouches, sauterelles, etc.) surnagent de quelques heures jusqu'à 15 jours.

Quelques-uns, après avoir séjourné au fond pendant un certain temps (de quelques heures à six jours), remontent à la surface, y surnagent encore quelques jours, puis s'enfoncent définitivement.

2° *Chute en eau courante.*

Expérience n° 5.

*Chute des végétaux.* — Le remarquable état de conservation de certains débris végétaux qu'on trouve dans le terrain houiller à l'état fossile a fait parfois douter que ces débris eussent subi un charriage par des eaux courantes.

L'expérience suivante a pour but de montrer que les organes les plus délicats des plantes peuvent franchir des espaces assez longs, emportés par des cours d'eau, sans subir de détérioration sensible.

Des pétales de rose, de pensée, des feuilles de lierre, de bouleau, de poirier et autres, ont été jetées dans un ruisseau canalisé; elles ont flotté sur le courant avec une vitesse moyenne de 0<sup>m</sup>,50 à 0<sup>m</sup>,60 par seconde et ont fait trois fois un même parcours de 1 kilomètre sans subir la moindre détérioration.

---

## Chapitre II.

### ALLURE ET CONSTITUTION DES DÉPÔTS

#### § 1. — DÉPÔTS EN EAU TRANQUILLE.

##### 1<sup>o</sup> Dépôts formés dans de petits bassins

(Expériences de laboratoire).

##### Matières déposées à la main.

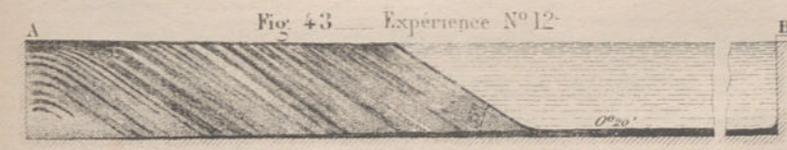
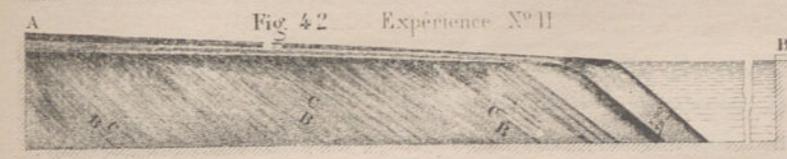
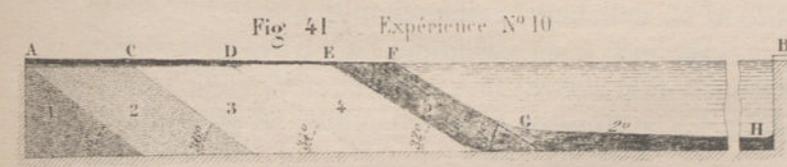
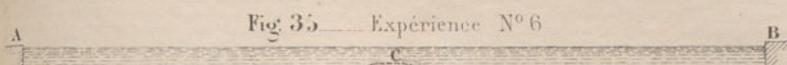
Dans une caisse de 4 mètres de longueur, 0<sup>m</sup>,30 de largeur et 0<sup>m</sup>,30 de hauteur, préalablement remplie d'eau, on a fait tomber doucement, à la main, des matières terreuses de différentes grosseurs.

Les grains étaient abandonnés, sans vitesse, à la surface de l'eau du bassin ; lorsqu'on employait des matières pulvérulentes, on les délayait d'abord dans l'eau de manière à former une boue liquide qu'on laissait sortir doucement d'un entonnoir.

##### Expérience n<sup>o</sup> 6.

*Matières pulvérulentes.* — On a formé avec de l'argile une boue liquide qu'on a laissé tomber goutte à goutte au milieu de l'une des extrémités A de la caisse AB préalablement remplie d'eau (FIG. 35).

Les particules argileuses se précipitent immédiatement au fond en tourbillons qui se résolvent bientôt en une nappe nuageuse. La surface de l'eau reste immobile et limpide, pendant que la nappe s'étend sur le fond et chemine doucement jusqu'à l'autre extrémité de la



caisse. Parfois le trouble s'arrête, se redresse comme devant un obstacle ; puis la barre se dissipe et la nappe nuageuse reprend sa marche en s'éclaircissant de plus en plus. Cette nappe met environ 10 minutes à s'étendre sur toute la longueur de la caisse.

Peu à peu, les particules argileuses se déposent et forment une couche sur le fond du bassin.

Si le fond du bassin est horizontal, la couche est d'épaisseur presque uniforme : 11 millimètres en A lorsqu'elle a 1 millimètre en B. Son inclinaison n'est que de  $1/4$  de degré ; on peut dire qu'elle est nulle.

En donnant à la caisse une légère pente dans le sens de la marche de la nappe boueuse, on diminue un peu l'épaisseur du dépôt en amont.

Une pente de 5 centimètres par mètre, donnée à la caisse, a réduit à 10 millimètres l'épaisseur de la couche en A lorsqu'il y a 1 millimètre en B (FIG. 36).

Avec une même pente en sens inverse (FIG. 37), on a un dépôt de 33 millimètres en A lorsqu'il y a 1 millimètre en B.

Des ondulations assez sensibles, mais peu étendues, sur le fond du bassin, ne modifient pas beaucoup la marche de la nappe boueuse et l'épaisseur générale du dépôt.

Dans la FIG. 35, un léger monticule à double pente de 30 degrés, établi en travers et au milieu de la caisse, en c, s'est couvert d'une mince couche de matière.

Des poussières de houille, diverses matières minérales colorantes, de pyrites excessivement ténues, donnent lieu à des phénomènes et à des dépôts analogues.

La même chose a lieu dans de grands bassins, et dans la nature, notamment à l'embouchure du Rhône, dans le lac Léman.

Ces expériences montrent que les matières pulvérulentes tendent à former en eau tranquille des dépôts horizontaux, et qu'elles s'étalent sur le fond du bassin, lors même que ce fond a des pentes et des ondulations allant jusqu'à 30 degrés.

Expérience n° 7.

*Grains de sable fin, de 1/10<sup>e</sup> à 3/10<sup>e</sup> de millimètre (sable quartzeux et granitique).* — On a laissé tomber doucement dans le bassin des grains de sable dont la grosseur est comprise entre 1 et 3 dixièmes de millimètre.

Ces grains se sont encore beaucoup étalés ; mais le dépôt est plus incliné que celui des matières pulvérulentes (1 1/2 degrés).

L'épaisseur de ce dépôt est de 19 centimètres en A lorsqu'il atteint 1 millimètre en B (FIG. 38).

On obtient des résultats analogues avec des grains de houille de même grosseur.

L'inclinaison du dépôt augmente avec la grosseur du grain.

L'expérience suivante a pour but de confirmer et d'étendre cette conclusion.

Expérience n° 8.

*Dépôts faits avec des grains dont la grosseur varie de 1/10<sup>e</sup> de millimètre à 4 millimètres.* — On a jeté dans la caisse AB, en A d'abord, puis sur le bord du dépôt en avançant vers B à partir du moment où ce dépôt a affleuré la surface de l'eau, du sable de 2 à 4 millimètres de diamètre. On a ainsi formé la partie 1.

Puis on a remplacé les grains de 2 à 4 millimètres

par des grains de 1 à 2 millimètres ; on a ensuite employé successivement des grains de 1/2 à 1 millimètre, de 1/10<sup>e</sup> à 1/4 de millimètre et des poussières. La FIG. 39 et le tableau suivant indiquent les inclinaisons prises par ces diverses matières.

PARTIE DU DÉPÔT	GROSSEUR DES GRAINS	INCLINAISON DU TALUS
N° 1 ( A )....	2 à 4 millimètres	40° 15'
2 ( AC )....	1 à 2 —	38°
3 ( CD )....	1/2 à 1 —	33° 55'
4 ( DE )....	1/10 à 1/4 —	31° 20'
5 (EFGH)....	poussières	30° à 0°

Les grains les plus ténus tendent vers l'horizontale ; l'inclinaison augmente avec la grosseur des grains.

Dans des caisses de 2 mètres de longueur, 0<sup>m</sup>,30 de hauteur et 0<sup>m</sup>,05 seulement de largeur, on obtient exactement les mêmes résultats que dans des caisses de 4 mètres de long et 0<sup>m</sup>,30 de large. Avec ces caisses de dimensions réduites, ayant un côté latéral facile à démonter, les expériences se font très simplement et très rapidement.

#### Expérience n° 9.

*Dépôt fait avec un mélange de grains de deux grosseurs différentes.* — On a laissé tomber doucement dans la caisse AB (FIG. 40), en A d'abord, puis en s'avancant vers B lorsque le dépôt a affleuré, un mélange intime de sable composé en parties égales de grains de 2 à 4 millimètres et de grains de 1/2 à 1<sup>m</sup>/<sub>m</sub>.

Le dépôt figuré a été formé en 60 minutes avec 3 litres de matière.

On voit dans ce dépôt des lits alternatifs de grains

fins et de grains plus gros ; les lits de sable fin, épais en haut, s'atténuent et disparaissent en profondeur ; le fond est occupé par les grains les plus gros.

L'inclinaison des lits, d'environ 38 degrés, est comprise entre celle que prennent les grains de 2 à 4 millimètres et ceux de  $1/2$  à 1 millimètre quand ils sont seuls.

Signalons en passant la stratification du dépôt, résultat de la classification que produit une chute dans l'eau, si faible et si rapide.

Jetés à l'état de mélange confus, les matériaux se disposent en couches distinctes, même dans de très petits bassins. Si les matériaux sont de même nature et ne diffèrent que par la grosseur, ils se classent par grosseur ; s'ils diffèrent de nature, de forme et de grosseur, ils se classent par équivalence.

---

#### Matières charriées par l'eau.

Dans les expériences qui suivent, les matériaux destinés à former le dépôt ne sont plus jetés à la main dans le bassin, mais apportés par un cours d'eau. Le courant arrive dans la caisse AB au milieu de l'extrémité A, le trop-plein s'échappe à l'autre extrémité B.

Les matières sont jetées dans le courant aussi régulièrement que possible, à quelques centimètres en amont du bord A du bassin.

#### Expérience n° 10.

*Dépôts faits avec des grains de même nature et de grosseur uniforme.* — Courant d'eau de 10 litres par seconde.

Matières employées : d'abord des grains de 2 à 4 millimètres ; puis successivement des grains de 1 à 2 millimètres, de 1/2 à 1 millimètre, de 1/10<sup>e</sup> à 1/4, et enfin des poussières fines.

Le tableau suivant indique les conditions de l'opération et les inclinaisons constatées (Voir FIG. 41).

NUMÉRO	DÉBIT	DURÉE	QUANTITÉ	GROSSEUR	INCLINAISON
du	du	de	de	des	des
DÉPÔT	COURS D'EAU (1)	L'OPÉRATION (1)	MATIÈRE EMPLOYÉE (1)	GRAINS	TALUS
1 ( A )	10 litres par minute	10 minutes	1 litre $\frac{8}{11}^e$	2 à 4 millimèt.	38° 20'
2 ( AC )	Id.	20 —	1 — $\frac{3}{11}^e$	1 à 2 —	35° 50'
3 ( CD )	Id.	25 —	1 — $\frac{5}{11}^e$	$\frac{1}{2}$ à 1 —	33° 55'
4 ( DE )	Id.	25 —	1 — $\frac{7}{11}^e$	$\frac{1}{10}$ à $\frac{1}{4}$ —	32° 30'
5 (EFGH)	Id.	60 —	2 — $\frac{6}{11}^e$	poussières	31° à 0

Chacun des dépôts 1, 2, 3, 4 et 5 est constitué d'une manière homogène dans toutes ses parties ; le plan de séparation de ces divers dépôts est net.

L'inclinaison des dépôts par charriage ne diffère pas beaucoup de celle des dépôts faits à la main ; il y a même concordance parfaite pour les grains de 1/2 à 1 millimètre. Avec charriage, on a une inclinaison un peu plus faible pour les gros grains, un peu plus forte pour les grains fins ; et les matières impalpables sont entraînées en plus grande proportion dans la couche horizontale du fond.

L'infléchissement que l'on remarque en bas de la partie n° 4 est aussi plus marqué dans le dépôt produit par charriage que dans le dépôt fait à la main.

(1) La faible durée de ces opérations, le petit volume de la caisse, de l'eau et des matières employées, rendent la reproduction de ces expériences très facile.

Sauf ces légères différences, on peut dire que les deux dépôts se ressemblent beaucoup et que, dans tous les cas, l'inclinaison augmente avec la grosseur des grains.

Des expériences semblables ont été faites avec des matières de différente nature : houille, pyrites, etc. ; les inclinaisons obtenues ne diffèrent pas beaucoup de celles des grains terreux de même grosseur.

Dans l'air, les gros grains de ces diverses matières minérales prennent aussi des talus analogues à ceux qui se forment dans l'eau ; mais dans l'eau les matières pulvérulentes s'étalent beaucoup plus que dans l'air ; les mêmes poussières qui s'étalent dans l'eau en couches presque horizontales forment dans l'air des dépôts à talus de 18 à 25 degrés.

Avant de quitter cette expérience, nous ferons remarquer la petite couche à peu près horizontale qui, de A en F, recouvre l'ensemble du dépôt, et dont l'épaisseur, nulle en F, sur le bord du bassin final, va en augmentant doucement mais régulièrement, à mesure qu'on remonte le courant. La couche *alluviale*, dont nous avons parlé plus haut (1), apparaît déjà dans un dépôt extrêmement petit.

#### Expérience n° 11.

*Dépôt fait avec un mélange de grains terreux de trois grosseurs différentes.* — On a fait arriver dans la caisse AB, Fig. 42, un courant d'eau très faible, de 2 litres par minute, entraînant un mélange en parties

---

(1) 3<sup>e</sup> partie, ch. III.

égales de grains terreux de  $1/2$  à 1 millimètre, de 1 à 2 millimètres et de 2 à 4 millimètres.

Les matières se sont classées et séparées par grosseur et ont formé des lits alternatifs de grains fins et de grains grossiers; ces derniers sont plus abondants à la partie inférieure du dépôt. La stratification est très accusée; l'inclinaison des lits varie de 40 à 42 degrés.

Les couches inclinées qui forment la masse presque entière du dépôt sont recouvertes de quelques couches presque horizontales, dont l'épaisseur, nulle sur le bord final du bassin, va en augmentant en amont. Quelques-unes de ces couches *alluviales* se raccordent avec les couches inclinées, le point de raccordement est à peu près au niveau de l'eau dans le bassin.

Ici, comme dans l'expérience n° 6, nous constatons qu'un mélange de grains de même nature, mais de grosseurs différentes, s'est stratifié.

L'action du courant paraît avoir facilité la stratification.

#### Expérience n° 12.

*Dépôt formé par un mélange de matières pulvérulentes et de grains.* — Matières employées :

3/10° argile en poussière impalpable;

7/10° mélange intime composé en parties égales :

De grains de sable de  $1/10$  à  $1/4$  de millimètre.

— — de  $1/2$  à 1 millimètre.

— — de 1 à 2 —

— — de 2 à 4 —

Débit du courant : 10 litres d'eau par minute.

Durée de l'opération : 50 minutes.

Quantité de matériaux employés : 5 litres.

Ce qui caractérise ce dépôt (FIG. 43), c'est la couche horizontale étalée sur le fond du bassin et sur laquelle s'appuient des couches inclinées.

*Partie horizontale du fond.* — Cette partie du dépôt se compose de fines particules; elle prend naissance au bord du bassin, du côté de l'arrivée du courant, se renfle jusque vers la limite des strates inclinées, et s'amincit ensuite jusqu'au déversoir.

Les particules ténues, apportées par le courant, n'ont pas cessé de s'étaler sur le fond du bassin pendant que les grains constituaient des strates inclinées. Une petite quantité de ces fines particules qui étaient en suspension au moment de l'arrêt du courant, a formé le léger dépôt qui recouvre les strates inclinées à leur extrémité et qui se raccorde en bas avec la couche horizontale.

*Partie à strates inclinées* — Les strates de cette partie, composées de grains de différentes grosseurs, sont encore plus accusées que celles de la FIG. 42. Les grains les plus gros sont abondants à la base; les lits de grains fins sont plus puissants en haut qu'en bas du dépôt. Inclinaison: environ 35 degrés.

Les strates inclinées reposent directement sur la couche argileuse du fond, en nette discordance.

On peut distinguer encore une troisième partie dans le dépôt: les couches à peu près horizontales de la partie *alluviale* qui recouvrent les strates inclinées et placent ces dernières entre deux systèmes horizontaux.

Cette disposition de dépôt est fort intéressante, et, à cause des déductions qu'on en peut tirer, il m'a paru utile d'en donner un autre exemple qui diffère du précédent par la proportion des grains employés.

#### Expérience n° 13.

Matières employées :

7/10 argile en particules ténues.

3/10 d'un mélange intime de :

Grains de  $1/10$  à  $1/4$  de millimètre.

— de  $1/2$  à 1 millimètre.

— de 1 à 2 —

— de 2 à 4 —

en parties égales.

La Fig. 44 montre la constitution du dépôt obtenu.

Même disposition générale que dans l'expérience précédente : strates inclinées reposant sur une couche horizontale et recouverte par d'autres couches horizontales.

Mais la couche argileuse du fond est plus épaisse, en raison de la forte proportion d'argile apportée par le courant. Dans cette couche, on remarque : 1° en C, des grains de sable disséminés confusément dans l'argile. Ces grains sont arrivés avant que la couche du fond eût pris de la consistance ; 2° en D, une dépression, une petite déformation causée par le poids de la masse supérieure qui a glissé ; 3° en E, une branche qui se détache de la couche du fond et recouvre les strates inclinées. Nous avons déjà rencontré cette dernière particularité due au dépôt des matières restées en suspension après l'arrêt du courant charrieur.

Les expériences précédentes, véritables expériences de laboratoire, n'exigent que de petits bassins, de faibles quantités d'eau et de matières, et un temps très court. Elles permettent déjà de tirer quelques conclusions que l'on verra plus loin confirmées par d'autres dépôts sédimentaires artificiels ou naturels de grandes dimensions. Ces conclusions sont les suivantes :

*Inclinaison.* — Le talus des dépôts constitués avec des grains identiques peut varier depuis l'horizontale jusqu'à 45 degrés environ. Nulle pour les grains d'une extrême ténuité, l'inclinaison du talus est d'autant plus forte que les grains sont plus gros.

Le talus des dépôts grenus est à peu près le même dans le cas où les matières sont déposées à la main dans un bassin absolument tranquille et dans celui où les matières sont charriées par un courant.

Les matières pulvérulentes s'étalent davantage dans le dernier cas.

Lorsque les sédiments qui arrivent dans le bassin de dépôt sont composés de grains de différentes grosseurs, il se produit une classification par lits, une *stratification*.

Dans les dépôts formés par charriage, les strates inclinées sont toujours recouvertes par des couches à peu près horizontales.

Parfois il existe aussi des couches horizontales au fond du bassin, et les strates inclinées se trouvent alors comprises entre deux systèmes horizontaux.

Le même courant peut former, au même moment, un dépôt horizontal au fond du bassin, un dépôt incliné à 30 et même 40 degrés sur les bords du bassin, et un dépôt à peu près horizontal au-dessus des couches inclinées. Ces trois dépôts peuvent être composés de couches complètement distinctes ; mais il peut se faire aussi que les mêmes couches passent, sans solution de continuité, d'abord du système horizontal supérieur au système incliné médian, puis de celui-ci à la partie horizontale du fond.

Sur des dépôts de quelques centimètres de hauteur seulement, on constate déjà des glissements, des déformations.

Dépôts formés par un mélange de matériaux de différente nature et de différentes grosseurs.

Expérience n° 44.

*Dépôt composé de sable, de houille et d'argile.* —

On a mélangé intimement et en parties égales :

Du sable, en grains de 0 à 3 millimètres ;

De la houille, — de 0 à 3 —

De l'argile pulvérulente.

Le mélange a été jeté sans interruption, par très petites quantités, dans un courant d'eau dont le débit était de 10 litres par minute.

Le bassin de dépôt avait 2 mètres de longueur, 0<sup>m</sup>,30 de largeur et 0<sup>m</sup>,30 de hauteur.

L'opération a duré 20 heures.

La FIG. 1, PL. XX, montre le dépôt obtenu.

On remarque :

1° Au-dessous du niveau de l'eau, dans la partie puissante du dépôt, une alternance de couches de sable, de houille et d'argile, dont l'inclinaison, assez forte en haut (30 degrés), diminue peu à peu et se raccorde en bas avec l'horizontale.

Les couches de sable ont leur maximum d'épaisseur à la partie supérieure du dépôt ; elles s'amincissent peu à peu et disparaissent avant d'arriver au fond du bassin.

Les couches de houille ont leur plus grande épaisseur dans la partie médiane du dépôt ; elles s'amincissent à la fois vers le haut, où elles se perdent peu à peu dans les sables au milieu desquels elles ont pris naissance, et vers le bas où elles se prolongent assez loin horizontalement au milieu de l'argile.

Les couches d'argile commencent à peu près au même niveau que les lits de houille dont elles suivent d'ailleurs sensiblement l'inclinaison ; elles se renflent

en descendant et se réunissent en une couche unique et puissante qui occupe le fond antérieur du bassin.

Quelques-unes (G par exemple) se poursuivent sans interruption depuis la partie horizontale supérieure jusqu'au puissant dépôt horizontal du fond du bassin ;

2° Au-dessus du niveau de l'eau se trouvent superposées aux strates inclinées les couches à peu près horizontales que nous avons toujours vues dans les dépôts formés par voie de charriage.

Parmi les particularités que présente ce dépôt, nous signalerons encore :

3° L'amoncellement de grains de houille qui se trouve sur le bord supérieur du dépôt au point C. A tous les degrés d'avancement du dépôt, il y a presque toujours eu ainsi une certaine proportion de grains de houille sur le bord du bassin ; ces grains se disséminent ensuite et se distribuent en lits, comme le montre le reste du dépôt ;

4° En E, on voit un plan de glissement, une sorte de faille qui interrompt subitement les couches d'amont. Cet accident n'a pas affecté deux petites veines de houille qui se poursuivent horizontalement dans l'argile du fond ; mais il a profondément modifié l'allure des lits de sable et de houille du milieu.

En H, on voit un autre accident semblable, moins important ;

5° En dehors des couches d'argile inclinées qui presque toutes convergent vers le fond et se réunissent en une seule couche horizontale, on voit aussi (en F par exemple) plusieurs lits de houille se réunir en un seul.

La coupe, FIG. 2, faite en *cd*, fait voir la disposition du dépôt sur une moitié seulement de sa largeur. Elle montre que le dépôt est aussi irrégulier transversalement que dans le sens longitudinal.

## Expérience n° 15.

*Dépôt composé de matières de densités très différentes mélangées en proportions égales.* — Dans cette expérience, on a fait charrier par le courant des matières de densités très différentes :

Sable,  $d = 1^k,40$  ; houille,  $d = 1^k,30$  ; pyrite,  $d = 5^k,00$ .

On a pris :

- 7 litres de sable en grains de 4 millimètres ;
- 7 — — — poussière ténue ;
- 7 — de houille en grains de 4 millimètres ;
- 7 — — — poussière ténue ;
- 7 — de pyrite en grains de 2 à 3 millimètres ;
- 7 — — — poussière ténue.

Ces 42 litres de matière ont été intimement mélangés, puis jetés peu à peu, régulièrement, dans un courant débitant 9 litres par minute. L'opération a duré 45 minutes.

Une partie des poussières ont surnagé à la surface de l'eau et ont été entraînées hors du bassin. Le reste des matières a formé le dépôt, FIG. 3, PL. XX.

La majeure partie de ce dépôt se compose de couches inclinées de 30 à 35 degrés ; au-dessus, se trouvent quelques lits à peu près horizontaux, plus nombreux en amont que sur le bord final du bassin ; sur le fond du bassin s'étendent quelques couches horizontales.

Les pyrites occupent principalement la partie supérieure et postérieure du dépôt ; elles entrent en forte proportion dans les strates horizontales du dessus ; elles forment aussi des strates inclinées épaisses qui s'aminçissent graduellement en profondeur et qui disparaissent avant d'arriver au fond du bassin. Les gros grains sont généralement restés en haut ; les grains fins sont descendus jusque vers la base des strates inclinées ;

quelques particules ténues sont entrées dans la couche horizontale du fond.

Les deux grosseurs de houille se sont plus nettement séparées ; les poussières se sont étalées sur le fond du bassin ; les gros grains se sont amoncelés au-dessus de ces particules ténues en une couche irrégulière d'où partent des ramifications inclinées qui ne dépassent guère la partie médiane du dépôt.

La houille pulvérulente a encore formé un dépôt extérieur, sorte de couverture sur le talus des strates inclinées qui se raccorde avec la couche horizontale du fond. Ce dépôt s'est formé après l'arrêt du courant, pendant la clarification de l'eau du bassin.

Les sables se trouvent surtout dans les strates inclinées, c'est-à-dire dans la partie puissante et médiane du dépôt ; les gros grains principalement en bas sur les gros grains de houille, les grains fins au milieu. Une assez grande proportion de particules ténues se trouve dans la couche noire horizontale du fond.

Malgré cette imparfaite classification qui place en majeure partie les pyrites en haut, les sables au milieu et la houille en bas, la stratification est très nette. Ce sont partout des lits alternatifs de nature différente ou en grains différents de même matière. Quelques lits se sont aussi constitués avec des mélanges, la couche du fond par exemple, qui renferme avec la houille fine des particules ténues de sable et de pyrite. D'autres lits changent de nature, passant de la pyrite pure par exemple à des mélanges de plus en plus terreux ; tous changent assez rapidement d'épaisseur.

On peut remarquer encore dans ce dépôt des couches partant de la formation horizontale supérieure qui se continuent en strates inclinées jusqu'au fond du dépôt ; des couches qui se subdivisent ; une série de lits inclinés de houille en gros grains qui convergent

vers la couche du fond et se fondent dans cette dernière.

Expérience n° 16.

*Comment se placent les galets plats dans un dépôt composé principalement de grains fins.* — Un courant d'eau de 10 litres par minute charriait un mélange en parties égales :

De pyrites en grains de 0 à  $\frac{3}{4}$  de millim. de diamètre ;

De sable en grains de  $\frac{3}{4}$  à 2 millim. ;

De houille en grains de  $\frac{3}{4}$  à 2 millim. ;

Dans le courant, on a jeté, par intervalles, des galets plats de schiste, de 0,05 de diamètre et 0,01 d'épaisseur. On a employé 37 litres de matière ; l'opération a duré 37 minutes.

Les galets ont été trouvés aux points G (FIG. 4, PL. XX). Il y en avait dans les couches presque horizontales du haut et du bas et dans les strates inclinées à 40 degrés du milieu du dépôt ; ils étaient tous à plat, dans le plan de stratification, ce qui prouve que les galets plats peuvent se déposer sous des inclinaisons très variées.

La FIG. 4 rappelle d'ailleurs la disposition générale de la FIG. 3 avec quelques variantes :

La couche noire du fond est moins régulière et moins étendue, parce que les grains de houille et de sable sont moins fins ; les gros grains de pyrite n'ayant que  $\frac{3}{4}$  de millimètre sont plus disséminés ; en D, un glissement s'est produit au moment de la vidange du bassin ; quand l'eau s'est retirée, la matière boueuse du fond n'a pu supporter la charge supérieure.

On retrouve encore ici, comme dans tous les dépôts formés par charriage en eau tranquille, les couches peu inclinées du dessus qui recouvrent et parfois se raccordent avec la partie à strates inclinées.

Les expériences faites au moyen de matériaux de nature différente nous amènent aux conclusions suivantes qui sont conformes à celles que nous avons tirées des expériences faites au moyen de matériaux de même nature :

*Inclinaison.* — L'inclinaison des couches formées par charriage en eau tranquille peut varier de zéro à 45 degrés environ. Les particules ténues tendent à former des couches horizontales ; mais elles forment aussi des couches inclinées en se déposant sur le fond du bassin lorsque ce fond est incliné ; les grains tendent à former des couches d'autant plus inclinées qu'ils sont plus gros.

*Stratification.* — Quel que soit leur état de mélange préalable, les matières charriées se classent et se déposent par lits distincts.

*Couches alluviales et couches neptuniennes.* — Le dépôt se compose toujours de deux parties :

La partie neptunienne est à strates plus ou moins inclinées ; la partie alluviale a toujours une très faible inclinaison dans le sens du courant.

*Discordances de stratification.* — Outre les couches faiblement inclinées de la partie alluviale du dépôt, il y a souvent au fond du bassin des couches horizontales sur lesquelles viennent s'appuyer, en nette discordance, les couches neptuniennes. De sorte qu'un dépôt, formé par le même courant, avec des matériaux identiques, et en très peu de temps, peut présenter des couches inclinées, comprises entre deux systèmes de couches horizontales.

Tantôt le système de couches inclinées est sans lien apparent avec les deux systèmes horizontaux, c'est-à-dire que les couches inclinées s'arrêtent subitement en dessus et en dessous, au contact des couches horizontales ; tantôt au contraire on voit ces couches inclinées

se continuer dans la partie alluviale ou dans les couches du fond, quelquefois même des deux côtés à la fois.

*Variations de puissance des couches.* — La puissance des couches est variable; on en voit qui, puissantes en haut, se perdent peu à peu en profondeur; d'autres, au contraire, prennent naissance en haut de la partie neptunienne et se renflent en profondeur.

*Convergence et ramifications des couches.* — Certaines couches inclinées, parallèles entre elles en haut de la partie neptunienne, perdent peu à peu vers le bas leur inclinaison et leur puissance, et disparaissent soit au-dessus des couches horizontales du fond, soit dans ces couches mêmes, avec lesquelles elles se confondent.

De même que plusieurs couches se réunissent parfois en une seule, d'autres fois une seule couche se subdivise, se *ramifie* en plusieurs.

*Galets plats déposés sous les inclinaisons les plus variées.* — Les galets plats charriés ont l'inclinaison des couches au milieu desquelles ils se trouvent; ils sont horizontaux, inclinés à 2 ou 3 degrés et à 45 degrés, selon que les couches qui les renferment sont horizontales ou inclinées à 2 ou 3 degrés ou à 45 degrés.

---

2° *Dépôts obtenus dans des bassins de 500 mètres cubes.*

---

Les bassins qui ont servi à cette série d'expériences ont environ 500 mètres cubes de capacité.

La surface de ces bassins est rectangulaire; elle a 120 mètres de longueur et 4 mètres de largeur; les bords des bassins sont inclinés et la largeur au fond

n'est que de 3 mètres. La profondeur est de 1 mètre à l'une des extrémités et de 1<sup>m</sup>,40 à l'autre ; cette différence provient d'une faible inclinaison donnée au fond du bassin, le bord supérieur étant horizontal.

Ces bassins, dits *bassins à schlamms*, servent d'ordinaire à recueillir, par décantation, les particules charbonneuses qu'entraîne l'eau employée au lavage de la houille.

L'eau qui sort des lavoirs à charbons forme un courant de 40 à 50 litres par seconde.

En volume, cette eau tient en suspension de 5 à 6 p. % de matières solides (mélange de houille, de terre, de sable, pyrite, etc...). Elle dépose les grains les plus gros et les plus lourds dans un petit canal de 50 mètres de longueur et porte le reste dans les bassins à schlamms.

