

Conditions d'utilisation des contenus du Conservatoire numérique

1- [Le Conservatoire numérique](#) communément appelé [le Cnum](#) constitue une base de données, produite par le Conservatoire national des arts et métiers et protégée au sens des articles L341-1 et suivants du code de la propriété intellectuelle. La conception graphique du présent site a été réalisée par Eclydre (www.eclydre.fr).

2- Les contenus accessibles sur le site du Cnum sont majoritairement des reproductions numériques d'œuvres tombées dans le domaine public, provenant des collections patrimoniales imprimées du Cnam.

Leur réutilisation s'inscrit dans le cadre de la loi n° 78-753 du 17 juillet 1978 :

- la réutilisation non commerciale de ces contenus est libre et gratuite dans le respect de la législation en vigueur ; la mention de source doit être maintenue ([Cnum - Conservatoire numérique des Arts et Métiers - https://cnum.cnam.fr](#))
- la réutilisation commerciale de ces contenus doit faire l'objet d'une licence. Est entendue par réutilisation commerciale la revente de contenus sous forme de produits élaborés ou de fourniture de service.

3- Certains documents sont soumis à un régime de réutilisation particulier :

- les reproductions de documents protégés par le droit d'auteur, uniquement consultables dans l'enceinte de la bibliothèque centrale du Cnam. Ces reproductions ne peuvent être réutilisées, sauf dans le cadre de la copie privée, sans l'autorisation préalable du titulaire des droits.

4- Pour obtenir la reproduction numérique d'un document du Cnum en haute définition, contacter [cnum\(at\)cnam.fr](mailto:cnum(at)cnam.fr)

5- L'utilisateur s'engage à respecter les présentes conditions d'utilisation ainsi que la législation en vigueur. En cas de non respect de ces dispositions, il est notamment passible d'une amende prévue par la loi du 17 juillet 1978.

6- Les présentes conditions d'utilisation des contenus du Cnum sont régies par la loi française. En cas de réutilisation prévue dans un autre pays, il appartient à chaque utilisateur de vérifier la conformité de son projet avec le droit de ce pays.

NOTICE DE LA REVUE	
Auteur(s) ou collectivité(s)	Revue technique de l'exposition universelle de 1889
Auteur(s)	Revue technique de l'exposition universelle de 1889
Titre	Revue technique de l'exposition universelle de 1889
Adresse	Paris : E. Bernard et Cie, 1893
Collation	16 vol. ; in-8
Nombre de volumes	21
Cote	CNAM-BIB 8 Xae 353
Sujet(s)	Exposition universelle (1889 ; Paris)
Permalien	https://cnum.cnam.fr/redir?8XAE353
LISTE DES VOLUMES	
	1. Première partie. L'architecture
	2. Deuxième partie. La construction
	3. Troisième partie. Les travaux publics
VOLUME TÉLÉCHARGÉ	4. Quatrième partie. Mines et métallurgie
	5. Quatrième partie. La minéralogie, la minéralurgie et la géologie
	6. Cinquième partie. Les chemins de fer
	7. Sixième partie. [Tome I] Chaudières à vapeur et machines thermiques
	8. Sixième partie. Tome II. Chaudières à vapeur et machines thermiques
	9. Septième partie. Mécanique générale. Machins outils. Hydraulique générale. Travail du bois. Travail des métaux. Machineries industrielles
	10. Septième partie. Tome II. Les machines outils
	11. Huitième partie. Électricité et applications
	12. neuvième partie. Marine et arts militaires
	13. Dixième partie. Arts industriels
	14. Onzième partie. Industries chimiques
	15. Onzième partie. Tome II. Industries chimiques
	16. Première partie. Comptes-rendus des séances générales. Procès verbaux des séances de section. Listes des membres, etc
	Atlas des 1re, 2e et 3e parties comprenant : Architecture, La construction, Travaux publics
	Atlas des 4e et 5e parties comprenant : Mines et métallurgie, Chemins de fer (Signaux), Chemins de fer (Voie et matériel roulant)
	Atlas de la 6e partie comprenant : Chaudières à vapeur, Machines à vapeur
	Atlas des 7e et 8e parties comprenant : Hydraulique, Machines-outils, Electricité
	Atlas des 9e, 10e, 11e parties comprenant Marine et Arts militaire, Arts industriels, Industries chimiques

NOTICE DU VOLUME TÉLÉCHARGÉ	
Auteur(s) volume	Revue technique de l'exposition universelle de 1889
Titre	Revue technique de l'exposition universelle de 1889
Volume	4. Quatrième partie. Mines et métallurgie
Adresse	Paris : E. Bernard et Cie, 1893
Collation	1 vol. (371 p.) : ill. en noir et blanc ; 27 cm
Nombre de vues	375
Cote	CNAM-BIB 8 Xae 353 (4)

Sujet(s)	Exposition universelle (1889 ; Paris) Charbon -- Mines et extraction Mines et extraction -- France Industrie minière
Thématique(s)	Expositions universelles
Typologie	Revue
Langue	Français
Date de mise en ligne	15/12/2020
Date de génération du PDF	06/02/2026
Recherche plein texte	Disponible
Notice complète	https://www.sudoc.fr/106718789
Permalien	https://cnum.cnam.fr/redir?8XAE353.4

70 5017 8° Xae 353₄

REVUE TECHNIQUE

DE

L'EXPOSITION UNIVERSELLE

DE 1889

PAR UN COMITÉ D'INGÉNIEURS, DE PROFESSEURS
D'ARCHITECTES ET DE CONSTRUCTEURS

CH. VIGREUX, FILS & C^{ie}

Ingénieur des Arts et Manufactures

Inspecteur du Service mécanique et électrique à l'Exposition Universelle de 1889

Secrétaire de la Rédaction

ORGANE OFFICIEL

DU CONGRÈS INTERNATIONAL DE MÉCANIQUE APPLIQUÉE

Tenu à Paris du 16 au 21 Septembre 1889



PARIS

E. BERNARD et C^{ie}, IMPRIMEURS-ÉDITEURS

53^{ter}, Quai des Grands-Augustins, 53^{ter}

1893

QUATRIÈME PARTIE

MINES & MÉTALLURGIE

QUATRIÈME PARTIE



LA MINÉRALOGIE

LA

MINÉRALURGIE et la GÉOLOGIE

INTRODUCTION

HISTOIRE, BASES ET PROGRÈS DE LA GÉOLOGIE

A la suite de l'Exposition universelle de 1867, il a été publié sous les auspices du ministre de l'Instruction publique, une série de rapports destinés à établir le bilan raisonné de la science, sous une forme méthodique et dans un cadre tel que l'on puisse bien apprécier tous les éléments essentiels qui entrent dans sa composition, leurs rapports naturels, la certitude ou le doute qui ressort de leur discussion. Il constitue ainsi une base à partir de laquelle il sera facile de juger de la marche ultérieure du progrès et de mesurer « l'espace parcouru après une nouvelle étape » (D'Archiac).

Après l'Exposition de 1878 un travail analogue n'a pas été fait.

Quel est l'état actuel de la minéralogie et de la géologie comparativement à ces mêmes sciences en 1867 et 1878 ? Quels progrès ont-elles accomplis ? Quels sont les développements qu'elles ont pris ? Quelles nouvelles applications ont-elles apporté à l'industrie productive ? Quels sont les problèmes en discussion qu'elles laissent irrésolus.

Le bilan officiel de la géologie et de la minéralogie nous a été présenté en

1867 dans les rapports suivants : *Paléontologie de la France* par M. d'Archiac, *Rapport sur les progrès de la stratigraphie*, par Elie de Beaumont, *Rapport sur les progrès de la Géologie expérimentale* par M. Daubrée, *Rapport sur les progrès de la Minéralogie* par Delafosse : *Rapports du jury international*. Depuis cette époque, M. Cotteau d'un côté, de l'autre, MM. Dellese et de Lapparent ont soigneusement enregistré les progrès de la géologie dans son étape de 1867 à 1878 et au-delà (*Rapports sur les progrès de la géologie*, *Revue de géologie*, etc.).

Dans la collection des rapports officiels du jury international (groupe V, classe 40), M. Daubrée a établi le bilan des *produits de l'exploitation des mines et de la métallurgie* (substances minérales) exposés au Champ de Mars; enfin nous mêmes avons publié à cette époque (*Etudes sur l'Exposition de 1867*) un travail complet sur la *minéralogie*, la *minéralurgie* et la *géologie* à l'Exposition de 1867 en faisant ressortir avec soin les nombreuses applications des produits minéraux tirés du sol avec la statistique des forces minérales productives du pays et de l'étranger.

A l'Exposition de 1878, le service de la carte géologique détaillée de la France a fait connaître l'état d'avancement de son œuvre et a exposé quelques feuilles de la carte; la direction des mines (ministère des travaux publics), a aussi présenté quelques travaux de topographie souterraine (*Bassins houillers du Nord, du Pas-de-Calais, du bassin de la Loire, de la Mayenne, de Brassac, de Langeac*, etc.) et des cartes agronomiques et géologiques régionales ou départementales (Seine-et-Marne, Ardennes, Meurthe-et-Moselle, etc.), sur lesquelles nous reviendrons plus loin. L'annuaire géologique du docteur Daguin court donne chaque année des travaux originaux sur la géologie des pays étrangers et des renseignements précieux sur tout ce qui concerne cette science.

La géologie ou connaissance de la Terre fait partie de la science de l'Ingénieur; en effet, c'est elle qui éclaire de son flambeau le mineur qui cherche la houille ou le minerai métallifère; c'est elle qui guide la main du sondeur; elle indique à l'hydrologue dans quelles conditions se trouvent les eaux souterraines, comment elles se chargent de substances minérales. La géologie indique au métallurgiste les allures des filons et les gisements des minerais, à l'architecte, les gites de pierre de taille ou d'ornementation, ceux des ciments et des chaux hydrauliques; à l'agriculteur, les gites de marnes, de calcaires à chaux grasses, de phosphates; au fabricant de porcelaine, ceux de kaolin, de pegmatite; enfin elle enseigne à l'ingénieur qui doit tracer une route, établir un chemin de fer, creuser un canal ou percer un tunnel, la nature, la disposition et la résistance des roches qu'il rencontrera.

Les données exactes fournies par la Géologie sur la constitution souterraine du Mont Cenis, du Saint-Gothard, du canal de la Manche, de Panama, etc., ont empêché bien des incertitudes et prévenu bien des déceptions, évité des travaux

inutiles. C'est la Géologie qui a signalé le bassin houiller du Pas-de-Calais et du Nord au-dessous de la craie, le terrain houiller renversé de la même région : c'est elle qui a dit à l'industriel : « Creusez là, et au-dessous, vous trouverez la houille. »

La Géologie nous a appris aussique sous les terrains triasiques ou jurassiques qui recouvrent les dépôts houillers actuels se trouvent les réserves de houille pour l'avenir ; des sondages ont mis cette vérité hors de doute en diverses localités.

Enfin les voies ferrées dans les vallées étroites sont trop souvent établies de façon à contrarier le régime naturel des eaux. (Exemple : Chemin de fer de la Maurienne) ; une connaissance suffisante de la Géologie ferait certainement éviter ces dangers. « C'est un service à rendre aux hommes, a dit E. Geoffroy « St-Hilaire, que de s'arrêter de temps en temps au milieu du mouvement qui « les entraîne dans la voie d'un progrès incessant, pour en venir calculer l'influence ; car c'est indiquer les traces de la route scientifique, c'est apprécier « la valeur des âges de la civilisation, que de chercher à rendre compte, dans de « certaines époques, de notre avoir intellectuel, à fur et mesure qu'il est nettement acquis au domaine de l'esprit humain. »

Dans ces dernières années, la *Géologie cosmologique* a accompli des progrès sensibles ; elle a cherché et souvent trouvé les relations qui existent entre notre Terre et le système solaire. L'analyse spectrale a confirmé d'ailleurs les vues hardies et synthétiques de Laplace ; elle a révélé les analogies du Soleil et de la Terre ; elle nous a montré les similitudes existant entre le monde que nous habitons et les autres astres de notre système planétaire. Le Soleil est une terre de l'avenir, et la Terre, un soleil du passé, refroidi et vieilli.

Enfin les aérolithes ou météorites ou pierres tombées du ciel sont composés des éléments minéraux qui entrent dans la composition de notre planète où dominent les influences réductrices.

L'origine des matériaux de la sédimentation a donné naissance à des travaux importants depuis Davy, Ampère, Boucheporn, etc., jusqu'à nos savants actuels. Quelle est l'origine première des roches ? Quelle est la provenance des matériaux qui les constituent ? Comment se sont-elles formées ? D'où proviennent les éléments classiques et les sédiments, des premiers terrains primaires ?

Les mers ont couvert alternativement, aux différentes époques géologiques, presque toutes les parties de nos terres émergées : le sol a été successivement exondé et inondé. Les limites de ces mers ou des étages géologiques occupe tous les géologues : depuis quelques années déjà, des faits importants, autrefois contestés, ont été acquis à la science ; on a limité mieux que par le passé l'étendue des terrains primaires, secondaires et tertiaires ; les accolades de la classification en beaucoup de points ont été modifiées ; les parties inférieures du terrain jurassique se sont plus nettement détachées du trias ; les parties supérieures ne sont

guère aujourd'hui confondues avec les limites inférieures de la craie. Mais le rhétique, le tithonique, le garumnien (Leymedrie) ou notre groupe d'Alet sont cependant encore pour quelques-uns les sujets de discussions, bien que pour beaucoup de géologues, le tithonique soit du jurassique supérieur, le garumnien, l'étage le plus élevé de la craie du midi.

L'épaisseur des dépôts de sédiment prouve que les périodes géologiques ont eu une immense durée; l'architecture du sol émergé n'a cessé de varier depuis le commencement des âges; les océans se sont graduellement exhaussés et les anciens fonds ont émergé, le plan général des continents n'a cessé de se modifier pendant la succession des périodes géologiques. Ces variations dans la configuration particulière du globe entraînaient des changements dans la température et la composition de l'atmosphère, et cela dès les temps les plus anciens.

L'étude des mouvements, des actions dynamiques exercées sur l'écorce de notre planète ont servi de texte à de nombreux travaux parmi lesquels nous devons particulièrement signaler ceux de MM. Daubrée, de Suess, de Heim, de Marcel Bertrand, etc. Une science nouvelle a été créée sous le nom de Sismologie; mais malgré les travaux de savants italiens, suisses, japonais, et de MM. Rossi, Stoppani, Giordano, Palmieri, Bertelli, Denza, Uzielli, Issel, Galli, Silvestri, Gatta, Mercalli, Mugna, Taramelli, de MM. Forel, Heim, Soret, et de Knipping, Naumann, Wägener; de MM. Milne, Gray, Mandenhall, Ewing, et de MM. Fouqué, de Montessus, Marcel Bertrand, de Michel Lévy, et notre modeste part, etc., l'étude des mouvements du sol n'a pas trouvé en France les faveurs dont elle jouit en Italie, en Suisse, au Japon, etc.

Les travaux d'*Orographie* pure sont beaucoup plus rares dans notre pays que ceux de stratigraphie et de paléontologie; les publications de MM. Hébert, Albert Gaudry, d'Archiac, Cotteau, J. Martin, Marcou, Sauvage, Piette, Elbray, de Saporta, Dumortier, Gervais, Pellat, Deslongchamps, Pomel, Lartet, de Loriol, de Barrande, Terquem, de Fromentel, Matheron, Deshayes, Baille, Bayan, Contejean, de Lapparent, Tournouer, Gosselet, Grand'Eury, Douvillé, Fontanes, Filhol, Lemoine, Stanislas Meunier, Munier-Chalmas, Vélain, Fischer, Kilian, etc., sont connus de tous les *Géologues et Paléontologistes*.

La *Minéralogie* ou l'étude des minéraux considérés individuellement dans leurs propriétés cristallographiques, physiques, optiques, chimiques, s'est enrichi de faits nouveaux depuis les deux dernières expositions et de quelques espèces. Quelques minéralogistes ont tourné leurs recherches vers la production et la fabrication de gemmes artificielles ou vers la synthèse des minéraux. D'ailleurs ces recherches ont été couronnées d'un plein succès relatif. Il y a eu un progrès considérable sur les essais de Berthier, d'Ebelmen, de Sénarmont; MM. Hautefeuille, Feil, Frémy, Stanislas Meunier, Fouqué, Friedel, Michel Lévy, Lacroix, ont obtenu de très intéressants spécimens de minéraux cristallisés, ou amorphes.

MM. Fouqué et Michel Lévy dans leur ouvrage *Synthèse des minéraux*

des roches ont passé en revue la part qui revient à la plus grande partie des savants qui ont produit artificiellement des minéraux au laboratoire.

Les imitations de certaines gemmes ont été en certains cas si parfaites qu'il n'a pas été possible d'affirmer si un rubis était artificiel ou naturel.

Les matériaux qui entrent dans la constitution du sol sont formés d'agréats de minéraux auxquels on donne le nom de *roches* dont l'étude spéciale est connue sous le nom de *lithologie* ou *pétrologie*. Depuis quelques années, les Géologues ont particulièrement porté leur attention sur l'étude comparée des roches, sur les éléments minéraux qui les composent, sur leur texture, leur origine et leur classification. Dans cette voie, après les travaux de Cordier, de Durocher, on peut signaler ceux de MM. de Chancourtois, de Stanislas Meunier, de Michel Lévy et Fouqué, etc.

La recherche de la formation des minéraux cristallisés a servi de point de départ à l'éclosion des doctrines géologiques qui rappellent un peu les anciennes disputes des neptunistes et des vulcanistes. Il est certain que quelques géologues français marchant sur les traces des géologues allemands, ont assurément exagéré le rôle que l'eau joue dans la formation des roches cristallisées. On a aussi singulièrement abusé des expériences de la chimie pour imiter la nature dans son travail ou faire son œuvre : c'est par l'observation patiente que l'on surprend ses secrets, ses manières d'agir et de produire. La *synthèse des minéraux des roches* par MM. Fouqué et Michel Lévy, Hautesfeuille, etc., résume tous les travaux récents relatifs à la question de la genèse des minéraux.