L'eau noire arrive à l'une des extrémités A du bassin (Pl. XXII, XXIII et XXIV) et sort par l'autre extrémité B, presque clarifiée, après avoir déposé les cinq sixièmes des matières qu'elle tenait en suspension.

Les grains les plus gros (de 2 à 4 millimètres) se déposent sur le bord du bassin, près de l'embouchure du courant ; les grains plus fins sont entraînés plus loin, et une petite proportion de très fines particules sont emportées au-delà du déversoir.

La partie la plus grenue se compose surtout de charbon ; sa teneur en cendres moyenne est d'environ 18 p. % ; la partie fine boueuse a de 25 à 35 p. % de cendres ; et les matières entraînées au-delà du bassin, beaucoup plus argileuses encore, renferment de 35 à 45 p. % de cendres.

Lorsque le dépôt occupe environ 1/3 du volume du bassin, on détourne le courant ; on laisse l'eau qui reste se clarifier pendant quelques jours, puis on la fait écouler par la vanne B.

La plus grande partie du dépôt, la plus grenue, est immédiatement assez consistante pour être chargée à la pelle ; une autre partie, plus boueuse, demande quelque temps de séchage.

En voyant manipuler cette matière, on ne se douterait pas qu'elle se compose de lits différents, bien stratifiés ; cependant, si on laisse le dépôt se consolider quelque temps, et si on le coupe régulièrement, on aperçoit une stratification qui devient de plus en plus distincte sous l'action de l'air (1).

Les bassins à schlamms ne servent pas seulement à recueillir, mais encore à classer les matières emportées par l'eau de lavage. La composition du dépôt diffère beaucoup d'un point à un autre.

J'ai eu l'occasion d'observer un grand nombre de ces dépôts ; tous ont la même allure générale et conduisent aux mêmes conclusions au point de vue sédimentaire.

En jetant dans le courant de schlamms des matières terreuses diversement colorées, on détermine la formation de couches qui rendent l'étude du dépôt beaucoup plus facile. Je citerai quelques expériences faites dans ces conditions.

#### Expérience n° 17.

##### **Allure générale des couches formées en eau tranquille.**

*Circonstances de formation du dépôt. — 1<sup>er</sup> jour.*  
— A 4 heures du soir, on fait arriver dans le bassin un courant d'eau de ruisseau, dont le débit est d'environ 40 litres par seconde.

---

(1) La netteté de ces strates est accusée par la photographie aussi nette que celle des strates des terrasses du lac Léman. M. Colladon a bien voulu me donner quelques-unes des photographies qu'il a fait faire des anciens dépôts de l'Arve à

En passant dans le canal *c* (FIG. 7, PL. XXI), ce courant entraîne des grains de sable, de houille et de pyrite que l'eau de lavage a déposés antérieurement.

2<sup>e</sup> jour. — Le bassin étant plein d'eau, on fait arriver le courant de schlamms le 2<sup>me</sup> jour, à 6 heures du matin.

Ce courant débite environ 52 litres par seconde ; il charrie des grains dont la grosseur varie de zéro à 3 millimètres  $\frac{1}{2}$ .

Les  $\frac{2}{3}$  du courant se déversent en A, l'autre tiers entre dans le bassin sur le côté en A', à 22<sup>m</sup>,50 de distance de A (FIG. 7).

A 10 heures du matin, on jette dans le courant de schlamms, à quelques mètres en amont du point A, 30 hectolitres de terre argileuse et 1 hectolitre de petits galets de 0<sup>m</sup>,02 de diamètre.

Cette opération dure 25 minutes.

Le courant de schlamms continue à se déverser dans le bassin jusqu'à 11 heures.

De 11 heures à midi, l'atelier de lavage est arrêté ; l'eau continue à couler, mais sans schlamms.

De midi à 1 heure  $\frac{1}{2}$ , le bassin reçoit de nouveau le courant de schlamms.

A partir de ce moment, jusqu'au lendemain, tout apport a cessé dans le bassin.

3<sup>e</sup> jour. — Le 3<sup>e</sup> jour, de 6 heures à 8 heures du matin, le cours d'eau apporte dans le bassin, non des schlamms, mais une boue argilo-ferrugineuse, très ténue, provenant d'un dépôt que les eaux extraites de la houillère laissent dans de grands réservoirs.

---

Genève ; j'en ai d'autres d'un dépôt de l'Aubonne, mis à nu par une carrière, que j'avais signalé à un jeune géologue-photographe, M. Boursault. On confond facilement les photographies des anciens dépôts du Léman avec celles de nos dépôts de schlamms.

On laisse ensuite le bassin en repos jusqu'au lendemain.

4<sup>o</sup> jour. — A 6 heures du matin, le courant de schlamms est ramené dans le bassin jusqu'à 6 heures du soir, excepté pendant une heure, de 11 heures à midi.

Les matières charriées ce jour-là ne renferment que des grains de zéro à 1/2 millimètre ; les gros grains ont été préalablement enlevés.

A partir de 6 heures du soir, on n'a plus rien introduit dans le bassin.

On a laissé l'eau se clarifier pendant trois jours ; puis on a mis le bassin à sec, et quelques jours après on a coupé le dépôt pour l'étudier.

La PL. XXI est consacrée à cette expérience.

La FIG. 7 est une coupe verticale à petite échelle, faite suivant l'axe du bassin dans toute sa longueur. Les 27 premiers mètres de cette coupe sont reproduits à plus grande échelle, dans la FIG. 1 ; le 70<sup>e</sup> et le 90<sup>e</sup> mètre sont représentés par les FIG. 2 et 3.

Les FIG. 4 et 5 sont des coupes en travers.

La FIG. 6 est une partie du dépôt composée de grains de houille pure de deux grosseurs différentes, dessinée en grandeur naturelle pour montrer comment certaines strates s'accusent.

J'indiquerai d'abord dans quel ordre les diverses parties du dépôt se sont formées, puis j'en examinerai les principales particularités.

*Ordre de formation des différentes parties du dépôt.* — *Partie 1.1.1....* — On voit sur le fond du bassin, du 1<sup>er</sup> au 16<sup>e</sup> mètre, un dépôt ondulé (1<sup>a</sup>, 1<sup>b</sup>.... 1<sup>c</sup>) composé principalement de sables, de pyrite et de gros grains de schiste et de houille. Ce sont les matières que le courant d'eau claire a entraînées le premier jour sur son passage dans le canal c, pendant que le bassin se remplissait d'eau.

La chute de l'eau dans le bassin a chassé les matières qui se sont étalées en avant jusqu'en 1<sup>e</sup>, et déposées en arrière en 1<sup>a</sup>, où régnait un calme relatif.

Le bourrelet 1<sup>c</sup> est constitué par les grains les plus gros que l'eau a soulevés pendant un certain temps lorsque les couches s'épaississaient de 1<sup>c</sup> en 1<sup>d</sup>.

*Partie 2, 2, 2.....* — La formation 1, 1..... prend fin au moment où le courant de schlamms arrive (2<sup>o</sup> jour, 6 heures du matin). La partie 2, 2..... se forme alors, composée presque entièrement de grains de houille qui se classent et se stratifient.

De 2<sup>a</sup> en 2<sup>b</sup>, le dépôt semble se modeler sur le dépôt 1<sup>a</sup>, 1<sup>b</sup>, 1<sup>c</sup>. Formé sous la chute du courant, il a pris la même allure. Pendant que les particules ténues vont au loin, les gros grains s'amoncellent près de l'embouchure, et l'on voit bientôt apparaître le dépôt en 2<sup>b</sup> à la surface de l'eau (7 h.  $\frac{1}{2}$ ).

A partir de ce moment, le courant coule d'abord sur les matériaux qu'il a amoncelés à son embouchure, et le delta s'étend rapidement. A 10 heures, les couches inclinées 2<sup>b</sup> à 2<sup>o</sup> sont constituées, et les fines particules apportées dans le même temps s'étaient au-delà en 2<sup>g</sup>, 2<sup>h</sup>, 2<sup>i</sup>.

*Couches 3, 3.....* — Les couches 3, 3..... se sont formées de 10 heures à 11 heures pendant et après le charriage de la terre argileuse.

Cette terre a laissé, à la partie superficielle du delta, de 3<sup>a</sup> en 3<sup>b</sup> et 3<sup>c</sup>, des couches horizontales faciles à distinguer (teintées en jaune clair sur la Fig. 1); on la retrouve en 3<sup>d</sup> dans une partie accidentée du dépôt; on la retrouve encore à l'extrémité du dépôt 3, en 4<sup>a</sup>, où elle a été entraînée en petite quantité, de 11 heures à midi, par les eaux pures qui ont raviné la surface du dépôt.

Pendant que les gros grains de houille, charriés de

10 heures à 11 heures, en même temps que la terre, formaient les couches très inclinées 3<sup>o</sup>, 3<sup>i</sup>, les parties limoneuses se répandaient au-delà en 3<sup>h</sup>, 3<sup>i</sup>, et même plus loin en 3<sup>i</sup>.

*Couches 4, 4.....* — Le petit groupe de couches 4<sup>a</sup>, 4<sup>b</sup>, est le produit d'un ravinement opéré à la superficie du delta par les eaux claires qui ont coulé de 11 heures à midi.

*Couches 5, 5.....* — Les couches 5, 5..... ont été formées par le courant de schlamms en 1 heure  $\frac{1}{2}$ , de midi à 1 heure  $\frac{1}{2}$ .

La couche argilo-ferrugineuse (6) teintée en terre de sienne, qui vient ensuite et que l'on voit d'un bout à l'autre du bassin, montre bien quel était le développement du dépôt le 2<sup>e</sup> jour à 1 h.  $\frac{1}{2}$ , c'est-à-dire après 6 h.  $\frac{1}{2}$  seulement de charriage de schlamms. Le delta était alors visible sur 12 mètres de long, et le dépôt se poursuivait avec une épaisseur décroissante, jusqu'à l'extrémité B du bassin.

*Couches 6, 6.....* — Le bassin était en repos depuis 18 heures lorsqu'on a fait venir, le 3<sup>e</sup> jour, un courant tenant en suspension les boues argilo-ferrugineuses qui ont formé la couche 6, 6.....

Cette couche règne sans interruption depuis le 3<sup>e</sup> mètre, en 6<sup>a</sup>, jusqu'à l'extrémité B du bassin, c'est-à-dire sur 117 mètres de longueur. On la trouve dans la partie supérieure horizontale du dépôt, d'abord mince et mêlée de schlamms, puis un peu plus épaisse ; vers le 12<sup>e</sup> mètre, elle s'enfonce doucement dans la masse, au 22<sup>e</sup> mètre, en face de l'embouchure du courant secondaire A', elle éprouve une petite ondulation ; de là jusqu'en B, elle s'étend en nappe régulière.

Un seul apport d'argile ferrugineuse a eu lieu ; cependant, il y en a (FIG. 2, 3 et 7), du 65<sup>e</sup> au 120<sup>e</sup> mètre, une deuxième couche 8, 8..... séparée de la première

par un lit de limon noir. Cette seconde couche 8, 8..... s'est formée après le 4<sup>e</sup> jour, pendant qu'on laissait clarifier l'eau du bassin.

*Couches 7, 7.....* — Au-dessus de la couche argilo-ferrugineuse 6, 6..... se trouve le dépôt des schlamms fins, charriés par le courant durant la 4<sup>e</sup> journée.

Pendant que le courant principal A donnait lieu aux diverses formations que nous venons d'énumérer, le courant secondaire latéral, suivant des phases analogues, constituait le dépôt mamelonné que l'on voit en A', du 21<sup>e</sup> au 25<sup>e</sup> mètre. Au-delà, dans les régions 2<sup>k</sup>, 3<sup>i</sup>, 4<sup>r</sup>, 5<sup>h</sup>....., les limons du courant secondaire se sont confondus avec ceux du courant principal.

Telles sont dans l'ensemble les étapes qu'a suivies le dépôt pour se constituer.

*Constitution générale du dépôt.* — Lorsqu'on considère l'ensemble du dépôt, on distingue d'abord deux parties d'épaisseur différente : l'une d'environ 1 mètre, qui occupe les 25 à 30 premiers mètres (Fig. 7), et qui se raccorde graduellement avec le reste du dépôt, dont l'épaisseur n'est que de 0<sup>m</sup>,35 à 0<sup>m</sup>,40. Cette 2<sup>e</sup> partie s'étend sur 70 à 80 mètres de longueur.

Ces deux parties du dépôt diffèrent beaucoup par leur constitution intime et par l'allure de leurs strates. Tandis que les gros grains dominant dans la première, la seconde ne renferme que des particules ténues; tandis que les couches sont généralement inclinées et irrégulières dans la première partie (à l'exception des couches alluviales), elles sont à peu près horizontales et régulières dans la seconde.

Ces deux parties ne sont point nettement séparées; il serait impossible de dire où finit la partie grenue des couches 7, 7..... et à quel point ces couches se séparent de la partie limoneuse. La limite est confuse; le pas-

sage du grain au limon est graduel. De même les couches inclinées et grenues 2, 2..... — 3, 3..... — 4, 4..... — 5, 5..... se transforment généralement d'une manière insensible en couches limoneuses horizontales. Sans le petit dépôt mamelonné formé en A' par le courant latéral, la couche horizontale limoneuse du fond régnerait sans interruption sur toute l'étendue du bassin, excepté sur les 4 ou 5 premiers mètres.

On peut donc dire que le dépôt se compose, d'une manière générale, de couches horizontales limoneuses qui occupent le fond du bassin, et de couches grenues inclinées qui recouvrent les premières sur une partie seulement de leur étendue.

On distingue nettement, au-dessus des couches inclinées, les couches à peu près horizontales de la partie alluviale qui ont de 0<sup>m</sup>,25 à 0<sup>m</sup>,30 d'épaisseur en amont ; cette formation s'amincit vers l'aval et se réduit à zéro vers le littoral du delta. Les couches alluviales sont plutôt à gros grains ; elles règnent sur toute l'étendue des couches inclinées.

En résumé, le dépôt peut se diviser en trois systèmes ou groupes de couches, savoir :

- 1° Les couches horizontales superficielles (alluviales) ;
- 2° Les couches inclinées de la partie neptunienne ;
- 3° Les couches horizontales du fond.

On retrouve généralement des traces de tous les apports dans chacun de ces groupes.

*Groupe des couches alluviales.* — La couche de terre argileuse (jaune) et la couche argilo-ferrugineuse (terre de sienne) qui se poursuivent sans interruption dans la partie alluviale, montrent qu'il peut régner une certaine régularité et une certaine continuité dans ce groupe. Cependant, ces couches sont exposées à de

fréquents remaniements. Les déplacements continuels du courant charrier et le moindre changement dans le niveau du bassin entraînent des ravinelements et des débordements qui modifient sans cesse l'aspect et la constitution de la surface du delta.

Les deux couches jaune et terre de sienne permettent de se rendre compte du mode de formation de cette partie du dépôt : le courant étale une partie des matières sur toute la surface du delta (FIG. 1 et 4), et dépose le reste dans le bassin où se forment les couches inclinées. Le delta n'avait que 8 à 10 mètres de longueur lorsque la terre (jaune) a été charriée ; la couche horizontale de terre ne dépasse pas cette distance. Le delta avait 17 mètres de longueur lorsque la boue argilo-ferrugineuse est venue ; la couche horizontale (terre de sienne) va à 17 mètres de distance. L'horizontalité cesse là où s'arrêtait le delta.

Ces couches superficielles sont l'équivalent des alluvions que les cours d'eau déposent en amont de leur embouchure ; elles sont faiblement inclinées comme les plaines alluviales, et en ont toutes les petites irrégularités.

Les irrégularités d'épaisseur que présente ici le groupe des couches alluviales sont assez grandes ; il y a notamment augmentation subite en 3<sup>b</sup>, diminution en 7<sup>b</sup>. Ces variations sont la conséquence d'affaissements dus à l'insuffisante consistance de la couche du fond. Nous reviendrons plus loin sur ce phénomène.

Les coupes en travers (FIG. 4 et 5) montrent que les couches alluviales sont à peu près horizontales dans tous les sens.

*Groupe des couches neptuniennes.* — La partie médiane du dépôt se présente sous des aspects fort différents.

On voit d'abord dans les premiers mètres (de 2<sup>a</sup> à 2<sup>b</sup>) deux ondulations successives qui font passer les couches du pendage d'amont au pendage d'aval ; puis vient (de 2<sup>b</sup> à 2<sup>c</sup>) un groupe de couches régulières, inclinées à 32 degrés en haut, diminuant peu à peu d'inclinaison et de puissance, et se perdant en bas dans le groupe des couches horizontales limoneuses. De 2<sup>c</sup> à 2<sup>e</sup>, les couches gardent la même allure dans le haut, mais elles se terminent brusquement en bas sur une couche ondulée à faible inclinaison.

En 3<sup>d</sup>, la couche alluviale terreuse et les couches inclinées éprouvent plusieurs dénivellations successives. Les couches 3<sup>e</sup> et 3<sup>f</sup> sont dérangées en haut et se terminent brusquement en bas avec une inclinaison de 40 degrés.

Toutes ces irrégularités ont une même cause. Pendant la rapide formation du 2<sup>e</sup> jour, les boues limoneuses qui se sont accumulées au fond du bassin n'ont pas eu le temps de prendre de la consistance avant que les couches inclinées vinssent les recouvrir ; il n'y a pas eu d'affaissement sensible de 2<sup>b</sup> en 2<sup>c</sup>, parce que le limon ne se trouve là qu'en minime proportion ; en 2<sup>c</sup>, il a commencé à céder sous le poids des couches supérieures ; il a cédé encore en avant et de plus en plus, parce qu'il était plus abondant, à mesure que le delta s'avancait. De là les ondulations *o, o, . . . .* que l'on voit sous les couches inclinées au-delà de 2<sup>c</sup>. Vers 2<sup>e</sup>, la couche limoneuse s'épaissit tout à coup et l'on retrouve en 3<sup>e</sup>, au milieu du limon, l'extrémité de quelques-unes des couches 3<sup>f</sup> brusquement coupées. Cela s'explique : les couches 3<sup>f</sup> avaient d'abord l'allure générale qu'on voit entre 2<sup>b</sup> et 2<sup>c</sup> ; la boue limoneuse, deux ou 3 fois plus épaisse qu'on ne la voit en 2<sup>e</sup>, a cédé sous le poids des couches 3<sup>f</sup> ; elle a été refoulée en avant, et les couches 3<sup>f</sup> manquant de support, man-

quant aussi de consistance, se sont affaissées en se redressant du côté où manquait le point d'appui.

Dans la région 4<sup>a</sup>, 4<sup>b</sup>, les irrégularités portent aussi la marque du même phénomène que l'on retrouve encore en 5<sup>c</sup>.

Les couches 7, 7....., constituées par des grains plus fins que les précédentes (de zéro à 1/2 millimètre au lieu de zéro à 3 1/2 millimètres), ont une allure analogue, mais avec une moindre inclinaison qui tient à la finesse des grains, et probablement aussi à la moindre profondeur du bassin, laquelle a rendu l'influence du courant plus sensible.

En dehors des irrégularités de la région A', qui sont dues à l'action du courant latéral, ces couches ont en haut une inclinaison assez forte qui va en diminuant avec l'épaisseur et avec la grosseur du grain.

Le dépôt formé par le courant latéral est intéressant par l'aspect de soulèvement qu'il a au milieu du dépôt. Sa forme s'explique d'ailleurs facilement.

Les FIG. 4 et 5 montrent que dans la partie médiane du dépôt les couches sont aussi changeantes dans le sens transversal que dans le sens longitudinal. Rarement elles forment une nappe régulièrement inclinée en aval ; la nappe est ondulée et ses ondulations changent de forme et de direction à tous les mètres.

*Couche d'argile ferrugineuse.* — En entrant dans la partie médiane du dépôt, la couche 6, 6..... (terre de sienne) se renfle. De 6<sup>a</sup> à 6<sup>b</sup>, elle comprend deux parties, l'une inférieure qui renferme beaucoup de grains et de schlamms, l'autre supérieure sans mélange de schlamms ; cette dernière se continue seule au-delà jusqu'à l'extrémité du bassin.

Les grains de schlamms de la partie inférieure ont été arrachés par le courant sur la partie déjà formée

du delta ; ils sont allés moins loin que la boue dont les particules extrêmement ténues se laissent facilement entraîner et restent longtemps en suspension dans l'eau. La couche de boue ferrugineuse s'est déposée lentement depuis 8 heures du matin (3<sup>e</sup> jour) jusqu'au lendemain.

Ce temps n'a même pas suffi pour laisser déposer toute la matière argilo-ferrugineuse, car une 2<sup>e</sup> couche (8, 8.....) s'est formée pendant la période de clarification des eaux, longtemps après l'apport unique du 3<sup>e</sup> jour.

*Groupe des couches horizontales du fond.* — Dans le dépôt horizontal qui s'étend sur le fond du bassin jusqu'à l'extrémité B, on rencontre d'abord une mince couche noire (mélange de houille, d'argile et de pyrite) formée des plus fines particules apportées par le courant avant la formation de la couche 6, 6..... L'épaisseur de cette couche inférieure (2, 3, 4, 5, FIG. 2, 3 et 7) va constamment en diminuant à mesure qu'on s'éloigne de l'embouchure du courant.

Au-dessus se trouve la 1<sup>re</sup> couche ferrugineuse, prolongement de la couche 6, 6..... que nous avons déjà vue dans la partie médiane et dans la partie supérieure du dépôt.

Cette couche est recouverte du limon charbonneux 7, 7..... déposé le 4<sup>e</sup> jour en même temps que les couches inclinées dont ce limon n'est encore que le prolongement horizontal.

Le système inférieur est recouvert par la 2<sup>e</sup> couche ferrugineuse (8, 8.....) qui commence à zéro vers le 65<sup>e</sup> mètre et se continue jusqu'à l'extrémité B du bassin, en prenant un peu d'épaisseur. La FIG. 3 montre que cette couche est tachetée, marbrée par du limon charbonneux, ce qui prouve qu'une petite quantité de ce limon est aussi restée quelque temps en suspension.

Nous résumerons comme suit les observations que permet de faire le dépôt n° 17.

(a) La stratification est remarquable, eu égard à la rapidité de la formation.

(b) Les gros grains sont généralement restés dans les parties supérieures du dépôt avec une certaine proportion de fines particules ; ces dernières se trouvent surtout à la base du dépôt.

(c) Le dépôt comprend trois systèmes de couches :

1° Un système supérieur (partie alluviale), dont la pente est si faible qu'on peut le considérer comme horizontal ;

2° Un système moyen, à couches diversement inclinées, entre zéro et 40 degrés ;

3° Un système inférieur à couches à peu près horizontales.

Dans les couches du système moyen, on constate généralement une diminution simultanée de la puissance, de l'inclinaison et de la grosseur des éléments constituant. Ces couches convergent vers le système inférieur avec lequel elles finissent par se confondre.

A côté de cette disposition générale, on voit des exceptions ou des particularités assez nombreuses :

Des *pendages en sens inverse* (2<sup>a</sup>, 2<sup>b</sup>, A') ;

Des *ondulations* o, o..... ;

Des *compressions* ou *refoulements* des couches anciennes par les nouvelles (2<sup>f</sup>, 2<sup>g</sup>) ;

Des *affaissements*, des *glissements* des couches inclinées sur elles-mêmes et sur les parties molles du fond (3<sup>d</sup>, 3<sup>f</sup>, 4<sup>b</sup>) ;

Des *brouillages* (3<sup>c</sup>, 4<sup>a</sup>, 5<sup>a</sup>) ;

Des *déformations* et des *ruptures* de couches (3<sup>d</sup>, 3<sup>f</sup>, 3<sup>g</sup>) ;

Des *ravinements* effectués par le courant sur les

couches superficielles et l'entraînement des produits de la corrosion dans des parties plus récentes du dépôt.

Une couche (8, 8.....) dont les éléments ont été apportés dans le bassin avant ceux de la couche immédiatement inférieure.

Si l'on ne savait pas comment les diverses couches de ce dépôt, si différentes d'allure et de constitution, ont été formées, on aurait peut-être quelque peine à croire qu'elles sont le résultat d'une sédimentation en eau tranquille opérée en très peu de temps.

Le plus souvent, il n'y a aucun lien apparent entre les trois systèmes de couches qui paraissent en nette discordance; cependant, on peut dire que l'apport de chaque instant se répartit entre les trois systèmes. La couche 6, 6..... montre bien comment se fait cette répartition.

#### Expérience n° 18.

##### Influence de la position de l'embouchure du cours d'eau sur l'allure du dépôt (Pl. XXII).

*Conditions de l'expérience.* — Le bassin ayant été préalablement rempli d'eau claire, on a fait arriver le courant de schlamms à 8 heures du matin.

Le courant a été divisé en deux parties : la 1<sup>re</sup>, de 18 litres par seconde, a été portée en A; la 2<sup>e</sup>, de 2 litres seulement, en A', à 19 mètres de distance.

Les grains charriés ont de zéro à 3 millim.  $\frac{1}{2}$  de diamètre.

Le courant a coulé de 8 heures du matin à 6 heures du soir, sauf de 11 heures à midi.

A 5 heures  $\frac{1}{2}$ , on a jeté dans le courant 20 hectolitres de terre argileuse et 1 hectolitre de galets de 1 à 2 centimètres de diamètre.

De 6 heures du soir à 6 heures du matin, le bassin n'a reçu que de l'eau claire.

Le 2<sup>e</sup> jour, le courant de schlamms a coulé de 6 heures du matin à 11 heures, et de midi à 6 heures du soir. Pendant la 2<sup>e</sup> nuit, l'eau a coulé, claire, comme pendant la 1<sup>re</sup>.

Le 3<sup>e</sup> et le 4<sup>e</sup> jour, on a renouvelé les apports du 2<sup>e</sup>.

A partir du 4<sup>e</sup> jour, 6 heures du soir, on a laissé les eaux se clarifier, puis on les a fait écouler, et après quelques jours de dessiccation, on a coupé le dépôt pour l'étudier.

La FIG. 1, PL. XXII, est une coupe verticale faite suivant l'axe du bassin. Les 28 premiers mètres seulement sont représentés.

La FIG. 2 est un plan sur lequel on a marqué la position du littoral du dépôt à divers moments de l'opération. Des flèches indiquent la direction que suivait le courant au moment où son embouchure se trouvait là où est la flèche.

La FIG. 3 est un détail, à plus grande échelle, du dépôt formé par le courant latéral A'.

Les FIG. 4, 5, 6, 7 sont des coupes en travers du dépôt.

La FIG. 8 est un détail en grandeur naturelle pour montrer la constitution intime du dépôt.

*Constitution générale du dépôt.* — Nous retrouvons ici les trois systèmes de couches de dépôt précédent (supérieur, moyen et inférieur), ainsi que le dépôt en dôme formé par le courant latéral.

Les couches des systèmes supérieur et inférieur sont à peu près horizontales. Le système moyen présente plusieurs alternances de couches très inclinées et faiblement inclinées.

*Relations entre la position du courant, la marche du delta et l'inclinaison des couches.* — Le 1<sup>er</sup> jour, à 1 heure du soir, le bord supérieur du delta avait la disposition  $ab$  (FIG. 2). A ce moment, le courant était en  $F^1$ , au milieu, et dirigé suivant le grand axe du bassin. Il s'agit, bien entendu, de la masse d'eau principale du courant, car ce courant se subdivise et se modifie sans cesse, et ses ramifications se répandent constamment à droite et à gauche dans toute la largeur du bassin.

A 6 heures du soir, le littoral du delta était en  $cd$ ; le courant avait conservé la même direction.

Bien que l'on n'ait envoyé que de l'eau claire dans le bassin pendant la nuit, le bord du dépôt s'est cependant avancé de  $cd$  en  $ef$ . Les éléments du dépôt nocturne ont été pris en partie dans le canal A et en partie arrachés aux couches superficielles formées la veille.

Le 2<sup>o</sup> jour, on a dirigé le courant dans le sens  $F^2$ , puis  $F^3$ . Le littoral du delta a pris la disposition oblique  $gh$ .

Puis le courant a été porté en  $F^4$  et en  $F^5$ ; le bord du dépôt est redevenu à peu près perpendiculaire à l'axe du bassin.

D'autres traits  $lmn$ ,  $op$ ,  $pq$ ,..... et d'autres flèches  $F^6$ ,  $F^1$ ,..... indiquent la marche intérieure du courant et du delta.

*Inclinaison des couches de la partie médiane du dépôt.* — Nous ne nous arrêterons pas aux couches en voûte des 2 ou 3 premiers mètres du dépôt; on a déjà vu que cette disposition tient à la chute du courant dans le bassin.

Au-delà, on remarque trois groupes de couches faiblement inclinées,  $a'g'$ ,  $i'j'$ ,  $o'q'$ ; et trois groupes de couches faiblement inclinées  $g'i'$ ,  $j'o'$ ,  $q'p'$ . Les cou-

ches inclinées correspondent aux dépôts qui se sont effectués pendant que le courant était dans l'axe du bassin ; les couches faiblement inclinées se sont formées pendant que le courant avait une direction oblique. Ce n'est point l'effet d'une simple coïncidence, mais la conséquence d'un phénomène constant ; les couches ont généralement une plus forte inclinaison dans l'alignement du courant que sur tout autre point ou dans tout autre direction.

Lorsque le courant est dans l'axe du bassin, les couches ont leur plus forte inclinaison dans le plan de cet axe qui est précisément le plan suivant lequel a été faite la coupe AB. Ce plan coupe, au contraire, obliquement et parfois normalement à la ligne de plus grande inclinaison les couches formées par un courant oblique.

Telle est la principale cause des changements que présente l'inclinaison des couches du dépôt n° 18.

Les courants latéraux ont des effets plus considérables encore puisque les couches qu'ils déposent présentent deux pendages inverses.

Ces divers faits montrent ce que l'action sédimentaire seule peut produire au point de vue de l'inclinaison des couches, sans autre force ou aucun mouvement venant du dehors. — Un déplacement d'embouchure, un courant latéral peuvent produire des effets tout à fait analogues à ceux de certains soulèvements. Or, on verra que les cours d'eau à deltas se déplacent souvent vers leur embouchure.

Les coupes en travers (Fig. 4, 5, 6, 7) montrent que l'inclinaison des bancs est aussi variable dans le sens transversal que dans le sens longitudinal du bassin. Une coupe en long parallèle à la coupe A B mais placée plus près de l'un ou l'autre bord aurait donné une figure très différente.

En dehors des inclinaisons, le dépôt n° 18 présente quelques particularités intéressantes :

*Stratification.* — Pour donner une idée exacte de la stratification, on a dessiné en grandeur naturelle quelques veinules prises en *v*, à la partie supérieure du dépôt, dans le 2<sup>e</sup> mètre.

On voit d'abord sur quelques centimètres de hauteur, en A B (Fig. 8), une série de petites veinules à grains moyens alternant avec des veinules limoneuses au-dessous, en B C un lit plus épais constitué par de gros grains de schiste et de houille, divisé en deux parties par une veinule de pyrite D. Une couche de terre et de galets de grains grossiers de houille et de schiste.

On ne s'attendrait sûrement pas à trouver sous la bouche du canal un dépôt si parfaitement stratifié. La tendance des matières à se classer dans l'eau en mouvement est vraiment étonnante.

*Couche résultant de l'érosion du dépôt.* — Il n'a été fait qu'un jet de terre (le 1<sup>er</sup> jour à 5 heures 1/2 du soir pendant que le courant de schlamms coulait).

Ce jet a laissé des traces très sensibles dans les quatre ou cinq premiers mètres de la partie supérieure du dépôt et a constitué en grande partie les couches inclinées I qui sont représentées dans le dépôt horizontal inférieur par la couche D.

Cependant, vers le 13<sup>e</sup> mètre, en F, on voit une nouvelle série de couches argileuses. Ces couches se sont formées dans la nuit du 2<sup>e</sup> au 3<sup>e</sup> jour, par le ravinement du dépôt superficiel d'amont. Elles sont aussi représentées dans le système inférieur par la couche E E.

Ce ravinement des couches superficielles par le courant et le transport des produits de la corrosion dans

les couches en formation sont des phénomènes très fréquents, mais difficiles à observer parce que la coloration et la constitution des sédiments venant du dehors diffèrent généralement peu de celles des éléments arrachés au dépôt.

*Relations entre les trois systèmes de couches.* — Comme dans le dépôt n° 17, on voit ici les couches alluviales recouvrir les couches inclinées en nette discordance ou avec de rares traces de continuité.

Les couches inclinées paraissent également n'avoir aucun lien avec la formation horizontale du fond. Cependant lorsqu'une coloration différente permet de distinguer les veines dont se compose cette formation horizontale, on voit la plupart de ces veines se relier avec les couches inclinées. C'est ce que montrent les couches terreuses D et E.

En résumé, l'expérience n° 18 montre que sous la seule influence du déplacement du courant charrieur, l'allure du dépôt se modifie considérablement au point de faire succéder subitement des couches inclinées de quelques degrés seulement à des couches inclinées à 35° et réciproquement.

#### Expérience n° 19.

Refoulements. — Dislocations de couches. — Failles locales. — Accidents divers (Pl. XXIII).

*Conditions de l'expérience.* — 1<sup>er</sup> jour. — Le bassin ayant été préalablement rempli d'eau claire, on a fait arriver le courant de schlamms à 6 heures du matin. Ce courant de 50 litres par seconde se déverse entièrement en A.

A 8 heures 1/2 on jette dans le lit, à quelques mètres en amont du point A, les matériaux suivants :

500 litres de sable terreux ;

20 — de galets de 1 centimètre à  $1^{\text{cm}} \frac{1}{2}$  de diamètre ;

12 — de galets de 1 à 3 centimètres de diamètre.

A 11 heures le courant est arrêté.

Le delta avait en ce moment 13 mètres de longueur.

A midi le courant de schlamms est rétabli, mais seulement avec un débit de 25 litres.

A 6 heures du soir, les schlamms sont remplacés par de la boue argilo-ferrugineuse. Le courant est arrêté à 7 heures.

A ce moment le delta avait  $22^{\text{m}},50$  de longueur.

*2<sup>e</sup> jour.* — Le bassin était resté en repos pendant la nuit ; on a rétabli le courant de schlamms de 25 litres, le 2<sup>e</sup> jour à 6 heures du matin.

A 7 heures on a jeté de la terre et des galets comme la veille.

A 11 heures le courant de schlamms a été arrêté.

Le delta avait 30 mètres de longueur.

A midi on a fait arriver un courant de schlamms de 12 litres  $\frac{1}{2}$  par seconde qui a coulé jusqu'à 6 heures du soir.

*3<sup>e</sup> jour.* — Le courant de schlamms arrêté depuis la veille, à 6 heures du soir, est rétabli le 3<sup>e</sup> jour à 6 heures du matin.

A 10 heures, nouvelle jetée de terre et de galets semblable à celle des jours précédents.

Sauf un arrêt de 11 heures à midi, le courant de schlamms coule jusqu'à 6 heures du soir.

A ce moment le delta a 46 mètres de longueur.

*4<sup>e</sup> jour.* — De 6 heures du matin à 11 heures le courant de schlamms coule avec un débit de 12 litres  $\frac{1}{2}$  par seconde, de midi à 6 heures du soir le débit est réduit à 6 litres  $\frac{1}{4}$ .

5<sup>e</sup> jour. — Le courant de 6 litres  $1/4$  est maintenu pendant le 5<sup>e</sup> jour, sauf de 11 heures à midi.

A 1 heure du soir on a encore jeté dans le courant de la terre et des galets.

A 6 heures du soir l'opération a été arrêtée.

Le volume du dépôt est de 264 mètres cubes, dont environ 184 mètres cubes dans la masse grenue du système supérieur et moyen et 80 mètres cubes dans le système boueux inférieur.

En dehors des phénomènes généraux que nous avons déjà remarqués dans les expériences précédentes (stratification complète du dépôt, triple système de couches, variations dans l'inclinaison, la puissance et la constitution des couches du système moyen, etc.), le principal intérêt de ce dépôt se trouve dans les parties *a b*, *c d* et *T* (FIG. 1, 2 et 3, PL. XXIII).

*Partie A B.* — La FIG. 2 montre :

1<sup>o</sup> Des couches du système moyen convergeant vers la couche horizontale terreuse *I I*, se confondant plusieurs ensemble et finissant par disparaître ;

2<sup>o</sup> Des ondulations bien marquées dans ladite couche terreuse ;

3<sup>o</sup> Une série de petits amas en chapelets *S<sup>1</sup>*, *S<sup>2</sup>*, *S<sup>3</sup>* ;

4<sup>o</sup> Des veines à pendage renversé *R*, comprises entre des couches horizontales.

L'aplatissement, la convergence et la disparition graduelle des couches du système moyen ont déjà été expliqués par l'entraînement inégal auquel sont assujettis les grains de grosseurs différentes.

Les ondulations résultent du poids que les couches supérieures apportent, au moment de leur formation, sur les couches limoneuses et molles du fond ; ce poids tend à soulever les limons en avant, c'est-à-dire du côté où la charge est faible. Puis de nouvelles couches

se forment, compriment la partie soulevée, en soulèvent une autre, et ainsi de suite.

Sous ces mouvements successifs, la terre argileuse s'ondule, mais garde sa continuité, tandis que la couche de schlamms à grains fins qui la recouvre, étant moins plastique, se divise en amas et forme le chapelet S<sup>1</sup>, S<sup>2</sup>, S<sup>3</sup>.....

Quant aux lignes de pendage renversé R, R', il est probable qu'elles sont aussi la conséquence des affaissements successifs de la masse supérieure.

*Partie c d.* — La boue argilo-ferrugineuse qu'on a fait arriver le 1<sup>er</sup> jour à 6 heures du soir, s'est répandue dans toute l'étendue du bassin et a formé la couche M, M<sup>3</sup>, M<sup>5</sup> (FIG. 1 et 3), à peine marquée dans les parties médiane et supérieure du dépôt et de plus en plus puissante à mesure qu'on approche de l'extrémité B du bassin où elle se trouve à peu près seule.

Cette couche M assez régulière vers ses extrémités est fort tourmentée en son milieu. A partir du 27<sup>e</sup> mètre, elle présente, ainsi que les couches du système moyen qui la recouvrent, des accidents qui contrastent avec l'aspect des couches de dessus et de dessous. On voit d'abord en M<sup>1</sup>, M<sup>2</sup>, M<sup>3</sup>, M<sup>4</sup>, des mamelons irréguliers de plus en plus accentués ; en M<sup>5</sup>, les pointements argileux ne s'arrêtent plus dans la couche limoneuse immédiatement supérieure, ils s'élèvent plus haut et pénètrent comme une véritable injection en M<sup>7</sup>, au milieu des couches du système moyen. En M<sup>6</sup>, l'argile se divise, flotte et se répand en figures bizarres au milieu du limon charbonneux.

A chacun des mamelons de la couche M correspond un mamelon en sens inverse ou plutôt une sorte d'affaissement des couches de dessus ; les mouvements se prolongent jusqu'au sommet du système moyen.

L'allure de la couche M donne des indications précises sur l'ordre de ces mouvements :

Il paraît évident que cette couche a d'abord été régulière et ininterrompue de N en N<sup>6</sup> et qu'au moment où elle s'est formée la couche M était régulière aussi. Jusque-là il entraît beaucoup de grains dans la constitution de la couche M ; le limon charbonneux L, L<sup>1</sup>, L<sup>2</sup>,.... était aussi très grenu et la charge exercée par les couches inclinées était moins forte.

En M, la couche d'argile, plus boueuse, a commencé à céder ; le limon charbonneux, peu consistant, s'est laissé facilement pénétrer ; l'argile poussée en avant a cherché à se faire un passage en M', et les couches supérieures se sont affaissées.

Il s'est produit en ce point deux mouvements successifs indiqués par les deux ressauts de la couche limoneuse N, et par les dépôts Q et P ; les couches Q se sont formées après le premier mouvement, le dépôt P après le deuxième.

Le petit rejet Q<sup>1</sup>, qui n'atteint pas les couches P montre que le mamelon M<sup>2</sup> s'est formé après les couches Q et avant les couches P.

Les couches P<sup>1</sup>, P<sup>2</sup>, P<sup>3</sup>, paraissent s'être formées entre l'apparition des deux mamelons M<sup>3</sup> et M<sup>4</sup>.

Plus on avance et plus les ondulations, les mamelonnements et les pointements de la couche M sont accentués. Il faut remarquer que le limon charbonneux de dessus est de plus en plus épais et de plus en plus boueux. C'est ce qui permet à l'argile de s'infiltrer dans les couches médianes en M<sup>7</sup>, de se diviser et de se répandre ensuite en mille formes bizarres dans la couche limoneuse.

En M<sup>1</sup>... M<sup>3</sup>... M<sup>4</sup>..., on remarque le phénomène inverse ; là ce sont des boules de limon charbonneux qui se sont isolées dans la couche argileuse.

La couche du fond du bassin est aussi affectée par les mouvements dont nous venons de parler ; mais les couches superficielles n'en portent pas de trace. Les premières n'étaient pas encore consolidées quand les mouvements ont eu lieu, et quand les dernières se sont déposées les mouvements avaient cessé.

*Partie T*, FIG. 1. — Lorsqu'après la formation du dépôt on a évacué l'eau du bassin, le bord du delta s'est affaissé et les redans figurés en T (FIG. 1) se sont produits.

Ce mouvement est dû à la grande épaisseur des limons charbonneux et argileux et à l'insuffisance de leur consistance au moment de la vidange du bassin. Pressées par la masse supérieure T qui n'était plus atténuée par l'eau, les boues ont été refoulées en avant et les couches supérieures se sont affaissées et brisées.

*Conclusions.* — L'expérience n° 19 montre un dépôt neptunien extrêmement irrégulier sous une formation alluviale contemporaine régulière.

Ondulations, chapelets, inclinaisons variables et même renversées, étranglement de couches, éparpillement de la matière d'une couche au milieu des couches voisines, failles, interruption brusque d'un paquet de couches, etc., etc., changements complets dans la constitution du dépôt d'une extrémité à l'autre du bassin, etc., etc. Il semble que toutes les irrégularités possibles se soient réunies dans le dépôt n° 19, et cependant ce dépôt s'est formé dans un bassin aux eaux tranquilles et dans des conditions qui n'ont rien d'extraordinaire.

Expérience n° 20.

*Effet produit par la réunion des attérissements de deux courants* (FIG. 6, PL. XXIII). — Le bassin ayant

été préalablement rempli d'eau claire on a fait arriver à 6 heures du matin, un courant de schlamms de 52 litres par seconde.

Les deux tiers du courant se déversaient à l'extrémité A, l'autre tiers sur le côté en A', à 19 mètres de distance.

Le courant a coulé toute la journée, sauf de 11 heures à midi et l'opération a été terminée à 6 heures du soir. Le delta avait 29 mètres de longueur.

Les quatre premiers mètres du dépôt ont la forme ondulée que nous avons déjà vue sous la bouche du canal dans les dépôts précédents.

Jusqu'au 10<sup>e</sup> mètre (Fig. 6) on voit ensuite des couches inclinées parallèles, perdant de leur inclinaison, de leur puissance, et devenant plus limoneuses à mesure qu'elles s'approchent du fond du bassin.

Du 10<sup>e</sup> au 19<sup>e</sup> mètre, le dépôt est très accidenté ; c'est la partie la plus intéressante de l'expérience n<sup>o</sup> 20. Elle est représentée à plus grande échelle dans la figure 7.

Au 19<sup>e</sup> mètre, en A' se trouve la bouche du courant latéral.

Les gros grains charriés par le courant latéral ont formé sur quelques mètres des couches à double pendage, dont l'inclinaison s'élève jusqu'à 45 degrés. Ces couches descendent jusqu'au fond du bassin, sur lequel elles s'arrêtent brusquement.

En amont, les couches du courant latéral A' se distinguent nettement de celles du courant principal A dont elles sont séparées par le brouillage limoneux CD ; en aval, les deux apports se sont confondus et sont représentés par les mêmes couches à partir du 25<sup>e</sup> mètre. Les deux formations se distinguent encore au 23<sup>e</sup> mètre (Fig. 9. coupe en travers).

Revenons à la partie accidentée E F.

*Partie E F.* — Sous les couches horizontales super-

ficielles H on rencontre d'abord des couches G, plissées en zigzag, sur une certaine longueur, qui se prolongent avec une inclinaison croissante, au point de devenir presque verticales et qui se terminent brusquement sur une puissante couche limoneuse. Dans le limon on trouve au-dessous de ces couches des amas de grains qui ont manifestement appartenu aux couches brusquement interrompues.

Au-dessus viennent d'autres couches J K, K L, non plissées, mais terminées de la même manière, un peu plus confusément, cependant, sur une couche limoneuse C D.

A la partie supérieure du dépôt se trouvent les couches alluviales H horizontales d'abord, puis un peu inclinées et formant un bassin en T au-dessus du grand amoncellement de limons C D.

L'amas limoneux s'arrête subitement devant les couches inclinées en amont du dépôt latéral M N.

Il est facile de rétablir, au moins en partie, les mouvements auxquels le dépôt a dû sa forme définitive.

Le dépôt formé par le courant latéral A' a constitué tout d'abord une sorte de barrage qui a retenu, en amont, les limons apportés par le courant principal, une partie des limons du courant A' sont restés aussi du même côté.

En o, vers le 4<sup>e</sup> mètre, les couches grenues reposent encore sur le fond du bassin sans interposition de limon ; au 10<sup>e</sup> mètre, en P, le limon avait déjà une certaine épaisseur lorsque les couches inclinées se sont déposées au-dessus ; en avant, les particules sont encore plus ténues et la couche limoneuse plus molle. Bientôt le limon n'a plus eu la consistance nécessaire pour supporter la charge des nouveaux dépôts, les couches grenues se sont affaissées et la boue a été refoulée en avant. C'est dans une série de mouvements

semblables que le limon a été refoulé en D C, que les zigzags G (FIG. 7) se sont produits, que les couches IJ sont devenues presque verticales dans le bas, en laissant leurs extrémités se disséminer dans le limon ; que les couches K L ont été redressées, et que les couches superficielles H, d'abord horizontales, se sont creusées en T.

*Conclusions.* — Lorsque le cône de déjection d'un courant vient à être enveloppé des sédiments d'un autre courant, les premières couches peuvent avoir l'aspect d'un dôme de soulèvement au milieu du dépôt.

Le tassement que subissent les couches inférieures détermine des déformations de divers genres dans les couches superposées : cassures, ondulations, redressements, failles limitées, etc.

---

3° *Dépôts dans un bassin de 60.000 mètres cubes.*

Planche XX.

Expérience n° 27.

*Dépôt A.* — La contenance de l'étang de Pourcheroux est d'environ 60.000 mètres cubes ; ses bords sont en pente douce, excepté à l'aval où il est limité par une digue en maçonnerie ; sa profondeur augmente graduellement de tous les côtés en allant des bords vers le milieu de la digue, où elle atteint 6 mètres.

L'étang reçoit irrégulièrement, par le ruisseau CA, de l'eau dont l'excès s'écoule par le déversoir T. Le débit du ruisseau varie de 0 à 10 mètres cubes par minute.

L'étang de Pourcheroux était resté plein d'eau depuis le 20 septembre 1876 jusqu'au 3 décembre 1880. Les

matières charriées pendant ce temps avaient formé un petit delta à l'embouchure du ruisseau (Fig. 6).

Le 3 décembre 1880 on jeta dans le ruisseau, à 100 mètres de son embouchure, 8 mètres cubes de schlamms, boue noire composée de fines particules de houille et de matières terreuses. Cette boue fut entraînée dans l'étang.

Deux mois après, on jeta sur le même point du ruisseau 8 mètres cubes d'argile ferrugineuse qui furent également entraînés dans l'étang.

Le 3 février 1881 on fit le nettoyage du ruisseau sur deux kilomètres de long, jetant dans le courant les terres et les végétaux déplacés.

Le 25 février on vida l'étang, et quelques jours après, on prit sur le dépôt les renseignements figurés sur la PL. XX (Fig. 5 à 12).

Sur ces dessins le dépôt des schlamms est figuré en noir, le dépôt d'argile ferrugineuse en rouge ; les petits traits noirs ondulés représentent des végétaux.

La partie supérieure du dépôt, au niveau de l'eau, est à peu près horizontale ; ses bords sont sinueux.

Le dépôt se prolonge au-dessous du niveau de l'eau par un talus dont l'inclinaison, d'abord de 25 à 30 degrés, va en diminuant et se confond en bas avec celle du bassin. Une couche de vase de quelques centimètres d'épaisseur couvre tout le fond de l'étang. Cette vase est constituée en partie par des végétaux en décomposition.

Les Fig. 7 à 11 montrent la constitution intime du dépôt.

Le dépôt est stratifié, irrégulièrement, mais nettement. Les couches sont généralement lenticulaires, quelques-unes sont ramifiées (Fig. 7, 8, 10 et 11) ; leur inclinaison varie de quelques degrés à 30 degrés.

*Dépôt des schlamms.* — Quand les schlamms sont arrivés dans l'étang le dépôt était déjà formé aux deux tiers, on s'en rend bien compte sur les FIG. 7, 8, 9 et 11.

Les schlamms sont inégalement répartis autour du delta ; ils ont laissé une trace dans la partie horizontale supérieure (FIG. 7 et 8) et ont formé deux amas, l'un à droite, l'autre à gauche (FIG. 11). L'amas de droite part du terrain ancien, c'est-à-dire de la paroi même du bassin ; il se renfle, puis se subdivise et se perd en direction ; la FIG. 11 ne montre pas trace de couche noire au milieu du dépôt. Mais plus loin les schlamms reparaissent et forment une autre lentille très allongée qui se prolonge à gauche jusqu'à la limite du dépôt. Le premier amas est recouvert d'argile ferrugineuse, le second de végétaux.

La forme lenticulaire des dépôts de schlamms est encore plus accusée suivant l'inclinaison (FIG. 7, 8, 9) que suivant la direction.

*Dépôt d'argile ferrugineuse.* — Le dépôt d'argile ferrugineuse a beaucoup d'analogie avec celui des schlamms : forme lenticulaire, ramifications, inégale répartition autour du delta, traces dans la partie alluviale, etc.

*Dépôt des végétaux.* — Les végétaux se sont arrêtés en grande partie sur le talus du delta ; ce sont des feuilles, des herbes, des branches, des racines, des fruits et autres débris. On en trouve cependant quelques-uns sur toute la surface de l'étang avec un fin limon vaseux.

La FIG. 7 montre plusieurs veines de végétaux qui prennent naissance dans la partie haute du delta, au milieu des sables et des argiles, et se réunissent au-delà des couches terreuses en une seule couche plus épaisse.

La Fig. 10 montre le même fait suivant la direction : deux couches végétales, séparées par des sables et l'argile ferrugineuse, se réunissent en une seule qui se continue ensuite assez régulièrement sur une grande étendue.

Sur les Fig. 7 et 8, on voit, dans les sables de la base du dépôt, de petits amas de végétaux épars et très irréguliers.

Dans la coupe 8, on voit en F un tronc vertical ; c'est une petite tige renversée dont les rameaux sont enfouis dans le sable et les feuilles du dépôt.

#### Expérience n° 28.

*Dépôt B* (Fig. 12). — L'étang ayant été nettoyé, puis rempli d'eau, le ruisseau fut détourné de CA en CB. Un dépôt B (Fig. 12) fut formé en deux ans, du 10 mars 1881 au 20 février 1883.

Ce dépôt, formé avec les seuls apports du ruisseau, consiste en sables, argiles, galets et débris végétaux.

La stratification est bien marquée au-dessous de la partie alluviale qui est à peu près horizontale ; l'inclinaison varie de 25 à 30 degrés. Dans chaque strate les grains sont généralement plus grossiers vers le mur que vers le toit. De gros galets se trouvent assez bas dans le dépôt.

Les végétaux se sont séparés des autres sédiments ; ils forment une couche pure qui prend naissance dans la partie inférieure des couches terreuses et s'étend bien au-delà.

Le volume de ce dépôt B est d'environ 40<sup>m³</sup>.

Le débit du ruisseau ayant été en moyenne d'environ 10 mètres cubes par minute, soit de 10.252.800<sup>m³</sup> depuis le 10 mars 1881 jusqu'au 20 février 1883, la proportion des matières charriées a été de 1 pour 256.320<sup>m³</sup> d'eau.

La masse végétale représente à peu près  $1/40^{\circ}$  de la masse totale du dépôt.

Le ruisseau et l'étang de Pourcheroux m'ont permis d'observer la formation de *marmites de géants* et de *terrasses*.

Le dernier lit du ruisseau, CB, avait été tracé avec une assez forte pente, dans un banc d'argile à cailloux. L'argile était attaquée, délayée et emportée par le ruisseau ; les cailloux, gros comme le poing, résistaient à l'entraînement, et se trouvaient bientôt en liberté dans une dépression qu'ils contribuaient à creuser rapidement. Au bout de quelques jours, le lit du ruisseau était parsemé de trous de 20 à 30 centimètres de diamètre et de 15 à 20 centimètres de profondeur au fond desquels se trouvaient un ou plusieurs cailloux en mouvement dans l'eau.

Les *terrasses* se forment toutes les fois que le niveau de l'étang, après avoir été longtemps stationnaire, baisse d'une hauteur notable. La surface des petits deltas émerge alors et reste en contre-haut du niveau de l'étang ; elle ne tarde pas à être ravinée par les ruisseaux. Si l'étang conserve encore assez longtemps un niveau inférieur et qu'une nouvelle dénivellation se produise ensuite, d'autres terrasses se forment. On voit parfois, sur les bords de l'étang, une série de plates-formes qui accusent chacune un niveau auquel les eaux sont longtemps restées.

*Réservoir de Montvicq.* — Dans un autre réservoir de 20.000 mètres cubes, alimenté aussi par un ruisseau, j'ai pu observer des dépôts tout à fait analogues à ceux de Pourcheroux. L'inclinaison des bancs de sable s'élevait jusqu'à 33 degrés ; celle des couches végétales était plus faible.

Les expériences précédentes ont été faites dans un bassin déjà grand, mais bien petit encore comparative-ment aux grands lacs naturels. Si cette pièce d'eau, au lieu de s'arrêter à la digue d'aval s'était étendue cent fois, mille fois davantage, rien n'était changé d'ailleurs dans les conditions du ruisseau et de la partie actuelle du bassin, les dépôts A et B auraient-ils été différents ? Non, évidemment, si l'eau de l'étang n'eût pas été plus agitée par le vent. Dans un lac immense, aux eaux tranquilles comme celles de Pourcheroux, les dépôts auraient pris la même forme.

Nous sommes donc ici en présence de dépôts que l'on peut considérer comme naturels.

Nous y voyons, comme dans nos dépôts artificiels les plus réduits :

- a Une stratification bien marquée ;
- b Des couches irrégulières au point d'être méconnaissables d'un point à un autre du dépôt ;
- c Des couches ramifiées ;
- d Une faible partie du dépôt, celle qui est au-dessus du niveau de l'eau, constituée par des couches à peu près horizontales ; la partie principale du dépôt, celle qui se trouve au-dessous du niveau de l'eau, constituée par des couches dont l'inclinaison s'élève à 25 et 30 degrés.
- e Des couches de végétaux distinctes et à peu près pures, bien que les éléments en soient venus un à un en même temps que les matières terreuses. Ces couches partent de la partie inclinée du delta et s'étendent au-delà des couches de sable et d'argile.

Les végétaux se sont déposés sur le bord incliné du bassin.

Dans certaines parties du dépôt les végétaux sont mêlés aux autres sédiments.

*f* Des couches de sable et d'argile dont la puissance va en diminuant à mesure qu'elles s'enfoncent davantage et qui viennent finir au-dessus d'une même couche végétale, tantôt brusquement, tantôt en confondant leurs éléments avec ceux de la couche végétale.

*g* Pendant les cinq ans qu'ont duré les deux expériences de Pourcheroux nous avons vu bien des fois le cours d'eau se déplacer et se subdiviser de différentes manières sur la partie alluviale du dépôt. Comme nous le savons, c'est la cause des sinuosités des bords du delta et de beaucoup d'autres particularités.

*h* Au moment des plus grands apports de matière terreuse, qui avaient lieu avec un débit de 10 mètres cubes par seconde, la surface de l'eau boueuse, au bord, n'était plus troublée d'une manière sensible à 20 mètres de l'embouchure ; les végétaux disparaissaient aussi presque tous dans ce rayon.

En résumé, nous retrouvons ici à peu près toutes les particularités que nous avons constatées dans les bassins de 500 mètres cubes et dans les petites caisses de quelques litres de capacité.

---

4° *Mode de dépôt des végétaux charriés en même temps que des sédiments minéraux.*

Nous avons vu comment et au bout de combien de temps les matières végétales gagnent le fond des bassins à la surface desquels on les a abandonnées ; nous verrons ici comment les mêmes matières végétales charriées par un courant en même temps que des sédiments minéraux se déposent dans le bassin commun de dépôt.

Pour pouvoir faire ces observations dans de courtes expériences sédimentaires, j'ai fait préalablement

tremper les végétaux dans l'eau, assez longtemps pour que leur densité fût devenue supérieure à celle de l'eau.

Nous nous occuperons d'abord des feuilles, puis des arbres, arbustes, tiges, branches, etc.

#### Dépôt des feuilles.

Des feuilles (de chêne, de platane, d'acacia, de peuplier, etc.) qui ont séjourné six mois dans l'eau et qui s'enfoncent immédiatement dans l'eau tranquille, ont été jetées dans le courant, une à une à intervalles réguliers et rapprochés, pendant toute la durée du charriage des matières minérales suivantes :

Sable en grains de 1 à 2 millimètres ;

Houille — — —

Pyrites — — —

Argile en poussière impalpable.

Ces matières mélangées intimement, en parties égales, ont été jetées en quantité régulière dans le courant pendant toute la durée de l'opération.

Des galets de la grosseur d'une noisette ont aussi été jetés dans le courant, par intervalles, à raison de 1 par litre de mélange charrié.

Comme bassin de dépôt on a employé des caisses de 2 à 3 mètres de long, de 0<sup>m</sup>,15 à 1<sup>m</sup>,00 de large, de 0<sup>m</sup>,20 à 0<sup>m</sup>,30 de profondeur.

Le courant a varié de 1 litre à 40 litres par minute ; la durée de l'opération de 2 heures à 48 heures.

Pour 1 litre de feuilles tassées on a employé de 4 à 8 litres de matières minérales mélangées.

Les FIG. 13, 14, 15, 16, 17 et 18, PL. XX, représentent quelques-uns des dépôts ainsi formés.

Ces expériences ont donné lieu aux observations suivantes :

Comme dans toutes les expériences de charriage en eau tranquille, le dépôt se subdivise en trois systèmes de couches; le système supérieur, à couches faiblement inclinées, presque horizontales; le système moyen à couches fortement inclinées et le système inférieur à couches presque horizontales.

Les grains grossiers sont presque entièrement restés dans les deux systèmes supérieurs, l'argile et les feuilles se trouvent dans le système inférieur.

Dans les expériences à faible courant les galets sont restés dans le système supérieur; avec les courants plus forts, ils se sont répandus dans le système moyen, mais ils n'ont pas pénétré dans le système inférieur.

La présence des feuilles ne paraît pas avoir changé la disposition générale des autres sédiments.

L'inclinaison des couches neptuniennes varie de zéro à 40 degrés; celle des couches alluviales de 1/2 à 5 degrés, d'autant plus faible que le courant est plus fort et a coulé plus longtemps.

Les couches sont irrégulières. Comme dans tous les dépôts en eau tranquille l'inclinaison des couches neptuniennes va en diminuant du haut vers le bas; il n'y a de changements graduels dans la constitution des couches, passage insensible dans une même couche de la matière minérale à la matière végétale; des ramifications, des convergences, etc. L'irrégularité est moins grande dans les dépôts formés par les plus forts courants.

*Position et disposition des feuilles.* — Les feuilles se comportent à peu près comme les fines particules minérales qui ont la même vitesse de chute dans l'eau ou dont elles sont les *équivalents*.

Elles se classent, se stratifient comme les autres sédiments, formant tantôt des couches distinctes, tan-

tôt des couches plus ou moins mélangées d'autres matières. Elles sont généralement associées aux limons et constituent plutôt les couches peu inclinées de la partie inférieure des dépôts ; on en trouve cependant aussi au milieu des éléments les plus grossiers.

Certaines particules terreuses très fines vont se déposer plus loin que les feuilles ; de sorte qu'on peut trouver dans un même dépôt plus près de l'embouchure des couches argileuses avec peu de feuilles, ensuite des couches de feuilles avec peu d'argile, puis, encore plus loin, des couches argileuses renfermant peu ou pas de feuilles.

On peut dire que l'allure des dépôts n'est pas sensiblement modifiée par la présence des feuilles lesquelles se comportent comme un limon moins ténu que les plus fines particules qui résultent de la pulvérisation des matières terreuses.

Expérience n° 21.

Fig. 13, Pl. XX. — Cette figure représente un dépôt formé en 48 heures par un courant de 1 litre par minute qui charriait le mélange dont nous avons parlé plus haut.

Les feuilles se sont surtout amoncelées sur le fond du bassin, presque sans mélange d'argile en amont (vers C) et très rares au contraire à l'autre extrémité B où la couche de fond est presque exclusivement argileuse. La proportion d'argile augmente graduellement de C en B.

Quelques ramifications partent de la couche végétale du fond et s'élèvent en couches inclinées jusque vers la partie supérieure du dépôt. Ces ramifications alternent avec des couches ou amas de houille, de sable et de pyrite.

L'ensemble du dépôt est d'ailleurs fort irrégulier.

## Expérience n° 22.

FIG. 14, PL. XX. — *Dépôt formé par un courant de 40 litres par minute. Durée de l'opération : 2 heures. — Mêmes matériaux. — Le dépôt est plus régulier, mieux stratifié.*

L'argile emportée par la vitesse du courant n'a pas eu le temps de se déposer et est presque entièrement sortie du bassin ; il en est resté cependant encore des traces en B.

Les feuilles se trouvent dans deux couches :

1° En FE, mêlées à une forte proportion de houille ; la couche commence et finit assez brusquement ;

2° En DB, mêlées d'abord en D à du sable fin, puis à une proportion croissante d'argile. Les deux couches végétales sont séparées par un lit de houille.

La FIG. 15 est une coupe transversale faite en *a b*.

## Expérience n° 23.

FIG. 16. — *Dépôt obtenu avec un courant de 10 litres par minute, en 24 heures.*

## Expérience n° 24.

FIG. 17. — *Courant de 20 litres par minute ; durée de l'opération : 12 heures.*

## Expérience n° 25.

FIG. 18. — *Courant de 40 litres par minute ; durée de l'opération 6 heures.*

La FIG. 19 est une coupe transversale.