Depuis quelques années seulement le microscope a été appliqué utilement à l'étude de la texture et des éléments minéraux des roches. Guyerdet a été l'un des premiers à étudier les minéraux en plaques minces ; grâce à ce nouveau procédé d'investigation, M. Michel Lévy a pu déterminer la constitution d'un certain nombre de roches complexes. Mais avant la publication de la *Minéralogie Micrographique* par MM. Michel Lévy et Fouqué, il n'existait pas en France aucun ouvrage didactique ayant pour but l'étude et la détermination des minéraux des roches au moyen du microscope. A l'étranger au contraire plusieurs ouvrages sur cet objet ont été publiés et parmi eux les plus connus sont ceux de Rosenbusch, de Zirkel. Les *minéraux des roches* par MM. Michel Lévy et Lacroix et les *roches éruptives* par M. Michel Lévy sont les plus récents qui aient été publiés en France sur cette matière.

Nous ne prétendons pas faire ici une revue rétrospective des travaux des créateurs de la géologie, ni discuter les théories de Werner, W. Smith, Al. Brongniart, Cuvier, Constant Prévost, Cordier, ni même les opinions des géologues plus modernes tels que Dufrénoy, A. d'Orbigny, Élie de Beaumont. Cependant nous devons consacrer quelques lignes à ces derniers observateurs, dont l'œuvre considérable est restée inachevée. MM. Élie de Beaumont et Dufrénoy après plusieurs années d'études sur le terrain, publièrent dès 1841, la *carte géologique*

de la France qui depuis lors n'a cessé d'être modifiée. Cette publication magistrale avait elle même été précédée d'une suite de mémoires originaux qui, plus tard ont été fondus dans les deux volumes de l'explication de la *carte géologique de la France*; la première partie du troisième volume par Dufrénoy n'a été livrée au public qu'en 1873 (craie, terrain tertiaire, chaîne des Pyrénées, terrains volcanique), enfin le tome IV (2^e partie) contient les végétaux fossiles du terrain houiller par M. Zeiller.

Mais cette œuvre remarquable, toute importante qu'elle soit, présente cependant quelques imperfections de détail qui tiennent aux idées théoriques des auteurs.

Comme chef d'Ecole, Elie de Beaumont rejette ce qui contredit ses théories, il n'a jamais voulu admettre l'existence de l'homme quaternaire et contemporain des grands mammifères disparus. Cependant il faut le reconnaître, Elie de Beaumont est le plus grand géologue de notre époque, l'homme qui dans la science de la terre a remué le plus d'idées neuves, enfin le créateur d'un système de géologie dont l'influence a été immense. Selon cette théorie, les grandes révolutions dont notre terre a été le théâtre, ont été caractérisées par le soulèvement d'un système de montagnes qui, d'ailleurs n'ont pas toutes pris leur relief aux mêmes époques; les chaînes de montagnes sont des rides qui suffisamment prolongées, croisent à angle droit un même grand cercle terrestre. D'après la théorie d'Elie de Beaumont, les systèmes de montagnes sont les traits fondamentaux, de la configuration extérieure du globe; les systèmes stratigraphiques sont l'expression géométrique de leur structure intérieure, enfin le *réseau pentagonal* est la figure qui représente la loi géométrique suivant laquelle les positions des divers systèmes stratigraphiques sont liés les uns aux autres. Le *rapport sur les progrès de la stratigraphie* (Elie de Beaumont 1869) a été conçu et écrit pour défendre et exalter la théorie du réseau pentagonal; aussi les observations et les recherches des stratigraphes hostiles ou même indifférents aux doctrines de l'Ecole des Mines d'alors ont été soigneusement éliminées de ce travail officiel. Cependant, il faut bien le reconnaître, ce n'est pas seulement le réseau pentagonal qui prête à la discussion, mais la théorie des soulèvements elle-même est loin d'être à l'abri de la critique, et aujourd'hui elle ne jouit plus de la faveur d'autrefois.

Elie de Beaumont a fait école, par son enseignement à l'école des Mines de Paris et au Collège de France, il a répandu ses idées et vulgarisé la théorie des soulèvements. Aussi les travaux géologiques de MM. de Chancourtois, de Ch. Ste Claire Deville, de Billy, de Fuchs, de Gras, de Jacquot, de Langel, de Rivot, de Lapparent et de tant d'autres disciples d'Elie de Beaumont ont une tendance marquée, celle de confirmer la théorie des soulèvements des montagnes de notre illustre maître, dont nous critiquons la doctrine tout en l'admirant.

Elie de Beaumont s'est constamment montré hostile à la Paléontologie et à

tout classement chronologique non basé sur la théorie des soulèvements qui, d'ailleurs a été, même à son origine, brillamment combattue par Cordier et Constant Prévost, chef de l'Ecole des *causes actuelles*, doctrine qui a aujourd'hui de nombreux partisans convaincus.

Mais sous l'influence d'Alcide d'Orbigny et des Paléontologistes anglais et allemands, la géologie n'a pas tardé à s'engager dans une direction opposée à celle que lui avait imprimée Elie de Beaumont. Ses tendances jusqu'alors purement stratigraphiques ont complètement changé. Désormais la connaissance des êtres organisés sera sa principale base ; la géologie a abandonné la stratigraphie pour se lancer avec ardeur dans la Paléontologie.

A. d'Orbigny est certainement l'une des personnalités qui eut la plus grande influence sur les progrès de la géologie et sur son établissement comme science, définitive et positive. Sa théorie des destructions et des créations des faunes successives, la spécialisation des faunes dans les mêmes étages confirment les vues de M. Elie de Beaumont. Mais cette théorie a exercé une réelle influence sur la géologie stratigraphique dont elle a arrêté les progrès en l'immobilisant dans le domaine de la biologie. Cependant d'Orbigny qui était un grand géologue, a fait lui-même intervenir la stratigraphie autant que la paléontologie pour établir ses divisions en étages devenues si populaires aujourd'hui.

Mais les idées du Maître ont été souvent altérées ou rétrécies en passant par des intelligences qui en ont méconnu et la portée et la profondeur. *La Paléontologie française* est le commencement d'un monument remarquable que d'Orbigny se proposait d'élever à la géologie nationale. L'œuvre interrompue par la mort de l'auteur, a été continuée par une réunion de paléontologistes, parmi lesquels figurent MM. Cotteau, Deslongchamp, de Saporta, Piette, de Fromental¹ etc. MM. Mathéron, Fontanes ont publié des travaux importants sur les fossiles du Midi de la France ; notre illustre maître, M. Hébert, doyen de la Faculté des Sciences de Paris, durant sa longue carrière a élucidé une infinité de questions délicates de géologie et de paléontologie ; son œuvre est de celles qui resteront pour l'enseignement de tous.

Les tendances actuelles de la science sont essentiellement paléontologistes ; on observe peu les couches qui forment l'écorce de notre planète, leurs relations de position, de structure, de métamorphose, de dérangement : la plupart des géologues actuels classent les couches par les fossiles et non les fossiles par les couches. *La Paléontologie* ainsi envisagée ne présente aucune valeur absolue, aucune certitude, car elle repose tout entière sur une hypothèse, la *spécialisation des faunes*. Les thèses soutenues depuis une vingtaine d'années devant nos facultés de sciences pour le doctorat ès sciences naturelles, dénotent presque toutes les tendances paléontologiques et la plupart ont un manque complet d'originalité, de nouveauté et de critique. D'ailleurs, la persistance de certains types dans plusieurs étages, les *colonies* de fossiles enclavées dans des terrains plus

récents que leurs stations normales, la difficulté de réunir ou de séparer zoologiquement des espèces d'âges différents, la persistance dans les mers actuelles, de types organiques que l'on était habitué à ne rencontrer que dans les mers crétacées, jurassiques et même primaires, enfin la découverte de faunes distinctes contemporaines dans des sédiments actuels soumis à des courants de température différente, tous ces faits ont porté une certaine atteinte à la paléontologie envisagée comme science de détermination chronologique des étages et des terrains.

Les questions d'origine, si lumineusement étudiées par Bronn; les idées si originales de Darwin et Wallace, ont fixé l'attention, non seulement des géologues, mais aussi de tous les naturalistes qui se préoccupent des origines et des modifications des organismes. La géologie s'est emparée de ces importantes questions de *biologie*; la *théorie du transformisme* ou de l'*évolution* a pénétré aujourd'hui dans le domaine des paléontologistes.

M. Albert Gaudry, dans son remarquable livre, *Enchaînement du Monde animal*, s'est efforcé de chercher des arguments en faveur de la doctrine des types organiques.

M. G. de Saporta, en étudiant le monde végétal, arrive aux mêmes résultats que M. Gaudry, dont les recherches ont porté principalement sur les mammifères de l'époque tertiaire et aussi sur quelques types primaires.

Malgré les nouvelles acquisitions que la géologie générale a faites dans la période des vingt dernières années, elle offre encore aux observateurs un vaste champ d'études, un terrain nouveau à défricher. En effet, que sait-on de bien positif sur les premières roches formées, sur leur genèse, leur origine, leur état primordial, sur le commencement de notre planète, sur les phénomènes complexes et obscurs du métamorphisme? sur l'intérieur de la terre, sur les causes réelles des mouvements de son écorce? sur les premiers reliefs disparus ou modifiés de notre planète?

Malgré les remarquables travaux de MM. Cordier, Fournet, Virlet, Delesse, Daubrée, Fouqué, etc., en France, des géologues allemands, anglais, américains, italiens, suisses, le métamorphisme présente encore un vaste champ de recherches, une mine inépuisable de faits et de phénomènes à expliquer.

Quelle est la véritable cause du métamorphisme général? Quelles sont les relations qui existent entre ces phénomènes et la chaleur d'origine? Y a-t-il réellement dans notre planète un noyau central incandescent? Quelle est la valeur des théories de H. Davy, d'Ampère, de Gay Lussac, de Laplace, de Faye sur l'origine de la Terre? Quelles sont les causes des colorations, des structures, des changements physiques et chimiques des roches? La durée de leur formation? Quelles sont les influences de dislocation, des pressions? Comment les minéraux cristallisés se sont-ils formés dans les roches, si complexes d'origine et de forme qui les recèlent? Quelle est la véritable cause des phénomènes séismi-

ques et volcaniques? Quels sont les matériaux originaires de la sédimentation? Quelle est la véritable voie de la formation des roches, dites cristallines? Quelle est la véritable origine des gneiss et autres roches similaires?

Les recherches analytiques et synthétiques des savants, depuis Léopold de Buch jusqu'à MM. Daubrée, Delesse, Fouqué, Michel Lévy, etc., n'expliquent qu'un côté de la question complexe de l'évolution morphologique de la matière minérale. — Chaque observateur n'a attaqué le métamorphisme que par une face, celle qui convenait le mieux à son génie particulier, à son genre d'études, à son mode d'expérimentation ou d'observation.

L'*hydrologie géologique* est une branche de la science à peine explorée : le régime des eaux souterraines est très peu connu ; et malgré les travaux de M. Daubrée et de quelques médecins hydrologistes, l'*hydrologie* en est à la période des empiriques et des hydroscoptes.

L'étude géologique et pétrologique des eaux minérales offre donc aux chercheurs une ample moisson d'études et de recherches géologiques originales. En effet que sait-on de réel sur le mode de minéralisation des eaux froides ou chaudes? Comment se dissolvent dans les eaux les principes salins qui se trouvent dans les roches naturelles à l'état de sels insolubles? Quelle est l'influence des gaz souterrains sur la minéralisation des eaux? Celle de la pression? Quelles sont les causes qui influent sur le pouvoir dissolvant des eaux souterraines? Qui expliquera les relations de voisinage qui se manifestent entre les sources minérales d'une contrée et les dislocations du sol? Quels sont les groupes naturels d'eau minérales coordonnées aux accidents orographiques de la même nature ou du même âge? Quelle est l'influence des eaux sur la formation des dépôts phosphatés; l'analogie entre ces dépôts et ceux de silice?

MM. Heer, Brongniart, Schimper, G. de Saporta, Grand'Eury, Renault, etc., dans leurs belles recherches sur la végétation des époques géologiques, ont abordé la climatologie des époques reculées; la flore et la faune ont servi de thermomètre ou d'instruments de précision pour déterminer la température, les climats et même la composition de l'atmosphère.

La *météorologie* ancienne est devenue une branche intéressante de la géologie générale. Combien dans celle-ci de questions obscures à élucider : le mode de dépôt de sédiments, l'influence des fleuves et des marées, le mode de fossilisation, la structure des fonds des mers anciennes, celle des sédiments originaires, les limites des anciens rivages, les oscillations du sol correspondant à chaque époque, etc., sont autant de problèmes à résoudre. A toutes les époques géologiques y a-t-il eu des zones climatiques distinctes? A toutes les époques y a-t-il eu des dépôts glaciaires?

La période dite *Anté-historique* ou *Préhistorique* si largement représentée à l'Exposition de 1889, a offert depuis quelques années à l'Archéo-géologie une nouvelle branche qui a été habilement exploitée. Les questions d'origine et sur-

tout de l'origine de notre espèce (*Anthropologie*) ont de tout temps préoccupé les naturalistes et les philosophes. L'*Ethnographie* et l'*Anthropologie* sont intervenues dans ce débat, animé quelque fois jusqu'à l'irritation.

Les recherches relatives à l'origine de l'humanité ont préoccupé surtout les savants de notre époque. Dans ces dernières années, principalement depuis l'éveil donné par Boucher de Perthes, elles ont déterminé en France et à l'étranger une véritable surexcitation cérébrale de *l'homme fossile*. Les recherches relatives aux origines de notre espèce exigent de ceux qui s'y livrent un profond esprit de critique et d'analyse en même temps qu'un apport considérable de connaissances spéciales et générales.

Les savants qui se sont le plus particulièrement livrés à ces études sont : MM. Lyell, Lubbock, Le Hon, J. Evans, Huxley, Christy et Lartet père, Dupont, Nilsson, P. Gervais, Hamy, de Quatrefages, Brun et Rey, Broca, d'Archiac, de Mortillet, Garrigou, Cartailiac, Nadillac, de Rivière etc., et quelques autres personnalités bien connues par leur science d'anthropologistes, d'archéologue ou de naturaliste. Mais nous ne pouvons accorder aucune valeur aux innombrables élucubrations des explorateurs des cavernes ou des berges des fleuves dont les écrits ne sont que de sèches nomenclatures d'objets récoltés.

Les époques de l'humanité antique désignées sous les noms d'*âge de la pierre*, de *bronze*, de *fer* ne se sont pas certainement succédées, sur la surface de la terre, dans l'ordre chronologique que les archéo-géologues leur assignent. Un peuple donné était, par exemple, encore à son âge de la pierre, tandis qu'un autre plus favorisé dans de meilleures conditions de développement était à celui de bronze ou de fer. Rechercher les périodes contemporaines, en posséder les caractères, assigner une unité pour mesurer le temps de ces âges reculés, déterminer les centres de civilisation antique et l'influence des milieux et du sol, l'origine des races primitives, leur parenté avec les races actuelles, délimiter les aires de population, voilà des problèmes dignes de l'attention d'esprits élevés.

Revenons à la Minéralogie. Entre les mains de Haüy, Dolomieu, Brongniart, Boudant, Dufrénoy, Leymerie, Delafosse, etc., en France, Haidinger, Dana, etc., la minéralogie formait une branche des sciences naturelles inséparable de la Géologie. Mais aujourd'hui la science des minéraux s'étant réfugiée dans un coin isolé où elle vivait seule à l'écart et en dehors du mouvement géologique auquel elle est cependant indissolublement liée, les nouvelles études de minéralogie microscopique ont ramené la géologie vers la minéralogie dont les collectionneurs de cailloux, les nommeurs d'espèces l'en avaient séparée.

Depuis une vingtaine d'années on n'a publié en France qu'un petit nombre de traités généraux de minéralogie représentant l'inventaire de la science au moment de leur publication ; savoir : *Manuel de Minéralogie* par Descloizeaux, livre original plein de matériaux précieux, d'observations nombreuses ; mais où les données physiques et cristallographiques dominent ; notre *Guide pratique*

de *Minéralogie*, ouvrage essentiellement pratique qui permet de déterminer rapidement les minéraux et offre au lecteur, dans un cadre assez large, toutes les applications industrielles des substances minérales ; *Traité élémentaire de Minéralogie* par M. Pisani, description succincte des espèces minérales en un petit volume. M. de Selle a publié en 1878 un traité de minéralogie renfermant la description de toutes les espèces et variétés connues à la date de sa publication.

M. de Lapparent a publié un *Cours de Minéralogie* contenant la cristallographie géométrique, la cristallographie physique et la description des principales espèces minérales ; un *précis de Minéralogie*, résumé du précédent, a été publié en 1889. La *Minéralogie appliquée* de M. Jagnaux, considère principalement les minéraux au point de vue de leur application aux arts, à l'industrie, au commerce et à l'agriculture. M. Maillard a publié le *Cours de cristallographie* qu'il professe à l'Ecole des Mines de Paris. Les *roches* par M. Jannetaz, sous un format modeste, contiennent des notions excellentes sur l'analyse microscopique des éléments minéralogiques des roches, sur leur structure, leurs gisements et leur emploi.

Les recherches de géologie pétrologique de MM. Fouqué, Lacroix, Michel Lévy, Velain, etc., appartiennent au domaine de la minéralogie ; celles de MM. Fizeau, Jeannetaz, Descloizeaux, Hantefeuille, etc., ont été entreprises en vue de phénomènes cristallographiques, optiques, calorifiques, etc.

§ 1. — DE LA SITUATION DES CARTES GÉOLOGIQUES EN FRANCE.

Dès l'année 1827, l'administration des mines a fait connaître le plan d'une entreprise relative à l'exécution d'une carte géologique de la France. MM. Dufrénoy et Elie de Beaumont furent chargés de l'exécution de ce grand travail dont les résultats furent publiés en 1841. La carte géologique de la France est à l'échelle de $\frac{1}{500,000}$; la réduction des six feuilles de la carte géologique a une surface seize fois plus petite ou à l'échelle de $\frac{1}{2,000,000}$. Enfin depuis les premières éditions de la carte géologique, surtout depuis la publication de la carte topographique de l'Etat-Major, l'administration des mines a entrepris une nouvelle carte géologique détaillée de la France à l'échelle de $\frac{1}{80,000}$ par MM. Elie de Beaumont, de Chancourtois, de Lapparent, Douvillé, Potier, Fuchs, Clerault, Guyerdet.

A la mort de M. Elie de Beaumont, M. Jacquot a été placé à la tête du service de la carte géologique de la France ; depuis la fin de l'année 1887, c'est M. Michel Lévy qui est directeur du service de la carte.