Ces divers dépôts montrent quelques-unes des dispositions que peuvent prendre les feuilles au milieu des autres sédiments.

Les galets sont parfois descendus assez bas dans les couches neptuniennes ; ils n'ont pas pénétré dans les couches de feuilles.

La coupe en travers n° 19 montre que les dépôts sont aussi irréguliers dans le sens transversal que dans le sens longitudinal.

Dépôt des arbres, arbustes, tiges, branches, racines et autres débris végétaux au milieu des sédiments minéraux.

Nous avons vu comment les feuilles se déposent au milieu de sédiments minéraux charriés par un courant dans un bassin aux eaux tranquilles.

Nous avons vu également comment les arbres, arbustes, tiges, branches, racines et autres débris végétaux se comportent dans l'eau pure et tranquille.

Il nous reste à montrer quelle place ces derniers débris prennent au milieu des sédiments minéraux. Les expériences suivantes ont été faites dans ce but.

#### Planche XXIV.

##### Expérience n° 26.

Des arbustes et des plantes diverses, pourvus de feuilles et de racines, ont été jetés à l'embouchure du courant qui porte les schlamms dans les bassins de 500 mètres cubes.

Quatre opérations différentes ont été faites qui ont duré chacune trois jours.

Le débit du courant a varié de 20 à 50 litres par seconde.

Pendant la durée des quatre opérations, on a jeté dans le courant, par intervalles, 210 plantes (fougères, acacias, peupliers, genêts, etc.). Ces plantes avaient de 0<sup>m</sup>,50 à 1<sup>m</sup>,25 de hauteur ; elles se sont fixées dans

toutes les parties du dépôt : dans les couches superficielles, dans les couches inclinées du système moyen, dans le limon inférieur. Elles ont pris les diverses positions indiquées dans le tableau suivant :

VÉGÉTAUX JETÉS DANS LE COURANT		NOMBRE D'ARBUSTES TROUVÉS DANS LE DÉPÔT AVEC LES POSITIONS CI-DESSOUS				
Nature.	Nombre.	Parallèles aux strates.	Perpendiculaire aux strates.	Verticaux.	Horizontaux.	Obliques par rapport à la stratification et à la pesanteur.
Fougères.....	119	41	6	2	5	95
Peupliers.....	48	8	0	2	4	7
Acacias.....	20	9	0	1	2	8
Genets d'Espagne..	48	7	1	5	4	4
Spireas.....	17	4	1	1	0	11
Cerisier à grappes.	48	8	1	1	3	5
	210	47	9	12	12	130

Rapportés à 100, ces nombres donnent :

Arbustes parallèles aux strates ou couchés. . .	22
— perpendiculaires aux strates ou nor- maux . . . . .	4
— verticaux (à peu près). . . . .	6
— horizontaux (à peu près). . . . .	6
— obliques par rapport aux strates et à la verticale . . . . .	62
Total. . . . .	100

La proportion des arbres normaux (perpendiculaires aux strates) est bien faible, tandis que celle des arbres couchés (parallèlement aux strates) et obliques est considérable.

Les FIG. 1 à 14, PL. XXIV, représentent la disposition de quelques-uns des arbustes renfermés dans le dépôt. Il y en a de couchés, de normaux aux strates, de verticaux; il y en a même qui sont debout, la racine en haut.

Cette expérience montre que les végétaux peuvent prendre au milieu des sédiments minéraux les dispositions les plus variées, notamment la position perpendiculaire aux strates, la position verticale et même la position verticale renversée, c'est-à-dire avec racines en dessus.

On conçoit facilement que les arbustes, qui ont une tendance à rester debout dans l'eau pure, soient fixés dans cette position ou dans une position voisine, par les matières qui se déposent : quelques sédiments entourent d'abord à sa partie inférieure le végétal qui se trouve ainsi peu à peu consolidé.

On conçoit aussi que dans un dépôt à formation rapide, les arbres à peu près debout soient relativement beaucoup plus nombreux que dans un dépôt lent à se former; dans ce dernier, les végétaux peuvent avoir le temps de se coucher avant que des sédiments soient venus entourer leur base.

5° *Influence des végétaux sur l'allure des couches sédimentaires qui les renferment.*

Expérience n° 29.

L'expérience suivante a été faite dans les bassins à schlamms.

On a fixé, sur le fond d'un bassin, dans l'axe, les poteaux verticaux, A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M; puis on a rempli le bassin et amené les schlamms pendant deux jours,

Dans un premier essai (Fig. 15, 16, 17, PL. XXIV), tous les poteaux dépassaient en hauteur le niveau supérieur du bassin.

Dans un deuxième essai (Fig. 18 et 19, PL. XXIV), quelques poteaux étaient plus petits que la hauteur présumée du dépôt ; dans ce deuxième essai, on a aussi jeté dans le courant, par intervalles, de petits fagots de bois.

Les Fig. 18 et 19 représentent quelques parties des dépôts ainsi formés.

Ces dépôts paraissent profondément troublés dans le voisinage des poteaux et des fagots. Il n'est pas une couche dont l'allure n'ait été modifiée.

(a) Tantôt la couche d'amont est nettement interrompue et ne reparait plus en aval (poteaux D, E, F, G, H, I, J, K, M) ;

(b) Tantôt ce sont des couches nouvelles qui se montrent tout à coup en aval (poteaux B, C, D, E, F, G, H, I, J, K) ;

(c) Lorsque les couches ne sont pas interrompues, elles éprouvent souvent, d'un côté à l'autre du poteau, un changement d'inclinaison (poteaux D, E, F, G, H, J), de puissance (B, C, H, I, J) ou de constitution (C, D, E, F, H, L).

(d) Près des poteaux, les couches présentent des inflexions diverses : généralement un rebroussement, un léger relèvement (A, B, C, D, H, I, J, L, M), souvent une dénivellation notable (A, D, E, F, G, H, L), des ondulations (C, H, I, J, M), quelquefois des sortes de poches (D, G, K). Ces poches se trouvent à l'amont ; elles sont souvent remplies de grains différents de ceux des couches voisines du même niveau!...

Nous nous arrêtons dans cette description des accidents sédimentaires déterminés dans le dépôt par des

poteaux verticaux fixés au milieu du bassin. Les FIG. 15 à 20 donnent une idée complète de ces accidents.

La FIG. 20 à grande échelle est une représentation très minutieuse de l'une des parties du dépôt les moins modifiées autour d'un poteau. On y voit cependant des rebroussements, des changements notables de puissance et d'inclinaison. On y voit aussi la cuvette qui se forme presque toujours autour des poteaux dans la partie superficielle du dépôt.

Le fagot F<sup>1</sup> (FIG. 18) n'a pas troublé beaucoup le dépôt; il a seulement déterminé une augmentation de puissance du groupe des couches inclinées; mais autour du fagot F<sup>2</sup> (FIG. 19), on trouve presque tous les accidents auxquels les poteaux ont donné naissance: couches d'amont interrompues; couches nouvelles en aval; changements d'inclinaison, de puissance de constitution, ondulations, dénivellations, etc.

On voit que les bois charriés ont une assez grande influence sur l'allure des sédiments qui les entourent.

---

§ 2. — DÉPÔTS FORMÉS DANS DES BASSINS AUX EAUX  
AGITÉES PAR DES VAGUES ARTIFICIELLES.

Les FIG. 20 à 26 (PL. XX) représentent de petits deltas formés sous l'action de vagues artificielles obtenues au moyen d'oscillations imprimées à la caisse servant de bassin de dépôt.

Comme pour les essais en eau tranquille, l'eau arrivait par une extrémité A de la caisse et se déversait par l'autre extrémité B. La caisse, alternativement soulevée et abaissée en B, oscillait autour du point A' (sous A) servant de charnière. Le nombre des oscillations a varié de 10 à 22 par minute; leur amplitude de

0<sup>m</sup>,02 à 0<sup>m</sup>,10. La durée des expériences a varié de quelques heures à 35 jours.

L'eau, à peu près calme du côté du déversoir, se trouvait animée en amont d'un mouvement de va-et-vient analogue à celui des vagues sur le rivage de la mer (1).

Expérience n° 30.

Caisse de 2 mètres de long, 0<sup>m</sup>,15 de large, 0<sup>m</sup>,20 de profondeur.

Amplitude des oscillations, 0,07. Nombre, 22 par minute.

Courant de 12 litres par minute.

Matériaux employés : mélange de :

6 litres grains de houille de 1 à 2 millimètres.

6 — — de sable — —

6 — — de pyrite — —

6 — — d'argile pulvérisée.

4 — feuilles imbibées d'eau par une immersion préalable et quelques cailloux roulés.

Durée de l'opération : 4 heures.

Expérience n° 31.

Caisse de 2 mètres de long, 0<sup>m</sup>,45 de large, 0<sup>m</sup>,20 de profondeur.

Même courant, même mélange de matériaux et même

(1) Cette comparaison ne paraîtra pas extraordinaire à ceux qui ont pu voir sur les bords de la Manche ou ailleurs certaines anfractuosités profondes et de quelques décimètres de largeur seulement, dans lesquelles l'eau pénètre comme dans les larges baies voisines. Ces petites anfractuosités donnent un spectacle tout à fait semblable comme mouvement des flots et comme phénomène sédimentaire, à celui de nos caisses d'eau, et peu différent d'ailleurs (sauf la grandeur) de celui des grandes plages.

mouvement oscillatoire que dans l'expérience précédente.

Durée de l'opération, 24 heures. Quantité de matériaux charriés, 72 litres.

Expérience n° 32.

Mêmes conditions générales que dans l'expérience n° 31. Durée de l'opération, 48 heures.

Expérience n° 33.

Caisse de 3<sup>m</sup>,75 de long, 0<sup>m</sup>,56 de large, 0,56 de profondeur.

Pas de cours d'eau.

Nombre d'oscillations : 22 par minute ; amplitude, 0,07.

Matériaux employés :

Sable en grains de 2 à 4 millimètres.

Argile pulvérisée.

Houille en grains de 2 à 4 millimètres.

Houille pulvérisée.

Pyrite en grains de 2 à 4 millimètres.

Pyrite pulvérisée.

Les matériaux précédents, bien mélangés, tombaient de 10 minutes en 10 minutes, sur le bord A du bassin ; on y ajoutait, pour 2 litres de mélange, 1 litre de feuilles ramollies et 2 galets.

L'opération a duré 35 jours.

Ce qui, dans les dépôts formés en eau agitée, appelle tout d'abord l'attention, c'est la régularité, le parallélisme des couches considérées dans le sens transversal. La comparaison des coupes (FIG. 23, 25 et 26) avec celle des dépôts en eau tranquille (FIG. 2, 10, 11, 15, 19) figurées sur la seule PL. XX est frappante.

Les vagues ont pour effet d'étaler les matériaux le long du rivage et d'en faire des couches moins inclinées et plus régulières. Plus leur action s'exerce et plus les couches sont minces et étendues. Ainsi le dépôt n° 30 formé rapidement ressemble encore beaucoup aux dépôts en eau tranquille; la ressemblance disparaît, l'inclinaison diminue et la régularité augmente à mesure que l'action des vagues est plus prolongée.

L'argile et les végétaux tendent à aller au large, et forment cependant parfois, au milieu des sédiments plus grossiers, des couches distinctes.

L'influence du cours d'eau sur l'allure du dépôt n'est pas très considérable; cette allure dépend davantage du mouvement de va-et-vient des eaux.

Un changement dans l'amplitude des oscillations ou dans la force des vagues produit aussitôt une modification dans la couche en formation.

---

§ 3. — DÉPLACEMENTS DES COURS D'EAU A LEUR  
EMBOUCHURE.

La PL. XXV a pour but de montrer l'analogie qui existe entre les plus grands et les plus petits deltas, au point de vue du déplacement des cours d'eau.

D'un côté sont figurés les déplacements qui se produisent en quelques instants dans de très petits bassins sous l'influence d'un filet d'eau charriant de petites quantités de matières; de l'autre côté sont représentés quelques deltas naturels, avec les déplacements des cours d'eau constatés depuis la période historique.

Expérience n° 18 bis.

Dans un bassin de 2 mètres de longueur, 1 mètre de

largeur et  $0^m,25$  de profondeur, préalablement rempli d'eau, on a fait arriver un courant de 10 litres par minute, charriant 3 litres  $\frac{1}{2}$  par heure de sable dont la grosseur était comprise entre zéro et 3 millimètres. L'arrivée du courant était au milieu de l'une des extrémités du bassin, le trop-plein s'écoulait au milieu de l'autre extrémité.

On a laissé former le delta représenté par la FIG. 1. Le cours d'eau avait alors (à 1 heure) une branche principale qui suivait à peu près l'axe du delta de chaque côté; plusieurs petits filets, partant de la branche principale, se dirigeaient vers le bassin par des chemins plus ou moins sinueux.

Dix minutes après, à 1 h. 10 (le courant n'ayant pas cessé de couler), on a relevé la nouvelle disposition du cours d'eau indiqué par la FIG. 2. Elle diffère déjà profondément de la précédente; la branche principale a perdu de son importance et a dévié à gauche; les branches secondaires se sont modifiées, de nouvelles ont pris naissance.

On a laissé passer 10 minutes, et, à 1 h. 20, on a noté encore la disposition du cours d'eau. La FIG. 3 diffère considérablement des deux précédentes; on ne reconnaît plus la branche principale primitive; plusieurs branches secondaires ont disparu, de nouvelles se sont formées.

De 10 minutes en 10 minutes (à 1 h. 30, 1 h. 40 et 1 h. 50), on a encore fait de nouvelles observations; les FIG. 4, 5, 6 indiquent la disposition du cours d'eau. Chaque figure diffère notablement des autres; dans le court espace de temps de 10 minutes, le cours d'eau subit de profondes modifications, et le littoral du delta change sensiblement d'aspect. La surface du dépôt subit successivement et assez rapidement en tous ses

points la double action sédimentaire et érosive du courant, d'où résulte une sorte de nivellement.

Ce phénomène s'explique facilement : les matériaux déposés par le courant au moment où, déjà entré dans le bassin, sa vitesse se trouve atténuée, finissent par former un obstacle, une sorte de digue qui s'oppose au libre écoulement des eaux ; le courant se détourne alors latéralement et prend le chemin le plus facile pour arriver au bassin. Dans toute la partie basse, à peine émergée des deltas, le moindre obstacle ou la moindre crue provoquent des débordements.

On avait fait les observations précédentes dans un bassin étroit ; d'autres observations représentées par les FIG. 7 à 12 ont été faites dans un bassin de même profondeur, mais de largeur illimitée. Ici le cours d'eau n'était pas gêné par les parois latérales du bassin.

La FIG. 7 représente le delta et le cours d'eau au moment de la première observation, les autres figures ont été relevées de 20 en 20 minutes.

Les modifications du cours d'eau et du delta ne sont ni moins nombreuses ni moins profondes que dans le bassin étroit.

Voici quelques exemples pris dans la nature :

*Rhône.* — « La vie de l'homme, dit M. Lenthéric, entièrement liée à la nature du milieu qu'il habite, ses mœurs, ses coutumes, ses migrations, son industrie, les moindres conditions de son existence dépendent d'une manière directe de la constitution physique de la surface sur laquelle il s'agite. Sur la plus grande partie du globe, cette surface n'éprouve que des variations lentes, séculaires, à peine appréciables, mais en quelques points, et notamment dans la région des embou-

chures des fleuves à deltas, le territoire se modifie avec une étonnante rapidité et se transforme presque à vue d'œil ; les plaines s'étendent et s'exhaussent après chaque inondation ; des étangs se forment et disparaissent tour à tour ; le fleuve change son cours et fait brusquement irruption au milieu d'alluvions récemment déposées ; des îles nouvelles naissent, se développent, se groupent et finissent par se rattacher au continent ; des flèches de sable se soudent les unes aux autres, détachent du domaine maritime de petits golfes qui se transforment en lagunes, en étangs, en marais et dorment à l'état de terrains vagues et indéfinis, jusqu'au moment où la culture s'en empare ; la mer, enfin, tantôt ronge la côte, tantôt semble se retirer devant elle, et la résultante de tous ces phénomènes successifs est, après une période de quelques siècles, de changer d'une manière notable l'aspect, le relief et la physiologie de toute la région. »

La FIG. 13, PL. XXV, montre la position des lits actuels et de quelques-uns des anciens lits du Rhône.

*Mississippi.* — FIG. 14, PL. XXV. — En dehors de la grande ligne du littoral, le Mississippi s'avance de 40 kilomètres dans la mer, entre deux minces levées d'alluvions, et étale sur les eaux les branches de son delta semblables aux doigts d'une main gigantesque (1). Il suffit de rapprocher cette forme dentelée de la masse énorme des sédiments charriés par le fleuve, pour concevoir les modifications considérables et continuelles que les cours d'eau doivent subir.

*Fleuve-Jaune.* — Le delta du Fleuve-Jaune (FIG. 16) s'étend sur un espace d'au moins 250.000 kilomètres carrés.

---

(1) E. RECLUS, *la Terre*.

La plus ancienne des embouchures de ce fleuve, historiquement connue, était à 90 milles au Nord de celle qui lui sert depuis le XIII<sup>e</sup> siècle jusqu'à 1856. Cette année, le fleuve regagna son ancien lit, au Nord, au prix des plus épouvantables ravages..., et enfin, en 1874, il reprit de nouveau son lit au Sud.

Dans les 25 derniers siècles, il a changé neuf fois de cours.

*Nil.* — Le delta du Nil porte un remarquable exemple du déplacement des cours d'eau. On sait que du temps d'Hérodote le Nil se partageait en deux branches, à Memphis; de nos jours, il se bifurque en aval du Caire, à plus de 20 kilomètres du point où se faisait le partage, il y a 2.400 ans.

*Volga.* — Le delta du Volga, FIG. 18, montre à quel point les cours d'eau peuvent se ramifier à leur embouchure. Sur un espace de plus de 400 kilomètres, le littoral est coupé de canaux très étroits et longs de 20, 30, 40 et même 50 kilomètres.

---

## TROISIÈME SECTION

## INCLINAISON PRIMITIVE DES COUCHES SÉDIMENTAIRES

## ÉTAT DE LA QUESTION

On sait qu'il se forme actuellement, au sein des mers et des lacs, des couches sédimentaires sous toutes les inclinaisons comprises entre zéro et quarante degrés.

On sait aussi que les quatre groupes principaux de roches : poudingues, grès, schistes ou argiles, marnes ou calcaires, existent dans les formations sédimentaires de toutes les époques géologiques ; les autres substances stratifiées : houille, minerais de fer, gypse, phosphates, chlorures, etc., n'entrent que pour une très faible part dans la masse totale des dépôts.

On admet d'ailleurs que l'analogie de constitution comporte l'analogie d'origine ; que la craie du passé, par exemple, s'est formée en eau profonde, comme les dépôts crayeux d'aujourd'hui ; que les grès, les poudingues et les schistes des périodes anciennes sont des dépôts de littoral comme ceux d'aujourd'hui et formés de la même manière....

Cependant, par une sorte d'accord tacite, les géologues paraissent oublier ces faits lorsqu'ils sont en présence des couches sédimentaires anciennes, et il semble que, pour tous, *l'horizontalité primitive* de ces couches soit, selon une expression d'Elie de Beaumont, un axiome.

Cette hypothèse a eu, sur les théories géogéniques en général et particulièrement sur les théories appliquées à la formation houillère, une influence considérable. Il me paraît utile de l'examiner à fond, et d'en démontrer la fausseté.

L'hypothèse de l'*horizontalité primitive des couches sédimentaires* paraît avoir été formulée, pour la première fois, en 1669, par le danois Sténon : « Anatomiste distingué, dit M. A. de Lapparent (1), et préparé par ses travaux favoris au genre d'observations analytiques que réclamait l'étude de la croûte du globe, Sténon trouva en Toscane, où l'avait appelé le grand-duc, l'occasion de précieuses constatations dont il fit connaître les résultats en 1669, dans un opuscule intitulé : *De solido intra solidum naturaliter contento dissertationis prodromus*. Le caractère détritique des éléments qui forment les couches du sol toscan, ainsi que leur disposition, conforme aux lois de la pesanteur agissant au sein d'une masse liquide, y sont nettement affirmés. Avec une rare sagacité l'auteur en déduit l'*horizontalité primitive* des dépôts et arrive à cette conclusion remarquable, que l'inclinaison actuelle des couches doit résulter des changements survenus dans leur gisement originel, sous l'influence des feux souterrains. »

A ce sujet, Elie de Beaumont et Dufrenoy se sont exprimés de la manière suivante (2) :

« *Preuves du dépôt en couches horizontales des terrains de sédiments*. — L'importance de la distinction établie entre les terrains sédimentaires, d'après la

(1) *Traité de Géologie*, 2<sup>e</sup> édition, 1885, p. 10.

(2) *Explication de la Carte géologique de la France*, 1841, Introduction, p. 46.

discordance de la stratification, repose sur la supposition que les couches de sédiment ont dû être déposées dans une position horizontale, et que toutes celles que l'on trouve inclinées, sous des angles un peu prononcés, ont été relevées par une action postérieure. De Saussure et Dolomieu ont depuis longtemps transformé en axiome cette vérité fondamentale de la géologie, par l'examen de la position des galets qui existent dans ces couches ; ils ont remarqué que ces galets, de forme ovoïde, sont placés de manière que leurs côtés plats sont parallèles à la direction de la stratification. Il résulte de cette observation que lorsque les couches sont inclinées de 50 degrés à l'horizon, le plan des deux plus grands axes des galets fait ce même angle avec l'horizon. La figure suivante représente cette disposition. Les galets disséminés dans les couches de poudingues P sont placés parallèlement à la stratification et leurs grands axes sont alignés dans le même sens. »

FIG. 45.



G Granite

P Poudingue

S Séliste

Cette disposition des galets est contraire aux lois de la pesanteur ; car, lorsque des corps pesants sont entraînés par les eaux, ils ne peuvent s'arrêter que lorsqu'ils sont placés sur leurs côtés les plus larges : il en résulte donc nécessairement que des couches inclinées de poudingue ont été relevées postérieurement à leur dépôt. »

« L'angle sous lequel se forment les dunes de sable que les vents accumulent sur les bords de la mer, l'inclinaison naturelle que prennent les terrains dans les travaux de terrassement, prouvent également que, dans aucun cas, des matériaux incohérents ne peuvent former des talus dont la pente aurait plus de 40 à 42 degrés d'inclinaison ; mais, lorsque ces matériaux sont soumis à l'action de l'eau qui leur communique un mouvement de balancement, comme pour les bancs de sable qui s'accumulent à l'embouchure des rivières, cet angle ne s'élève jamais qu'à un très petit nombre de degrés. Les dépôts entassés ainsi par le balancement des eaux marines se distinguent des autres accumulations de matières sédimentaires, qui peuvent se faire de diverses manières en différents points de la surface du globe, en ce que ce sont les seuls qui soient régulièrement stratifiés, et par conséquent, les seuls qui présentent une ressemblance complète avec les dépôts des terrains secondaires qui sont non seulement sédimentaires, mais encore très régulièrement stratifiés. Si donc on compare les couches des terrains de sédiment à ces dépôts journaliers qui se font dans des circonstances assez analogues à celles qui ont présidé à leur formation, on doit en conclure que les premières ne peuvent s'être disposées que sous des angles très faibles ou même horizontalement. L'examen de la pente générale du fond des bassins dans lesquels de pareils dépôts peuvent se former, nous apprend qu'en portant cette inclinaison à quelques degrés on est déjà au-dessus de la vérité ; car il n'existe pas sur le globe un bassin de mer de quelque étendue dont la pente générale s'élève à plusieurs degrés. Ce n'est que par minutes et souvent même par secondes, que ces inclinaisons peuvent s'évaluer. Si l'on supposait, par exemple, que la Manche vint à être comblée par des terrains de sédiments, les inégalités que pré-

sente son fond disparaîtraient bientôt sous les premiers dépôts et l'inclinaison des couches qui se formeraient alors, en supposant qu'elle fût précisément égale à celle du fond, ne serait en général que d'un petit nombre de secondes. En effet, la profondeur de la Manche n'est égale qu'en peu de points à la hauteur du clocher de Strasbourg et même elle est généralement inférieure à 66 mètres, hauteur des tours de Notre-Dame ; de sorte que si on pouvait promener ces tours dans la Manche, leur sommet paraîtrait presque constamment au-dessus de l'eau. L'inclinaison générale du fond de la Manche, d'après cette faible profondeur, ne serait que de quelques secondes. »

Pour Sténon, l'*horizontalité primitive* des couches anciennes était prouvée par l'horizontalité effective des couches de formation récente qu'il avait sous les yeux ; Elie de Beaumont et Dufrenoy tiraient leurs preuves des galets plats disposés parallèlement au plan de stratification des couches et de la faible inclinaison moyenne du fond des mers.

Notons en passant ce que ces deux illustres géologues disent à propos des terrains secondaires : « Ils sont non seulement sédimentaires, mais encore très régulièrement stratifiés..... Les seuls dépôts qui présentent une ressemblance complète avec ces terrains sont ceux qui ont été entassés par le balancement des eaux marines, car ce sont les seuls qui soient régulièrement stratifiés. »

C'est probablement à cette opinion qu'il faut attribuer l'inattention complète dans laquelle les géologues ont laissé les faits qui pouvaient faire douter de l'horizontalité primitive des couches anciennes. Si, en effet, tous les terrains secondaires étaient régulièrement stratifiés, et si tous les terrains stratifiés n'avaient pu se former qu'horizontalement ou à peu près, dans les

eaux de la mer, les faits qui paraissent en contradiction avec ce principe ne pouvaient être que des accidents, des exceptions négligeables.

LYELL a consacré quelques pages à l'*horizontalité primitive des couches*.

« On admet généralement, dit-il (1), que les surfaces supérieures ou inférieures des couches ou *plan de stratification* sont parallèles. Quoique cette assertion ne soit pas exactement vraie, les plans approchent toutefois du parallélisme, par la raison que le sédiment a ordinairement été disposé, à l'origine, en lits à peu près horizontaux. On ne saurait attribuer la cause de cette disposition à un nivellement ni à une horizontalité primitive du lit de la mer, car on sait que dans les endroits où aucune matière n'a été récemment déposée, le fond de la mer est aussi inégal que la surface de la terre et présente, comme elle, des montagnes, des vallées, des ravins. Cependant, si la mer venait à baisser ou l'eau à se retirer, près de l'embouchure d'une grande rivière où un delta aurait primitivement existé, nous verrions de vastes plaines de vases et de sable laissées à sec, et qui, à l'œil, apparaîtraient parfaitement unies, quoique, en réalité, elles inclineraient doucement de la terre vers la mer.

« La tendance qu'ont les couches nouvellement formées à prendre une position horizontale vient principalement du mouvement de l'eau qui oblige les particules de sable ou de boue à se précipiter et à se fixer dans les cavités où elles sont moins exposées à la violence des courants.....

« Ces remarques sur l'horizontalité originelle des

---

(1) *Eléments de géologie*, traduction Ginestou, 6<sup>e</sup> édit., t. I, p. 24.

couches peuvent strictement s'appliquer aux dépôts mécaniques (vase, sable, cailloux produits par l'action de l'eau courante)..... Les dépôts qui sont purement chimiques peuvent se former sur une pente très escarpée..... » (1)

M. CREDNER dit :

« Les couches déposées par la mer ont une *situation horizontale ou presque horizontale.* » (2)

« .....Tous les dépôts formés par l'eau au sein des mers et des lacs prennent une *situation horizontale, ou faiblement inclinée.* » (3)

Cependant le même auteur a cité (4) les couches du delta de l'Aar dont l'inclinaison atteint 30°.

« *Toujours horizontales dans le principe, sauf le cas assez rare où elles se sont déposées sur des pentes rapides, dit M. CONTEJEAN, les strates ont été fort souvent dérangées de leur situation première.....* » (5)

Comme on le voit, l'*horizontalité primitive* des couches sédimentaires est généralement admise.

Cette hypothèse inspire une telle confiance que l'on repousse comme accidentel ou exceptionnel tout ce qui paraît être en contradiction avec elle. Lyell a fourni dans ses *Eléments* (6) une bien curieuse preuve de cette confiance.

« On peut voir à la base des Alpes-Maritimes, près de Nice, dit le savant géologue, entre le rivage et la montagne, une vaste succession des couches inclinées

(1) *Eléments de géologie*, traduction Ginestou, 6<sup>e</sup> édit., t. I, p. 56.

(2) *Traité de Géologie et de Paléontologie*, p. 310.

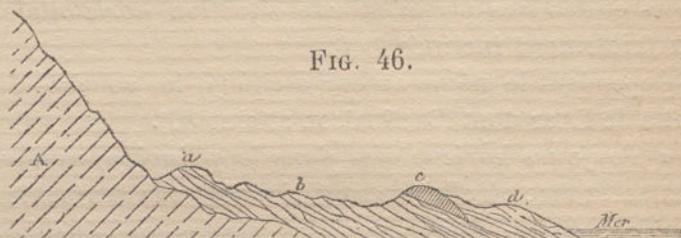
(3) Id. id. p. 305.

(4) Id. id. p. 216.

(5) *Géologie et Paléontologie*, 1874, p. 431.

(6) Traduction de Ginestou, 6<sup>e</sup> édition t. I, p. 29.

de sable, de marne et de conglomérats qui, sur une distance de plus de 14 kilomètres, avec une uniformité remarquable, plongent toujours vers la Méditerranée sous un angle d'environ 25°. Les montagnes se terminent d'une manière si abrupte dans la mer, que souvent la sonde porte jusqu'à une profondeur de plusieurs centaines de brasses, à la simple distance d'un jet de pierre du rivage et quelquefois jusqu'à une profondeur de 900 mètres à une distance de 800 mètres.