La carte géologique détaillée au 80 millième comprend 267 feuilles de 91 centimètres sur 27 centimètres ; voici la liste des feuilles parues au 1^{er} avril 1889 :

Calais, Dunkerque, Boulogne, Saint-Omer, Lille, Montreuil, Arras, Douai, Maubeuge, Saint-Valéry, Abbeville, Amiens, Cambrai, Rocroi, Givet, le Havre, Yvetot, Neufchâtel, Montdidier, Laon, Rethel, Mézières, Caen, Lisieux, Rouen, Beauvais, Soissons, Reims, Verdun, Granville, Coutances, Bernay, Evreux, Paris Meaux, Chalons-sur-Marne, Bar-le-Duc, Commercy, Avranches, Mortagne, Chartres, Melun, Provins, Arcis, Vassy, Nancy, Châteaulin, Nogent-le-Rotrou, Châteaudun, Fontainebleau, Sens, Troyes, Mirecourt, Pont-l'Abbé, Lorient, le Mans, Orléans, Auxerre, Langres, Tours, Blois, Gien, Clamecy, Avallon, Gray, Ferrette, Bourges, Château-Chinon, Besançon, Châtellerauld, Chateauroux, Issoudun, Saint-Pierre, Autun, Chalon-sur-Saône, Lons-le-Saulnier, Pontarlier, Poitiers, Moulins, Mâcon, Tour-de-Chassiron, Nantua, Clermont, Mauriac, Brioude, Grenoble, Bordeaux, Aurillac, Saint-Flour, Vizille, Teste-de-Buch, Contis-les-Bains, Sore, Orange, bis Saorge, Vieux-Bouveau, Mont-de-Marsan, Montréal, Lectoure, Avignon, bis Pont-Saint-Louis, Lastelnau, Auch, Antibes, Toulon, total 106 feuilles dont treize sont épuisées, savoir : Saint-Omer, Arras, Amiens, Cambrai, Laon, Rouen, Beauvais, Soissons, Evreux, Meaux, Melun, Provins et Fontainebleau.

Un décret du 1^{er} octobre 1868 a organisé sur de nouvelles bases le service de la carte géologique de la France; mais par ce décret, comme par les règlements antérieurs, le service de la carte géologique est confié aux ingénieurs des mines de l'État. Cependant, le nombre des géologues appelés à concourir aux explorations est augmenté.

L'arrêté ministériel du 15 octobre 1868 a réglé l'organisation du service de la carte géologique; le personnel affecté à son exécution comprenait un directeur, un sous-directeur et cinq ingénieurs. Par arrêté ministériel du 21 janvier 1875, une commission de savants et de hauts fonctionnaires est chargée de donner son avis sur les questions se rattachant à l'exécution de la carte. — A la mort de M. Élie de Beaumont, survenue en 1874, M. Jacquot était appelé à la direction du service de la carte géologique, qu'il a conservée jusqu'au 27 novembre 1887.

A l'étranger, les travaux des cartes géologiques sont exécutés par des géologues : les Allemands, les Anglais, les Suisses, les Italiens, les Américains ne se trouvent aucunement mal de ce système complètement opposé à celui qui a jusqu'ici prévalu en France. Cependant, depuis quelque temps, le service de la carte géologique de la France a ouvert ses portes à des collaborateurs étrangers au corps des mines; la carte géologique de la France, au millionième, a été exécutée en utilisant les documents publiés par le service de la carte géologique détaillée de la France, par un comité composé de : MM. Barrois, Bergeron, Bertrand, Depéret, Fabre, Fontannes, Fouqué, Gosselet, Jacquot, Lecornu, Lory, Michel Lévy, Potier et Vélain, sous la direction de MM. Jacquot et Michel Lévy. Nous reviendrons plus loin à la carte géologique détaillée. Rap-

pelons un essai de décentralisation que les événements de 1870 contribuèrent à faire échouer. Dès le mois de décembre 1868, pour répondre à un décret du 1^{er} octobre, par l'initiative de M. Ebray, il a été formé une *Société de la Carte géologique de France* : les membres fondateurs, MM. Berthaud, Benoît, Bréon, Colleneau, Cotteau, Chantre, Delmas, Dolfus-Ausset, Ferry, Dumortier, Ebray, Falsan, Locard, Noguès, Piaton, Piette, Pillet, de Saporta, Terquem, etc., adressèrent les lignes suivantes à leurs confrères de la *Société géologique de France* :

« Les travaux nécessaires pour la préparation d'une carte géologique de la France sont loin d'être complets, et nous avons le regret de nous voir, sur ce point, fort en retard sur les pays qui nous avoisinent. Le décret du 1^{er} octobre 1868, en donnant la preuve, que Monsieur le Ministre des travaux publics a reconnu lui-même l'urgence d'efforts plus généraux et plus soutenus, pour arriver à la confection de cette carte, peut faire craindre cependant que, pour l'exécution de cet important travail, il ne soit pas tenu compte des études déjà faites ou préparées par les hommes les plus compétents, familiarisés avec les terrains de chaque région, et sans le secours desquels rien de véritablement digne du pays ne peut se préparer. »

La pensée qui avait présidé à la fondation de la *Société de la Carte géologique de France* était une pensée de justice, d'initiative industrielle et d'indépendance scientifique, une œuvre de décentralisation. Le but de la Société était de dresser la carte géologique détaillée de la France ; pour accomplir cette œuvre, elle faisait appel au concours de tous les géologues ; elle devait aussi s'occuper du tracé des cartes géologiques cantonales et cadastrales pour faciliter les études agronomiques et industrielles. C'était donc comme une grande commission géologique nationale et indépendante de l'État, que l'on mettait en mouvement. Mais les bonnes intentions des fondateurs ont été méconnues ; par la pusillanimité des uns, la faiblesse des autres, la Société a cessé de fonctionner ; quelques-uns de ses membres ont été appelés à faire partie de la commission de la carte géologique de la France ; notre initiative de 1868 a donc servi à faire ouvrir les portes de cette commission à des géologues étrangers au corps des mines de l'État. C'est un progrès, et la plupart de ceux qui en profitent ne se doutent pas à qui ils le doivent.

M. Legrand a désiré compléter le travail de la carte géologique par l'exécution des cartes géologiques départementales ; ces cartes, qui intéressent plus particulièrement les localités, ont été faites avec la coopération des conseils généraux. Dès le 30 août 1835, le directeur général au ministère des travaux publics a adressé une circulaire aux préfets en les invitant à provoquer le concours des départements pour ces travaux utiles, offrant de les faire exécuter par les ingénieurs des mines.

Dès 1836, la moitié des départements français avait voté des fonds pour se

cartes de détail ; parmi les plus empressés à entrer dans les vues du gouvernement, quelques-uns n'ont pas encore vu publier leurs cartes géologiques ; enfin, certaines cartes géologiques départementales sont l'œuvre de l'initiative de quelques géologues locaux, dont quelques-uns ont fait tous les frais de recherches et de publication.

Voici d'ailleurs la situation des cartes géologiques départementales, en n'y comprenant pas les feuilles précédemment indiquées de la carte géologique détaillée ;

RÉGION DU NORD.

1^{er} Département du Nord : *Carte géologique du Nord*, à l'échelle de $\frac{1}{24,000}$, 1858, par M. Meugy.

Carte géologique du Nord (Valenciennes, Cambrai, Avesnes), 1860, 2 feuilles, au $\frac{1}{80,000}$, par le même.

Carte géologique de la Flandre française, 1860, au $\frac{1}{80,000}$, par M. Meugy.

2^o Pas-de-Calais : *Carte géologique*, 1851, au $\frac{1}{80,000}$, 6 feuilles, par M. de Souich.

La carte géologique détaillée comprend les feuilles de Calais, Boulogne, Saint-Omer, Montreuil, Arras.

3^o Département de la Somme : Pas de carte spéciale, mais les feuilles de la carte géologique détaillée, Saint-Valéry, Abbeville, Amiens, Montdidier, appartiennent à ce département.

4^o Département de la Seine-Inférieure : *Carte géologique du département de la Seine-Inférieure* et des parties limitrophes, etc., par M. Passy, 1832.

Carte géologique du département de la Seine-Inférieure, 1861, au $\frac{1}{80,000}$, 4 feuilles, par M. Passy. Les feuilles du Havre, Yvetot, Rouen, Neufchâtel, etc., de la carte géologique détaillée, sont publiées.

5^o Eure : *Carte géologique du département de l'Eure*, au $\frac{1}{80,000}$, 1857, et carte géologique des deux cantons d'Alençon, au $\frac{1}{20,000}$, par Letellier, 1867.

4 feuilles, par M. Passy : les feuilles d'Évreux, Bernay, Lisieux, de la carte détaillée, appartiennent à cette région normande.

Calvados : *Carte géologique du département du Calvados*, 1825-1828, par M. de Caumont : n'est plus au niveau de la science. La feuille de Caen, de la carte géologique détaillée est publiée, ainsi que les autres feuilles de la Manche, comprennent Granville, Coutances, Avranches.

7^o Manche : *Carte géologique de la Manche*, 2 feuilles, 1829, par M. de Caumont.

8^o Orne : *Carte géologique de l'Orne*, 1 feuille, 1842, par M. Blavier ; la

carte détaillée, relative à l'Orne, se trouve dans les feuilles de Mortagne et de Bernay, publiées.

9° Seine : *Carte géologique de la ville de Paris*, 1858, 2 feuilles, par M. Delesse.

Carte géologique de la Seine, 1865, 4 feuilles, par Delesse; le même savant a publié des cartes hydrologiques, agronomiques de Paris et de la Seine.

Carte géologique du bassin de Paris, 1865, 1 feuille, par Collomb, au $\frac{1}{320,000}$.

Carte géologique de la France, au $\frac{1}{80,000}$, feuille 48, Paris.

Carte géologique des environs de Paris, à l'échelle de 40 millièmes, publiée par le Ministère des travaux publics, comprenant 4 feuilles de 84 centimètres sur 63.

Carte géologique de Paris et ses environs, au $\frac{1}{40,000}$, par Dollfus.

10° Seine-et-Oise : *Carte géologique du département de Seine-et-Oise*, 1844, 6 feuilles, au $\frac{1}{80,000}$, par de Sénarmont.

11° Seine-et-Marne : *Carte géologique de Seine-et-Marne*, 1851, 6 feuilles, au $\frac{1}{80,000}$, par de Sénarmont.

La carte géologique de la France, au $\frac{1}{80,000}$, pour les feuilles de Meaux, Fontainebleau, Provins, Melun, embrasse les deux derniers départements.

12° Oise : *Carte géologique de l'Oise*, 1858, au $\frac{1}{80,000}$, 4 feuilles, par Antoine Passy. *Carte géologique de la France*, au $\frac{1}{80,000}$, Beauvais, feuille 32, et partie de Soissons et de Montdidier.

13° Aisne : *Carte géologique du département de l'Aisne*, par M. d'Archiac, au $\frac{1}{100,000}$, 1842.

Carte géologique de la France, au $\frac{1}{80,000}$, Soissons, feuille 23, Laon, feuille 22.

14° Ardennes : *Carte géologique du département des Ardennes*, à l'échelle de $\frac{1}{80,000}$, 5 feuilles, par MM. Sauvage et Buvignier.

15° Marne : la *Carte géologique de la Marne*, par MM. Sauvage et Buvignier, n'a pas été publiée; il n'en a paru qu'une réduction en 1851.

16° Aube : *Carte géologique de l'Aube*, à l'échelle de $\frac{1}{200,000}$, 1 feuille, 1846, par Leymerie.

17° Haute-Marne : *Carte géologique du département de la Haute-Marne*, à l'échelle de $\frac{1}{80,000}$, 1857-1860, par M. Duhamel, publiée par Elie de Beaumont et de Chancourtois.

Carte géologique du département de la Haute-Marne, au $\frac{1}{80,000}$, 6 feuilles, 1865, par MM. Royer et Barotte.

Les feuilles de Mézières, Rethel, Reims, Chalons, Arcis, Troyes, Vassy embrassent la majeure partie des quatre derniers départements.

Dans nos anciens départements d'Alsace-Lorraine, il a été publié, avant 1870 :

18° Meuse : *Carte géologique du département de la Meuse*, 5 feuilles, à l'échelle de $\frac{1}{80,000}$, par M. Buvignier.

19° Moselle : *Carte géologique du département de la Moselle*, 1868, au $\frac{1}{80,000}$, par MM. Jacquot, Terquem et Barré;— *Carte agronomique de l'arrondissement de Toul*, 1860, au $\frac{1}{80,000}$, par M. Jacquot.

20° Meurthe : *Carte géologique de la Meurthe*, 1865, 4 feuilles, à l'échelle de $\frac{1}{80,000}$, par M. Levallois.

21° Vosges : *Carte géologique des Vosges*, 6 feuilles, au $\frac{1}{80,000}$ par M. de Billy, 1848 : tableau d'assemblage en une seule feuille, 1848, à l'échelle de $\frac{1}{200,000}$. Cette carte géologique, qui a pris dix-huit années de recherches à son auteur, est remarquable par sa précision, l'exactitude des limites des terrains; la nomenclature a varié depuis cette époque, mais la rigueur des déterminations de cette carte reste.

RÉGION DE L'EST.

22° Haut-Rhin : *Carte géologique du Haut-Rhin*, 1865, 4 feuilles, au $\frac{1}{80,000}$, par MM. Delbos et Kœchlin-Schlumberger.

23° Bas-Rhin : *Carte géologique du département du Bas-Rhin*, 1849, à l'échelle de $\frac{1}{80,000}$, et *Carte géologique du département du Bas-Rhin*, 1851, à l'échelle de $\frac{1}{200,000}$, par M. Daubrée.

24° Haute-Saône : *Carte géologique de la Haute-Saône*, 1833, par M. Thirria, une feuille.

25° Doubs : *Carte géologique du département du Doubs*, 1863, feuilles au $\frac{1}{10,000}$, par MM. Résal et Royer.

26° Jura : *Carte géologique du département du Jura*, 1863, feuilles au $\frac{1}{80,000}$, par MM. Résal et Royer.

27° Yonne : *Carte géologique du département de l'Yonne*, au $\frac{1}{80,000}$, feuilles, par MM. Leymerie et Raulin.

Les feuilles de la carte détaillée de Sens, d'Auxerre, pour l'Yonne, de Verdun, Bar-le-duc, Commercy, Nancy, Mirécourt, Langres, Gray, Besançon, Lons-le-Saulnier, Pontarlier, Nantua, Maçon, Chalon-sur-Saône, de cette partie de la France orientale, embrassant la région des Vosges, la Haute-Bourgogne, la Franche-Comté, et le Jura sont publiées.

28° Côte-d'Or : *Carte géologique du département de la Côte-d'Or*, 1853, échelle $\frac{1}{80,000}$, par M. Guillebot de Nerville.

29° Saône-et-Loire : *Carte géologique du département de Saône-et-Loire* par Manès, 1862, échelle $\frac{1}{250,000}$.

30° Aïn : *Carte géologique du département de l'Ain* à l'échelle de $\frac{1}{80,000}$, par M. Benoit ; cette carte terminée n'a pas été publiée, le service de la Carte géologique détaillée a publié la feuille 160 : Nantua.

31° Saône-et-Loire. Des feuilles de la carte géologique au $\frac{1}{80,000}$, notées 136 (Autun), 137 (Chalon-sur-Saône), 143 (Mâcon), appartenant à ce département.

32° Rhône : *Carte géologique du département du Rhône par cantons* au $\frac{1}{40,000}$, par M. Ebray. Il a été publié les cantons d'Anse, de Belleville, de Villefranche au frais des auteurs.

Carte géologique du Mont d'Or lyonnais, 1865, par MM. Locard et Falsan, une feuille au 20,000°.

34° Loire : *Carte géologique du département de la Loire* au $\frac{1}{4,600,000}$, 1857, par M. Gruner. *Nouvelle carte du bassin houiller de la Loire*, 1867, par M. Gruner ; *Carte du terrain houiller de la Loire* au $\frac{1}{500,000}$, par M. Gruner.

34° Savoie : *Carte géologique de la Savoie* par de Sismonda à l'échelle de $\frac{1}{50,000}$. *Carte géologique de la Savoie* par MM. Pillet, Vallet, et Lory à l'échelle de $\frac{1}{150,000}$. *Carte géologique articulée de la Savoie occidentale*, par M. Pillet.

RÉGION DU CENTRE

35° Loiret : *Carte géologique du département du Loiret*, 4 feuilles à l'échelle de $\frac{1}{80,000}$, 1859, par M. Eugène de Fourcy.

36° Eure-et-Loire : *Carte géologique du département d'Eure-et-Loir* au $\frac{1}{80,000}$, par MM. Potier et Langel, 1868.

37° Indre-et-Loire. (Touraine) ; *Carte géologique de la Touraine*, par M. Dujardin, *Carte géologique du département d'Indre-et-Loire* au $\frac{1}{40,000}$, par M. Dormoy, 1870.

38° Cher : *Carte géologique du département du Cher*, 2 feuilles à l'échelle de $\frac{1}{1,000,000}$, par MM. Boulanger et Bertera, 1849.

39° Nièvre : *Carte géologique du département de la Nièvre*, 1861, une feuille par MM. Bertera et Ebray.

40° Allier : *Carte géologique, métallurgique et topographique du département de l'Allier*, à l'échelle de $\frac{1}{160,000}$, par M. Boulanger, 1844. *Cartes géologiques du bassin houiller de l'Allier*, par M. Boulanger, par M. Fayol, etc.

41° Creuse : *Carte géologique du département de la Creuse*, à l'échelle de $\frac{1}{250,000}$, par M. de Cessac, 1860.

42° Haute-Vienne : *Carte géologique de la Haute-Vienne*, par M. Manés,

1844. *Carte géologique et agronomique de la Haute-Vienne*, 4 feuilles au $\frac{1}{80,000}$, par M. Mallard.

43° Cantal : *Carte géologique du département de la Corrèze*, à l'échelle de $\frac{1}{80,000}$ par Boucheporn, 1840-1848.

Carte géologique du département du Cantal, 1 feuille au $\frac{1}{200,000}$, par M. Baudin, 1841 et carte au 250,000 par M. Rames, 1868-1872.

44° Puy-de Dôme : *Carte géologique du Puy-de-Dôme*, une feuille, 1847. et *Carte géologique de l'Auvergne*, par Henri Lecoq.

L'Auvergne a, dans la carte géologique détaillée au 80,000^e, les feuilles de St-Flour, Aurillac, Mauriac, Brioude, Clermont ; le pourtour du plateau central, les feuilles de Moulins, St-Pierre, Clamecy, Gien, Bourges, Blois, Tours, le Mans, Poitiers.

Dans la Haute-Loire : Cartes géologiques de la Haute-Loire et du bassin houiller de Brassac publiées en 1823, 1851, 1865, et dans diverses descriptions du Velay. Carte géologique de la Haute-Loire au $\frac{1}{170,000}$, par Hérisson.

RÉGION DE L'OUEST.

45° Ile-et-Vilaine : *Carte géologique du département d'Ile-et-Vilaine*, par Massieu, (d'après MM. Lorieux et Durocher) au $\frac{1}{150,000}$.

46° Côtes-du-Nord ; *Carte géologique des Côtes-du-Nord*, 4 feuilles à l'échelle de $\frac{1}{80,000}$, par M. de Fourcy, 1841.

47° Finistère : *Carte géologique du Finistère* au 80,000^e par M. de Fourcy, 1844.

48° Morbihan ; *Carte géologique du Morbihan* à l'échelle de $\frac{1}{86,100}$, par M. Lorieux et de Fourcy, 1836 à 1850.

49° Loire inférieure ; *Carte géologique de la Loire inférieure* au 200,000^e par M. Caillaud, 1861.

50° Mayenne : *Carte géologique de la Mayenne* par M. Blavier, 1837.

51° Maine-et-Loire : *Carte géologique du Maine-et-Loire*, 1 feuille, 1870. *Carte géologique du département de Maine-et-Loire* par MM. Cacarié et Montmorin, 1845.

52° Sarthe ; *Carte géologique de la Sarthe* au $\frac{1}{80,000}$, par Triger.

53° Vienne : *Carte géologique agronomique de la Vienne*, 1 feuille au 80,000^e par M. le Touze de Longuemar, 1866.

54° Deux-Sèvres : *Carte géologique des Deux-Sèvres*, feuille au $\frac{1}{233,372}$.

55° Charente-Inférieure : *Carte géologique de la Charente-inférieure* à l'échelle de $\frac{1}{250,000}$, par M. Manès, 1852.

56° Charente : *Carte géologique de la Charente*, 4 feuilles au 80,000^e par M. Coquand, 1858.

Dans cette région les feuilles de la carte géologique détaillée publiées sont : Chateaulin (73), Pont-L'abbé (87), Lorient (88), de Chassiron (151).

RÉGION DU SUD.

57° Dordogne : *Carte géologique de la Dordogne*, par M. Marrot, terminée depuis 1852.

58° Gironde : *Carte géologique de la Gironde* par M. Pigeon, 1 feuille.

59° Aveyron : *Carte géologique du département de l'Aveyron* à l'échelle de $\frac{1}{300,000}$, par M. Boisse, 1858. *Carte géologique et minéralogique* à l'échelle de $\frac{1}{200,000}$.

60° Landes : *Carte géologique et agronomique du département des Landes*, par MM Jacquot et Raulin, échelle de 80,000^e.

61° Gers : *Carte géologique et agronomique du Gers*, 1 feuille au $\frac{1}{120,000}$ par M. Jacquot, 1869. Les feuilles de la carte détaillée relatives à Auch, Lectoure, Montréal, Castelnau, Mont-de-Marsan, sont publiées.

62° Haute-Pyrénées : *Carte géologique* commencée en 1845 et reprise par M Leymerie, 1856.

63° Basses-Pyrénées : *Carte géologique* commencée en 1850 par MM. Jacquot et Raulin.

64° Pyrénées-Orientales : *Carte géologique du département des Pyrénées-Orientales*, 1 feuille, à l'échelle de $\frac{1}{100,000}$, commencée en 1860 par M. Noguès, terminée en 1870, non encore publiée : Le Conseil général de ce département n'a alloué qu'une somme insignifiante pour les études de la carte. M. Depéret a publié une petite carte du Roussillon dans sa thèse.

65° Ariège : *Carte géologique du département de l'Ariège*, 4 feuilles à l'échelle de $\frac{1}{80,000}$, par M. Mussy, 1871.

De nombreux géologues ont publié des cartes géologiques partielles de certaines régions des Pyrénées, tant en Espagne qu'en France.

66° Ardèche : *Carte géologique du département de l'Ardèche* 1 feuille au $\frac{1}{160,000}$, par M. Dalmas, 1859.

67° Gard : *Carte géologique du département du Gard*, 4 feuilles, par M. Emilien Dumas, 1845. *Carte géologique du bassin houiller du Gard* par Grand'Eury. *Carte géologique du Pont-St-Esprit et de Bagnols* au $\frac{1}{40,000}$, par Sarrand d'Allard, 1887.

68° Hérault : *Esquisse d'une carte géologique de l'Hérault* au $\frac{1}{500,000}$, par M. de Rouville. *Carte géologique des environs de Montpellier*, 1855 par le

même ; *Carte géologique du département de l'Hérault*, au 80,000^e, par M. de Rouville. *Carte géologique de l'arrondissement de Montpellier* au $\frac{1}{80,000}$, par M. Taupenot.

69° Tarn : *Carte géologique du département du Tarn* à l'échelle de $\frac{1}{80,000}$ par Bouchepon, et carte géologique du même département par M. Rey Lescure, 1886.

70° Aude : *Carte géologique du département de l'Aude*, au 80,000^e ; d'abord confiée à M. François, puis à M. Vène qui l'a repassée à M. Leymerie, lequel l'a donnée à M. de Rouville et finalement celui-ci à M. Viguier, qui la publiée en 4 feuilles (*Carte géologique de l'Aude*, par Leymerie et Viguier).

Carte géologique des Corbières, par M. d'Archiac à l'échelle de $\frac{1}{250,000}$.

71° Haute-Garonne : *Carte géologique de la Haute-Garonne*, par Leymerie.

72° Isère : *Carte géologique de l'Isère*, 4 feuilles au $\frac{1}{250,000}$ par Scipion Gras, 1863.

Carte géologique du Dauphiné, par M. Lory.

73° Drôme : *Carte géologique du département de la Drôme*, par Scipion Gras, 1834.

74° Hautes-Alpes : *Carte géologique du Dauphiné et du Briançonnais*, par M. Lory. — Le service de la carte géologique détaillée a publié les feuilles des Alpes : Grenoble, Vizille et plus au midi Orange, Avignon, Antibes, Toulon, Saint-Louis, Saorge.

75° Vaucluse : *Carte géologique du département de Vaucluse*, 1 feuille, par Scipion Gras.

76° Basses-Alpes : *Carte géologique du département des Basses-Alpes*, 1 feuille, par Scipion Gras, 1840.

77° Alpes-Maritimes : *Carte géologique de la Savoie et du Niçois*, par De Sismonda.

78° Var : *Carte géologique du Var et des autres parties de la Provence*, par M. Joubert, 1851.

Carte géologique du canton d'Hyères, par M. Falsan, 1863.

Carte géologique des Maures, 1 feuille, par M. Mercey, 1866.

79° Corse : *Carte géologique de la Corse*, par Jean Reybaud, 1833.

Voilà dans leur ensemble les cartes géologiques spéciales, régionales ou départementales distinctes des feuilles de la carte géologique détaillée au $\frac{1}{80,000}$. Les départements suivants, n'ont point à l'heure actuelle de cartes géologiques publiées, Ain, Rhône, Dordogne, Lot, Hautes-Pyrénées, Basses-Pyrénées, Pyrénées-Orientales.

Les départements suivants, sont encore plus mal favorisés puisqu'ils n'ont même pas de cartes géologiques en préparation : Somme, Loir-et-Cher, Indre,

Sarthe, Vendée, Lot-et-Garonne, Tarn-et-Garonne, Lozère, Hautes-Alpes, Bouches-du-Rhône.

Les départements suivants, possèdent des cartes géologiques à l'échelle de $\frac{1}{50\,000}$: Nord, Pas-de-Calais, Seine-Inférieure, Eure, Seine, Seine-et-Oise, Seine-et-Marne, Oise, Aisne, Ardennes, Haute-Marne, Meuse, Moselle, Meurthe, Vosges, Haut-Rhin, Bas-Rhin (Alsace), Doubs, Jura, Yonne, Côtes-d'Or, Loiret, Eure-et-Loir, Haute-Vienne, Corrèze, Côtes-du-Nord, Finistère, Vienne, Charente, Gard, Corrèze, Tarn, etc.

Les cartes géologiques départementales manquent complètement d'uniformité ; aucune entente, aucune unité de vues d'ensemble n'a présidé à leur exécution ; les échelles sont très variées, la légende et les teintes conventionnelles sont aussi disparates que la classification des terrains adoptée. En outre, une grande partie de ces cartes remontant à une date assez reculée ne sont pas au niveau de la science ; enfin certaines de ces cartes géologiques départementales ne sont autre chose que des amplifications de la carte géologique de la France, par MM. Elie de Beaumont et Dufrénoy. La *carte géologique détaillée de la France* à l'échelle de $\frac{1}{50\,000}$ fait disparaître le manque d'unité et d'uniformité que nous venons de signaler et cette œuvre remplacera avantageusement les cartes départementales. Désormais celles-ci devront être à une échelle considérable et être à la fois les cartes de l'industrie minérale et agricole, c'est-à-dire des cartes géologiques, minières, métallurgiques, hydrologiques, agronomiques, etc.

La détermination géologique d'un corps exige au moins trois coordonnées ou éléments, savoir : La composition, le lieu et le temps ; mais pour exprimer la durée, la science de la terre n'a point de figuration numérique ; cette coordonnée est représentée physiquement par des roches : c'est donc seulement une représentation relative approchée et figurée que possède le Géologue pour une mesure aussi importante que le temps. Ne serait-il possible de trouver une unité numérique ? Si l'observation pouvait préciser avec une certaine rigueur l'amplitude et l'époque d'un mouvement oscillatoire déterminé, on pourrait peut-être ainsi obtenir une *unité géologique* à laquelle les autres mouvements du sol seraient comparés. D'ailleurs en face de l'incertitude que présente la Paléontologie, il importe que les géologues trouvent une méthode approximative pour déterminer les synchronismes, les âges des sédiments. A la suite de la découverte de types vivants que l'on croyait disparus de la faune depuis des époques reculées, aujourd'hui on ne peut plus affirmer que deux ensembles de roches qui renferment les mêmes fossiles soient contemporains, surtout s'ils sont situés à une grande distance l'un de l'autre. Non seulement l'*unité géologique* est incertaine, mais les géologues sont loin d'être d'accord sur l'espèce stratigraphique. Nous ne pensons pas que l'on puisse considérer les étages d'Alcide d'Orbigny comme des espèces. En outre, la *couche géologique*, pas plus qu'un *ensemble stratigraphique* quelconque ne saurait constituer une individualité, puisqu'il manque de

généralité ou d'universalité. En prenant une comparaison dans le monde organique, les *terrains* ou ensemble de couches contemporaines correspondent aux genres, les *périodes* ou *époques*, aux familles. Mais les terrains n'ont qu'une existence arbitraire, puisque leurs limites même sont discutées; d'un autre côté, les périodes ou ensemble de terrains ne sont pas d'égale importance. Donc dans l'état actuel de la science, l'*individu* ou *couche*, l'espèce, le genre sont des illusions en stratigraphie, créés pour suppléer à la faiblesse, de notre entendement. Les terrains partagent le sol en tranches ou sections chronologiques: la série des terrains est comparable à la succession des faits historiques; ils nous font le récit d'une histoire très ancienne dont les événements se sont passés dans les roches qui forment les matériaux du sol ou de la croûte terrestre.

Les *étages* ou parties des terrains se distinguent entre eux par des caractères souvent très complexes; généralement la ligne de séparation entre deux étages est marquée: 1° Par une discordance; 2° Une dénudation ou un polissage des roches; 3° La présence des dépôts ferrugineux; 4° Des lits de galets; 5° Enfin par la faune.

La détermination de la contemporanéité d'un ensemble de couches conduit à celle du terrain; ce problème fondamental de stratigraphie est une application du lemme suivant: *A toutes les époques géologiques, il a existé des climats différents, des faunes variables suivant ces climats.* »

1° D'où des faunes différentes quoique synchroniques; 2° Des faunes semblables non synchroniques.

Delà résultent aussi deux sortes de dépôts sédimentaires:

1° Des *dépôts homotaxiques* ou à même succession de faunes dans les localités différentes; 2° Des *dépôts synchroniques* qui offrent dans des localités différentes la même succession de faunes ou non, mais dont la stratigraphie peut contrôler les résultats.

La certitude absolue de la contemporanéité n'est fondée que sur un seul fait stratigraphique, celui qui *superpose deux terrains différents, deux étages, deux couches dans la même localité* sans accidents, ni lacunes. Dans l'état actuel de la géologie on peut poser ce lemme: la contemporanéité n'est due ni à une faune semblable, ni à une position stratigraphique identique à quelque distance.

Voici la loi absolue: *La contemporanéité des couches ne peut s'établir que par le prolongement latéral de la même couche.*

M. G. Dollfus dans les *principes de géologie transformiste* (1874) a établi que l'évolution ou le transformisme appliqué à la stratigraphie résulte des deux principes suivants: 1° *La continuité des faits*, 2° *Leur variabilité*, ce qui a conduit aux conséquences suivantes formulées en lois générales: 1° Les modifications dans les couches sont généralement accompagnées de modification dans la forme, exemples: Alpes, Pyrénées, etc.); 2° Plus le change-

ment de la sédimentation est profond, plus différente est la faune; 3° Ces changements stratigraphiques dépendent des lois astronomiques et des phénomènes physiques.

M. Albert Gaudry dont les travaux paléontologiques (*Animaux du Mont-Léberon, de Pikermi, considérations sur les mammifères, êtres des temps primaires, enchaînement du monde animal, les ancêtres de nos animaux, etc.*), visant à la démonstration de la thèse du transformisme, est arrivé aux conclusions suivantes :

1° A mesure que le géologue dissèque avec plus d'habileté l'écorce terrestre, on la voit se décomposer en un grand nombre d'assises caractérisées chacune par des formes particulières; 2° A mesure que le paléontologue sépare avec plus de soins les anciens fossiles suivant l'âge auquel ils ont vécu, on trouve plus rarement des formes identiques.

La doctrine de l'évolution organique ne serait donc pas favorable à la paléontologie considérée comme méthode de détermination synchronique.

L'étude de la répartition des faunes actuelles, la distribution géographique des animaux marins, les recherches de MM. Edouard Forbes, Agassiz, De Pourtalès, de Carpenter, de Fischer, etc. Les campagnes du *Hassler*, du *Porcupine*, du *Bull-dog*, du *Dolphin*, du *Travailleur* et du *Talisman*, etc., ont fourni à la paléontologie philosophique des documents importants qui ont modifié et atténué les principes trop absolus de l'Ecole de d'Orbigny. — Par la connaissance plus exacte de la vie à de grandes profondeurs, par la détermination des zones bathymétriques et des bandes homoïzoïques, par la découverte de types anciens dans les mers actuelles. (Le *Tomacaris piercei*, un trilobite, vivant dans la région du Cap Frio, *Holopus*, *micrastes*, *Pleurotomaria*, deux *apiocrinides* : *rhizocrinus Laffotensis* et *Bathycrinus gracilis*, le *Pourtalesia*, voisin des *Ananchytes* et des *Dysaster*, des *Cidaris*, des échinothuridés, etc.), par la structure du lit de l'Atlantique et la formation actuelle des dépôts analogues à ceux de la craie, enfin par un ensemble de contributions nouvelles apportées à la science, la géologie depuis quelques années tend à sortir des voies étroites ou des paléontologistes trop absolus semblaient vouloir l'enfermer. — La stratigraphie trop négligée tend à reprendre l'empire qu'elle avait aux débuts des travaux de Brongniart; M. Hébert, à la Sorbonne; M. Vélain, dans ces conférences; M. Daubrée, au Muséum; M. Fouqué, au Collège de France; M. Marcel Bertrand, à l'Ecole des Mines, M. de Selle, à l'Ecole centrale des Arts et Manufactures, font de louables efforts pour maintenir la géologie dans de bonnes traditions, de l'observation et de l'expérience.

Moi-même dans ma modeste sphère, dans mon cours de sismologie à la Sorbonne, je cherche à propager les bonnes méthodes de la stratigraphie appliquée à la dynamique terrestre.

Les faits observés dans ces dernières années permettent les conclusions sui-

vantes : 1° Les faunes identiques ne correspondent pas à des couches contemporaines éloignées et réciproquement ; 2° Dans un bassin limité, les sédiments marins contemporains renferment les mêmes faunes ; 3° Les émigrations et les colonies s'opposent aux principes absolus des paléontologistes ; 4° Deux faunes contemporaines différentes peuvent vivre à peu de distance l'une de l'autre dans des courants chauds ou froids ; 5° Certains types de crustacés, d'échinodermes, etc., anciens se sont continués en se modifiant ; 6° La distribution des animaux marins en provinces et en bandes n'est pas aussi absolue que l'admettait Forbes ; 7° La vie s'exerce dans les grandes profondeurs des mers en circulation. Enfin l'ensemble des phénomènes biologiques et géologiques analysés nous autorise à formuler ce théorème : » La géologie paléontologique pour admettre des synchronismes exacts doit pouvoir établir tout d'abord les provinces et les zones homoïzoïques de chaque période ou terrain.

De ce théorème découlent les corollaires suivants :

1° La présence des mêmes fossiles dans deux lieux différents et distants n'entraîne pas l'existence de la contemporanéité des couches qui les renferment.

2° Les animaux de même espèce par suite d'émigrations peuvent se trouver dans deux dépôts d'âges différents ;

3° Des animaux marins différents d'espèces se trouvent parfois dans des dépôts formés pendant le même temps sous des influences différentes de température ou de courants ;

4° Les dépôts anciens formés pendant le même temps dans deux provinces marines différentes n'ont pas une faune identique.

DES MÉTHODES EN GÉOLOGIE

Donc les méthodes pour établir des synchronismes exactement rigoureux sont encore incertaines ou imparfaites ; elles se ramènent aux suivantes : *Méthode lithologique* ; 2° *Méthode paléontologique* ; 3° *Méthode stratigraphique*, ou géométrique ; 4° *Méthode dynamique* ou des failles, dénivellations et mouvements du sol.

La *méthode lithologique* créée par Werner a été employée avec succès par A. de Humboldt (*Essais géognostiques sur les gisements des roches des deux hémisphères*), J. de Charpentier (*Essai sur la constitution géologique des Pyrénées*), Ami Boué (*Essai géologique sur l'Ecosse*). Malgré ses défauts et ses incertitudes, lorsqu'il s'agit d'établir des équivalents géologiques, elle est d'une incontestable utilité appliquée principalement aux roches pyrogènes, maintenant surtout qu'elle est éclairée par la minéralogie microscopique. Mais l'inconstance et la variabilité des sédiments dans le temps et dans l'espace même pendant une courte période, n'ont permis l'emploi de la méthode lithologique que pour des contrées très circonscrites ou des chaînes continues.