Coupe de Monte Calvo à la mer par la vallée de Magnan, près de Nice (d'après Lyell)

A Dolomie et grès (formation de grès vert ?)

a, b, c, Couches de gravier et de sable

d, Marne fine et sable de Saintes-Madeleine, avec coquilles marines

« Bien que d'une manière générale, les couches paraissent parallèles et uniformes, cependant, examinées plus attentivement, elles sont en réalité sous forme de coins, et s'amincissent à tel point qu'on les suit sur une longueur de plusieurs centaines de mètres, qu'on peut supposer qu'elles ont été primitivement disposées sur un bord escarpé où se déchargeait une rivière ou un torrent alpin, dans une mer profonde et tranquille, formant ainsi un delta qui avançait graduellement de la base du Monte-Calvo jusqu'à une distance de 14 kilomètres du rivage primitif. Lorsque plus tard eut lieu l'exhaussement de cette partie des Alpes et du lit de la mer, jusqu'à une hauteur de 200 mètres, la côte dut prendre sa configuration actuelle, le delta dut émerger et un lit profond fut creusé par une rivière. »

« Il est notoire pour tout le monde que les torrents et les ruisseaux qui, aujourd'hui, descendent des pentes des Alpes vers la mer, entraînent avec eux annuellement, lorsque les neiges fondent, une énorme quantité de galets et de sable ; à mesure qu'ils baissent ensuite, ils transportent un limon fin, et pendant l'été ces torrents et ces ruisseaux sont presque entièrement ou même entièrement à sec : on peut dès lors *admettre sans crainte de se tromper que des dépôts semblables à ceux de la vallée de Magnan, consistant en gravier grossier et alternant avec des sédiments fins, sont encore en voie de formation, sur plusieurs points, tels qu'à l'embouchure du Var. Ils doivent avancer sur la Méditerranée sous forme de bas-fonds se terminant par un talus escarpé ; car tel est le mode primitif d'accumulation de toutes les matières grossières rassemblées dans l'eau profonde, surtout si elles sont composées en grande partie de cailloux roulés.... »*

« Dans la localité dont il est ici question, il y a différents points géologiques à considérer ; tous conduisent à l'opinion que, pendant la période de formation du dépôt de Magnan, la forme et la configuration des pentes des Alpes, ainsi que celles de la plage elle-même, ressemblaient beaucoup à la forme et à la configuration que l'on remarque encore aujourd'hui sur plusieurs points dans le voisinage. La date comparativement récente des lits *a, b, c*, est démontrée par ce fait que dans les lits de marne argileuse intercalés entre les lits à cailloux roulés, il existe des coquilles fossiles dont la moitié appartient à des espèces vivant actuellement dans la Méditerranée. »

Dans les lignes qui précèdent, Lyell paraît absolument convaincu de l'identité du mode de formation des couches de Magnan et des couches actuelles de l'embouchure du Var, lesquelles ont dans la mer un talus

escarpé. Il ajoute que, « par défaut d'attention des faits, on a beaucoup exagéré la profondeur supposée de l'ancien Océan.... ; que sur aucun point on ne trouve une épaisseur de sable ou de gravier s'élevant même à 300 mètres ; que s'il y a des épaisseurs plus considérables, elles ne dépasseront nulle part 900 ou 1.200 mètres. » Ces dernières lignes sont encore une protestation contre l'hypothèse de l'horizontalité primitive ; aussi est-il permis d'éprouver un certain étonnement devant la conclusion que voici :

« Toutefois, quand on songe que toutes les couches furent jadis horizontales, et que leur inclinaison actuelle doit être attribuée à des mouvements subséquents, on est forcé de conclure qu'en cet endroit la mer a été profonde de plusieurs kilomètres et qu'elle a été comblée par des lits alternatifs de limon et de galets déposés les uns sur les autres !! »

#### EXAMEN DES FAITS

Les faits sur lesquels repose l'hypothèse de l'*horizontalité primitive* sont :

- 1° L'horizontalité des couches alluviales qui se forment vers l'embouchure des fleuves ;
- 2° La présence, dans les grès, de galets plats disposés parallèlement au plan de stratification des couches ;
- 3° L'épaisseur assez régulière des couches marines, et la très faible inclinaison moyenne du fond des mers ;
- 4° L'existence de couches végétales dans les profondeurs des deltas actuels.

Ce sont bien là, je crois, tous les faits sur lesquels repose l'hypothèse de l'*horizontalité primitive des couches sédimentaires*.

1° *Horizontalité des couches alluviales*. — Les

couches de la partie superficielle des deltas, que j'ai appelées *alluviales* sont toujours horizontales ou très faiblement inclinées. Sténon avait donc bien observé, mais sa déduction a été trop générale.

Nous avons vu (1) que les couches alluviales ne représentent qu'une faible partie de la masse totale des deltas. Au point où la plaine alluviale disparaît sous les eaux, le dépôt se poursuit avec une pente tantôt faible, tantôt forte. Sténon aurait dû se borner à dire que les couches alluviales se sont formées horizontalement, mais il a pris la partie pour le tout ;

*2° Galets plats disposés parallèlement à la stratification dans les couches qui les renferment.* — Les galets plats sont, en général, disposés parallèlement au plan de stratification des couches qui les renferment.

On a vu plus haut comment de Saussure et Dolomieu ont cru trouver dans cette disposition une preuve de l'horizontalité primitive des couches. Il a paru impossible à ces savants et ensuite à Elie de Beaumont et Dufrenoy, que des couches renfermant des galets ainsi disposés aient pu avoir primitivement une inclinaison quelconque, et ils ont tous admis qu'une telle couche inclinée avait certainement été relevée depuis son dépôt.

La conclusion eût été toute différente si l'on s'était demandé comment des galets plats charriés par un cours d'eau jusque dans un bassin où se forment des couches inclinées, se disposent dans ces couches. L'expérience n° 16 (2) et le raisonnement indiquent que quelle que soit l'inclinaison d'une couche en formation, si un galet plat survient, il s'étale sur les sédiments

---

(1) 3<sup>e</sup> partie, ch. I. et IV.

(2) Ch. IV, PL. XX, FIG. 4.

parallèlement à la stratification. Cette disposition ne prouve donc rien en faveur de l'horizontalité primitive des couches ;

3° *Faible inclinaison moyenne du fond des mers.*

— Prenant le fond de la Manche comme exemple, Elie de Beaumont et Dufrenoy ont calculé que l'inclinaison moyenne générale de ce fond ne serait que de quelques secondes. Si cet argument avait une valeur, il ne serait pas applicable aux formations lacustres, car l'inclinaison moyenne du fond des lacs est souvent assez forte.

A-t-il plus de force pour les formations marines ? Non ; on sait que la pente des sédiments de rivage dépasse souvent 10 degrés.

L'inclinaison moyenne de la Méditerranée est très faible. Cela empêche-t-il les dépôts actuels du Var d'avoir une inclinaison de 25 à 30 degrés ?

Il n'y a rien de commun entre l'inclinaison des couches qui se forment sur le rivage de la mer et la pente moyenne du fond. Le calcul d'Elie de Beaumont et Dufrenoy ne prouve donc rien. Je suppose que ces savants ont surtout pensé aux couches pélagiques qui ont pris naissance dans les parties profondes de la mer, et qui ont, en effet, généralement une régularité analogue à celle que produirait l'horizontalité ou une très faible inclinaison primitive ; mais les formations côtières, celles dont le terrain houiller nous conduit à nous occuper, ont une tout autre allure ;

4° *Couches de matières végétales enfouies dans les profondeurs des deltas actuels.* — Les couches de matières végétales rencontrées au sein des deltas (1) et qualifiées par les auteurs de lignite, de tourbe, de boue

---

(1) Sondages de Venise, de Calcutta, de la Nouvelle-Orléans.

végétale, ont été généralement considérées comme des couches formées primitivement à la surface du sol au-dessus du niveau de la mer, et ayant subi ensuite un affaissement graduel qui les a enfoncées à 10, 50, 100, 200 mètres au-dessous de ce niveau.

« L'affaissement graduel du sol, dit Gruner (1), alternant avec le développement de végétations successives, en divers points d'une même verticale, s'est d'ailleurs reproduit jusqu'aux époques les plus récentes. MM. Laurent et Degoussé, en creusant des puits artésiens à Venise, ont rencontré à 40, 60, 100 et 120 mètres de profondeur, plusieurs bancs de lignite et d'argile charbonneuse qui prouvent une végétation locale à divers niveaux, par suite l'*affaissement notable du sol actuel* et l'ensablement graduel des lagunes grâce aux débris amenés dans le golfe de Venise par le Pô, l'Adige, le Tagliamento et les autres nombreux torrents qui descendent des Alpes vers la mer. »

Après avoir parlé du sondage de Calcutta, Elisée Reclus ajoute (2) : « Le sol de Calcutta, quoique supérieur au niveau des flots depuis une époque très reculée n'a cessé de s'abaisser puisque les anciennes couches de végétation s'y succèdent dans les profondeurs bien au-dessous du niveau de la mer..... »

On voit le raisonnement :

Il y a une couche végétale à 100 ou 150 mètres de profondeur ; or, les couches végétales se sont formées horizontalement à la surface du sol ; donc le sol a subi un affaissement de 100 ou 150 mètres.

Si les sondages, poussés plus avant, eussent rencontré des couches végétales à 500 et 1.000 mètres de profondeur, on n'aurait pas hésité davantage à invoquer des

(1) GRUNER, *Bassin houiller de la Loire*, p. 170.

(2) *Nouvelle Géographie universelle*, l'Inde, p. 319.

affaissements de 500 et 1.000 mètres. Le tassement local qui s'opère généralement sur les limons et les tourbes de certains deltas a fait illusion ; de ce tassement de quelques mètres on a conclu aux tassements de centaines de mètres, et aux oscillations générales du sol.

Cependant, un revirement s'opère dans les idées, et je crois devoir citer ici quelques passages d'une conférence faite dernièrement à la Société géologique par M. de Lapparent (1) :

« Pendant longtemps la stabilité et la régularité du niveau de la mer n'ont pas été sérieusement mises en doute. Tandis que chacun y cherchait avec confiance le point de départ commun de toutes les altitudes regardées comme absolument comparables entre elles, les géologues, convaincus de la fixité de ce niveau, prenaient l'habitude d'attribuer à la mobilité de la croûte terrestre tous les déplacements observés de la part des lignes de rivage. Les *oscillations lentes de l'écorce* ont ainsi passé à l'état de croyance universellement répandue.

« En réalité, les alternatives d'émergence et de submersion observées sur certains rivages depuis les temps historiques, seraient plutôt dues à des déviations locales de la surface libre des mers.

« Dans le Groënland où le régime de la nappe glaciaire est variable, la mobilité des lignes d'affleurement de la mer devrait être attribuée à l'inégale attraction des glaces qui, sur une épaisseur de plusieurs centaines de mètres, couvrent tout l'intérieur du pays.

« La même explication, tirée de l'ampleur des glaces quaternaires, conviendrait à ces districts de la Grande-Bretagne, où des coquilles marines se rencontrent au milieu des dépôts glaciaires, à d'assez grandes hauteurs

---

(1) *Bulletin de la Société géologique*, juin 1886.

au-dessus de la mer, ainsi qu'à ces terrasses d'Ecosse dites *parallel roads*, et qui sont l'équivalent des lignes de rivage de la Scandinavie. »

« Quant aux contrées plus méridionales, telles que la Méditerranée, le phénomène des terrasses y est inconnu et les déplacements relatifs qui ont été enregistrés depuis les temps historiques ne portent que sur de très petites quantités. Ici, un tassement progressif du sol ; là, un changement dans le régime des vents et des courants au fond d'une anse marine, peuvent suffire à rendre compte des faits observés. Il est des cas où une cause, bien différente de l'action glaciaire, a pu intervenir pour modifier, par attraction, le niveau de la mer voisine. Nous voulons parler du mouvement de la lave dans les cheminées volcaniques. On ignore complètement ce que peuvent être la forme et les dimensions des canaux par lesquels les matières fondues internes arrivent aux volcans ; mais il est certain qu'en s'élevant ou en s'abaissant dans ces canaux, les laves qui sont sensiblement plus denses que la moyenne de la croûte superficielle, ne peuvent manquer de faire varier la puissance attractive des masses continentales..... Il est possible que certains faits d'émersion ou d'immersion, constatés dans les régions volcaniques de la Méditerranée ou du Pacifique, n'aient pas d'autre cause que celle qui vient d'être indiquée et qui, d'ailleurs, doit échapper le plus souvent à toute vérification directe..... »

« .....A nos yeux, il n'est pas un seul des déplacements de rivages, observés depuis les temps historiques, qui puisse, avec certitude, être attribué à de lents mouvements de l'écorce..... »

« .....Il nous semble bien établi aujourd'hui qu'il faut renoncer absolument à l'ancien dogme de la

stabilité et de la régularité du niveau des mers. La forme de la surface libre de la masse océanique obéit à des influences aussi diverses que variables, et quand les relations de cette surface avec la terre ferme viennent à changer, ce n'est qu'avec une extrême prudence qu'il faut se hasarder à formuler quelque conclusion impliquant la mobilité de la croûte solide. »

Qu'il me soit permis d'appuyer ce conseil de la fin de l'éminent professeur.

Les affaissements du sol ne sont pas, même au seul point de vue du mouvement imaginé, une chose aussi simple qu'on a paru le croire, et je suis convaincu qu'on aurait renoncé à cette hypothèse si on avait cherché à se figurer minutieusement le mécanisme de ce mouvement.

Une circonstance qui aurait dû faire naître des doutes, c'est la présence constante de couches végétales dans la profondeur de tous les deltas, et l'obligation qui en découlait d'imaginer des affaissements extraordinaires à l'embouchure de tous les fleuves ; on aurait dû se demander si ces couches ne représentent pas des accumulations végétales charriées comme les autres sédiments ; mais la formation d'une couche végétale en eau profonde était considérée comme impossible.

On considérait aussi comme impossible que des alternances de couches à fossiles marins et de couches à fossiles d'eau douce eussent pu se produire sans oscillation du sol. J'espère avoir détruit, dans le cours de cet ouvrage, cette double prévention.

#### CONCLUSIONS

En résumé, nous avons vu :

1° Que les galets plats disposés parallèlement au plan de stratification des couches ne prouvent nulle-

ment que ces couches se sont formées horizontalement et que des galets ainsi disposés se trouvent dans des couches formées sous toutes les inclinaisons comprises entre 0 et 45 degrés ;

2° Que la faible inclinaison moyenne des mers et des lacs n'empêche point qu'il se forme dans ces bassins des couches ayant toutes les inclinaisons comprises entre 0 et 45 degrés ;

3° Que l'horizontalité primitive des couches végétales des profondeurs des deltas repose sur une hypothèse inadmissible. En réalité, ces couches végétales ont pris naissance à la profondeur où on les trouve (abstraction faite du tassement des dépôts) et elles se sont formées sous toutes les inclinaisons comprises entre 0 et 40 degrés comme les sédiments minéraux qui les entourent.



---

---

## TABLE DES MATIÈRES

---

INTRODUCTION.....	3
-------------------	---

---

### PREMIÈRE PARTIE

MODE DE FORMATION DES TERRAINS HOUILLERS EN GÉNÉRAL.....	9
---	---

---

### DEUXIÈME PARTIE

#### ÉTUDES SUR LE BASSIN DE COMMENTRY

1 <sup>re</sup> SECTION. — DESCRIPTION SOMMAIRE DU BASSIN.....	21
2 <sup>me</sup> SECTION. — TERRAIN PRIMITIF ET ROCHES ÉRUPTIVES.	34
Gneiss et micaschistes.....	35
Gneiss.....	37
Granite.....	38
Granulite.....	39
Micro-granulite.....	43
Porphyre.....	43
Porphyrite micacée (dioritine).....	44
Quartz.....	54
Liens jaunes ou blancs.....	60
Barytine et fluorine.....	62
3 <sup>me</sup> SECTION. — TERRAIN HOUILLER.....	63

**Chapitre I. — ROCHES A GROS ÉLÉMENTS.**

§ 1. — <i>Division du terrain houiller en zones lithologiques distinctes</i> .....	63
§ 2. — <i>Nature, provenance et mode de transport des matériaux de chaque zone</i> .....	69
Banc Sainte-Aline.....	96
Banc des Chavais.....	102
Bancs de houiller remanié.....	104
§ 3. — <i>Conclusions</i> .....	108

**Chapitre II. — GRÈS, SCHISTES, ROCHES DIVERSES.**

§ 1. — <i>Grès</i> .....	112
Grès quartzeux.....	112
Grès feldspathiques.....	114
Grès micacés.....	114
Grès charbonneux.....	115
Grès remaniés.....	115
Mode de formation des grès.....	115
§ 2. — <i>Schistes</i> .....	118
Schistes micacés.....	118
Schistes argileux.....	118
Schistes bitumineux.....	119
Schistes remaniés.....	119
Mode de formation des schistes.....	121
§ 3. — <i>Roches diverses</i> .....	122
Fer carbonaté.....	122
Chaux carbonatée.....	122
Silice.....	123
Pholélite.....	125
Pyrite.....	126
Origine de ces diverses roches.....	126

**Chapitre III. — HOUILLE.**

I. — CONSTITUTION DE LA HOUILLE.

§ 1. — <i>Plantes qui ont concouru à la formation de la houille</i> .....	128
Houille fournie par divers débris végétaux.....	134
§ 2. — <i>Éléments de houille isolés au milieu de sédiments minéraux</i> .....	138
Feuillets et lames.....	138
Grains et Galets.....	140
§ 3. — <i>Couches et amas</i> .....	143
Grande Couche .....	143
Lames claires. — Houille de troncs.....	144
Zones ternes. — Houille foliaire. — Houille grenue	146
Zones mates. — Fusain .....	146
Cendres de la houille.....	151
Constitution de la houille de la Grande Couche	154
Ramifications de la Grande Couche.....	155
Couche des Ferrières.....	158
Couche du Bourg.....	159
Anthracite du Marais.....	159
§ 4. — <i>Résumé</i> .....	160

II. — ORIGINE ET MODE DE FORMATION DE LA HOUILLE.

§ 1. — <i>Origine de la houille</i> .....	161
§ 2. — <i>Mode de dépôt des débris végétaux qui ont formé la houille</i> .....	163
Grains et galets de houille .....	166
§ 3. — <i>Causes de la transformation des végétaux en houille</i> .....	167
Temps.....	168
Chaleur.....	171

Pression.....	174
Espèce végétale.....	175
Nature et état des débris végétaux.....	176
Influence des sédiments minéraux.....	177
Résumé.....	179
§ 4. — <i>Origine des cendres de la houille</i> .....	179
Cendres des végétaux vivants.....	179
Matières terreuses qui se sont déposées en même temps que les végétaux.....	184
Matières qui ont pénétré dans la houille après le dépôt.....	187
Résumé.....	189
 <b>Chapitre IV. — TIGES DEBOUT DU TERRAIN HOUILLER.</b> ORIGINE ET MODE DE DÉPÔT DE CES TIGES.	
§ 1. — <i>Etat de la question</i> .....	190
§ 2. — <i>Résumé des faits observés</i> .....	195
Disposition des tiges; proportions relatives des tiges couchées, inclinées et debout, dans les di- verses sortes de roches.....	195
Nature, état, forme et dimensions des tiges.....	197
Enveloppe et intérieur des tiges.....	199
Allure des couches au contact des tiges.....	199
§ 3. — <i>Origine et mode de dépôt</i> .....	200
Tiges dans les poudingues et conglomérats.....	202
— dans les grès.....	204
— dans les schistes.....	205
— dans la houille.....	206
— debout dans des couches en coin.....	208
Tiges avec ou sans racines.....	208
Stratification modifiée autour des arbres debout..	210
Absence d'anciens sols de végétation dans le ter- rain houiller.....	211
Résumé.....	212
§ 4. — <i>Description de quelques tiges du terrain houil-   ler de Commentry</i> .....	214

**Chapitre V. — PARTICULARITÉS DIVERSES.**

§ 1. — <i>Faits observés</i> .....	233
Défaut de parallélisme des bancs.....	233
Variation de nature et de puissance des bancs...	235
Disparition des bancs et des faisceaux de bancs...	237
Constitution variable du toit et du mur de la Grande Couche.....	237
Intercalation de bancs stériles dans la Grande Couche.....	240
Erosions.....	242
Refoulements.....	243
Plissements.....	243
Eboulements.....	243
Failles locales.....	244
Fausse stratification.....	245
Galets de grès, de schiste et de houille dans les bancs houillers, et galets granitiques dans la houille.....	246
Position des conglomérats dans le terrain houiller de Commentry.....	246
Formation des grès noirs.....	247
Clivages.....	248
§ 2. — <i>Explication des faits</i> .....	249
§ 3. — <i>Description détaillée des faits</i> .....	257

**Chapitre VI. — MODE DE FORMATION DU TERRAIN HOULLER**

ET DES COUCHES DE HOUILLE DE COMMENTRY..... 301

Formation du terrain houiller..... 305

Formation des couches de houille..... 312

**Chapitre VII. — DURÉE DE LA FORMATION DU TERRAIN HOULLER**

DE COMMENTRY..... 320

**Chapitre VIII. — AGE RELATIF DU TERRAIN HOULLER**

DE COMMENTRY..... 326

**Chapitre IX. — CLIMAT DE LA RÉGION DE COMMENTRY**

A L'ÉPOQUE HOUILLÈRE.....	330
Climat général du globe à l'époque houillère.....	332
4 <sup>m</sup> e SECTION. — TERRAIN PERMIEN.....	334
Mode de formation des nappes permienes.....	335
Nappe de Magnier.....	336
Nappe de Saint-Angel.....	341
Nappe de Montvieq. — Fossiles.....	341
Nappe de Rongère.....	344
Formation de Buxière-la-Grue.....	345
Résumé.....	345
5 <sup>m</sup> e SECTION. — ALLUVIONS.....	348
Couche alluviale des Chavais.....	349
Anciens lits de la Rivière.....	351
Mode de formation de la couche alluviale.....	352
Durée de la formation de cette couche.....	354

---

**TROISIÈME PARTIE**
**ÉTUDES SÉDIMENTAIRES**

But de ces études.....	356
1 <sup>re</sup> SECTION. — CONSTITUTION. — ORIGINE ET MODE DE FORMATION DES DELTAS.....	365

**Chapitre I. — CONSTITUTION DES DELTAS.**

§ 1. — <i>Deltas lacustres</i> .....	366
§ 2. — <i>Deltas marins</i> .....	371

**Chapitre II. — ORIGINE DES SÉDIMENTS.**

§ 1. — Puissance de transport de l'eau courante.....	378
§ 2. — Formation des galets, du sable et du limon dans le lit actuel des cours d'eau actuels de la ré- gion de Commeny.....	379
Sables, galets, blocs.....	381
Grains de 0 à 20 millimètres de diamètre.....	389
Limon ....	392
§ 3. — Végétaux charriés par les cours d'eau.....	397
§ 4. — Ce que deviennent les matières organiques charriées par les cours d'eau.....	401

**Chapitre III. — MODE DE FORMATION DES DELTAS.**

I. — CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES.....	411
§ 1. — Chute des corps dans l'eau.....	412
§ 2. — Inclinaison que prennent les matériaux dans l'eau.....	414
§ 3. — Déplacement des cours d'eau à leur embou- chure.....	415
§ 4. — Stratification. — Ses causes .....	416
II. — DELTAS.....	417
§ 1. — Partie alluviale.....	418
§ 2. — Partie neptunienne .....	418
Etendue et forme des couches.....	418
Puissance des couches.....	419
Inclinaison.....	419
Constitution des couches .....	420

Matières végétales.....	421
Galets plats.....	421
Débris arrachés au dépôt lui-même.....	422
Changements de puissance, d'inclinaison et de nature de la même couche.....	422
Convergence de plusieurs couches vers une seule.....	423
Ramifications des couches.....	423
Accidents mécaniques résultant de la sédimentation elle-même.....	424
Couches simulant un soulèvement.....	426
Action des vagues et des marées.....	426
Caractères sédimentaires distinctifs des couches lacustres et marines.....	427
Rapports entre l'épaisseur totale d'un dépôt et la puissance des couches qui le constituent.....	428
Age relatif des couches d'un même dépôt.....	429
2 <sup>me</sup> SECTION. — EXPÉRIENCES SÉDIMENTAIRES .....	430

### Chapitre I. — CHUTE DES CORPS DANS L'EAU.

§ 1. — <i>Matières minérales</i> .....	430
Chute en eau tranquille.....	430
Chute en eau courante.....	438
§ 2. — <i>Matières organiques</i> .....	442
Chute en eau tranquille.....	442
Chute en eau courante.....	447

### Chapitre II. — ALLURE ET CONSTITUTION DES DÉPÔTS

§ 1. — <i>Dépôts en eau tranquille</i> .....	448
1 <sup>o</sup> Dépôts formés dans de petits bassins (expériences de laboratoire).....	448
2 <sup>o</sup> Dépôts obtenus dans des bassins de 500 mètres cubes.....	465
3 <sup>o</sup> Dépôts obtenus dans un bassin de 60.000 mètres cubes.....	492
4 <sup>o</sup> Mode de dépôt des végétaux charriés en même temps que des sédiments minéraux.....	493
5 <sup>o</sup> Influence des végétaux sur l'allure des couches sédimentaires qui les renferment.....	505

§ 2. — <i>Dépôts formés dans des bassins aux eaux agitées par des vagues artificielles.....</i>	507
§ 3. — <i>Déplacement des cours d'eau à leur embouchure.....</i>	510
3 <sup>m</sup> e SECTION. — INCLINAISON PRIMITIVE DES COUCHES SÉDIMENTAIRES.	515
Etat de la question.....	515
Examen des faits .....	524
Conclusions .....	530

---

## QUATRIÈME PARTIE

### ÉTUDES MICROGRAPHIQUES

Ces études feront l'objet d'un deuxième fascicule.

---

## FIGURES DANS LE TEXTE

	Pages.
FIG. 1 à 12 Analogies :	
1° Entre les dépôts formés en eau tranquille, les deltas lacustres et les terrains houillers du Centre.....	10
2° Entre les dépôts formés en eau agitée, les deltas marins et les terrains houillers du Nord.....	10
13 Bords du plateau central entre Moulins et Montluçon.....	21
14 et 15 Répartition des principales sortes de roches dans le terrain houiller de Commentry..	22
16 Dioritine.....	45
17 Figure explicative pour la flore.....	130
18 à 22 Aspect de quelques troncs transformés en houille.....	137
23 26 Glissement de l'Espérance.....	254
27 29 Formation d'une couche alluviale....	352
30 Delta de l'Aubonne sur les bords du lac Léman.....	368
31 34 Particularités sédimentaires.....	Id.
35 44 Expériences sédimentaires.....	448
45 Galets plats dans les couches.....	517
46 Coupe de Monte Calvo à la mer par la vallée de Magnan, près de Nice.....	522

PLANCHES DU LIVRE I<sup>er</sup> FORMANT  
UN ATLAS SÉPARÉ

- PL. 1. Carte géologique du bassin houiller de  
Commentry.
- II. Coupe d'ensemble du terrain houiller de  
Commentry.
- III. Constitution lithologique du terrain houiller  
de Commentry.
- IV. Formation du terrain houiller de Commentry.
- V. Formation des couches de houille de Com-  
mentry.
- VI. Carrières des houillères de Commentry.
- VII. — — —
- VIII. — — —
- IX. — — —
- X. Ramification de la Grande Couche.
- XI. Bancs houillers remaniés.
- XII. Banc des Chavais. — Cannel-Coal. — Banc  
des Roseaux.
- XIII. Formation des grès noirs.
- XIV. Arbres fossiles.
- XV. —
- XVI. —
- XVII. Grande Couche, aux Chavais.
- XVIII. Clivages.
- XIX. Dioritine (porphyrite micacée).
- XX. Expériences sédimentaires.
- XXI. — —
- XXII. — —
- XXIII. — —
- XXIV. — —
- XXV. Déplacement des cours d'eau à leur embou-  
chure.



*Hommage respectueux*  
*A. De Launay*

# ÉTUDES

SUR

LE TERRAIN HOILLER DE COMMENTRY

---

---

LIVRE PREMIER

---

# LITHOLOGIE ET STRATIGRAPHIE

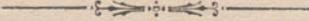
---

QUATRIÈME PARTIE

PAR

MM. DE LAUNAY et Stanislas MEUNIER

---



SAINT-ÉTIENNE

IMPRIMERIE THÉOLIER ET C<sup>ie</sup>

Rue Cémentet, 12.

---

1888

ETUDE

LE TRAVAIL NOCTURNE DE COMMERCE

LE TRAVAIL

LE TRAVAIL

ET STATISTIQUE

QUATRIÈME PARTIE

PAR M. DR. LAURENT DE SAINT-ARNAUD

STATISTIQUE

LE TRAVAIL NOCTURNE DE COMMERCE

PAR M. DR. LAURENT DE SAINT-ARNAUD

1905

# ÉTUDE MICROGRAPHIQUE

SUR

## LES ROCHES DE LA RÉGION DE COMMENTRY

Par L. DE LAUNAY

Ingénieur au Corps des Mines.}

---

Le terrain houiller de Commentry s'est déposé au fond d'un large bassin de roches primitives dirigé N.-O. — S.-E. et à peu près rectangulaire. Les bords de ce bassin sont formés au Nord et à l'Est par une bande assez étroite de micaschiste qui longe elle-même le granite ; au Sud, par du gneiss généralement très granulitisé ; à l'Ouest et au Nord, par du granite.

A leur tour, ces massifs sont recoupés par une multitude de filons ayant souvent une direction presque parallèle à l'allongement du bassin et comprenant : granulites, microgranulites, porphyrites micacées, quartz anciens et triasiques, etc...

Nous nous proposons de passer successivement en revue ces diverses roches d'après des déterminations microscopiques que M. Michel Lévy a bien voulu revoir et auxquelles il apporte ainsi toute la garantie de son autorité ; mais, auparavant, il nous semble nécessaire d'expliquer en quelques mots comment, à notre avis, s'est constituée primitivement, dans son ensemble, la région que nous allons étudier.

Quand on examine une carte géologique du plateau central, il apparaît semé d'une série de lambeaux épars

de terrain houiller, qui ne sont, en réalité, que les remplissages de lacs anciens peu modifiés depuis leur dépôt.

Le problème de la formation de ces bassins lacustres revient à l'étude des mouvements du sol antérieurs à l'époque houillère ; et, comme les terrains anciens, cambrien, silurien, dévonien, carbonifère, ne sont pas représentés dans cette région du Bourbonnais, c'est uniquement par l'étude des dislocations du gneiss et du micaschiste qu'on peut arriver à le résoudre.

Il y a là un sujet d'études assez nouveau (1) et qui nous paraît devoir conduire aux résultats les plus intéressants ; car le gneiss, étant le plus antique témoin des phénomènes géologiques qui ont agité notre globe, doit être nécessairement aussi celui qui, bien interrogé, aura le plus à nous en apprendre.

Entre les lacs dont nous avons parlé plus haut, certaines relations se distinguent d'ailleurs de suite : ainsi la grande cassure qui aligne Saint-Eloi, Noyant et le Montet ; nous voudrions ici mettre en évidence, par l'exemple de l'Allier, une loi plus générale qui nous paraît être la suivante.

Le relief actuel des massifs de roches primitives provient dans ses grandes lignes d'un premier plissement des gneiss, commencé peut-être avant l'arrivée de toutes les roches éruptives, fortement accentué sans doute dans notre région à la fin de l'époque carbonifère,

---

(1) Pour arriver à la détermination des plissements du gneiss, en le traitant comme les autres terrains sédimentaires, nous avons, toutes les fois qu'il nous était possible de les constater, relevé à la boussole et reporté sur une carte la direction et le sens du pendage de ses feuillets. Il a suffi ensuite de joindre par des lignes continues tous ces traits, beaucoup plus régulièrement disposés qu'on ne pourrait le croire d'abord, et, sur ces courbes, l'allure des strates, leurs torsions, leurs inflexions au contact des roches éruptives sont apparues avec la plus entière netteté.

et résultant simplement de la difficulté qu'avait cette première croûte à continuer à s'appliquer sur le noyau intérieur de plus en plus condensé. Le granite, en s'élevant, a dû suivre la première indication des plis anticlinaux qui lui offraient des zones de moindre résistance ; ce n'est pas lui qui a produit le plissement ; car, s'il avait exercé une pression sur une couche de gneiss encore horizontale et homogène, on ne s'expliquerait pas pourquoi il se serait disposé, comme il l'a fait le plus souvent, suivant des bandes allongées et parallèles. L'accentuation du pli n'a pu être faite d'autre part qu'après son refroidissement, puisque le granite a refoulé partout le gneiss sur son passage, tandis qu'encore liquide il se serait infiltré, sans action mécanique notable, dans ses feuilletts (1). A l'époque houillère, les dépressions du sol jalonnaient encore les sillons synclinaux du premier ridement de la croûte, coupés seulement de place en place par le granite ou la granulite, de manière à former des lacs distincts. C'est dans ces lacs que s'est déposé le houiller. Dans la suite, les autres terrains sont venus se superposer à lui ; mais toujours les grandes directions de cassures sont restées les mêmes ; le premier plissement n'a fait que s'accroître de plus en plus, et son influence persistante, agissant sur toute l'épaisseur des dépôts successifs, a continué à donner leur orientation générale aux principales failles qui ont affecté près des massifs anciens les étages sédimentaires.

Dans l'Allier, les trois grandes directions de fractures que l'on constate et qui ont rejoué en certains points jusqu'au tertiaire sont absolument dans ce cas.

---

(1) Nous modifions ici, pour tenir compte de divers faits observés, la première opinion exprimée par nous dans la légende de la feuille de Moulins.

1° La faille de Sancerre de 120 kilomètres de longueur qui limite à l'Est le massif granitique de Louroux-Bourbonnais, que jalonnent les sources de Saint-Pardoux et de La Trolière et dont les sondages du bassin de Cosne ont montré la prolongation jusqu'à Deneuille.

2° La faille antéhouillère qui limite le gneiss en ligne droite de Murat à Buxière et qui paraît également borner à l'ouest l'îlot de Bourbon-L'Archambault en livrant passage à la source de Jonas.

3° La faille des bassins houillers de Saint-Eloi, Montmarault, Le Montet, Fins et Noyant.

Ces idées se rapprochent de celles qu'a exposées M. Bertrand dans une conférence récente lorsqu'il a montré, traversant l'Europe en écharpe, une bande discontinue de dépôts houillers correspondant à un pli antérieur et post carbonifère des terrains primaires qu'il a appelé la chaîne hercynienne.

Mais, nous sommes dans l'Allier dans une situation toute particulière et défavorable pour appliquer une loi semblable. A l'Ouest, en effet, du département, vers Aiguirande, les directions de plis sont Nord-Ouest, comme on sait qu'elles le sont en Bretagne ; à l'Est, vers Moulins, elles sont Nord-Est comme dans le Morvan, le Taunus et l'Eifel ; à Montluçon, à Commentry et suivant la vallée du Cher, nous nous trouvons au sommet de cet angle, à la rencontre naturellement plus disloquée de ces deux directions.

Néanmoins, l'histoire de ce plissement dans notre région peut, semble-t-il, se concevoir avec les phases suivantes :

Le grand mouvement de ridement aurait commencé vers le Sud, après le dépôt des tufs du culm, avec une direction E.-O., poussant devant lui au Nord les masses de gneiss qu'on voit s'allonger comme des vagues le long de l'importante faille préexistante de Noyant. C'est

alors que se seraient isolés les lambeaux carbonifères alignés de Domérol, Chambon, Château-sur-Cher et Saint-Angel. Puis la ride se serait cassée en V de plus en plus aigu, les deux directions du Morvan et de la Bretagne seraient devenues nettes, les filons de microgranulite et de porphyre pétrosiliceux se seraient ouverts. Le remplissage de nos lacs houillers aurait commencé.

Après quoi, ce dépôt achevé, les mêmes failles auraient continué à jouer, le fond du bassin de Commeny se serait affaissé en donnant certaines inclinaisons anormales aux strates, les terrains de Noyant et de Souvigny se seraient resserrés en se plissant. Nous ne pouvons pas entrer ici dans le détail de ces dislocations, que nous exposerons plus tard ailleurs ; nous nous bornerons seulement à ce qui intéresse la région de Commeny.

A cet effet, nous avons dessiné sur une carte (Pl. XXVI), en la débarrassant de tous les terrains superficiels, la constitution de l'Allier telle qu'elle était après l'époque houillère. Nous y avons placé le bassin de Villefranche avec toute l'étendue qu'ont révélée les sondages ; nous avons ajouté, en outre, quelques filons remplis seulement à une époque un peu postérieure, permienne ou triasique, parce que leurs cassures nous paraissent en relation directe avec les premiers plissements ; ce sont les étoilements perpendiculaires qu'on rencontre toujours dans un mouvement de ce genre.

Sur cette carte apparaît nettement la relation des trois bassins de Commeny, Montvicq et Villefranche, formant une bande symétrique de celle de Saint-Eloi, Le Montet et Noyant.

Cela est surtout bien clair lorsqu'on fait attention aux directions du gneiss et à la distinction des deux étages superposés du gneiss et du micaschiste avec le niveau

d'amphibolites qui se trouve généralement entre eux.

Si nous partons de l'Est, nous trouvons d'abord la bande de granite de Treban avec le gneiss incliné vers l'Ouest qui existe surtout entre Montmarault et Chantelle, puis un synclinal houiller, celui de Saint-Eloi, Montmarault, Noyant et Souvigny. Ce synclinal, comme il arrive souvent, a été suivi à l'Ouest par une faille qui paraît se prolonger beaucoup plus loin, vers Decize ; au delà de cette faille on trouve une bande très mince de micaschiste inclinée vers l'Est, puis le granite formant l'anticlinal.

Un second synclinal comprend la bande de gneiss plongeant vers l'Ouest qui va de Gipy à Murat, quelques lambeaux alignés de gneiss dans le granite, puis la bordure Est du bassin de Bézenet formée de micaschiste avec son pendage Ouest normal, et, à l'Est du bassin de Commentry, les micaschistes sur les gneiss qui en constituent la paroi très régulière.

C'est dans ce synclinal que se sont déposés les terrains houillers de Villefranche, Bézenet et Commentry ; au Nord, il a été suivi du côté Ouest, comme celui de Saint-Eloi, par une longue faille qui se prolonge jusqu'à Sancerre dans le crétacé et que jalonnent les sources de Saint-Pardoux et de la Trolière ; mais, au Sud, comme nous l'avons dit, le granite, lors du mouvement hercynien, ne s'est pas contenté de rester normalement dans l'anticlinal, il a vers l'Ouest refoulé devant lui à travers le synclinal les couches de gneiss et formé ainsi des barrages entre les trois lacs.

On voit un premier refoulement de ce genre caractérisé par la bande de gneiss qui forme le Nord du bassin de Montvicq avec les deux promontoires du Château de la Barre et de Villefranche reliés au gneiss de Murat. Si l'on examine leurs plissements, on remar-

que de suite qu'ils décrivent une courbe complète (voir FIG. 4, PL. XXVI).

Un second barrage plus compliqué est celui qui a séparé Montvicq de Commentry. Si nous suivons d'abord le gneiss, nous le voyons, à l'Est de Commentry, dirigé d'abord Nord-Sud, s'infléchir bientôt vers l'Ouest et même, à Verneix, se retourner vers le Nord avec un pli très net. A cette bande de gneiss appartient aussi celle de Neris, Montluçon et Désertines qui en a été séparée par un peu de granite introduit entre deux feuillets.

Nous avons dessiné exactement les plis de ce gneiss qui contourment le granite et témoignent ainsi de son action de refoulement. Quant au micaschiste, la bande avec plongement Ouest que l'on retrouve à Désertines est la même sans doute que celle qui forme la paroi de la cuvette de Commentry. La dislocation causée par l'intrusion du granite a été là beaucoup plus grande qu'elle n'est d'habitude, à cause de cette circonstance peut-être que les deux directions s'y rencontrent. Ce point de Commentry aurait donc été mal choisi si nous nous étions proposé seulement d'établir des idées nouvelles, mais nous voulions avant tout montrer comment s'était constitué avant son remplissage le lac houiller qui nous occupe.

Entrons maintenant dans l'examen détaillé des roches.

*Gneiss.* — Le véritable gneiss, celui que les auteurs de la Carte géologique de France désignent par la notation  $\zeta^1$  est assez rare à Commentry. Pour le rencontrer, il faut s'éloigner vers le Sud-Est. De ce côté il apparaît avec une direction générale N.-E. — S.-O., et un pendage ouest, plongeant sous le micaschiste ( $\zeta^2$ ) également incliné, qui forme dans cette région la bordure

immédiate du terrain houiller. A la suite de ces deux bandes de micaschiste et de gneiss, on trouverait, en continuant à s'éloigner vers l'Est du côté de Beaune, une bande de granite apparue dans un pli anticlinal du gneiss et parallèle à sa direction ; puis, vers le domaine des Guillaumets, deux nouvelles bandes de micaschiste et de gneiss toujours de même direction, avec un plongement inverse. En dehors de cette masse de gneiss du S.-E., on en rencontre encore une autre dans les environs de Commentry, au Sud, du côté de Bazergue et de la Prise d'eau ; mais là il doit plutôt prendre le nom de gneiss granulitique (ζ'Υ') ; car les innombrables filons de granulite qui le traversent l'ont injecté dans tous les feuillets. Cette granulitisation du gneiss a donné naissance, en plusieurs points, à des minéraux intéressants qui se sont particulièrement développés au contact des massifs un peu importants de granulite et du gneiss granulitique : cordiérite, sillimanite, tourmaline, apatite, mica blanc juxtaposé par macle avec du mica noir. Les gisements les plus remarquables se trouvent au Sud au bord du ruisseau de Mazelles et dans les carrières de la Prise d'eau ; à l'Est auprès de l'étang de la Corre. Il en existe d'ailleurs plusieurs autres analogues dans le département de l'Allier.

Ces gneiss ne présentent, au point de vue micrographique, rien de particulier.

*Amphibolite et pyroxénite.* — Il n'y a pas dans les environs de Commentry d'amphibolite bien franche, tous les gneiss de ce côté étant déjà très élevés dans la série et voisins des micaschistes. Cependant, en deux points, la roche primitive est très chargée d'amphibole : 1° à l'est de Colombier, sur la route de Hyds, où le talus renferme une grande quantité d'asbeste ; 2° près des Mazelles.

L'amphibolite de Colombier semble même déjà faire

partie du système de micaschistes ; elle comprend : amphibole, quartz et labrador avec un peu de mica noir ; par places, du pyroxène, qui la ferait passer à la pyroxénite ; et, comme minéraux accessoires, de l'apatite très fréquente, du sphène et du zircon.

Celle des Mazelles comprend : amphibole, quartz, feldspath, mica noir, sphène fréquent, un peu de zircon.

*Micaschiste.* — Le micaschiste (ζ<sup>2</sup> de la carte) se rencontre sur toute la bordure Est et Nord du bassin houiller. Il y est presque partout pénétré de granulite et feldspathisé ; ce qui rend parfois difficile de le séparer du gneiss ancien. Il s'en distingue pourtant à l'œil nu par la continuité de ses membranes, ses surfaces arrondies, son quartz lenticulaire ; et, au microscope, par l'abondance du mica naissant pris en fines lamelles dans les allongements.

*Granite.* — Le granite qui forme les bordures Ouest et Nord du bassin semble : à l'Ouest être plus riche en grands cristaux de feldspath qui lui ont fait donner le nom de granite porphyroïde ; à l'Est, être à grain plus fin. Il ne nous paraît pas qu'il y ait lieu d'établir de distinction entre ces deux roches qui sont probablement de même âge.

Le granite de Commeny n'offre rien de particulier ; il renferme comme toujours, un peu d'apatite, et de zircon.

*Granite à grain fin.* — Nous désignons sous ce nom deux veines de granite d'une structure très particulière, et qui, au microscope aussi bien qu'à l'œil nu, se distinguent immédiatement du granite avoisinant.

Ces deux veines, dirigées Nord-Ouest — Sud-Est, se trouvent dans la région de Serclier et de Nérès. Elles sont caractérisées au point de vue minéralogique par l'abondance extrême d'un mica noir très fin, l'allongement des feldspaths et la forme granitique du quartz

qui y est d'ailleurs très rare. L'étude d'un échantillon isolé pourrait les faire considérer comme des sortes de kersantites quartzifères d'âge postérieur au granite ; mais, d'un examen attentif du gisement, il nous semble résulter qu'il n'y a, entre ce granite à grain fin et le granite à gros grain avoisinant, aucune saiebande de filon, aucune démarcation brusque ; mais, au contraire toute une série de transitions ; et que, par suite, ces granites à grain fin ne sont qu'une variété contemporaine du granite ordinaire.

La veine de granite à grain fin qui suit le ruisseau de Nérès contient, comme une kersantite, de longues veines minces de calcite et ne renferme pas de mica blanc ; ce qui la distingue immédiatement d'une granulite.

Celle qui se trouve un peu plus à l'Est, vers Serclier et Pérassier, contient en outre de l'amphibole avec de l'apatite remarquablement fréquente dans l'orthose et de gros cristaux de zircon.

L'amphibole se présente également, dans un petit mamelon d'une roche analogue, aux environs de Ferrières.

Enfin un gisement du même granite un peu amphibolique se rencontre encore, plus à l'Ouest, près de la station de Lignerolles.

*Granulite.* — On sait que la granulite, qui est déjà postérieure au granite, s'en distingue principalement par la présence de grains de quartz isolés de première consolidation, corrodés et usés, et par celle du mica blanc.

Les filons de granulite sont extrêmement abondants aux environs de Comentry, particulièrement dans les massifs granitiques ; lorsqu'ils atteignent le gneiss ou le micaschiste, ils s'y ramifient souvent et s'y perdent en injectant la roche encaissante qui change alors absolument de structure.

Cette granulite est généralement, même lorsqu'elle

s'isole en massifs comme à Fonbonne, à grain fin et très compacte ; elle arrive parfois à une structure elvanique qui peut lui donner par places, lorsque quelques plus gros cristaux de quartz lustré se détachent sur la pâte, des apparences de porphyre pétrosiliceux. Elle est tantôt rose et tantôt blanche, ces deux variétés étant d'ailleurs identiques au point de vue géologique. En quelques points, comme à la Prise d'eau de la ville, elle a des veines largement pegmatoïdes avec de grands paquets de mica noir et de mica blanc.

On y rencontre, comme nous avons déjà eu l'occasion de le dire, au contact du gneiss granulitique, des minéraux accidentels : cordiérite, sillimanite, tourmaline, apatite et grenat avec du zircon microscopique.

En un point, à Hyds, le mica brun phlogopite s'y est allongé en longues lamelles très remarquables ; cette granulite de Hyds contient en même temps de gros cristaux de zircon et des parcelles de fer oxydulé.

*Microgranulite.* — La microgranulite (ancien porphyre quartzifère), caractérisée par la véritable granulite (quartz et feldspath) qui apparaît au microscope dans la pâte entourant les grands cristaux, se présente surtout vers le Nord dans la région de Ferrières ; elle y est remarquable généralement par sa grande acidité et les phénomènes de la micropegmatite qui y sont fréquents.

Ce caractère est surtout sensible dans les échantillons provenant de la Carrière du Plaix.

A cet endroit, la microgranulite se trouve en filon dans le granite et se compose à l'œil nu d'une pâte olivâtre sur laquelle se détachent quartz, feldspath rose et mica noir.

Au microscope elle comprend :

I (1<sup>re</sup> consolidation). — Mica noir, quartz, orthose, un peu d'oligoclase, zircon.

II (2<sup>me</sup> consolidation). — Micropegmatite.

Les cristaux de quartz ancien (I) sont absolument corrodés, parfois craquelés, comme s'ils avaient été soumis après leur formation à une forte chaleur, et passent par points à un magmamicropegmatoïde.

Cette roche, qui semble parfois se rapprocher d'un porphyre pétrosiliceux, pourrait être de la base du houiller supérieur, antérieure toutefois au houiller de Commentry, qui en contient des galets.

*Porphyre pétrosiliceux.* — Le porphyre pétrosiliceux n'a jusqu'ici jamais pu être rencontré en place aux environs de Commentry. Au contraire, cette roche qui, étant fort dure, a pu résister assez longtemps au transport par les cours d'eau, est fréquente à l'état de galets dans le terrain houiller. Il est possible que ses pointements soient aujourd'hui cachés sous le dépôt permien qui, commençant à Commentry, s'étend jusqu'à une grande distance vers le Nord.

Le porphyre pétrosiliceux comprend les éléments suivants :

I. Mica noir, oligoclase, orthose, quartz.

II. Sphérolithes, à croix noire, et magma pétrosiliceux.

Sur certains échantillons, on trouve en outre de la calcite et quelques petits cristaux d'apatite.

*Porphyrites micacées.* — Les porphyrites micacées, très abondantes dans le département de l'Allier où on leur a donné les noms locaux de « dioritine » à Commentry, de « basanite » à Noyant, etc..., y sont particulièrement intéressantes parce qu'elles s'y trouvent souvent en relation immédiate avec le terrain houiller et que, par suite, leur âge y est bien nettement déterminé.

Nous ne décrirons pas longuement ici (1) les dioritines

---

(1) Voir notre étude dans le *Bulletin de la Société géologique*, 3<sup>e</sup> série, t. XVI, p. 84.

de Commentry qui doivent être l'objet d'une étude spéciale de M. Stanislas Meunier. Il nous a paru cependant impossible de ne pas en dire quelques mots pour marquer leur place dans la série des roches et en rapprocher d'autres types intéressants rencontrés par nous dans des parties plus éloignées de l'Allier.

Au sujet de l'âge des porphyrites micacées, rappelons qu'elles coupent très nettement le terrain houiller de Commentry, celui de Bézenet (c'est-à-dire de l'Est du bassin de Montvicq) et celui de Noyant. Par contre, elles se trouvent fréquemment en galets à Montvicq et seulement là ; ce qui prouve aussitôt qu'elles ont fait leur apparition en plein houiller supérieur, entre le dépôt des couches de Commentry, Noyant ou Bézenet et de celles de Montvicq, pendant le remplissage même du bassin de Montvicq et de Bézenet.

Quant à leur classification, les types de l'Allier sont à peu de chose près les mêmes que ceux que M. Michel Lévy avait déjà reconnus dans le Morvan.

Nous les distinguerons donc, à son exemple, en deux types principaux, suivant qu'il s'y trouve ou non dans la pâte de l'augite microlithique.

1<sup>er</sup> TYPE. — PORPHYRITES SIMPLEMENT MICACÉES.

Ce type comprend toutes les variétés de Commentry.

2<sup>m</sup>e TYPE. — PORPHYRITES MICACÉES ET AUGITIQUES.

Dans ce type rentrera la basanite de Noyant.

Chacun de ces types à son tour pourra se subdiviser en plusieurs groupes.

1<sup>o</sup> *Porphyrites simplement micacées.* — *Groupe A orthophyres.* — Il n'existe à Commentry qu'un exemple de cette variété, c'est celui qui est donné dans la tranchée de Longeroux par une remarquable coulée de porphyrite manifestement introduite de haut en bas entre les bancs du terrain houiller.

La roche à l'œil nu est compacte, d'un vert foncé, sans grandes lamelles de mica ; au microscope, elle apparaît presque entièrement formée de petits cristaux d'orthose, présentant la macle de Carlsbad, avec des microlithes de mica noir et de la chlorite épigénisant un minéral indéterminé qui paraît, d'après la forme de ses angles, être du pyroxène, mais qu'il n'a jamais été possible de rencontrer intact.

Il se présente, à propos de cette roche, un problème assez curieux. Ainsi que nous l'avons dit, les conditions stratigraphiques de son gisement montrent clairement que l'on n'a pas affaire à un filon ni à un pointement, mais à un épanchement boueux provenant de quelque autre point indéterminé.

Comme la roche est au point de vue minéralogique toute spéciale, il y avait intérêt à rechercher l'origine de cet épanchement. A cet effet, nous avons examiné des échantillons provenant de tous les pointements de porphyrite des environs (et il paraît difficile qu'il en ait échappé aux recherches de M. Fayol, le sous-sol étant aussi bien connu grâce aux travaux de la mine que la surface), et voici ce que nous avons obtenu.

En allant du Nord au Sud, le premier gisement de porphyrite que l'on rencontre est celui de Saint-Front. La roche y fait partie d'un groupe que nous étudierons ensuite sous le nom de porphyrite andésitique à oligoclase arborisé (groupe C) et est très différente de celle de Longeroux.

La porphyrite de la tranchée Saint-Edmond, un peu plus au Sud, est également de ce type C, avec des microlithes d'oligoclase extrêmement petits.

Au chemin des Bâches, au contraire, à côté de la tranchée de Longeroux, la variété orthophyrique semblable à celle de la tranchée voisine est des plus nettes.

Et enfin au chemin Saint-Charles, à l'Est, quoi-

qu'on ne retrouve plus ces grands microlithes d'orthose si caractéristiques à Longeroux, les petits microlithes éteints, à 4 ou 5 degrés de leur direction, n'ont que des macles confuses qui pourraient convenir à l'orthose.

En sorte que la seule roche que l'on puisse rapprocher de celle de Longeroux est celle du chemin de Saint-Charles qui paraît bien en effet sur le terrain former avec elle une seule nappe ; mais, si ces deux roches sont, comme il est très vraisemblable, identiques d'origine, nous avons là une constatation de ce fait qu'avec les conditions spéciales de coulée et de refroidissement, la structure cristalline peut se modifier dans de larges proportions.

*Groupe B. — Porphyrites andésitiques à pyroxène et à mica noir.* — Nous comprenons dans ce groupe les roches à microlithes d'oligoclase présentant la macle de l'albite avec des extinctions presque à zéro. Il en existe en plusieurs points, par exemple au Nord de Commentry, au Châtelet près de Buxière, et à côté de Noyant. En outre, il est possible que quelques-unes des roches du groupe suivant, où le pyroxène semble avoir existé antérieurement, doivent se ramener à ce type.

La porphyrite du Chatelet comprend les éléments suivants :

I (1<sup>re</sup> consolidation). Mica noir, quartz, pyroxène.

II. Microlithes d'oligoclase, grains de quartz secondaire.

Celle de Noyant est analogue.

*Groupe C. — Porphyrites andésitiques et micacées à feldspath arborisé.* — Cette variété comprend presque toutes les « dioritines » de Commentry qui affectent souvent la forme sphérolithique (variolites) déjà signalée dans le Morvan comme fréquente pour ce groupe.

Parmi les très nombreux filons de cette roche qui présentent tous à Commentry le caractère spécial d'une grande acidité, nous en décrirons seulement quelques-uns qui sont particulièrement intéressants.

1° Au fond de la tranchée Saint-Edmond, on peut voir un beau filon de cette roche traversant la couche de houille qu'il a par endroits transformée en coke. Cette roche est remarquable par l'abondance des vacuoles remplies de quartz et de calcite ;

2° A Billoux, près de Nérès, la roche à l'œil nu est verte avec des vacuoles.

Quand on la regarde au microscope, en lumière naturelle, elle apparaît comme formée de quelques grands cristaux blancs ayant des formes qui pourraient convenir au pyroxène, sur un fond saupoudré de fines lamelles allongées de mica brun.

En lumière polarisée, on s'aperçoit que les grands cristaux sont formés d'un agrégat de petits cristaux de quartz ou de calcite secondaire, et l'on voit apparaître de tous côtés dans la pâte de fines lamelles arborisées d'oligoclase ;

3° Sur le chemin de Merlon à la Chaux, se trouve un pointement d'une roche grise compacte avec des parcelles apparentes de mica noir.

Cette roche, au microscope, comprend les éléments suivants par ordre de consolidation :

I. Mica noir ; corps indéterminé transformé en quartz.

II. Microlithes de mica. On ne distingue pas de feldspath.

III. Silice répandue dans la pâte.

4° Vers la tuilerie de Colombier, sur le houiller, se trouve une roche analogue, compacte et grise, avec de fines lamelles de mica d'un aspect un peu fluidal.

Quand on l'examine au microscope, cette structure fluidale devient entièrement nette et caractéristique ; il

est visible que cette porphyrite a subi une lamination ou une coulée ; toutes les traînées de mica y sont allongées et parallèles dans une pâte dont les éléments ont subi eux-mêmes une semblable orientation ;

5° La « dioritrine » de Serclier est, par son aspect extérieur, très différente des précédentes ; elle est ponceuse, scoriacée, pleine de soufflures et ressemble à une véritable lave.

Au microscope, sa structure intime ne présente rien de spécial ;

6° Auprès de Perassier, une porphyrite qui s'est épanchée dans les grès houillers contient en abondance des grains verts arrondis, d'apparence vitreuse. Au microscope, ces grains apparaissent entièrement serpentineux, avec de beaux sphérolithes fibreux de chrysotile. Cette porphyrite renferme en outre un minéral également verdâtre, à fins clivages, assez biréfringent et polychroïque qui est de la bastite. Nous avons montré cet échantillon à M. Michel Lévy qui y a reconnu trait pour trait le picritporphyre de Boricky, dont il existe également des représentants dans le Morvan. Suivant Boricky, le minéral épigénisé en serpentine serait de l'olivine ; Rosenbusch le considère comme de la bastite ; mais M. Michel Lévy a rencontré, après de longues recherches, des cristaux où il subsistait encore une partie du minéral primitif, qui était du pyroxène monoclinique.

*Groupe D. — Porphyrite cristalline de Boussier.* — Nous croyons devoir faire un groupe distinct (au moins au point de vue minéralogique) d'un filon de porphyrite micacée non augitique, tout particulièrement cristallin, qui s'étend de Boussier vers Cheberne, suivant une direction Nord-Ouest—Sud-Est et qui forme une sorte de transition entre les porphyrites et les kersantites.

Ce filon présente d'ailleurs une particularité qui n'a rien d'exceptionnel, qui se rencontre par exemple dans l'Est de l'Allier, près de Fleuriel, et que M. Michel Lévy a déjà signalée dans le Morvan, à la carrière des Rachots. Il s'est rouvert près de Boussier pour laisser passer un filon de quartz ; cela a eu pour effet de surcharger la porphyrite en ce point de silice ; nous ne croyons pas toutefois que la structure cristalline de la roche soit en relation avec ce fait ; car elle existe aussi bien à Cheberne où il n'y a pas de quartz qu'à Boussier où il y en a.

La roche de Boussier et de Cheberne est dure et compacte ; à l'œil nu, elle se distingue à peine des « granites à grain fin » qui se trouvent dans la même région vers Nérès.

Au microscope, elle apparaît formée d'une marquerie très fine, comprenant :

I. Biotite ; probablement pyroxène transformé en calcédoine et en calcite.

II. Mica très allongé, généralement brun, parfois presque blanc ; bandes allongées de microlithes d'oligoclase ; fer oxydulé.

III. Calcédoine et calcite remplissant des vacuoles.

#### 2<sup>me</sup> TYPE. — PORPHYRITES MICACÉES ET AUGITIQUES.

Ces porphyrites sont caractérisées par des microlithes d'augite raccourcis, blanchâtres ou jaunâtres.

Il n'en existe qu'une variété dans l'Allier ; c'est la basanite de Noyant.

C'est une roche compacte, souvent verte, avec des taches noires, parfois presque noire et semblable à un basalte ; elle est d'une composition basique et l'on y rencontre souvent de la serpentine et de la calcite.

Au microscope, elle comprend :

I. Labrador en cristaux maclés — pyroxène.

II. Microlithes de labrador et de pyroxène.

III. Fer oxydulé, serpentine, calcite.

Son véritable nom sera par suite : porphyrite labradorique et augitique à pyroxène et à labrador.

*Porphyrites amphiboliques.* — Nous ne connaissons dans la région qui nous occupe qu'un gisement de porphyrites amphiboliques et ce gisement est déjà à une assez grande distance de Commeny, à Cresanges, mais il était essentiel de le signaler comme complément de la série.

Cette roche à l'œil nu est verte, d'un type cristallin très fin et tout à fait analogue aux autres dioritines.

Elle comprend au microscope les éléments suivants :

I. Hornblende.

II. Microlithes d'oligoclase et d'amphibole.

III. Quartz granuleux, actinote.

*Lien blanc.* — Après les porphyrites, nous devons dire un mot d'une roche assez particulière connue à Montvicq et dans tous les bassins houillers de l'Allier, sous le nom de lien blanc, et qui forme dans le terrain houiller des nappes très constantes.

Cette roche est schisteuse et se délite aisément, surtout après un certain temps d'exposition à l'air, en plaques minces. Elle est généralement à grains très fins, d'aspect et d'odeur argileuse, mais parfois se charge de grains sableux disséminés dans la pâte.

En certains points, par exemple dans un affleurement qui se trouve près du château de la Barre, on y trouve même entre les feuilletés des empreintes végétales finement conservées, mais dont la matière organique a complètement disparu.

Cette roche semble pouvoir être considérée, ainsi que l'avait fait M. Mallard, comme une sorte de coulée siliceuse épanchée en nappes horizontales et régulières et qu'on assimilerait aux gores blancs de Rive-de-Gier,

ainsi qu'à la pierre carrée du bassin de Maine-et-Loire.

Les échantillons provenant de Montvicq que nous avons examinés au microscope contenaient des débris de mica noir et quelques grains de quartz avec de la calcite et un ciment argileux, la roche prenant un aspect savonneux par l'effet du mica flotté.

La pierre carrée de Maine-et-Loire, vue aussi en lame mince, apparaît également formée d'une pâte siliceuse fluidale avec quelques fragments de quartz grenu et de mica décomposé.

*Quartz.* — Les filons de quartz sont fréquents dans la région de Commentry; ils y sont de plusieurs âges :

1° On rencontre d'abord le quartz de l'âge des pegmatites, hyalin et contenant par places des fragments de feldspath, par exemple du côté de Colombier.

2° Le début de la période houillère paraît avoir été le théâtre d'importants épanchements de silice, qui ont exercé un métamorphisme profond sur le fond du bassin lacustre de Montvicq. Des galets de quartz rencontrés dans le houiller aux environs des Ferrières se rapportent sans doute à cette époque.

3° Nous dirons, à propos de l'arkose permienne de Magnier, les raisons qui nous font considérer comme de l'époque permienne les filons de quartz qui ont fourni la silice si abondante dans cette arkose.

4° Enfin un certain nombre de filons de quartz saccharoïde avec fluorine et barytine : par exemple, entre Serclier et Boussier, et du côté des Raynards, sont à rapporter à l'âge des arkoses triasiques.

*Serpentine.* — Un pointement de serpentine qui paraît se rattacher aux amphibolites se trouve à côté de la Prise d'eau de la ville de Commentry. Cette serpentine contient de l'amphibole, de l'enstatite et un peu de fer oxydulé.

Une serpentine analogue se rencontre à l'ouest de Neris.

*Arkose permienne.* — Il existe au nord de Comentry un dépôt important dont nous n'avons encore en ce point que des lambeaux isolés, mais qui, un peu plus loin, s'étendra d'une façon continue sur 25 à 30 kilomètres de long, et dont l'âge a été jusqu'ici absolument méconnu.

C'est une sorte d'arkose généralement rubéfiée, avec des taches rouges ou jaunes sur fond blanc très caractéristiques, et qui se retrouve identique à elle-même depuis le puits Sainte-Marie de Montvicq jusqu'à Cosne-sur-l'Œil et au-delà.

Cette roche apparaît au microscope formée de débris de quartz, feldspath et mica de toutes dimensions, réunis par un ciment parfois argileux, presque toujours siliceux et où la silice prend souvent la structure de la calcédoine. La plupart de ces débris semblent pouvoir être rapportés à des tufs de porphyre pétrosiliceux.

Ce qui rendait difficile l'étude géologique de ce terrain, c'est que, reposant en stratification discordante sur le houiller et, comme nous le dirons plus loin, sur les couches permienes de Buxière, il ne passe nulle part (au moins dans ce bassin) sous aucun autre terrain, en sorte qu'il était impossible d'avoir une limite supérieure de son âge. En outre on n'y avait jamais trouvé aucun fossile.