La *Méthode stratigraphique* ou directe est certainement la plus sûre ; mais elle n'est pas toujours praticable car elle consiste à suivre une couche sur son étendue ; la superposition directe, la concordance ou la discordance des couches, les inclinaisons, les directions, les allures des Strates sont les éléments les plus importants de la méthode stratigraphique. Elle repose d'ailleurs sur les données d'observations suivantes :

1° En général les couches concordantes sur de vastes étendues se sont déposées dans les mêmes bassins et durant la même période (dans le temps) ;

2° Les couches horizontales ou très peu inclinées ont conservé les positions qu'elles avaient lors de leur dépôt ;

3° Les limites des rivages des anciennes mers sont approximativement indiquées par les affleurements des couches concordantes formées durant une même période et disposées en retrait ou embriquées ;

4° Les limites des rivages des anciennes mers de deux périodes différentes sont indiquées par la disposition des couches discordantes sur les bords d'un bassin ;

5° Les couches actuellement relevées ou inclinées, renversées occupent une position différente de celle qu'elles avaient quand elles se sont déposées : leur état présent indique donc un mouvement du sol ;

6° Les discordances stratigraphiques des couches sur une vaste étendue dénotent un mouvement du sol ou deux âges géologiques différents ;

7° Les discordances locales n'ont qu'une faible importance pour le classement chronologique des couches ;

8° Les discordances par isolement ont la valeur des discordances stratigraphiques ;

9° Enfin les discordances d'érosion servent également à séparer deux époques dans le temps.

L'établissement de la série chronologique des terrains ou *calendrier géologique* a exigé de nombreuses observations et interprétations d'un nombre considérable de faits et de phénomènes complexes. On est loin cependant de posséder un chronomètre géologique exact susceptible d'être mis entre les mains des géologues. — Malgré l'imperfection de l'instrument, les géologues sont d'accord pour diviser les tranches stratifiées de la croûte terrestre en grandes périodes savoir : 1° *Période primaire* : Eozoïque et paléozoïque, caractérisée par la présence des vertébrés inférieurs (Poissons et Reptiles), des céphalopodes à cloisons simples ou anguleuses, des crustacés tritobates ; 2° *Période secondaire* ou mésozoïque dans laquelle le type vertébré se développe et où règnent les reptiles sauriens, les poissons osseux se montrent avec des mammifères et des oiseaux des groupes inférieurs : enfin les mollusques céphalopodes à cloisons ramifiées y prennent un énorme développement ; 3° *Période tertiaire* ou conozoïque caractérisée par la décroissance du type reptile ; la disparition des Ammo-

nites, des Belemmites, des Rudistes, enfin le développement des mammifères et des oiseaux qui y sont représentés par tous les ordres de la faune actuelle ; 4° *Période quaternaire* ; 5° *Période contemporaine ou actuelle*.

Elie de Beaumont au moyen des procédés stratigraphiques a établi l'âge relatif des diverses chaînes de montagnes, par suite la chronologie des Strates et des roches qui les constituent : « Les terrains de sédiment inclinés sur les pentes « des montagnes n'ont pas été déposés sur la place et dans la position qu'ils « occupent aujourd'hui : ils ont été relevés depuis leur dépôt ». C'est là le théorème fondamental de la théorie des soulèvements.

La *Méthode dynamique* ou des mouvements du sol se rattache par certains côtés aux procédés géométriques d'Elie de Beaumont et de Dumont ; — dès l'origine même des travaux de l'illustre géologue français, des observateurs ont porté leur attention sur les failles pour expliquer les mouvements du sol et même de déterminer l'âge relatif des montagnes et des terrains. MM. Lory Ebray, Magnan, Bleicher, Marcel Bertrand, etc., expliquent l'origine des montagnes par les failles. M. Lory a prouvé que les Alpes du Dauphiné et de la Savoie sont dues à d'immenses brisures linéaires. — M. Ebray, de son côté, par l'étude de la Savoie, du Morvan, des montagnes de l'Ardèche, du Sancerrois, de la Côte d'Or est arrivé à la même conclusion. M. Magnan par des observations nombreuses dans le plateau central, les Pyrénées et les chaînes adjacentes a infirmé quelques théorèmes d'Elie de Beaumont et attribué aux failles un rôle important dans la formation du relief du sol. M. Bleicher n'attribue pas le relief des Vosges au système des Ballons, de Rhin, mais simplement aux failles, qui tracent l'orographie vosgienne sans le secours des roches éruptives. M. J. Caralp dans sa remarquable thèse (études géologiques sur les hauts massifs des Pyrénées centrales) fait jouer un rôle important aux failles dans le relief des Pyrénées.

La *Méthode paléontologique*, dont M. Brongniart a fait le premier en France un emploi si sagace, repose : 1° sur l'invariabilité de l'espèce ; 2° les soulèvements généraux de l'écorce terrestre qui ont amené des cataclysmes avec destruction et création successives des faunes ; 3° la présence de débris d'êtres organisés ou fossiles spéciaux à chaque étage ou terrain, et même à chaque couche. L'école de l'immutabilité des espèces avec Cuvier, Agassiz, de Barrande, A. d'Orbigny, etc., admet une faune spéciale pour chaque étage ; ce cantonnement des espèces ne s'arrête pas là ; certains paléontologistes exagérant le système d'Alcide d'Orbigny admettent que chaque couche elle-même est caractérisée par un fossile qui lui est propre (Oppel) : de là le nom d'*espèces caractéristiques*.

Aucun géologue ne rejette la Paléontologie comme moyen de détermination et nos critiques n'ont pas pour objet d'amoindrir son importance ; son utilité n'est pas mise en discussion. Le système paléontologique, tel que nous le comprenons, tout relatif, est renfermé dans les formules suivantes :

1° Chaque époque géologique est caractérisée par un ensemble de débris organiques ayant des formes qui lui est propre et dont l'ensemble ne reparait plus dans une autre époque ;

2° Chaque étage ou division des strates d'une époque géologique, considérée dans un bassin limité et ayant une extension restreinte, renferme des fossiles dont les espèces et l'ensemble ne passent pas, en général, d'un étage dans un autre.

D'Orbigny était plus absolu ; voici ses formules :

1° A toutes les époques géologiques, des espèces distinctes appartenant à une même faune spéciale étaient générales sur la terre ;

2° Ces espèces ne sont pas le produit d'un déplacement successif et ont caractérisé autant d'époques distinctes ;

3° La température n'a produit aucun des changements successifs des faunes ; à chaque étage correspond une création spéciale.

Le système d'Orbigny est souvent en contradiction avec lui-même, car son illustre auteur cite les mêmes espèces dans deux ou plusieurs étages. D'un autre côté, un certain nombre d'espèces identiques se trouvent sous des noms différents dans divers étages ; M. Kœchlin-Schlumberger a fait voir depuis longtemps, les relations d'identité entre les *Ammonites Raquinianus*, *A. Mucronatus* et *A. Braunianus*. — M. Thiollière a aussi corrigé quelques erreurs de détermination ; — d'ailleurs d'Orbigny est surtout préoccupé des dissemblances ou des différences spécifiques, car il a constamment en vue l'âge du fossile. — Au contraire M. Braun, qui observe les animaux éteints en zoologiste ne se préoccupe que des ressemblances ; aussi les deux savants paléontologistes arrivent ils souvent à des résultats opposés.

M. Pictet de Genève avait déjà de son vivant mitigé ce qu'avait de trop absolu le système paléontologique de d'Orbigny ; dans l'énoncé de ses lois (*Traité de Paléontologie*) il tient compte des travaux des évolutionnistes et des embryologistes.

M. de Barrande dans ses beaux travaux sur la Bohême (*Système Silurien*) a formulé un énoncé qui est aussi en contradiction formelle avec la base même de la théorie paléontologique de d'Orbigny : « La comparaison de la Bohême « et de la Scandinavie nous a convaincu que les êtres les plus anciens étaient « soumis à des lois de distribution et de cantonnement aussi exclusives que « celles que l'on observe dans les mers actuelles. »

Le résultat pratique de la méthode est l'obtention d'une série chronologique ou échelle géologique. Voici d'ailleurs la succession dans le temps des tranches de sédimentation telles qu'elles sont théoriquement superposées dans l'écorce de notre planète. Mais nulle part, dans aucun lieu, on ne trouve une coupe verticale complète avec toutes les tranches de l'écorce terrestre ; les masses minérales dont elle est composée sont cependant disposées avec ordre et successivité, en présen-

tant de nombreuses solutions de continuité dans les terrains appartenant à une même époque ou à un même bassin géogénique.

Les progrès de la géologie depuis la dernière Exposition universelle de Paris en 1878 se sont aussi manifestés dans la nomenclature et la terminologie géologiques. En effet le Congrès de Bologne dans les séances des 27, 28, 29, 30 septembre et 1^{er} octobre a adopté les résolutions suivantes :

Les éléments de l'écorce terrestre sont les masses minérales — les masses minérales, envisagées au point de vue de leur nature, prennent le nom de *roches*; considérées au point de vue de leur origine ou mode de formation, ce sont des *formations*.

Considérées au point de vue de leur âge, les masses minérales se subdivisent d'après les règles suivantes :

1° Le mot groupe s'applique aux trois ou quatre grandes divisions; exemple groupe secondaire;

2° Les divisions des groupes sont désignées par le mot *système*; exemple : système jurassique;

3° Les divisions de premier ordre des systèmes sont désignées par le mot *série* ou *section*, exemple : *série* oolithique inférieure;

4° Les divisions du deuxième ordre des systèmes sont désignées par le mot *étage*; exemple : étage Bajocien;

5° Les divisions de troisième ordre de systèmes sont désignées par le terme *Assise*; exemple : assise à Ammonites Humphriesi. L'expression *couche* peut être employée comme synonyme d'assise : l'ensemble d'une même faune dans une couche constitue une zone;

6° Un certain nombre d'assises réunies porteront le nom de *sous-étage*;

7° Le premier élément des masses stratifiées est la *Strate* ou la couche;

8° Le terme *Ere* s'applique aux trois ou quatre grandes divisions du temps correspondant aux groupes;

9° La durée correspondante à un système s'appelle *Période*; celle correspondant à une série sera exprimée par le mot *époque* et la durée correspondant à étage sera l'*âge*.

Le Congrès de Bologne a aussi déterminé la couleur que les cartes géologiques devront adopter afin d'avoir de l'uniformité :

1° Schistes cristallins *rose-carmin*, *rose-vif* pour les couches d'âge précambrien; *rose-pâle* pour celles d'âge indéterminé;

2° Dans le groupe secondaire ou mésozoïque; système triasique, *violet*, système jurassique bleu; (lias bleu foncé), système crétacé, *vert*;

3° Groupe tertiaire ou cénozoïque, jaune d'autant plus clair qu'il s'agit des roches plus récentes.

Les couleurs affectées aux groupes primaires et dépôts quaternaires, n'ont pas été fixées par le Congrès de Bologne.

Le Congrès géologique international de Berlin qui a eu lieu en 1885 a achevé l'œuvre ébauchée par celui de Bologne ; il a pris les quatre résolutions suivantes :

1° Le système carbonique (permien compris) sera représenté par la couleur *grise* en trois nuances distinctes :

2° Au dévonien seront affectées les nuances de *brun* ;

3° La couleur du silurien et du cambrien sera le *gris-verdâtre* : la nuance la plus foncée représentera le cambrien, la nuance *moyenne* le silurien inférieur et la nuance *pâle* le silurien supérieur.

4° Les roches éruptives seront représentées par sept teintes allant du *rouge-clair* au *rouge-brun foncé*.

En outre des couleurs conventionnelles et des teintes différentes la Commission de la carte géologique de l'Europe a fait choix de monogrammes pour représenter les terrains sédimentaires et les roches éruptives.

Les terrains plus ou moins cristallins que les uns considèrent comme primitifs, d'autres comme sédimentaires azoïques ou comme éozoïques ont formé le groupe archéen ou ère archéenne.

L'échelle géologique chromatique internationale serait donc résumée dans le tableau suivant, adoptée pour la carte géologique de l'Europe.

A. Terrains sédimentaires.

SYSTÈMES	SUBDIVISIONS	MONOGRAMMES	COULEURS	NUANCES
Tertiaire . . .	Dépôts actuels, alluvium, etc.	—	Teinte très pâle.	Crème.
	Quaternaire, diluvium. . .	q	Jaune de Naples.
	Pliocène	m ⁴	Jaune.....	Pâle.
	Miocène.	m ³		Vif.
	Oligocène	m ²		Foncé.
Crétacique . .	Eocène.	m ₁		Orangé.
	Crétacé supérieur.	c ³	Vert.....	Pâle.
	Gault.....	—		Pointillé lim.
	Crétacé inférieur (néocomien).	c ¹		Foncé.
Jurassique . .	Wealdien.....	—	Bleu.....	av. hachures.
	Malm.....	i ³		Pâle.
	Dogger.....	i ²		Vif.
	Lias.....	i ¹		Foncé.
Triasique.. .	Rhétien.....	—	Violet.....	Point. limité.
	Trias supérieur (Keuper)....	t ³		Pâle.
	— moyen (Muschalkalk).. — inférieur (Grès bigarré).	t ² t ¹		Vif. Foncé.

SYSTÈMES	SUBDIVISIONS	MONOGRAMMES	COULEURS	NUANCES
Carbonique..	Zechstein	—	Gris.....	av. hachures.
	Permien	p		Brûnatre.
	Houiller	h^2		Pâle.
	Carbonifère inférieur.....	h^1		Foncé.
Devonique..	Famennien.....	d^3	Brun.....	Pâle.
	Eifelien.....	d^2		Moyen.
	Rhénan.....	d^1		Foncé.
	Silurien supérieur.....	s^3		Pâle.
Silurique...	— inférieur.....	s^1	Gris verdâtre.....	Vif.
	Cambrien.....	cb		Foncé.
	Schistes azoïques (Phyllites).	a^3		Pâle.
Archéen...	Schistes cristallins.....	a^2	Rose.....	Vif.
	Gneiss.....	a^1		Foncé.

B. Roches éruptives.

SYSTÈMES	SUBDIVISIONS	MONOGRAMMES	COULEURS	NUANCES
	Granites.....	γ	Rouge.....	Carmin.
	Porphyres.....	π		Pourpre.
	Mélaphyres.....	μ		Indien.
	Serpentine.....	σ		Bistré.
	Trachytes.....	τ		Vermillon.
	Agrégats trachytiques.....	τ'		Verm.pointil.
	Basaltes.....	β		de Venise.
	Agrégats basaltiques.....	β'		Ven. pointillé
	Laves modernes.....	ν		de Saturne.
	Tufs et agrégats modernes...	ν'		Sat. pointillé

ÉCHELLE GÉOLOGIQUE

Notre échelle géologique diffère peu de celle publiée par M. E. Renevier ; mais comme elle est le résumé de la plupart des subdivisions de nos cartes géologiques et le mode de figuration et de classification de la part des géologues français, nous la donnons dans le tableau suivant :

Époque moderne	Dépôts formés par nos fleuves et rivières, éboulis, terre végétale, etc.	Terrains contemporains.
Époque quaternaire.....	Dépôts divers de transport, brèches et cavernes à ossements, lehm ou loess. Alluvions anciennes, 2 ^e période glaciaire, transport, 1 ^{re} période glaciaire. Dépôts de Cromer, de Saint-Priest, de Saint-Martial, de Perrier, de Crag de Norwich, du Val d'Arno, de Montpellier, du Roussillon. Dépôts de Mont-Lubéron, de Pikermi, de Sansans, Sables de l'Orléanais, Calcaires de la Beauce, Sables de Fontainebleau.	Nouveau pliocène, Pleistocène, Diluvium.
Époque tertiaire.....	Des calcaires à hélix Ramondi aux marnes vertes. Calcaires de Brie, gypses de Paris, calcaire du Puy. Sables de Beauchamps, calcaire grossier, mollasse du midi, etc. Grès de la Fère, calcaire à milliolites du midi, calcaires à physes, argile plastique, etc.	Groupe tertiaire. supér. { Pliocène, subapennin. } Néocène ou pliocène supérieur. { Pliocène inférieur, Astien. } Moyen { Miocène. } Supérieur, Epiocène, moyen, falunien, { Oligocène. } j helvétien inférieur, aquitanien. { } Tongrien. inférieur { Éocène. } Eocène supérieur, Epiocène, Ligurien. { } — moyen, Parisien, Lutécien. { } — inférieur, hypoéocène, suessonnien
	COUCHES DE PASSAGE Calcaire pisolitique, craie de Danemark, craie de Meudon, de Sens, de Ciplay, de Cognac, craie tuffeau, grès vert, craie à hyppurites. Craie chloritée, tourtia, craie du Mans, Gault, craie de Wissant, de la Perte du Rhône, grès vert inférieur, calcaire de Neufchâtel, etc.	GARUMNIEN OU SOUS-NUMMULITIQUE supér. { Danien, Pisolitique, Craie du Danemark, Sénonien, craie blanche, Meudon, de Maestrick, Turonien, craie de Tours. } infér. { Cénomaniens, craie du Mans, Albien (Gault), Aptien, Néocomien, Urgonien, Valanginien. }
Epoque secondaire.....	COUCHES DE PASSAGE Sables, marnes, calcaires d'eau douce, grès et calcaires, argiles et calcaires, calcaires à Nerinées, à Astartes, Jura blanc, calcaires et argiles, chailles, calcaires et marnes ferrugineuses. Grande oolithe, calcaire, Forest-Marle, Cronbrash. Calcaires à entroques, terre à foulon, etc. Calcaires et argiles etc. Calcaires et marnes, etc. Calcaires, grès, etc.	TITHONIQUE supér. { Purbeckien. Portlandien. Kimmeridgien. Corallien, Séquanien. Oxfordien, Argovien. Callovien. Bathonien, Grande oolithe. Bajocien. Toarcien. Liasien. Sinemurien. Hettangien. }
	COUCHES DE PASSAGE Calcaire de Saint-Cassian de Hallstad, marnes irisées, sel gemme, gypse, etc. Calcaires, calcaire gris cendré et grès bigarré, conglomérats, etc.	RHÉTIQUE OU RHÉTIEN supér. { Tyrolien. Saliferien, Keuper. Muschelkalk, Conchylien. Grès bigarré. Vosgien, Zechstein. Grès rouge inférieur. Houille. Carbonifère. }
Époque primaire.....	Grès, ardoises, schistes, etc. Grès, argiles, anthracite, houille, etc. Grès, calcaires, schistes, etc. Grès, schistes, calcaires, etc. Schistes modifiés. Roches schisteuses, quartzites, schistes cristallins, gneiss et micaschistes, etc.	Groupe jurassique supér. { Oolithe supérieure. } Moyen { Oolithe moyenne. } inf. { Oolithe inférieure. } Jur. inf. { } Groupe triasique Trias { Supérieur. Moyen. Inférieur. } Permien-Pénéen. Carboniférien. Dévonien. Silurien. Cambrien. Groupe primaire Terr. paléozoïque ou archéen.
	Sol primordial :	roches massives
		A. NOGÈS.

MINÉRALOGIE, MINÉRALURGIE & GÉOLOGIE

PAR

MM. A. NOGUÈS & DE SELLE

CHAPITRE PREMIER

LES GRAPHIQUES ET LES RELIEFS

L'Exposition du Ministère des travaux publics renferme des documents importants que nous allons analyser en donnant une certaine extension à cette étude ; ces documents sont relatifs à la carte géologique détaillée de la France, à la carte réduite, cartes de la production minérale de la France, de l'Algérie, du monde, de la production des carrières de la France, de l'exploitation des phosphates de chaux, etc.

Les cartes exposées sont : 1° *Carte géologique de la Provence, Basses-Alpes, Alpes Maritimes* par MM. Bertrand, Carez, Collot, Depéret, Fontannes, Hang, Kilian, Leenhardt, Potier, Zuncker ;

2° *Carte géologique de la Bretagne* au $\frac{1}{30.000}$ par M. Ch. Barrois, avec la collaboration de M. Bochet pour la feuille de Redon.

3° *Carte géologique du plateau central*, par MM. Delafond, Fontannes, Fouqué, de Launay, Leverrier, Lory, Michel Lévy, etc.

4° *Carte géologique du bassin parisien, Vosges et Jura*. — Fragment de la carte géologique détaillée de la France, par MM. Douvillé, Potier, Dollfus, Vélain, etc.

5° *Carte géologique articulée de la Savoie occidentale*, par M. Pillet.

6° *Carte géologique de la France* au $\frac{1}{100.000}$ par MM. Jacquot et Michel Lévy avec la collaboration de MM. Barrois, Bergeron, Bertrand, Depéret, Fabre, Fontannes, Gosselet, Lecornu, Lory, Vélain, etc. ;

7° *Carte géologique du bassin houiller et permien d'Autun et d'Épinac* au $\frac{1}{40.000}$ par MM. Delafond, Michel Lévy, Renault, Zeiller.

8° *Carte géologique de Paris et ses environs* par M. Dollfus au $\frac{1}{40.000}$;

9° *Carte géologique des Landes* par MM. Jacquot et Raulin au $\frac{1}{80.000}$;

10° *Carte géologique du Sahara* au $\frac{1}{5.000.000}$ par M. Rolland ;

11° *Carte des gîtes minéraux de la France* au $\frac{1}{200.000}$ par MM. Fuchs, Léon Durassier, Haton et A. Carnot ;

12° *Carte statistique de la production minérale de la France* : mines minières, salines, carrières ;

13° *Carte de la production des carrières*. — 14° *Carte de la production générale de l'Algérie*. — 15° *Carte de l'exploitation des phosphates de chaux*.

16° *Carte de la production minérale et métallurgique du globe*. Occupons nous d'abord de la carte géologique de la France ; plus loin nous reviendrons aux autres graphiques exposés par le Ministère des travaux publics.

Carte géologique de la France au $\frac{1}{4.000.000}$. La réduction de la carte géologique de la France à l'échelle de $\frac{1}{2.000.000}$ publiée en 1840 par Elie de Beaumont et Dufrénoy ne répond plus à l'état de la Science ; c'est pour combler cette lacune que le service géologique a publié la nouvelle carte à l'échelle de $\frac{1}{4.000.000}$; les collaborateurs de MM. Jacquot et Michel Lévy pour cette œuvre sont : Barrois, Bergeron, Bertrand, Depéret, Fabre, Fontannes, Gosselet, Lecornu, Lory, Potier et Vélain. On a adopté, pour les terrains sédimentaires, la légende arrêtée par le comité de la carte géologique de l'Europe au $\frac{1}{4.500.000}$; la légende des terrains cristallo-phylliens et des roches éruptives offre une gamme de teintes plus nombreuses que l'ancienne carte géologique d'Elie de Beaumont et Dufrénoy, vieille déjà de près d'un demi-siècle. On peut d'ailleurs comparer la légende de la carte actuelle au $\frac{1}{4.000.000}$ à celle de la carte au $\frac{1}{2.000.000}$ et on constatera aussitôt l'importance du travail du service géologique. Les régions naturelles dont les contours ont été le plus profondément modifiés par les nouveaux tracés sont les Pyrénées et la Bretagne, les Alpes, le plateau central, le bassin tertiaire du Rhône. Grâce aussi à l'étude plus détaillée et à la délimitation plus rigoureuse des terrains cristallins et primaires, on peut suivre leurs plis, de la Bretagne aux Vosges, et reconnaître dans le Plateau central la jonction des deux principales directions qu'ils suivent sur le territoire de notre pays. Sur la nouvelle carte, on peut suivre aussi dans les Pyrénées, les bandes régulières des traînées triasiques, jalonnées par les lignes d'éruptions ophitiques, la grande extension du terrain houiller dans le Dauphiné, la disposition dentelée des plis couchés autour du massif ancien des Maures, enfin la jonction des contours compliqués des Alpes-Maritimes avec ceux du versant italien.

La légende des terrains sédimentaires comprend 24 teintes : 1 quaternaire, 2 pliocène, 3 miocène, 4 oligocène, 5 éocène, 6 crétacé supérieur, 7 crétacé inférieur, 8 jurassique supérieur, 9 jurassique moyen, 10 jurassique inférieur, 11 lias et rhétien, 12 marnes irisées, 13 Muschelkalk, 14 grès bigarré et grès des Vosges, 15 permien, 16 carboniférien supérieur et moyen, 17 carboniférien inférieur, 18 *a* dévonien supérieur, 18 *b* dévonien inférieur, 19 silurien, 20 cambrien, 21 schistes chloriteux, sériciteux et micaschistes, 22 pyroxénites, amphibolites, serpentines, 23 gneiss, leptynites.

Les n^{os} 2 à 6 ont la couleur jaune de nuances différentes (tertiaires).

Les n^{os} 6 et 7 — verte — (crétacé).

Les n^{os} 8, 9, 10, 11 — bleue — (jurassiques).

Les n^{os} 12 et 13 — violette — (triasiques).

Les roches éruptives sont représentées par les diverses nuances de rose, de carmin, de vermillon, de vert, de jaune, de bleu, etc., portant des signes indicatifs de chaque espèce ou groupe type.

Cette carte géologique au millionième est donc beaucoup plus détaillée que

son analogue au $\frac{1}{2.000.000}$ et marque un progrès considérable sur sa devancière, non par le nombre des divisions ou les couleurs chronologiques, mais surtout par les délimitations plus exactes des terrains et des étages.

Les *roches éruptives* y sont figurées au moyen de 17 teintes différentes qui correspondent à autant de types pétrologiques :

Acides : 24 granites, syénites, 25 granulites, 26 microgranulites, 27 porphyres pétrosiliceux, pyromérides, réténites, 30 a dacites, rhyolites, perlites ; *intermédiaires* : 28 orthophyres et porphyrites du culm, 29 Kersantites, porphyrites micacés du houiller supérieur, 30 trachytes, andésites miocènes, 31 trachytes, andésites pliocènes, 32 phonolites, 33 trachytes, andésites quaternaires.

Basiques : 34 diorites, diabases, gabbros, serpentines, antérieurs au permien. 35 porphyrites, mélaphyres, serpentines permien, 36 diorites, diabases, euphotides, serpentines du trias à l'éocène (ophites, variolites, spilites), 37 labradorites, basaltes miocènes, 38 labradorites, basaltes pliocènes, 39 labradorites, basaltes quaternaires.

Par cette énumération des divisions et des couleurs affectées aux roches éruptives, principalement du n° 24 au n° 39) on peut se faire une idée de l'importance que la minéralogie microscopique a eu dans la détermination et le groupement des roches, sur leur classification et leur âge.

Carte géologique détaillée de la France au $\frac{1}{80.000}$. Depuis son institution en 1868, le service de la carte géologique détaillée a pris part à plusieurs expositions étrangères et à l'Exposition universelle de Paris en 1878. Les différentes pièces exposées à cette dernière date comprennent 70 feuilles de la carte au $\frac{1}{80.000}$ empruntées aux régions les plus diverses.

Depuis 1878 les études de détail, quoique marchant lentement, ont fait quelques progrès. Sur les 267 feuilles, 225 sont à l'étude, 96 sont publiées et 21 ont les explorations terminées. « Si l'on compare les résultats obtenus avec ceux qui ont figuré à l'exposition de 1878, on constatera que le panneau central a la surface plus que doublée ; les panneaux latéraux montrent que l'œuvre entreprise est en bonne voie dans la plupart des régions naturelles de la France : les Pyrénées, le bassin tertiaire du S. O., la partie cristalline à l'ouest du plateau central appellent seuls de nouveaux et sérieux efforts. » (Notices du Ministre des Travaux Publics). L'exécution de cette carte exigeant l'achèvement de la carte de la France, dite de l'Etat-Major.

L'exécution de la carte de France, destinée à remplacer la carte de Cassini a été prescrite par ordonnance royale du 6 août 1817. Les opérations géodésiques et topographiques commencèrent simultanément le 1^{er} avril 1818 ; la géodésie des 1^{er} et 2^o ordre était terminée en 1854, la triangulation du premier ordre en 1863, les levés topographiques en 1866, la gravure en 1882. Les minutes au $\frac{1}{40.000}$ ont été exécutées par les officiers du corps des ingénieurs géographes et du corps d'état major, les réductions au 80.000 par les dessinateurs du dépôt de la guerre.

Cette œuvre remarquable, dont la surface couvrirait plus de 100 mètres carrés, présente une homogénéité parfaite, bien que le travail ait été fourni par près de 800 officiers et 65 artistes ; les 273 feuilles qui la composent paraissent exécutées par la même main. Les dimensions de la carte de France au $\frac{1}{80.000}$ sont de 13^m,20 de large sur 12^m,50 de hauteur.

Le panneau central exposé est formé par la réunion de 94 feuilles, portant les numéros : 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 63, 64, 65, 66, 77, 68, 69, 70, 71, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 107, 108, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150 (voir la carte ci-jointe).

Cet ensemble comprend environ le tiers de la France, et embrasse, outre le bassin parisien avec sa ceinture jurassique, l'Ardenne, les Vosges, la Côte-d'Or, une partie du Jura et du plateau central.

Les collaborateurs auxquels sont dûs les tracés géologiques sont MM. Potier, Douvillé, Gosselet, Fuchs, de Lapparent, Guyerdet, Dollfus, Guillier, Vélain, Clérault, de Cossigny, Rolland, Rigaud, Kilian, Michel Lévy, Bertrand, Delafond, de Launay, de Grossouvre, etc.

La carte de 1889 a conservé les seules divisions de celle de 1878, en ce qui concerne les terrains tertiaires où de nouveaux termes ont été introduits, ce qui a rapproché la série parisienne de celle des terrains tertiaires de sud-ouest ; vers le nord, au contraire, l'épaisseur et le nombre des termes de la série tertiaire diminuent rapidement lorsqu'on s'éloigne de Paris. Les subdivisions de la craie supérieure, *craie à bélemnites*, *craie à micraster*, *craie marneuse*, ont permis de représenter sur la carte détaillée les nombreuses inflexions de la craie du bassin parisien. — Ces inflexions sont d'abord subordonnées à deux directions principales, l'axe de Bray et celui de l'Artois.

Les résultats principaux qui résultent des explorations de M. Vélain, dans les Vosges (feuilles de Lure et d'Épinal), comprennent la délimitation exacte de la part prise dans le massif des Ballons par un certain nombre de roches éruptives, comme la granulite, les granites à amphiboles (deux types), les porphyrites, les microgranulites.

La carte géologique détaillée s'est aussi enrichie de quelques résultats stratigraphiques fort intéressants, relatifs au Jura. On sait que le Jura septentrional se divise en trois régions : celle des hautes chaînes plissée et sans failles ; celle des plateaux, faillée, et celle de la bordure ou du vignoble, à la fois plissée et faillée. — Les explorations récentes y ont mis en évidence deux sortes d'accidents : 1^o les failles d'effondrement dans la région de la bordure ; 2^o les failles transversales dans les régions des hautes chaînes. Une remarque importante a été faite sur le faciès du jurassique supérieur. Le faciès corallien ne peut plus

être considéré comme la caractéristique d'une époque déterminée; en effet, dans le Jura, il se montre d'autant plus récent qu'on descend vers le sud-est; au Salève, à l'Échaillon, et dans la région provençale, les calcaires coralliens montent jusqu'à la limite supérieure du jurassique. — Le faciès corallien n'indique donc pas un niveau d'un âge déterminé, mais c'est un état qui peut s'être formé à diverses époques. — Depuis longtemps j'ai soutenu cette thèse aux cours et aux excursions que je faisais à Lyon de 1872 à 1875.

Les feuilles d'Auxerre, Clamecy, Tonnerre, d'Issoudun, Châteauroux, Aygu-rande, de Poitiers, de Châtellerauld, de Loches, diffèrent des cartes antérieurement publiées par des points de séparation d'étages qu'il serait trop long d'analyser ici.

Le *panneau de la Bretagne*, par M. Ch. Barrois, avec la collaboration de M. Rochet, comprend deux séries de feuilles :

1° *Basse-Bretagne* (Armorique) formée avec les feuilles d'Ouessant, Plou-guerneau, Brest, Quimper, Pont-l'Abbé, Lannion, Morlaix, Lorient, Pontivy, Vannes, Redon, Granville;

2° *Rade de Brest* : un panneau au $\frac{1}{40,000}$, avec des divisions plus détaillées que sur les feuilles précédentes.

La *Basse-Bretagne* est composée de strates appartenant aux terrains primitifs et paléozoïques, injectées de roches granitiques et diabasiques; cette région est formée par une vaste dépression dirigée est-ouest, dont les flancs se relèvent du nord au sud, qui se rapprochent vers l'ouest et divergent au contraire et s'ouvrent vers l'est; l'un de ces flancs passe en Normandie et l'autre en Vendée. Le bassin compris entre eux est comblé par des strates relevées verticalement et refoulées en un système de plis synclinaux et anticlinaux subordonnés. D'après M. Barrois, la Bretagne est un massif de plissements et non de fractures. En effet, les failles à rejets verticaux ne jouent aucun rôle dans l'organisme du pays.

L'affleurement des roches cristallines massives occupe à peu près la moitié de la surface du pays; ce sont les granits et les diabases qui jouent le rôle principal dans l'orographie de la contrée; mais on y connaît d'autres roches éruptives, microgranulites, porphyres pétrosiliceux, porphyres micacés, kersantites, diorites, etc., qui ont percé à différentes époques. Les granites bretons forment un certain nombre de massifs indépendants et d'âges différents, alignés suivant les axes anticlinaux.

M. Barrois a constaté les principales venues granitiques suivantes, depuis le carbonifère jusqu'à l'époque primitive :

- Granulite de Pontivy, Quimper, de l'âge carbonifère;
- Granite porphyroïde de Rostersen, de l'âge carbonifère;
- Granite à amphibole de Morlaix, de l'âge dévonien;
- Granite de Guingamp, de l'âge cambrien ;

Granite syénitique rose de Lanildut, de l'âge cambrien, et antérieur au précèdent ;

Granite gneissique de Belon, etc., de l'âge cambrien ou primitif.

Les diabases (diabases, diorites, porphyrites) se présentent en filons, ou en coulées puissantes : ces roches basiques ont apparu dans l'ordre chronologique suivant :

Diabases, porphyrites, tufs et cinérites de la Basse-Loire ; carbonifère, diabases, porphyrites et tufs de Huelgoat ; fin du dévonien avant le carbonifère diabases, porphyriques, tufs et cinérites de l'Aber ; silurien supérieur, diabases, porphyrites, tufs et cinérites de Fregorrais, cambrien.

Les granites et les roches diabasiques ont déterminé des modifications métamorphiques sur les roches encaissantes, qui ont été représentées sur la belle carte de M. Barrois.

La roches sédimentaires de la Bretagne se sont déposées dans la grande dépression géosynclinal primitive, en conservant un caractère uniforme. Au nord de la péninsule armorique, se trouvent les sédiments les plus grossiers, littoraux variés ; au centre, ils acquièrent leur plus grande épaisseur ; enfin, au sud de la Bretagne, des sédiments fins et relativement minces.

La carte géologique détaillée de la Bretagne indique les étages suivants : *Terrain primitif* avec les divisions suivantes :

Gneiss granitoïde de Quimperlé, gneiss et micaschistes de la baie d'Audierne, schistes à minéraux de l'île de Groix.

Terrain cambrien : phyllades de Saint-Lô, schistes et poudingues de Gourin.

Terrain silurien comprend poudingue de Montfort à la base, grès armoricains, schistes d'Angers (schistes à *calimene Tristani*, grès à *Orthisreduc*, schistes à *Trinucleus ornatus*).

Silurien supérieur : grès et psammites avec ampélites et graptolites, phthinites de l'Anjou, schistes à nodules à *Cardiola interrupta*.

Terrain dévonien : schistes et quartzites de Plougastel, grès de Gahard, calcaire de Nehou, schistes de Porsguen, schistes de Restellec.

Terrain carbonifère avec les divisions suivantes :

Poudingues et tufs porphyritiques, tufs porphyritiques et porphyrites, schistes et psammites de Châteaulin, calcaire à Faune de Visé, schistes et poudingues houillers.

« Un brusque mouvement du sol mit fin à l'histoire des sédimentations en Bretagne, ce fut le cinquième et grand ridement de ce massif ; il se produisit après le terrain houiller moyen..... Il a non seulement fait émerger définitivement la Bretagne, mais il lui a donné son relief ; il l'a modelée en voilant tous les accidents antérieurs. Depuis l'époque houillère, la Bretagne est restée à l'état de terre ferme ; elle ne présente aucune trace de formations secondaires et ce n'est qu'à l'époque tertiaire que la mer pénètre de nouveau dans le pays,

« en suivant les principales vallées de dénudation. » (Notice du ministère des travaux publics.