En conséquence, Boulanger, auteur d'une description géologique de l'Allier, et tous les géologues à sa suite, l'avaient, d'après son aspect extérieur, classé dans le tertiaire. On pouvait cependant avoir quelques doutes sur cette détermination en voyant dans quel rapport intime avec le houiller se trouvait ce terrain le long de cette grande faille des bassins houillers dont nous avons déjà parlé.

Quand nous avons, en effet, entrepris l'étude détaillée de la géologie de l'Allier, nous nous sommes rendu

compte qu'il y avait là non pas seulement comme on le croyait, quelques bassins isolés alignés sur une fracture, mais que de Noyant à Saint-Eloi s'allongeait un véritable ravin charbonneux souvent large de quelques mètres à peine, et parfaitement rectiligne ; si bien qu'on retrouve aujourd'hui, sur toute une ligne droite entre ces deux lacs, à remplissage d'ailleurs distinct, quelque chose comme le résidu d'un torrent qui les aurait unis à l'époque houillère.

Or, le long de ce mince dépôt houiller, on rencontre dans toute la région sud, près des Guillaumets, reposant au-dessus et allongé dans le même sens, un dépôt d'arkose identique à celle que nous étudions, d'ailleurs absolument isolé comme le houiller de tout autre terrain sédimentaire, puisque cette fente se trouve en plein massif primitif. Il était donc naturel de penser qu'on avait affaire là à deux dépôts d'âge assez voisin.

Cette induction s'est trouvée confirmée et précisée par la découverte faite par M. Fayol au puits Mony de restes de plantes houillères ou permienes dans ce terrain. Plus tard, nous-même, à trente kilomètres au moins de là, dans les environs du Châtelet près de Buxière, en avons rencontré également un autre gisement.

L'âge houiller ou permien de ce dépôt est donc démontré ; on peut aller un peu plus loin et montrer qu'il est supérieur aux couches de Buxière ; c'est ce que faisait prévoir la coupe du Châtelet ; c'est ce qu'indique d'une manière précise une coupe nord-sud prise à côté de Louroux-Bourbonnais dans le chemin qui va des Camelins à la Bourderie.

Mais, comme nous l'avons dit, il paraît impossible d'établir stratigraphiquement une limite supérieure de l'âge de ce terrain ; nous pouvons seulement, en nous fondant sur la considération des plantes qui y ont été

trouvées, admettre qu'il est d'un âge permien postérieur au dépôt des schistes de Buxière. Or, cette roche est, on le sait, presque exclusivement composée de silice et, tout autour du bassin permien de Bourbon-l'Archambault, dont elle forme le terme supérieur, nous rencontrons une série de grands filons de quartz également postérieurs à ce permien dont ils ont silicifié en certains points le grès d'une façon extraordinaire, filons reconnus à Montvicq, aux bruyères de Vizelles, à La Faye, à Briette, à Messarges, etc.

Il nous semble donc qu'on pourrait admettre une relation entre ces deux sortes de phénomènes sans doute contemporains et qu'il n'y aurait rien d'impossible à ce que ce dépôt fût en grande partie d'origine interne, en relation avec l'épanchement de nappes siliceuses dans des eaux qui les remaniaient.

Cette relation des filons de quartz et de l'arkose permienne paraît même assez claire aux points suivants : carrière de la Roque sur la route de Cosne à Louroux Bourbonnais ; filon de Matonnière, entre Louroux et Theneuille, et des Iles à l'ouest de Montluçon.

Pour nous prononcer, comme nous venons de le faire, sur l'âge des schistes de Buxière (1), nous avons des raisons paléontologiques. Les poissons qu'on y rencontre : *Paleoniscus Delessei*, *Onchus simplex*, *Elonichtys*, sont nettement permien. En outre, avec les schistes bitumineux de Souvigny qui sont le prolongement extrême de ceux de Buxière, Saint-Hilaire et Gipey, et à quelques centimètres au-dessus, se trouve un banc de grès calcaire exploité dans la carrière des Bourrus, sur la route de Souvigny à Besson.

Dans cette carrière nous avons pu rencontrer avec des épines de poisson assez fréquentes (*ichtyodorulites*)

---

(1) Voir *Bull. Soc. géol.*, 3<sup>e</sup> série, XVI, p. 298.

un certain nombre d'ossements se rapprochant d'une manière très remarquable de la faune d'Autun : un fragment de mâchoire avec cinq dents paraissant appartenir à l'Actinodon Frossardi, des vertèbres dont l'hypocentrum est séparé comme l'avait fait remarquer M. Gaudry pour le permien d'Autun, plusieurs fémurs, des morceaux de côte, d'omoplate, d'épisternum, de clavicule, etc., des coprolithes et un certain nombre de dents à deux racines très caractéristiques d'une sorte de requin, le diplodus. Ces dents de diplodus se retrouvent dans les schistes de Buxière.

Enfin, dans les grès et argiles lie de vin qui prolongent le permien de Souvigny du côté de Coulandon et paraissent correspondre au niveau des grès de Bourbon, une autre carrière, découverte autrefois par MM. Julien et Bertrand, nous a donné une flore végétale intéressante que M. Zeiller a bien voulu étudier et où il a reconnu :

Calamites Suckowii — Annularia Stellata (feuilles et épis) — Asterophyllites equisetiformis — Sphenophyllum angustifolium — Dictyopteris Schützei — Pecopteris oreopteridia — Pecop, polymorpha — Cordaïtes, cardiocarpus, aulacopteris.

L'annularia spicata, espèce inconnue à Commeny, existe dans le Rothliegende de la Saxe et a été retrouvée par M. Renault dans le permien d'Autun, en sorte que cette flore confirme les renseignements déjà donnés par la faune et permet de classer ces grès à la base du permien.

L'arkose permienne de Commeny est dès lors elle-même postérieure au dépôt des schistes d'Autun, et l'on peut affirmer qu'il y a eu entre le remplissage houiller et son arrivée au-dessus un intervalle assez considérable.

## DESCRIPTION DES PLANCHES

NOTIONS ÉLÉMENTAIRES DE PÉTROGRAPHIE  
MICROSCOPIQUE

Il a semblé qu'il pourrait être utile à quelques personnes peu familières avec la pétrographie microscopique de trouver ici les notions les plus élémentaires sur cette science, notions strictement limitées aux roches des environs de Commeny qui sont partout les plus fréquentes et que tout ingénieur peut avoir chance de retrouver aux abords de la région qu'il habite (1).

Les deux planches XXVII et XXVIII ont été dressées en conséquence.

Nous nous bornerons dans la description des minéraux aux caractères les plus simples, ceux qui sont saisissables à première vue, sans analyse optique bien approfondie. Mais, au préalable, il nous faut rappeler sommairement quelques principes sur lesquels nous aurons à nous appuyer.

On sait que la *lumière naturelle* est l'impression produite sur nos organes par des vibrations de l'éther, dont la direction tourne constamment dans un plan normal au rayon lumineux, en même temps qu'elles se propagent en droite ligne suivant ce rayon.

Lorsque ces vibrations, au lieu d'avoir une direction quelconque et variable, restent dans un même plan, c'est-à-dire lorsqu'on détruit la composante du mouvement perpendiculaire à ce plan, la lumière est dite

---

(1) Voir pour plus amples renseignements la *Minéralogie micrographique* de MM. Fouqué et Michel Lévy à laquelle nous empruntons la plupart des détails suivants, et la *Mikroskopische physiographie der mineralien* — (2<sup>me</sup> édition) — par Rosenbusch.

*polarisée* ; on obtient pratiquement cet effet par le passage de la lumière à travers un prisme de spath dit *Nicol*. Si, agissant de nouveau sur cette lumière polarisée au moyen d'un autre Nicol croisé à angle droit avec le premier, on détruit à son tour la composante située dans ce plan, on arrive à l'extinction complète.

D'autre part, dans un milieu *isotrope*, où toutes les directions jouissent des mêmes propriétés (ce qui est le cas pour un cristal cubique comme le grenat) on conçoit qu'à partir d'un centre d'ébranlement déterminé, la vibration lumineuse se propagera dans tous les sens avec la même rapidité ; la *surface de l'onde* lumineuse, c'est-à-dire le lieu des points de l'espace qui vibrent au même moment, sera alors une sphère et ses sections des cercles. Un rayon de lumière, arrivant sur un tel cristal, ne subira d'autre modification que celle résultant de la densité plus grande du milieu qui, agissant sur lui comme un corps pénétrable sur un projectile à incidence oblique, le déviera, c'est-à-dire produira une *réfraction*.

Dans tous les autres systèmes cristallins *anisotropes*, les forces élastiques, au lieu d'être représentées par une sphère, doivent être figurées par un ellipsoïde ; c'est-à-dire qu'à chaque direction de l'espace peuvent correspondre des propriétés différentes.

Dès lors, si l'on imagine, à l'entrée dans un tel milieu, le plan d'onde, plan perpendiculaire au rayon lumineux et où s'effectue la vibration, on peut prévoir que, ce plan coupant l'ellipsoïde relatif au cristal suivant une ellipse (au lieu d'un cercle pour les cristaux isotropes) les deux axes de cette ellipse représenteront deux influences distinctes là où il n'y en avait qu'une précédemment ; la résistance du milieu qui déterminait la direction du rayon réfracté, au lieu d'une valeur unique, en aura deux principales ; par suite, au lieu d'un seul

rayon réfracté, on en aura deux qui tous deux seront polarisés, et polarisés à angle droit; deux rayons distincts formés de vibrations rectangulaires traverseront à la fois le cristal avec des vitesses inégales. C'est ce que l'on appelle la *double réfraction*.

Si le cristal est quadratique ou rhomboédrique, l'ellipsoïde est de révolution autour de l'axe principal qu'on nomme *axe optique*; les sections perpendiculaires à cet axe sont des cercles comme dans une sphère et cet axe constitue par suite une direction unique de monoréfringence. Le cristal est alors dit *uniaxe*.

S'il est orthorombique, clinorhombique ou asymétrique, il existe encore dans l'ellipsoïde deux directions conjuguées de sections circulaires, perpendiculairement auxquelles se trouvent deux axes optiques jouissant de la même propriété d'être des directions de monoréfringence.

Le cristal est alors *biaxe*.

L'angle de ces axes optiques est un élément essentiel de la détermination d'un minéral.

Le signe du cristal est dit positif: 1° pour un cristal uniaxe, quand l'axe de révolution est le plus petit des deux axes de l'ellipsoïde; 2° pour un cristal biaxe quand la bissectrice aiguë de l'angle des axes optiques est plus petite que l'obtus; il est négatif dans le cas contraire.

Etant donnée cette définition d'un cristal biréfringent, si, ayant obtenu l'extinction complète par le passage de la lumière naturelle à travers un polariseur et un analyseur à angle droit, on interpose entre eux une lame très mince d'un cristal biréfringent, la vibration rectiligne du rayon polarisé, arrivant sur le cristal, se divisera en deux vibrations rectangulaires cheminant avec des vitesses différentes, que l'analyseur réduira, comme on sait, à leurs composantes parallèles à un même plan

et recomposera. Les deux composantes, ayant subi dans le cristal des résistances différentes suivant leur direction, ne se trouveront pas à la même phase de leur mouvement vibratoire et, celui-ci étant représenté par une sinusoïde, les deux amplitudes correspondantes pourront être, l'une au-dessous de l'axe des  $x$ , c'est-à-dire négative, l'autre au-dessus et positive, en sorte que leur superposition aura une valeur de la forme  $y-y'$ . En outre, pour chacune des lumières colorées dont la réunion constitue la lumière blanche, la résistance du cristal n'ayant pas été la même, elles auront donc chacune un  $y-y'$  différent, d'où une intensité inégale. Par suite, elles ne se trouveront plus dans la proportion nécessaire pour reformer la lumière blanche et le cristal apparaîtra coloré. C'est ce que l'on appelle la *polarisation chromatique*. La couleur obtenue pourra être prise comme mesure de la *biréfringence* du cristal.

Dans deux directions seulement, lorsque les axes de l'ellipse d'élasticité de la section coïncideront avec les plans principaux des Nicols, ce phénomène n'aura plus lieu et le cristal paraîtra noir. Ces deux directions s'appellent les *directions d'extinction*.

Un cristal est dit *maclé* lorsqu'il est formé par l'association de deux individus cristallins de même espèce et de même forme, diversement orientés. Il résulte de ce qui précède que, sur une section maclée, une partie sera éteinte, l'autre restant colorée.

Enfin, les substances *colorées* transparentes étant celles qui absorbent inégalement les divers rayons colorés dont se compose la lumière blanche, cette absorption dans une substance cristallisée, dépend, comme tous les autres phénomènes physiques, de la direction considérée. En polarisant la lumière, on isole une des directions qu'on peut faire varier en

tournant le cristal. On dit que la substance est *polychroïque* lorsque, dans des directions différentes, on obtient ainsi des teintes diverses.

Ceci posé, *l'examen des roches au microscope* se fait sur des lames minces de 1 à 3 centièmes de millimètre, soit en lumière naturelle, soit entre deux nicols à angle droit, en lumière polarisée.

1° *La reconnaissance des minéraux* est obtenue principalement au moyen des propriétés suivantes :

En lumière naturelle ou simplement polarisée : couleur et polychroïsme, clivages et cassures, relief, inclusions ;

Entre les nicols à angle droit, directions d'extinction, nombre des axes optiques et signe du cristal ; étude des macles et mesure de la biréfringence au moyen des couleurs de polarisation ; on peut, en outre, se servir de l'écartement des axes optiques et de la réfringence.

Dans les planches de Commeny, nous avons distingué, par une coloration d'ailleurs en elle-même conventionnelle, les éléments blancs ou alcalino-terreux, imprimés simplement en noir et les éléments colorés ou ferromagnésiens teintés d'un rouge plus ou moins foncé.

Les éléments blancs qui s'y rencontrent sont :

Éléments essentiels :	Quartz.	<i>q</i>	Minéraux secondaires :	Calcédoine.	<i>cal</i>	
	Micablan muscovite	<i>m</i>		Calcite.	<i>ca</i>	
	Feldspath	orthose.		<i>or</i>	Sillimanite.	<i>si</i>
		oligoclase.		<i>ol</i>		
		labrador.		<i>l</i>		
	Apatite.	<i>ap</i>				
	Sphène.	<i>s</i>				

Les éléments colorés :

Éléments essentiels :	{	Mica noir biotite,	<i>b</i>	Minéraux secondaires:	{	Actinote.	<i>ac</i>
		Pyroxène.	<i>p</i>			Epidote.	<i>e</i>
		Amphibole hornblende.	<i>am</i>			Chlorite.	<i>chl</i>
		Tourmaline.	<i>t</i>			Enstatite.	<i>en</i>
		Grenat.	<i>g</i>			Serpentine.	<i>se</i>
		Zircon.	<i>z</i>				
		Fer oxydulé.	<i>f</i>				
		Hématite.					
		Cordiérite.	<i>c</i>				

La cordiérite, qui est plutôt un élément blanc, a été légèrement teintée de rose sur les planches pour qu'on la distingue plus aisément du feldspath ; elle est d'ailleurs ferromagnésienne.

Passons rapidement ces minéraux en revue.

*Quartz* (*q*). — (Acide silicique) (Voir PL. XXVIII, FIG. 11). — Le quartz reste limpide au microscope, sans clivages ; on a mis en évidence, sur les dessins, ses traînées d'inclusions liquides ou vitreuses (Voir PL. XXVII, Fig. 2, 9, 10, etc.).

Les états divers de la silice en excès sont le fondement de la classification des roches acides ; le quartz est à l'état de cristaux de première consolidation (1) dans les granulites, les microgranulites carbonifères et les porphyres pétrosiliceux permien ; à l'état de quartz de seconde consolidation, granitique dans les granites, granulitique dans les granulites, micro-granulitique et micro-pegmatoïde dans les micro-granulites, ou enfin calcédonien dans les porphyres pétrosiliceux ; il peut en outre être secondaire.

Le quartz de première consolidation est en grains bipyramidés globuleux, souvent cassés et usés mécaniquement.

---

(1) Voir la définition des temps de consolidation, p. 583.

Le quartz granitique (de deuxième consolidation) moule les autres éléments des roches ; il est formé par juxtaposition de plages diversement orientées qui, par suite, apparaissent au microscope, entre les nicols croisés, plus ou moins éteintes (Voir PL. XXVIII, FIG. 11).

Le quartz micropegmatoïde est en association intime avec un feldspath (généralement l'orthose) et affecte les formes de la pegmatite graphique (caractères cunéiformes).

Le quartz calcédonieux contient de nombreux sphérolithes à structure radiée, donnant entre les Nicols croisés une croix noire.

*Mica blanc, muscovite* (m). — (Voir PL. XXVII, 1, 8). — Silicate d'alumine et de potasse ; biaxe.

On voit généralement une série de clivages parallèles, à moins que la section du cristal ne soit dans le sens de la base pseudohexagonale. Les contours sont toujours extrêmement déchiquetés ; les couleurs de polarisation sont très vives.

*Feldspath orthose* (or). — (Silico-aluminate de potasse très acide) monoclinique.

Il est généralement gris bleuâtre entre les Nicols croisés.

Il existe à l'état de grands cristaux de première consolidation et en plages granitoïdes dans le granite, la granulite, la microgranulite ; en microlithes (1) de seconde consolidation dans les porphyrites orthophyriques.

Dans le granite, la granulite et la microgranulite, l'orthose est en grands cristaux brisés et en plages de seconde consolidation injectées de silice avec des

(1) On appelle *microlithes* les petits cristaux bien spécifiés qui apparaissent au microscope dans la pâte des roches et qui en forment la seconde consolidation.

cassures et des impuretés. On a représenté les deux clivages faciles  $p$  et  $g^1$ ; la macle de Carlsbad est fréquente, elle produit deux bandes inégalement éteintes, peu nettement séparées (Voir PL. XXVIII, FIG. 4).

*Oligoclase* (ol.) — (PL. XXVII, FIG. 2, 9.) (Silico-aluminate de soude et de chaux) moins acide que l'orthose, triclinique.

L'oligoclase présente des teintes de polarisation analogues à celles de l'orthose. Il est en grands cristaux de première consolidation dans les granites, les granulites et les microgranulites; en microlithes dans les porphyrites (PL. XXVIII, FIG. 1, 2, 3, 6, 7).

Dans les granites, ses cristaux sont généralement plus petits que ceux de l'orthose qui les englobent souvent (Voir PL. XXVII, FIG. 8). Il est presque toujours maclé suivant la loi de l'albite et apparaît formé d'une série de bandes plus ou moins noires, séparées avec une grande netteté et d'épaisseur très régulière.

*Labrador* (l.) — (Silico-aluminate de soude et chaux) moins acide que l'oligoclase, triclinique.

Le labrador existe à l'état de grands cristaux maclés par bandes nettes de largeur irrégulière dans l'amphibolite de Colombier, (PL. XXVII, FIG. 5) et en microlithes dans les porphyrites (PL. XXVIII, FIG. 5).

Les microlithes des divers feldspaths se distinguent par leurs directions d'extinction.

*Apatite* (ap.) — (Fluophosphate de chaux). — Hexagonal (Voir PL. XXVII, FIG. 7).

L'apatite apparaît dans les roches sous forme de petits prismes tronçonnés par segments ou de sections hexagonales plus ou moins obliques à l'axe, sous lesquelles on aperçoit par transparence les faces latérales du prisme.

Sa couleur de polarisation est blanchâtre.

*Sphène* (s.) — Silico-titanate de chaux; monoclinique (Voir PL. XXVII, FIG. 1, 5, 9).

Le sphène a, entre les Nicols croisés, une couleur jaune brunâtre avec un aspect rugueux; les cristaux sont fortement cerclés de noir et présentent un relief accentué. Il existe souvent dans les roches éruptives, surtout associé à l'amphibole; on le trouve également dans les gneiss.

En grands cristaux il présente des sections à angles très aigus (Voir PL. XXVII, FIG. 3); dans les roches de Commeny il forme presque toujours des plages déchi-quetées, comme des grappes de cristaux.

*Calcite* (ca.) — Carbonate de chaux. — Rhomboédrique (Voir PL. XXVII, FIG. 6, PL. XXVIII, FIG. 3, 8).

La calcite a des couleurs de polarisation très caractéristiques, comme irisées de rose et de bleu. Elle présente trois clivages faciles très fins et très réguliers avec des macles qui apparaissent surtout dans les grands cristaux. Elle se montre dans les roches éruptives à l'état secondaire, en filonnets comme dans le granite à grain fin (PL. XXVII, FIG. 6) ou en vacuoles comme dans la porphyrite.

*Sillimanite* (si.) — Silicate d'alumine orthorhombique (Voir PL. XXVII, FIG. 8).

Les couleurs de polarisation sont très vives. La sillimanite se présente en faisceaux microlithiques de petits prismes cannelés. Elle apparaît par action métamorphique de la granulite dans les gneiss et dans les schistes. (PL. XXVII, FIG. 8.)

*Mica noir biotite* (b.) — (Silicate d'alumine ferromagnésien) presque uniaxe.

Le mica noir se montre généralement en plages déchiquetées présentant une seule série de clivages parallèles, quelquefois en lames grossièrement hexagonales parallèles à la base.

La couleur est brunâtre avec un fort polychroïsme.

Il contient fréquemment de petits cristaux de zircon auréolés de noir.

*Pyroxène* (p.) — Silico-aluminate de chaux, magnésie et fer monoclinique (Voir PL. XXVII, FIG. 3, PL. XXVIII, FIG 5).

Le pyroxène présente entre les Nicols croisés des couleurs vives, souvent jaunes et rouges avec une apparence rugueuse spéciale ; il a deux clivages à angle droit généralement peu rectilignes et interrompus comme des traits de plume irréguliers.

Le pyroxène augite existe : soit en grands cristaux de première consolidation avec des macles fréquentes, soit en microlithes. Il est souvent transformé en amphibole, en chlorite, en calcite, en serpentine et en produits ferrugineux.

*Amphibole* (am.) — Silico-aluminate de chaux, magnésie et fer. — Monoclinique (Voir PL. XXVII, FIG. 26, 5, 7, PL. XXVIII, FIG. 12).

*L'amphibole hornblende* a des couleurs de polarisation moins vives que le pyroxène, vertes ou brunes, et est sensiblement polychroïque. Les deux clivages sont à angle obtus, très réguliers, rectilignes et continus, formant un réseau à mailles assez fines.

La hornblende existe en grands cristaux de première consolidation, tantôt moulant les feldspaths et présentant alors un aspect déchiqueté, tantôt ayant cristallisé en même temps qu'eux.

Elle est en microlithes dans certaines porphyrites (PL. XXVIII, FIG. 12).

*L'amphibole actinote* (ac) est généralement au microscope d'un vert pâle, ses microlithes sont souvent incolores. Elle se présente à l'état de minéral secondaire en prismes très allongés, disposés en éventail. (Voir PL. XXVIII, FIG. 12.)

*Péridot-Olivine.* — Monosilicate ferro-magnésien, ortho-rhombique.

L'olivine se reconnaît à sa transparence complète, à son aspect rugueux, à l'absence de macles et de clivages, aux couleurs brillantes de polarisation, à la fréquence des zones d'altération. — L'angle de ses pointements est généralement aigu, tandis qu'il est toujours obtus dans le pyroxène.

*Tourmaline (t.)* — (Voir PL. XXVII, FIG. 1) Silico-aluminate de fer et magnésie contenant de l'acide borique et du fluor, — rhomboédrique.

Les couleurs de polarisation sont vives, le polychroïsme énergique (on l'a mis en évidence PL. XXVII, FIG. 1) ; le minéral présente en lumière naturelle un reflet bleuâtre, nacré, caractéristique et un relief assez marqué.

On rencontre la tourmaline sous forme de prismes tronçonnés irrégulièrement ou de sections à *neuf pans*.

*Grenat (g.)* — Silico-aluminate de chaux ; cubique (Voir PL. XXVII, FIG. 8).

Le grenat en lumière naturelle apparaît chagriné avec des bords fortement accusés ; entre les Nicols croisés, il est constamment éteint.

*Zircon (z.)* — Silicate de zircon ; quadratique.

Il a des couleurs extrêmement vives entre les Nicols croisés avec une irisation caractéristique ; le relief est très marqué.

Il se présente soit en prismes, soit en octaèdres dans les gneiss, amphibolites, etc.

Il est antérieur à presque tous les autres minéraux et forme dans les micas et les amphiboles des inclusions entourées d'une auréole noire (Voir PL. XXVII, FIG. 5, 7).

*Fer oxydulé (f.)* — Cubique (Voir PL. XXVIII, FIG. 6.)

Il est absolument opaque. On le trouve en cristaux

de première consolidation formant souvent une ceinture autour du mica noir ou de l'amphibole ; il résulte aussi de l'altération de la hornblende ou de l'augite.

*Hématite* (h). — Rhomboédrique.

Souvent elle est opaque ; mais quelques parties au moins des cristaux présentent une couleur rouge foncé par transparence.

*Cordiérite* (c). — Silicate ferro-alumineux de magnésie (Voir PL. XXVII, FIG. 8).

La couleur, quand le minéral est frais, est celle des feldspaths ; on y remarque des inclusions de mica entourées d'une auréole jaune polychroïque et des micro-lithes de sillimanite. Souvent la cordiérite est altérée et transformée en pinite, substance jaunâtre colloïde avec des sphérolithes à croix noire.

*Epidote* (e). — Silicate ferro-alumineux de chaux. Monoclinique (Voir PL. XXVII, FIG. 3).

La couleur de polarisation est très vive et uniforme dans les jaunes orangés avec une limpidité toute spéciale.

Elle résulte le plus souvent d'actions secondaires médiatees, et remplit des filonnets ou des vacuoles.

*Chlorite* (chl.). — Silico-aluminate hydraté de magnésie et de fer (Voir PL. XXVII, FIG. 4).

C'est un minéral analogue au mica ; mais au microscope, au lieu de présenter des feuilletés parallèles, il est formé de fibres radiées.

*Enstatite* (en.) — (Silicate orthorhombique, du groupe de l'hypersthène).

Elle présente généralement de fines stries parallèles et, par hydratation, se transforme en bastite.

On la trouve dans la serpentine (Voir PL. XXVIII, FIG. 10).

*Serpentine* (s). — (Voir PL. XXVIII, FIG. 10) Produit de décomposition et d'hydratation des silicates magnésiens.

On trouve dans les gneiss des serpentines provenant de l'altération de l'enstatite. Cette serpentine constitue au microscope un réseau à mailles multiples dans lequel certaines parties ont conservé les fines stries de la bastite.

2° *Classification des roches.* — La classification des roches de MM. Fouqué et Michel Lévy, si nous laissons de côté : 1° les roches sédimentaires et filoniennes ; 2° les roches post-tertiaires, qui ne nous intéressent pas ici, est fondée sur deux caractères principaux : (a) la nature des minéraux intégrants ; (b) leur structure.

Au point de vue des minéraux intégrants, on distingue, comme nous l'avons dit, les éléments blancs et les éléments colorés.

Au point de vue de la structure, il faut se souvenir qu'une roche a été généralement formée en plusieurs temps de consolidation, et comprend :

1° De grands cristaux souvent corrodés ou brisés ultérieurement.

2° Des cristaux généralement plus petits, souvent microlithiques, faisant prendre en masse le magma.

3° Des résultats d'actions secondaires.

Les beaux travaux de MM. Fouqué et Michel Lévy sur la synthèse artificielle du basalte ont montré que les cristaux de première consolidation exigent une température considérable (pour le basalte presque la température de fusion du platine) et qu'en faisant ensuite tomber brusquement le feu au rouge cerise, la seconde consolidation, tout autour d'eux, s'opère nettement en une pâte microlithique. Suivant les conditions de ce refroidissement, la structure est alors variolitique, ophitique ou grenue.

On peut dire dès lors que les grands cristaux des roches à deux temps de consolidation ont été solidifiés

en profondeur et apportés par le magma fluide qui s'est pris en microlithes dans les fentes étroites près de la surface.

La classification française, que nous adopterons, est fondée sur le second temps ; l'allemande sur le premier.

A. Si la roche est composée principalement d'éléments cristallisés du second temps sans magma amorphe et sans microlithes, elle est *granitoïde*.

Elle peut alors être :

Soit *granitoïde proprement dite* quand tous les cristaux sont à peu près d'égales dimensions dans tous les sens ;

Soit *pegmatoïde* quand il y a eu cristallisation simultanée de deux éléments récents disposés suivant un arrangement régulier ;

Soit *ophitique* quand les cristaux de feldspath s'allongent suivant l'un des côtés de la face  $g^1$  formant ainsi un type de passage vers les roches microlithiques.

B. Si, au contraire, il y a un magma amorphe, des microlithes, une structure fluidale, elle est *trachytoïde*.

Dans ce dernier cas, elle pourra d'ailleurs être : *pétrosiliceuse*, *microlithique*, ou *vitreuse* suivant que prédomineront les sphérolithes, les microlithes ou la pâte amorphe.

Sans insister sur cette classification bien connue, au point de vue spécial qui nous occupe, il nous suffira maintenant de donner pour les roches de Commeny quelques notions d'âge, vraies, sinon d'une manière absolue pour l'étendue totale de la terre, au moins pour une région limitée qui peut comprendre la France entière.

Les gneiss et les micaschistes paraissent être le plus ancien témoin subsistant de la première consolidation de notre globe. Ils ne nous semblent pas être cette première croûte même qui a dû être trop triturée pour

avoir pris cette apparence schisteuse et que nous nous représentons plutôt homogène à la façon d'un granite (1). Le noyau liquide, au moment où se forma la première pellicule à la surface, était, sans doute, un peu comme notre soleil aujourd'hui, entouré de vapeurs à des pressions énormes, comprenant des éléments analogues à ceux de la partie fondue. La pellicule formée joua le rôle d'un écran réfractaire et détermina la précipitation de ces vapeurs en océans, avec la cristallisation des feldspaths et du quartz. (2) Puis cette couche de sédiments, réchauffant la première croûte au-dessous, la refondit. Alors, sur cette arkose chimiquement déposée, les phénomènes sédimentaires, le métamorphisme de contact, l'intrusion des roches éruptives influèrent dans des proportions qu'il est difficile de déterminer et sur lesquelles les géologues diffèrent encore d'avis. Le mica noir put, à la rigueur, être produit, comme on constate qu'il l'a été dans les schistes cambriens, par l'action du granite voisin sur les feuilletés argileux. Quoiqu'il en soit, il se forma ainsi un terrain particulier, appelé terrain primitif, remarquable entre tous, parce qu'il contient à lui seul tous les types des roches éruptives anciennes et parce que sa coupe se retrouve la même en tous les points de la terre.

Partout, en effet, on retrouve à la base : 1° les gneiss formés des mêmes éléments minéralogiques que le granite, et devant leur schistosité apparente à la disposition du mica noir en feuilletés ainsi qu'à un certain étirement des quartz ; puis 2° un niveau de gneiss alternant avec les micaschistes et comprenant des amphibolites, des pyroxénites, des cipolins ; enfin 3° les

---

(1) Voir Michel Lévy, *Bul. Soc. géol.*, 7 nov. 87, p. 402.