La *Carte géologique de la rade de Brest* a été obtenue par un agrandissement au $\frac{1}{40,000}$, d'une partie des feuilles de Brest, Morlaix, Quimper, Châteaulin. — Cette région limitée correspond à un vaste pli synclinal dont le centre de la dépression est rempli par des dépôts dévoniens ridés et disloqués, et traversés par des roches éruptives en filons, granites, granulites, diabases, diorites quartzifères, microgranulites, kersantonites.

Les couches siluriennes redressées, adossées aux gneiss et aux micaschistes limitent la rade au nord et au sud. — Les terrains distingués et figurés sur la carte sont les micaschistes, gneiss, amphibolites, les schistes à minéraux, mica, grenat, andalousite, staurotide, etc. Les phyllades de Saint-Lô, les schistes à poudingues de Gourin, les quartzo-phyllades de Morlaix, les poudingues et schistes rouges du cap de la Chèvre, le grès armoricain, les schistes d'Angers, le calcaire de Rosan, les schistes à quartzites de Plougastel, les grès blancs de Gahard, les schistes et calcaires de Néhon, les schistes à nodules de Porsguen, les schistes de Rostellec, les schistes ardoisiers de Châteaulin qui recouvrent en stratification transgressive les formations précédentes à l'est de la carte. — Enfin, ce terrain houiller forme trois petits bassins distincts, de Quiem, Vergogne et celui de la baie des Trépassés.

Le panneau du Cotentin par MM. Lecornu et Lodin comprend le département de la Manche et une partie de ceux de l'Orne et du Calvados ; les terrains cristallins et anciens de la Bretagne s'y continuent ; des massifs granitiques impriment à la contrée ses traits dominants. La base des terrains sédimentaires est formée par les phyllades de Saint-Lô. La série silurienne débute par des poudingues et des schistes, d'abord pourprés et ensuite blanchâtres recouverts de grès armoricains à bilobites et tigillites, puis les schistes ardoisiers d'Angers, parfois séparés des grès armoricaux par un banc d'hématite rouge (minerai de Saint-Remy). Enfin les schistes sont surmontés par le grès de May puis vient le terrain silurien supérieur formé de grès blancs et de schistes Ampéliteux. Le terrain dévonien est représenté par des schistes, des grès et des calcaires fossilifères.

Le calcaire carbonifère y est représenté par un dépôt de marbre avec *Cyathophyllum* ; il est séparé du terrain houiller. — Celui-ci n'affleure qu'en deux points : à Littry (Calvados) et au Plessis (Manche). — Le permien et le trias sont encore indéterminés dans cette région ; mais le terrain jurassique présente la série complète dans la Basse Normandie, depuis le lias inférieur (Valognes) jusqu'aux argiles Kimmériennes (Trouville). La craie se montre à la fois dans le Calvados et dans la Manche, mais avec des caractères distincts ; enfin on trouve dans cette région des lambeaux des terrains éocène, oligocène, miocène et pliocène.

Panneau du Plateau Central. Le panneau du Plateau Central comprend treize feuilles de la carte géologique détaillée au $\frac{1}{80,000}$; MM. Fouqué, Michel Lévy, De Launay, Le Verrier, Termier, Fontannes, Delafond, Depéret, Lory ont coopéré à ce travail.

La partie volcanique centrale du Cantal repose soit directement sur le gneiss et le micaschiste, soit sur les assises tertiaires (conglomérats et argiles éocènes surmontés de marnes et calcaires miocènes fossilifères): le pliocène n'est représenté que par quelques brèches à ossements de grands mammifères; les deux bassins tertiaires importants sont ceux d'Aurillac et de Mur-de-Barrez.

Les produits volcaniques, qui jouent un rôle considérable dans cette région, se rattachent à trois catégories de roches, savoir: 1° aux *basaltes* qui appartiennent à trois formations distinctes; le basalte inférieur s'est épanché immédiatement sur le calcaire miocène; 2° aux *trachytes* et *andésites*; 3° aux *phonolithes*.

La limagne (Mont-Dore et chaîne des Puys) constitue le fond d'un vaste pli synclinal dont les deux bords sont limités par une série de failles en échelons dont la plupart sont antérieures aux éruptions volcaniques. Cependant quelques-unes ont joué leur rôle entre le pliocène moyen et le pliocène supérieur. En examinant la feuille de Clermont on voit que les terrains cambriens sont bouleversés par le granite qui constitue plus de la moitié des soubassements sur lesquels reposent les terrains tertiaires et quaternaires de la région. Tous les produits volcaniques du Mont-Dore ont fait éruption pendant le pliocène supérieur (étage inférieur de Perrier).

Les principaux faits nouveaux mis en évidence par M. Michel Lévy dans la région de la chaîne des Puys et du Mont-Dore sont:

1° L'existence d'une couche équivalente au calcaire de Brie à la base des arkoses de Champeix.

2° L'établissement de la série volcanique du Mont-Dore comprenant des andésites basiques riches en Haüyne et des types variés de basaltes;

3° La présence d'un ensemble de gneiss à cordiérite au N. O. de Clermont;

4° L'étude d'un faisceau de porphyrites micacées et Amphiboliques et de Kersantites aux environs de Thiers et de Cunlhat.

Les feuilles de Roanne et de Montbrison (Forez) nous montrent à leur centre deux plaines tertiaires, séparées par un plateau carbonifère, encadrées entre des chaînes de montagnes constituées par des terrains primitifs. Dans cette région les explorateurs de la carte géologique, ont figuré:

Le *terrain tertiaire* (tongrien et aquitanien) qui, dans la plaine du Forez est relevé vers l'ouest et butte à l'est contre les terrains anciens; au contraire, dans le Roannais, il offre une disposition inverse. Ce terrain est affecté par des failles importantes et percé, dans le Forez, par de nombreux cônes basaltiques qui bordent la plaine à l'ouest.

Le *terrain secondaire*, coupé par de nombreuses failles, apparaît à l'est de Roanne et se compose des étages jurassiques compris entre le lias moyen et le bathonien.

Le *terrain carbonifère* est formé à sa base par un étage marin (schistes et calcaires), suivi d'un étage de grès à anthracite (correspondant au Culm), recouverts par une grande épaisseur de tufs porphyriques avec injections d'orthophyres.

Ce terrain carbonifère forme une bande plissée, comprise entre deux massifs primitifs et dirigée elle-même E. N. E. ; il est percé et disloqué par des éruptions de microgranulite dont M. Le Verrier distingue trois variétés principales. Des filons de porphyre globulaire (Eurite de M. Gruner) coupent la microgranulite ; les granulites elvaniques au contraire, paraissent antérieurs à la microgranulite ou porphyre granitoïde de Gruner.

Les terrains anciens du Forez rapportés au cambrien par les auteurs de la carte détaillée se composent principalement de schistes micacés surmontés par des schistes amphiboliques et des cornes vertes, roches d'ailleurs redressées et disloquées par les granites. — Les schistes amphiboliques sont intimement mélangés à des porphyrites amphiboliques et à des diorites compactes ou cristallines qui sont d'origine éruptive. Enfin parfois le cambrien semble se relier à la base du carbonifère par des schistes de moins en moins cristallins, mais le plus souvent il y a discordance.

Le *terrain cristallophyllien* ou *primitif* est représenté dans cette région par des schistes chloriteux très mélangés d'amphibolites à actinote et par des gneiss avec quelques lentilles d'amphibolite à hornblende verte.

La granulite forme des masses qui se rencontrent sur le granite ou au milieu du gneiss et en filons dans les micachistes et le cambrien. Dans le Forez, les grandes masses de granulite qui recouvrent le granite, sont à gros grains et passent insensiblement à celui-ci.

Le granite forme des massifs considérables ; il apparaît aussi sous les gneiss, les micaschistes ou sous le cambrien.

Les massifs sont limités par des failles et sa structure se modifie selon les circonstances de sa venue ou de sa formation.

Les fractures qui accidentent le Forez se rattachent à trois directions principales ; M. Le Verrier distingue :

1° La direction N. E. au E. N. E., qui est celle des dykes de granulite, des filons plumbo-barytiques ou antimonieux ;

2° N. 15° O. qui est celle des filons de microgranulite et de quartz avec mispickel ;

3° Enfin la direction N. 45° O. que suivent les filons de quartz triasique accompagnés souvent de galène, ou de pyrite avec fluorine.

Les fractures anciennes paraissent s'être ouvertes une dernière fois après le

dépôt du terrain tertiaire miocène ; ce mouvement du sol paraît avoir déterminé le relief actuel de la contrée. Les sources des eaux minérales connues de Saint-Galmier, Sail-sous-Couzon, etc., se rencontrent sur les grandes failles N. O. ou leur croisement avec les failles N. E. ; enfin les basaltes forment des faisceaux dirigés N. O.

En résumant ici les travaux qui ont été publiés par les collaborateurs de la carte géologique détaillée de la France, nous n'avons pas voulu revenir sur les travaux des géologues qui ont étudié avant eux les contrées explorées, ni atténuer la responsabilité des conclusions formulées dans les notices et traduites graphiquement sur la carte. Pour ce qui concerne le Forez en particulier, les travaux de Gruner, de Fournet, d'Ebray, de M. Julien, de Jourdan, etc., ont fait certainement quelque lumière sur la géologie de cette région, et ces géologues ont tracé les grands traits de la physionomie géologique du pays, dont leurs successeurs actuels n'ont fait en définitive qu'arrêter les contours et les détails.

Le terrain houiller étudié surtout par M. Gruner d'abord, puis par M. Grand'Eury ; n'a pu être figuré avec tous ses détails dans la carte géologique ; on n'y a représenté que les affleurements des couches de houille portant les numéros 3, 8, 13, 15 qui sont les plus puissantes et la grande couche de Rive-de-Gier.

L'étude du terrain houiller de Saint-Etienne a reçu quelques perfectionnements de détail depuis les travaux de Gruner. M. Grand'Eury rapporte au terrain permien les assises de grès ou de poudingues plus ou moins rubéfiés qui forment à l'est de Saint-Etienne, la colline du Jardin des Plantes, qui reposent cependant en stratification concordante sur les assises houillères. Les auteurs de la carte géologique ont adopté cette opinion fondée sur les affinités permienues de sa flore.

On distingue outre le granite diverses roches éruptives rattachées au massif du Pilat et au bassin de Saint-Etienne. La granulite du Pilat est un granite à mica blanc souvent tourmalinifère et souvent avec lépidolite ; cette roche, abondante aux environs de Saint-Etienne, postérieure au granite, a métamorphisé toutes les couches du terrain primitif.

Le gneiss granitoïde du Pilat renferme des serpentines à olivine (péridolites) et des porphyres pitrosiliceux avec quartz cristallisé, calcite, tourmaline, zircon, mica noir. Ces porphyres pitrosiliceux de couleur généralement claire, de dureté variable, compacte se trouvent à plusieurs niveaux dans le terrain houiller de Saint-Etienne : les mineurs leur ont donné le nom de gores. Enfin les filons de quartz abondent dans la région de Saint-Etienne ; ils se sont prolongés à travers le terrain houiller dont les dépôts ont été plus ou moins silicifiés.

La carte géologique détaillée nous montre la succession stratigraphique des sédiments qui se sont déposés dans le pli synclinal formé par les terrains de transition du Mâconnais et du Beaujolais. Là on trouve la série suivante de bas en haut.

1° Schistes feldspathisés ; 2° schistes sériciteux, micacés, maclifères ; 3° schis-

tes verts compactes et quartzites blanchâtres accompagnées fréquemment de cornes vertes et de chistes amphiboliques ; 4° dykes et intrusions de diabases, de diorites, de porphyres amphiboliques ; 5° granite à mica noir, ordinairement à grands cristaux d'orthose, en masses intrusives ; 6° granulite à mica blanc en dykes et en filons minces ; 7° Schistes verts et quartzites foncés du carbonifère ; 8° tufs porphyritiques et orthophyriques avec poudingues roulés et schistes à *sagenaria*, *stigmaria*, *sphenopteris dessecta* de Culm ; 9° nombreux filons de microgranulite ; 10° coulées de porphyres pétrosiliceux ; 11° lambeaux du terrain houiller supérieur ; 12° filons minces de porphyrites micacées, de porphyrites amphiboliques, de mélaphyres, de mélaphyrites. Si le silurien n'a pas été signalé avec certitude dans cette région, le dévonien y a été reconnu à Gilly-sur-Loire. M. Michel Lévy qui a étudié le Beaujolais et le Lyonnais pour le service de la carte géologique a vu le granite pénétrer par intrusion dans les roches cambriennes, par conséquent son éruption s'est faite postérieurement au dépôt cambrien. Le sol de la région vinicole du Beaujolais est composé de granite percée par de nombreux dykes de granulite et de filons de porphyrite micacée.

La structure orographique du Beaujolais et du Lyonnais résulte d'un ensemble de fractures et de soulèvements que M. Michel Lévy a fait ressortir. En partant, au S. E. de la vallée de la Saône, on rencontre d'abord son remplissage Pliocène et quelques dépôts jurassiques qui pointent ; puis on atteint la grande faille terminale du Beaujolais dérivée N. N. E. Dans le Morvan les dépôts divers affectent une disposition zonale N. E. ; cette disposition se retrouve au sud de la grande dépression du bassin de Blanzay où l'on rencontre successivement : une bande de gneiss (mont St-Vincent), les collines granitiques du Charolais, le grand pli synclinal des terrains de transition et enfin les régions granitiques et gneissiques qui encaissent le bassin de Saint-Etienne.

L'âge de ce plissement comme celui de même direction qui a affecté le Morvan s'intercale entre le Culm et le terrain houiller de Rive de Gier ; de grandes failles N. O. se sont ensuite ouvertes après les dépôts houillers et permien et avant la formation des arkoses du trias ; elles sont d'ailleurs du même âge que la faille de Blanzay ou comprises entre le grès rouge à *Walchia* et les grès bigarrés. L'influence de ces failles s'est fait bien sentir dans une partie du Beaujolais ; on peut en distinguer quatre faisceaux dont les fentes ont été remplies par des sources geysériennes. Du N. E. au S. O. on trouve le faisceau, des fractures correspondant aux filons quartzeux, fluorés et manganésifères de Romanèche, puis le faisceau galénifère et cuprifère des Ardillats, puis celui de la Croix-Rozier principalement quartzeux barytifère, enfin le dernier, celui de Sainte-Paule, surtout quartzeux, le long duquel est enfoui un lambeau houiller supérieur englobé par failles dans la microgranulite et le porphyre pitrosiliceux.

« En résumé, dit la notice de M. Michel Lévy, les fractures N. O. percent la « côte granitique du Charolais et les montagnes microgranulitiques de Chauff-

« failles et de Dun. Elles viennent s'appuyer sur les failles N. E. faisant partie
 « du faisceau de Blanzay, et notamment sur celles du mont Saint-Vincent à
 « Champly, à laquelle elles servent de traverses ; de plus, les dénivellations
 « qu'elles font subir à des lambeaux jurassiques de la côte charollaise prouvent
 « qu'elles ont subi une importante ouverture à l'époque tertiaire... des plisse-
 « ments très surbaissés et de grandes failles N. N.-E. probablement comprises
 « entre le commencement et la fin du miocène, ont préparé le relief définitif des
 « montagnes du Beaujolais et en général de la lisière orientale du plateau cen-
 « tral que les érosions pliocènes et quaternaires ont achevé de modeler. »

Les trois régions indiquées sont :

1° Le premier synclinal, de Tarare à la rive droite de la Brévenne, composé de micaschistes séréciteux et chloriteux, de schistes argileux et de quartzites cambriens alternant avec les cornesvertes et quelques lambeaux de carbonifère inférieur (environs de Tarare) ;

2° La voûte anticlinale de la vallée de la Brévenne à celle de Gier, composée de gneiss et de micaschistes dont l'arête culminante gnessique à cordiérites se dirigerait de Larajasse à Lyon ;

3° Le deuxième synclinal, les deux bords du Gier, composé de micaschistes séréciteux, qui constituent la majeure partie du versant septentrional du Pilat.

Les vallées du Gier, de la Brévenne, du Torranchain sont des vallées de fracture ; les pressions latérales qu'elles ont éprouvées sont venues du N.-E., vu que le Pilat a servi de point d'appui aux efforts du plissement ; d'ailleurs le bord méridional est brusquement relevé et percé de failles qui paraissent les réouvertures de fractures anciennes. Le Lyonnais a pour ainsi dire été modelé par le système de montagnes carbonifères du *système hercynien* de M. Marcel Bertrand.

Les failles ou les accidents qui ont affecté les terrains jurassiques du Lyonnais (feuilles de Bourg et de Lyon) peuvent se grouper suivant trois directions différentes :

1° N. 10° à 20° E. (faille du Lancié, de Pommiers, etc.), prolongement des accidents du Chalonais et du Mâconnais ;

2° N. 40° à 50° E., direction des grandes dépressions houillères (bassin de la Loire, bassins de Blanzay, du Creusot, qui se retrouvent dans la faille de bordure jurassique de Blacé à Sainte-Paule, dans celle de Limonest, etc. ;

3° N. 130° à 140° E., direction sensiblement perpendiculaire à la précédente ; on la retrouve dans les feuilles du Bois-d'Oingt, Dardilly, et correspond à la direction de l'affleurement jurassique du Bois-d'Oingt et Dardilly. — On observe ces deux dernières directions dans le massif jurassique du Charollais.

Dans le tracé des terrains tertiaires et quaternaires du Lyonnais, le tracé de la carte détaillée a tenu compte des recherches de M. Fontannes. Les divisions

établies dans les formations des feuilles de Bourg et de Lyon sont les suivantes :

1° La *Mollasse helvétique* et le *Tertonien*, qui occupent de grands espaces au sud de Lyon, ont à peine dépassé cette ville, au nord, sur la rive ouest de la Bresse.

Après, le dépôt du Tertonien, dislocations qui ont affecté considérablement les terrains miocènes :

2° Les dépôts pliocènes, à marnes à faune saumâtre (syndosmies), dus à l'envahissement de la vallée du Rhône, jusqu'à Givors, par la mer pliocène.