(2) MM. Friedel et Sarrasin ont obtenu au rouge sombre l'orthose, l'albite et le quartz en présence de l'eau sous pression.

micaschistes se distinguant du gneiss à l'œil nu par la continuité des membranes, et le quartz lenticulaire ; au microscope par l'abondance du mica naissant pris en fines lamelles dans les allongements.

Les amphibolites et pyroxénites de Commeny sont de l'âge des micaschistes.

Après la formation du terrain primitif sont venues les roches éruptives.

Le *Granite* d'abord, incontestablement postérieur au cambrien et dont, d'après les récentes études de M. Barrois, en Bretagne, une variété paraît même du carbonifère inférieur.

Il ne serait pas impossible que le granite eût, pendant de longues périodes, représenté la composition normale de la surface du noyau igné interne et qu'il ait pu, par suite, à des époques très diverses, profiter des mouvements de l'écorce, pour pénétrer dans les couches sédimentaires placées au-dessus de lui. Il y aurait alors des granites de plusieurs âges que, dans l'état actuel de la science, il semble difficile de distinguer.

C'est une roche de profondeur qui paraît en général avoir cristallisé sous pression et n'être arrivée au jour que par l'érosion postérieure des plis anticlinaux où elle était contenue. Là où elle a pénétré dans les terrains, elle a exercé sur eux un métamorphisme profond et provoqué la formation de minéraux dont l'andalousite et la chiastolite ou macle sont les principaux.

Pour une certaine école de géologues, toutes les roches acides ne seraient que des modes différents de cristallisation du magma granitique, et leur structure diverse tiendrait uniquement à la longueur ou à l'étroitesse plus ou moins grande des fentes par lesquelles elles sont arrivées à nous. Ainsi, dans la microgranulite par exemple, les grands cristaux semblent être un premier essai de cristallisation granitique en profon-

deur, suivi, après le passage à travers l'écorce terrestre, d'une prise en pâte fine du reste du magma.

Les conditions d'arrivée au jour ayant précisément varié pour une région déterminée avec la période géologique, on conçoit qu'à chaque âge puisse y correspondre, même dans cette hypothèse, une roche différente.

La *Granulite*, au moins silurienne, peut être arrivée à la fin du dévonien ou même du carbonifère inférieur, recoupe nettement le granite de ses filons et constitue en certains points des dômes comme lui.

Elle s'en distingue principalement par la présence de grains de quartz de première consolidation isolés et par celle du mica blanc. Dans certaines variétés à grain très fin et elvanique, le mica est presque complètement absent.

La *Microgranulite* (ancien porphyre quartzifère), postérieure au granite et à la granulite, est de la base du houiller inférieur. On la voit fréquemment en filons à travers le carbonifère supérieur de Cusset et de la Prugne (Allier.) Ses dîcks, restés en saillie au milieu des roches voisines plus facilement érodées, se prolongent pendant des kilomètres dans la Creuse et le Puy-de-Dôme. Elle forme, d'autre part, des coulées stratiformes dont il existe de beaux exemples au nord de Manzat (Puy-de-Dôme).

Dans cette roche, la pâte qui entoure les grands cristaux en débris, apparaît au microscope comme une véritable granulite où manquerait le mica blanc ; par places, la microgranulite comprend de la pegmatite microscopique ou micropegmatite : c'est-à-dire des plages où le quartz s'est orienté dans les cristaux de feldspath en y simulant des caractères cunéiformes.

Le *porphyre globulaire* est de l'âge du houiller inférieur : on rencontre souvent dans cette roche, autour

des cristaux de quartz anciens, une auréole de feldspath rayonné, avec traînées de quartz intercalées, qui s'éteint entre les nicols croisés en même temps que le centre et, par suite, a dû prendre en cristallisant la même orientation que lui.

Le *porphyre pétrosiliceux*, dont un type ancien, représenté en galets à Commeny, est arrivé entre le houiller inférieur et le houiller supérieur, comprend aussi des types récents comme la Pyroméride de l'Esterel, qui est permienne.

Il est caractérisé par la présence de grands cristaux de quartz bipyramidés, entourés d'un magma fluidal avec sphérolithes à croix noire et quartz grenu plus récent. Les sphérolithes donnent entre les Nicols croisés une croix noire parce qu'ici tous les petits cristaux qui les composent se sont orientés suivant les rayons.

Enfin, l'on désigne sous le nom de *porphyrites* une série de roches très variées à deux temps de consolidation distincts, à microlithes de feldspath triclinique et dont le quartz est absent.

Quand les microlithes sont de l'orthose, la roche devrait s'appeler orthophyre. Néanmoins, ayant constaté que les microlithes d'une même coulée de porphyrite, à Commeny, étaient : en un point de l'orthose, en un autre de l'oligoclase, nous avons adopté pour ce cas le nom de porphyrite orthophyrique.

La série des porphyrites va des kersantites aux méla-phyres en comprenant des porphyrites micacées, augitiques et amphiboliques. Il y en a d'âges très distincts. Celles que l'on rencontre à Commeny et dans les environs sont toutes du milieu du houiller supérieur.

#### PLANCHE XXVII.

FIG. 1. — *Gneiss granulitique à tourmaline de Part près Colombier*. — Grossissement : 50 diamètres.

Le dessin représente les minéraux suivants :

Quartz, mica blanc, orthose, oligoclase, sphène, mica noir, tourmaline.

FIG. 2. — *Granite normal, entre Part et Colombier.*

— Grossissement : 30 diamètres.

I Mica noir ; oligoclase, orthose (1).

II Quartz.

On peut remarquer plusieurs cristaux d'orthose englobant du mica noir et de l'oligoclase ; ce qui montre qu'ils se sont solidifiés postérieurement.

FIG. 3. — *Pyroxénite des micaschistes de Colombier.* — Grossissement : 30 diamètres.

Le dessin représente les minéraux suivants :

Zircon, oligoclase, grenat, pyroxène, mica noir, épidote.

FIG. 4. — *Micaschiste feldspathisé de Signevarines.* — Grossissement : 50 diamètres.

Le dessin représente les minéraux suivants :

Zircon, mica noir, quartz, orthose et oligoclase, mica blanc, sphène.

La structure est très nettement zonée ; on remarque les fines lamelles de mica naissant dans les allongements.

FIG. 5. — *Amphibolite des micaschistes de Colombier.* — Grossissement : 50 diamètres.

Le dessin représente les éléments suivants :

Zircon, labrador, quartz, sphène, amphibole.

FIG. 6. — *Granite à grain fin entre Cerclier et Pérassier.* — Grossissement : 30 diamètres.

Cette roche à grain très fin, qui semble par son gisement de même âge que le granite normal, est remar-

(1) Nous désignerons par I, II, III les temps successifs de consolidation, et dans chaque temps les minéraux seront placés par ordre de formation.

quable par l'abondance des micas, la présence de quartz granulitique, les veines de calcite: caractères qui la rapprochent des kersantites quartzifères.

I. Mica noir, oligoclase, orthose.

II. Quartz granulitique.

III. Calcite.

FIG. 7. — *Granite amphibolique de Pérassier.* — Grossissement : 30 diamètres.

I. Apatite, zircon, mica noir, amphibole, oligoclase, orthose

II. Quartz.

On voit très nettement les cristaux de zircon et de mica noir pris dans l'amphibole, ceux d'apatite et de mica noir dans l'orthose.

FIG. 8. — *Granulite à cordiérite des Mazelles.* — Grossissement : 30 diamètres.

I. Grenat, mica noir, oligoclase, orthose.

II. Quartz granulitique, mica blanc, cordiérite, sillimanite.

Cette roche se trouve au contact du gneiss granulitique: conditions ordinaires de gisement de la cordiérite (1).

FIG. 9. — *Microgranulite avec micropegmatite du Plaix.* — Grossissement : 50 diamètres.

I. Mica noir, oligoclase, orthose, quartz, sphène.

II. Micropegmatite.

On remarquera les groupements micropegmatoïdes autour de cristaux de quartz corrodés.

FIG. 10. — *Groupements de micropegmatite du Plaix.* — Grossissement: 150 diamètres.

Cette figure représente à un plus fort grossissement la même roche que la précédente, de manière à montrer la structure micropegmatoïde.

---

(1) Voir *Bulletin de la Société géologique.* 8 novembre 1886.

FIG. 11. — *Microgranulite passant au porphyre pétrosiliceux (entre le Plaix et les Ferrières)*. — Grossissement : 80 diamètres.

Cette figure met en évidence le magma pétrosiliceux rempli de quartz grenu empâtant une partie des grands cristaux.

FIG. 12. — *Porphyre pétrosiliceux, type ancien*. — Galet dans le houiller de la région Est.

Grossissement : 80 diamètres.

I. Mica noir, oligoclase, orthose, quartz bipyramidé.

II. Magma pétrosiliceux à sphérolithes et quartz grenu.

On remarquera la forme nettement hexagonale des cristaux de quartz bipyramidés.

#### PLANCHE XXVIII

FIG. 1. — *Porphyrite andésitique et micacée à oligoclas arborisé de Billoux*. — *Détail*. — Grossissement : 200 diamètres.

Cette figure a pour but de montrer le détail des arborisations d'oligoclase.

FIG. 2. — *Porphyrite andésitique et micacée à oligoclase arborisé de Billoux*. — *Ensemble*. — Grossissement : 80 diamètres.

La figure représente :

I. Cristaux (probablement de pyroxène) ultérieurement transformés en calcédoine.

II. Microlithes d'oligoclase arborescent et de mica noir.

FIG. 3. — *Porphyrite andésitique à pyroxène et mica noir du Châtelet*. — Grossissement : 80 diamètres.

La figure représente :

I. Mica noir, pyroxène, presque entièrement trans-

formé en calcite, dont on a essayé de faire ressortir par un ton plus foncé les parties encore intactes.

II. Microlithes d'oligoclase et de mica.

III. Calcite.

FIG. 4. — *Porphyrite micacée orthophyrique de la tranchée de Longeroux.* — Grossissement : 80 diamètres.

La figure représente les microlithes d'orthose et de mica noir avec une veine de chlorite secondaire. La roche comprend en outre un minéral de première consolidation, peut-être du pyroxène, qu'il n'a jamais été possible de rencontrer intact.

FIG. 5. — *Porphyrite labradorique et augitique à pyroxène et à labrador, de Noyant.* — Grossissement : 150 diamètres.

La figure représente :

I. Labrador, pyroxène.

II. Microlithes de labrador et pyroxène.

On voit nettement des cristaux de labrador enclavés dans le grand cristal de pyroxène maclé qui occupe le centre de la préparation.

Dans la roche, le pyroxène est en outre souvent remplacé par de la serpentine et de la calcite secondaires.

FIG. 6. — *Porphyrite andésitique et micacée (type cristallin) de Cheverne.* — Grossissement : 80 diamètres.

Cette roche très cristalline forme une transition entre les porphyrites et les kersantites.

Elle comprend :

I. Mica noir, biotite.

II. Microlithes de mica et d'oligoclase, fer oxydulé.

FIG. 7. — *Porphyrite andésitique et micacée vacuolaire — du chemin de Merlon à la Chaux.* — Grossissement : 80 diamètres.

La figure représente :

- I. Mica noir.
- II. Microlithes d'oligoclase et mica noir.

On voit en outre les vacuoles non remplies à travers lesquelles le fond apparaît en noir.

FIG. 8. — *Porphyrite andésitique et micacée à vacuoles calcaires et calcédonieuses des Ferrières.* — Grossissement : 80 diamètres.

Cette figure représente :

- I. Mica noir, pyroxène presque complètement transformé en calcite et en calcédoine.
- II. Microlithes de mica et oligoclase.
- III. Calcite et calcédoine.

FIG. 9. — *Arkose permienne de Magnier.* — Grossissement : 30 diamètres.

Cette figure représente les débris de quartz, feldspath et mica, peut-être issus de porphyres pétrosiliceux, englobés dans une pâte argileuse.

FIG. 10. — *Serpentine de la Prise d'eau.* — Grossissement : 30 diamètres.

Cette figure représente les minéraux suivants :

Fer oxydulé, enstatite, amphibole, serpentine.

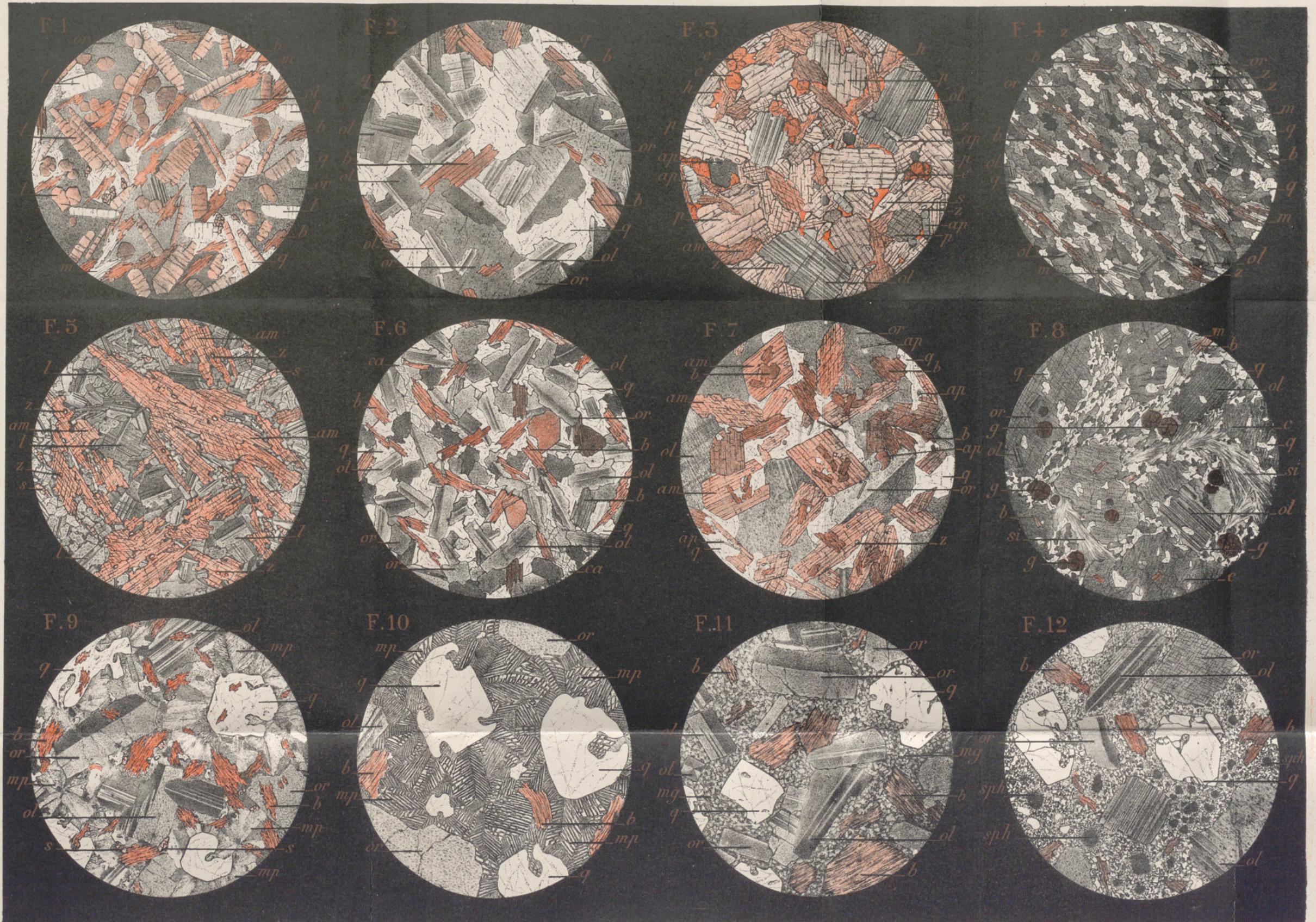
FIG. 11. — *Quartz des Ferrières.* — Grossissement : 20 diamètres.

Cette figure représente un fragment de quartz de filon trouvé en galet dans le terrain houiller des Ferrières et qui est remarquable par ses zones d'accroissement et son ciment calcédonieux.

FIG. 12. — *Porphyrite amphibolique de Cresanges.* — Grossissement : 80 diamètres.

Cette figure représente :

- II. Microlithes d'oligoclase et amphibole
- III. Quartz granuleux; actinote.



Edouard Jacquemin ad. nat. del. et lith.

Imp. Edouard Bry, 18<sup>bis</sup> r. Denfert-Rochereau, Paris.

Fig. 1 Gneiss à tourmaline (Colombier) Gr. 50.

Fig. 2 Granite. (Part.) Gr. 30.

Fig. 3 Pyroxénite. (Colombier Priolet.) Gr. 30.

Fig. 4 Micaschiste feldspathisé (Signevarines) Gr. 50.

Fig. 5 Amphibolite (Colombier-Priolet) Gr. 50.

Fig. 6 Granite à grain fin. (près Pérassier.) Gr. 30.

Fig. 7 Granite amphibolique. (Pérassier) Gr. 30.

Fig. 8 Granulite à cordiérite. (les Mazelles) Gr. 30.

Fig. 9 Microgranulite à micropegmatite. (le Plaix) Gr. 50.

Fig. 10 Micropegmatite. détail... (le Plaix.) Gr. 150.

Fig. 11 Microgranulite passant au porphyre pétrosiliceux. (près le Plaix.) Gr. 80.

Fig. 12 Porphyre pétrosiliceux. (Caillou-houiller.) Gr. 80.

am — amphibole — ap — apatite — b — mica noir — ca — calcite — c — cordiérite — e — épidote — g — grenat — h — hémate — l — labrador — m — mica blanc — mg — microgranulite — mp — micropegmatite.  
 ol — oligoclase — or — orthose — p — pyroxène — q — quartz — si — sillimanite — s — sphère — sph — sphérolithes — t — tourmaline — z — zircon.

Fig. 1  
CARTE GÉOLOGIQUE  
DU NORD DU PLATEAU CENTRAL  
à la fin de l'époque houillère.

Échelle de 450,000.

Légende

- z1 Gneiss
- a Amphibolite
- z2 Micaschiste
- y Granite
- y1 Granulite
- y3 Filons de microgranulite
- y5 Filon de porphyrite micacée
- y6 Filon de quartz
- F Faille
- L Ligne de plissement
- S Source minière
- H Terrain houiller

Échelle des Longueurs 450,000  
des Hauteurs 10,000

Coupe Est Ouest de Vénas à la Ferté Hauterive  
Fig. 3.

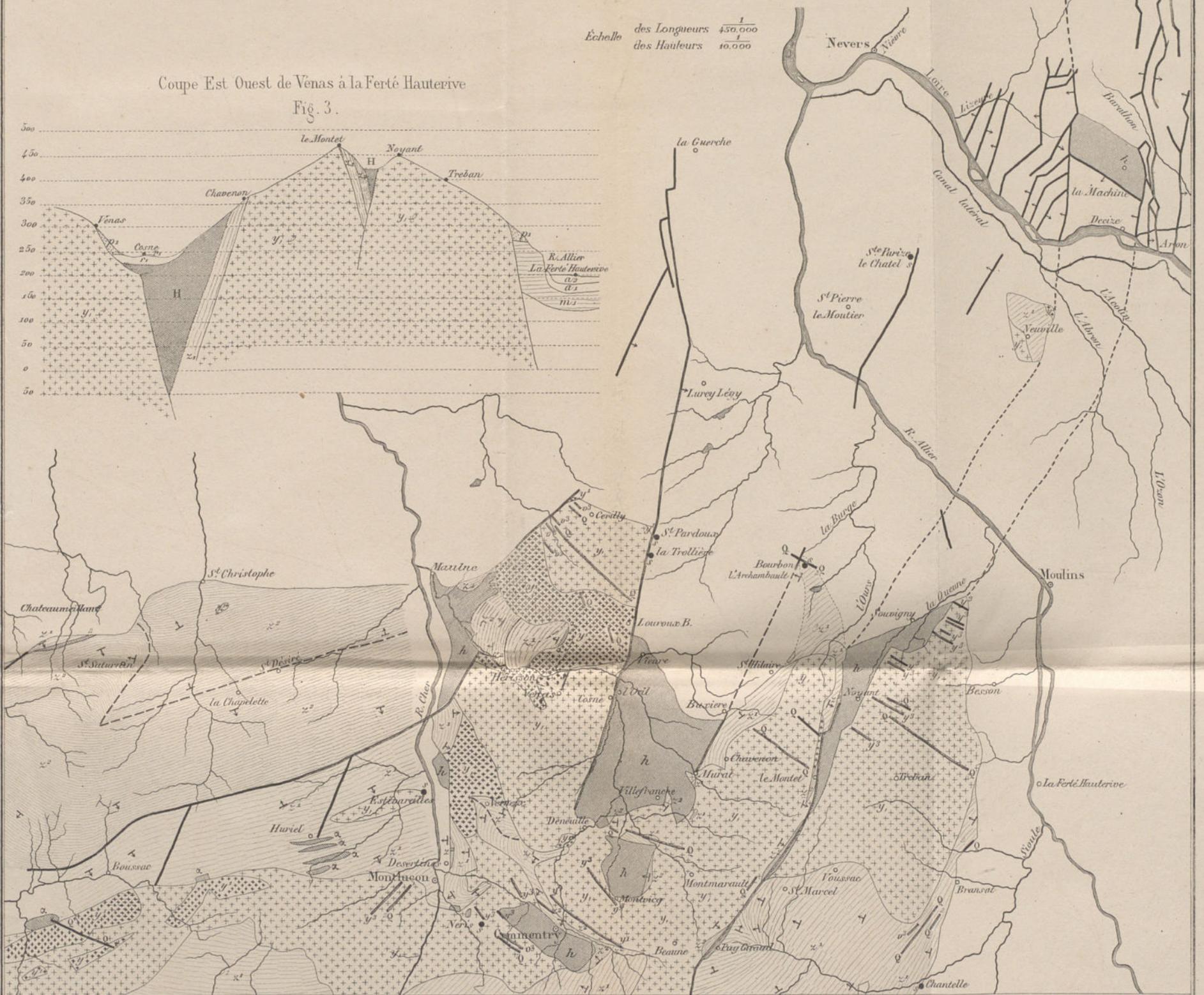
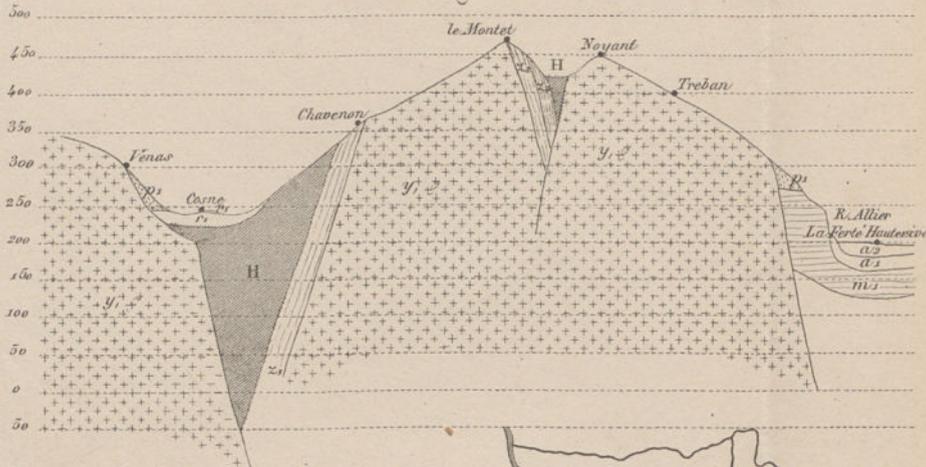
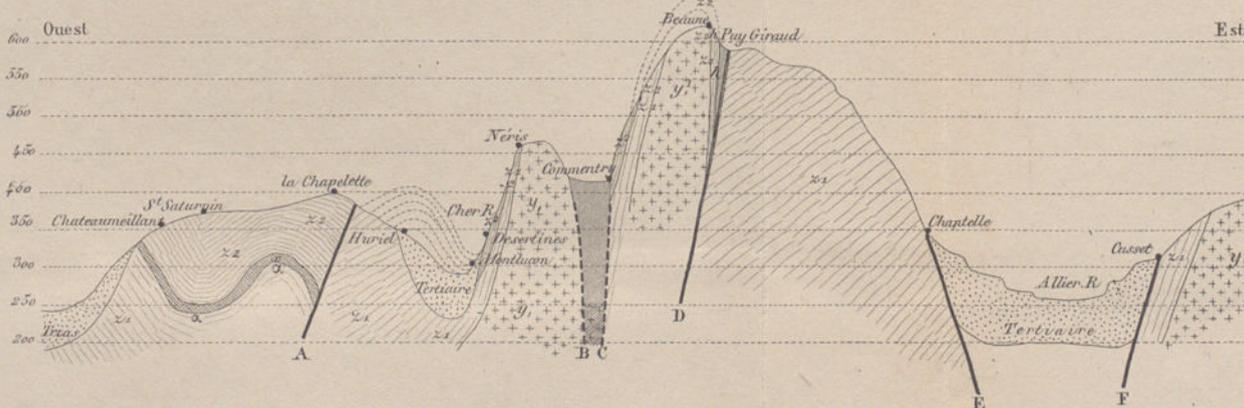


Fig. 2 — Coupe NO, SE perpendiculaire aux plissements

Échelle des Longueurs 900,000  
Échelle des Hauteurs 10,000



Légende

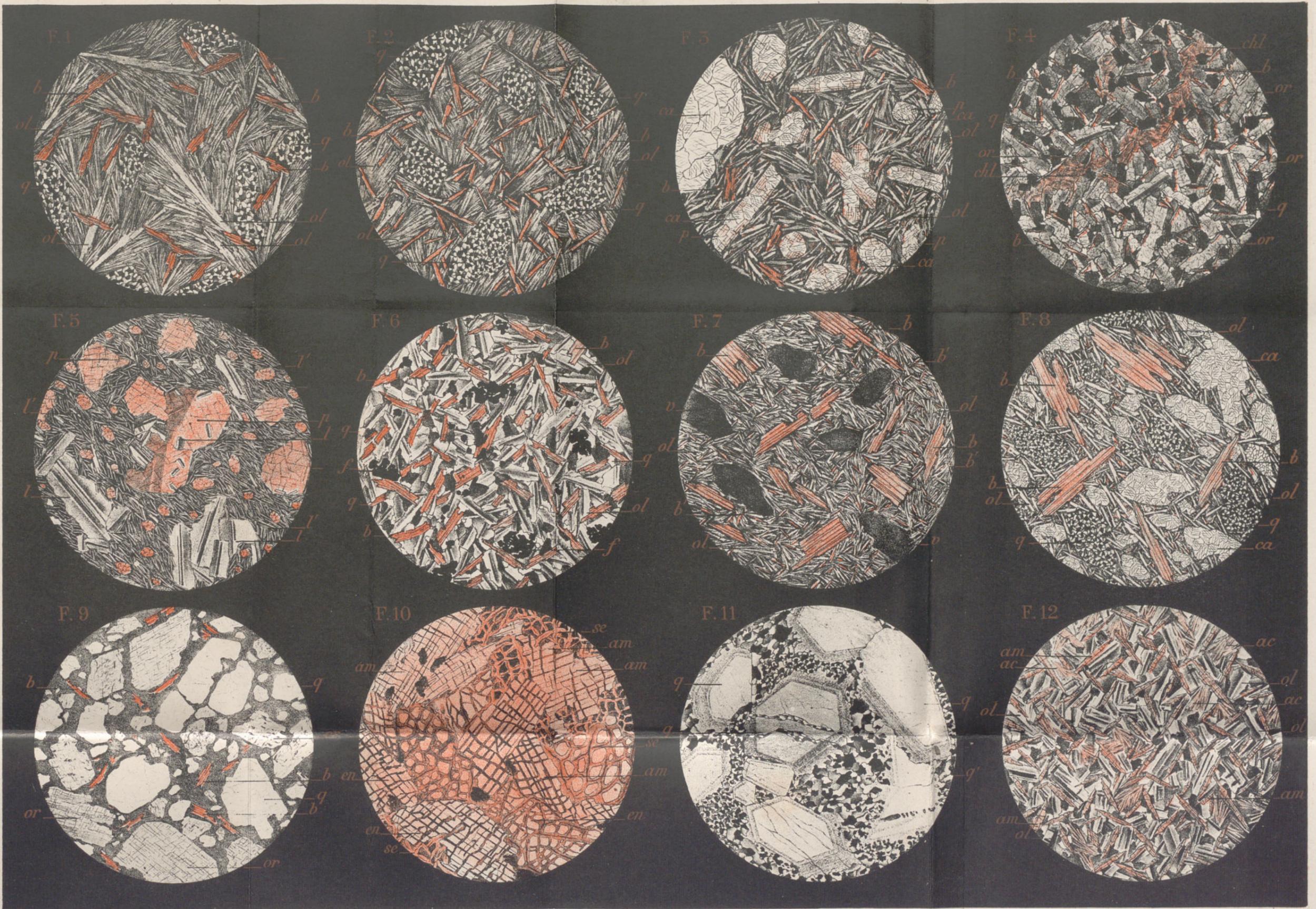
La Faille A représente un synclinal brisé — B serait le prolongement de la faille de Sancerre qui ne se continue pas jusqu'à Commentry; il en est de même pour C prolongement de la faille qui limite le gneiss de Busière à Murat — D est la faille des bassins houillers de St Eloy et Noyant — E et F, failles indépendantes des plissements, ont déterminé la vallée de l'Allier — F qui passe par les sources thermales de Fichy et St Yorre se prolonge jusqu'à Thiers.

Synclinal de Commentry brisé par l'intrusion du granite dans l'anticlinal.  
Fig. 4



Légende

- y Granite.
- z1 Gneiss.
- z2 Micaschiste.
- H Houiller.
- L Ligne de refoulement du granite.



Edouard Jacquemin ad nat del. et lith.

Imp. Edouard Bry, 18<sup>bis</sup> rue Denfert-Rochereau, Paris.

- Fig. 1 Porphyrite andésitique et micacée à oligoclase arborescent. detail. (Billoux) Gr. 200.  
 Fig. 2 id. id. id. id. id. ensemble de la roche. (Billoux) Gr. 80.  
 Fig. 3 Porphyrite andésitique à pyroxène et mica noir. (Le Châtelet) Gr. 80.  
 Fig. 4 Porphyrite orthophyrique. (tranchée de Longeroux) Gr. 80.  
 Fig. 5 Porphyrite labradorique et augitique à pyroxène et labrador. (Noyant) Gr. 150.  
 Fig. 6 Porphyrite andésitique et micacée.. type cristallin... (Cheverne) Gr. 80.

- Fig. 7 Porphyrite andésitique et micacée vacuolaire. (Merlon) Gr. 80.  
 Fig. 8 Porphyrite andésitique et micacée à vacuoles calcaires. (Les Ferrières) Gr. 80  
 Fig. 9 Arkose permienne. (Magnier) Gr. 30.  
 Fig. 10 Serpentine. (Prise d'eau) Gr. 30.  
 Fig. 11 Quartz. (Les Ferrières) Gr. 30  
 Fig. 12 Porphyrite andésitique à amphibole. (Cressanges) Gr. 30.

ac — actinote. — am — amphibole. — b — mica noir. — b' — microlithes de mica noir. — ca — calcite. — chl — chlorite. — en — enstatite — f — fer oxydulé — l — labrador — l' — microlithes de labrador.  
 ol — oligoclase — or — orthose. — p — pyroxène. — q — quartz — q' — microlithes de quartz. — se — serpentine. — v — vacuoles.