Puis, au régime marin succède celui des eaux douces, ce qui donne la formation des marnes bleues de la Bresse, avec sables subordonnés. — Dans ces marnes ravinnées, se sont déposés les sables ferrugineux, *Mastodon arvensis* (Trévoux, Montmerle) et les tufs de Miximieux. Ensuite viennent les dépôts caillouteux (Trévoux, Sathonay, etc.), qui paraissent contemporains de *Elephas meridionalis*, et s'élèvent à une cote d'altitude de 300 mètres — Les dépôts pliocènes ont été recouverts dans la vallée du Rhône par des dépôts glaciaires.

Le panneau des Alpes françaises, formé par l'ensemble des feuilles de Grenoble, Vizille, Saint-Jean-de-Maurienne, Briançon, Bonnerieux et Aiguilles, est dû en grande partie à M. Lory. La surface comprise dans ces six feuilles se partage en trois régions naturelles, savoir :

1° La *région des plaines et des plateaux du Bas-Dauphiné*; 2° la *région des chaînes subalpines*; 3° la *région des chaînes alpines*.

La *première région : plaines et plateaux du Bas-Dauphiné*, est formée :

1° Par les assises moyennes et supérieures de la mollasse marine à l'état de grès ou de poudingue;

2° Les argiles à lignites de la Tour-du-Pin;

3° Alluvions anciennes (vallée de la côte Saint-André et de Saint-Marcellin);

4° Dépôts glaciaires (région basse du département de l'Isère).

La *deuxième région : chaînes subalpines* (feuilles de Grenoble, de Vizille, les massifs calcaires de la Chartreuse, de Lans, du Royans, du Vercors, etc.). — Ces massifs alpins sont formés principalement par un grand développement des étages inférieurs du terrain crétacé, savoir: *urgonien*, à calcaire compacte; *néocomien*, *valanginien*, *infra-néocomien*, à belemnites latus, marnes et calcaires, couches à ciment de la Porte de France (Grenoble), formant un ensemble de 1,000 à 1,200 mètres de puissance. — Le reste de la série crétacée est moins bien développé; les marnes aptiennes apparaissent sur quelques points de la feuille de Vizille, mais deviennent plus importantes dans la feuille de Dié; le gault est constant, mais mince; enfin, la *craie blanche* est représentée par des calcaires sableux (*lauzes*) et des calcaires à rognons de silex: elle repose quelquefois directement sur le gault.

Au dessous des terrains crétacés se présente le terrain jurassique avec ses ca-

ractères alpins. — Le jura se continue avec ses caractères ordinaires dans les chaînons les plus occidentaux du massif de la Grande-Chartreuse et se termine par l'affleurement corallien de l'Echaillon. Mais l'assise incontestablement jurassique, la plus élevée consiste en une masse de calcaires compactes, d'un brun noir, à filets spathiques connus sous le nom de *calcaires de la Porte de France de Grenoble* qui correspondent à la zone à *Ammonites tenuilobatus* du Jura. Entre ces calcaires jurassiques supérieurs et les assises crétacées les plus inférieures de Berrias, ou à ciment de la Porte de France, il existe une zone de calcaires avec *Taibratula janitor*, *Ammonites ptychoïdus*, *A. Liebigi*, etc. que M. Lory, synchronise avec les étages supérieurs (virgulien et portlandien du jurassique du nord).

Au dessous des escarpements des calcaires jurassiques de la Porte de France, on trouve les calcaires argileux et les marnes de l'oxfordien avec des schistes noirs du Kellovien ; dans les deux feuilles de Grenoble et de Vizille, l'étage *Bathonien* n'est représenté que sur la limite orientale de la région par des calcaires noirs peu fossilifères. M. Lory a constaté dans tous les étages marneux des Alpes, l'existence de cristaux microscopiques d'orthose et d'albite et en particulier dans les marnes oxfordiennes.

Le motif de la Chartreuse sur la rive droite de l'Isère, doit principalement son relief à de grandes failles très rapprochées entre lesquelles se trouvent des plissements très réguliers ; sur la rive gauche, les massifs de Lans, de Royans, de Vercors montrent la continuation des mêmes failles, mais plus larges, entre lesquelles se développent des voûtes régulières et des vallées de plissement. « Des lambeaux de molasse marine, partageant les dislocations de terrains crétacés, se retrouvent dans les replis des divers massifs jusqu'à des altitudes de 1500 mètres et témoignent que les failles et les plissements qui ont façonné ces chaînes alpines, datent de la période même du dépôt de la molasse. » (Notice du Ministère des Travaux publics).

LA TROISIÈME RÉGION : *Chaînes alpines*. (Feuilles de Saint-Jean-de-Maurienne, de Briançon et partie des feuilles de Grenoble et de Vizille sur la rive gauche de l'Isère et la rive droite du Drac) où l'on ne trouve ni molasse, ni terrains crétacés, seulement avec des terrains jurassiques inférieurs. Le bajocien y est rare, le trias au contraire très développé ; le trias y acquiert des caractères spéciaux, le grès houiller y est représenté par l'étage des grès à anthracite, enfin les terrains cristallins azoïques y constituent des motifs considérables. Cette région a été divisée par M. Lory et ensuite par les géologues alpins en quatre zones délimitées par de grandes lignes de fracture.

La première zone alpine (chaîne de Belledonne, des Grandes-Rousses, massif du Pelvoux, le mont Blanc, les Aiguilles-Rouges, les Alpes bernoises, le Saint-Gothard) est formée de schistes cristallins et de roches granitoïdes. Dans l'axe de chacun des massifs on voit affleurer des gneiss granitoïdes, passant à des gneiss

feuilletés et à des micaschistes avec couches de calcaires saccharoïdes. — Les pentes extérieures sont formées au contraire par des schistes chloriteux contenant gneiss et schistes amphiboliques, des gneiss chloriteux et des protogynes grani-toïdes. Les grès à anthracite du terrain houiller sont quelquefois en discordance avec les schistes cristallins et le plus souvent ces grès partagent l'inclinaison de ces schistes et sont très inclinés. Les terrains secondaires, au contraire, sont souvent en couches horizontales ou peu inclinées, placées sur les tranches des schistes cristallins ou des grès du terrain houiller. Le trias quand il existe, est représenté par des grès durs, blancs ou bigarés ou quartzites, des dolomies et des amas d'anhydrite et de gypse. Le trias alpin est très puissant et s'y présente en couches argilo-calcaires, des schistes passant souvent à de véritables ardoises. Les couches du trias et du lias se trouvent en strates horizontales sur quelques sommets et sur les plateaux; mais sur les flancs des vallées, ils sont plissés et bouleversés.

La deuxième zone alpine a une longueur de 5 à 12 kilomètres et n'est formée principalement que de trias et de lias disloqués recouvrant des schistes cristallins et des grès à anthracite. Une faille continue sur plus de 150 kilomètres de longueur passant par Saint-Jean-de-Maurienne et par les cols de la Madeleine et de Lanteret montre les couches du lias de la première zone butant contre les affleurements du trias de la deuxième zone, c'est aussi à la deuxième zone qu'appartient le nummulitique du littoral méditerranéen qui s'avance jusqu'au versant S.-E. du Pelvoux et continue en bande étroite jusqu'au pic du Cheval noir. Tous ces terrains de la deuxième zone ont été fortement disloqués, repliés et renversés au bord d'une grande faille qui les sépare de la troisième zone en passant par Saint-Martin-de-Belleville, Saint-Michel et les Monestier-de-Briançon.

La troisième zone alpine a une longueur maximum de 18 kilomètres, entre Saint-Michel et Modane, elle comprend la grande bande de grès à anthracite qui s'étend à travers le Briançonnais, la Maurienne, la Tarentaise, la haute vallée d'Aoste, et finit, en se rétrécissant dans le Valais aux environs de Sion. Le terrain houiller y atteint une épaisseur de plus de 2,000 mètres, il supporte des lambeaux du trias et du lias, et tout cet ensemble de terrains est en stratification sensiblement concordante.

Enfin, à Modane, les grès à anthracite sont limités à l'Est par une faille entre laquelle viennent buter les couches triasiques et liasiques de la quatrième zone, qui s'est affaissée par rapport à la troisième. Selon M. Lory, qui est le géologue qui a le mieux connu la structure des Alpes, la zone de grès à anthracite représente la clef de voûte de notre chaîne alpine, de part et d'autre de laquelle les autres zones sont placées par degrés descendant sur le versant français comme du côté de l'Italie.

La quatrième zone qui a environ 60 kilomètres de largeur est limitée à l'ouest vers Briançon, Modane et Bozel, les schistes cristallins y sont recouverts par le

trias très développé avec les facies de schistes lustrés (Queyras, Bordonèche, et de la haute Maurienne, à partir de Modane), avec des dolomies, gypses, quartzites. Le lias y est représenté par une grande masse de calcaires compactes (calcaires du Briançonnais).

Le panneau de la Provence et des Alpes-Maritimes comprend les feuilles d'Antibes, de Nice, de Saint-Martin-de-Lanstoque, de Digne, de Buis et Forcalquier, de Castellane, de Dragnignan, d'Aix, de Toulon, de Marseille, d'Arles, d'Orange et d'Avignon; les géologues qui ont fait les études d'explorations, sont :

MM. Potier, Kilian, Hang, Leershardt, Zürcher, Collet, Bertrand, Depéret, Carez, Fontannes. M. Bertrand a résumé dans une notice l'ensemble des travaux qui ont servi à constituer le panneau de la Provence et des Alpes-Maritimes, nous l'analysons très brièvement.

On trouve des dépôts quaternaires marins sur le littoral; mais la mer quaternaire ne semble pas avoir pénétré dans la vallée du Rhône où les dépôts alluviaux ont une grande importance. — Au contraire la mer du Pliocène ancien a pénétré profondément dans cette vallée et dans celles de l'Argens, du Var et de la Roja; celle du Pliocène moyen, moins étendue, n'a laissé que quelques sables marins (sables jaunes de Montpellier, mollasse de Biat) suivis par des dépôts saumâtres et lacustres; le Pliocène supérieur a laissé se former des tufs dans les parties continentales.

Le Miocène débute par des dépôts qui se sont formés tout autour des Alpes; c'est la mollasse marine; il est suivi d'une seconde période avec formation de marnes d'eau douce et de limons rouges; *Miocène supérieur*: limons rouges de Cucaron avec *Hipparion gracilis*, marnes et calcaires du mont Luberon avec *helix Christoli*; miocène moyen: mollasse marine marnes et calcaires marneux à *Cardita Jouanneti*, sables et grès à *Pecten Gentoni*; grès et sables marneux à *Ostrea crassissima*, mollasse à *Pecten prescabriusculus*; miocène inférieur, couches à *Mastodon angustidens*. L'oligocène est parfaitement délimité dans la Provence; on y connaît deux bassins distincts, celui de Manosque et d'Aix et celui de Marseille et de Sainte-Zacharie. Dans le bassin d'Aix, les couches (schistes, marnes lignitères, calcaires), atteignent au N. une puissance de 700 mètres; elles sont moins puissantes au S. et plus calcaires; on y trouve au sommet l'horizon de l'*helix Ramondi* (aquitainien) et à la base celui de *Potamides Margaritaceus*. A Aix, à Apt l'étage commence par des marnes et des calcaires gypseux avec poissons et insectes, par des lignites (Gargas) avec la faune de *Paleo therium* et de Xiphodon des gypses parisiens et des sables et argiles réfractaires avec quelques bancs de calcaire à *limnées*. Dans le bassin de Marseille on trouve la même série inférieure, mais la partie supérieure est formée par des poudingues. Enfin, dans les Basses-Alpes, à Barrême, le tongrien marin à *Natica crassatina*, *cerithium plicatum*, ainsi que l'aquitainien à *Helix Ramondi* se trouve en lambeaux concordants avec le

terrain nummulitique. Les couches oligocènes de la région provençale et des Alpes maritimes bien que postérieures aux grands mouvements du sol de la contrée, ont été, sur plusieurs points fortement relevées atteignant même la verticale.

L'Eocène est certainement antérieur aux grands mouvements de plissement du pays; la mer éocène a pénétré dans la région par l'est des Maures et de l'Estérel et s'est étendue sur tout l'emplacement occupé aujourd'hui par les Alpes centrales; mais elle n'a pas pénétré dans la vallée du Rhône. Du côté du Rhône et dans la Provence à l'ouest d'Antibes, l'Eocène n'est représenté que par des sables et des argiles bigarrées, par un lambeau de calcaire à *planorbis pseudo-ammonius* et par les dernières couches de Fuveau. A Nice et dans les Basses-Alpes la série nummulitique repose transgressivement sur divers étages du terrain crétacé ou jurassique. Dans la région alpine on peut distinguer trois termes principaux dans le nummulitique: 1° le *Flysch*, poudingues, grès à fucoïdes, (correspondant à la base de la série d'Aix ou de Marseille);

2° les *marnes brunes* ou bleues, argileuses à *Rotulina Spirulea* et *operculina ammonica*.

3° Les *calcaires à nummulites* ayant généralement la *nummulite complanata* sur le bas et la nummulite Brongniarti en haut.

Le bassin de Fuveau, mérite une citation spéciale: la partie supérieure est formée par 200 mètres de marnes rouges entre lesquelles on trouve des grès, poudingues et aussi quelques bancs calcaires fossilifères, le tout est placé sur l'horizon de l'éocène inférieur et de l'éocène moyen. Au-dessous et en concordance viennent les calcaires de Rognac (*Lychnus* et *Melania armata*, hypselosaurus pris cuss, grès grossiers, roses et verdâtres, marnes rouges), puis les calcaires marneux de 5 à 600 mètres de puissance formant deux groupes; 1° couches à physes (*Physa Michaudi*, *Anostoma rotellaris*); 2° couches à cyrènes (*Corbicula Galloprovincialis* avec couches importantes de lignites exploitées, des bancs marneux avec calcaires jaunâtres forment la base de la série lacustre à *Melanopsis galloprovincialis*) et reposent sur des couches saumâtres à turritelles (*Cossiope Coquandi*), qui sont placées elles-mêmes sur des bancs marins à *Ostrea acutirostris*.

Au bassin de Fuveau se rattache la formation de la bauxite et son âge semble être aptien ou albien.

Le terrain crétacé forme deux régions distinctes ou deux provinces, la province rhodanienne à l'ouest, et la province alpine à l'est.

Dans la province rhodanienne se trouvent le sénonien, le turonien, le cénomani, l'albien, l'aptien, l'urgonien, le néocomien.

Dans la province alpine on trouve les mêmes étages, mais avec des caractères différents et beaucoup moins variés que dans la province de l'Ouest, on remarque que de grandes épaisseurs de couches conservent le même aspect minéralogique; les étages turoniens et aptiens y sont peu développés.

Le terrain jurassique s'est étendu sur toute la région, aussi les variations de faciès sont simples ; cependant les géologues y distinguent deux zones, la zone littorale et la zone pélagique. Les étages reconnus sont le jurassique supérieur (*tithonique, corallien du midi*), l'astartien et l'oxfordien, le bajocien, le lias l'infra-lias.

Le trias a dans toute la région le faciès continental, ou lagunaire de l'Europe septentrionale ; on y distingue ses trois termes bien développés : Keuper, gypsifère, muschelkalk (calcaire à *terebratula vulgaris*) et le grès bigarré grès et argiles rouges avec poudingues quartzeux à la base.

Le Permien forme bordure aux Maures depuis Saint-Nazaire et Toulon jusqu'àuprès de Draguignan ; il pénètre profondément dans l'Estérel où ont eu lieu les grandes éruptions porphyriques.

Dans la région de cette partie de la carte, le terrain houiller forme deux petits bassins isolés d'un âge voisin de celui de Rive-de-Gier ; ce sont : le bassin de Plan-de-la-Tour et celui de Reyran. Enfin, dans la cluse de Verdaches, près de Barles, au nord de Digne, on a signalé un affleurement de schistes argileux très riches en empreintes végétales (*Sphenopteris annularia Neoropteris*) du terrain houiller supérieur : ce gîte contient de l'anthracite.

Les roches éruptives de la région de la Provence et des Alpes-Maritimes sont nombreuses et variées, surtout autour des massifs des Maures ; ce sont des *basaltes* (Saint-Tropez, Cap-Nègre, Cagolin, Banduffe, Evenos), des *labra dorites* (Antibes), *porphyres bleus* (Agay), *mélaphyres*, *serpentine*, *granulite*, *granite*.

En résumé, la Provence est une région plissée comme les Alpes, qui se rattache sans interruption aux plissements alpins.

Le *panneau du bassin tertiaire sous-pyrénéen* comprend les feuilles de Contis-les-Bains, Sore, Grignols, Vieux-Boncau, Mont-de-Marsan, Montréal ; il embrasse un certain nombre de régions naturelles, telles que le Bas-Armagnac, le Bazadais, le Marsan, les Landes, les dunes de Gascogne, une partie de la Chalosse.

M. Jacquot a fait les explorations de cette partie de la carte détaillée en tenant compte des travaux faits en commun pour la carte géologique du département des Landes par MM. Jacquot et Raulin.

Les assises tertiaires et crétacées constituent la presque totalité du sol de la partie du bassin du S. O., qui forme le panneau exposé ; de bas en haut, la série est :

- 1° La craie supérieure ;
- 2° Les couches nummulitiques ;
- 3° Les couches lacustres de l'Agenais et du Haut-Armagnac ;
- 4° Les sables et couches à *Ostrea Crassissima*, *Cardita Juanneti* ;
- 5° Le sable des Landes, qui est l'assise tertiaire la plus récente de la région du sud-ouest.

Carte géologique générale de la France, à l'échelle de $\frac{1}{500,000}$, contenant, en outre du sud de l'Angleterre, la plus grande partie de la Belgique, le Luxembourg, les bords du Rhin jusqu'à Bonnech, Francfort, l'Alsace-Lorraine, la Suisse occidentale, le nord de l'Italie et le nord de l'Espagne, par MM. G. Vasseur et L. Carez, 48 feuilles.

Cette belle carte géologique, dressée sur la carte du dépôt des fortifications, a été exposée à la classe 16; les auteurs ont adopté, pour figurer les terrains, les couleurs conventionnelles votées par le congrès de Boulogne; ils ont représenté le jurassique par sept nuances graduées de bleu, et le crétacé par 8 nuances variées de vert. L'échelle chromatique de la carte géologique d'Europe, à $\frac{1}{1,500,000}$, qui formera une carte murale de 3^m,36 sur 3^m,72 de côtés, devra servir de type aux cartes géologiques d'ensemble de chaque pays, de manière à obtenir l'unification des couleurs en géologie.

La carte géologique de MM. Vasseur et Carez n'est pas le résultat unique des explorations spéciales des auteurs; elle résulte d'une compilation intelligemment faite de beaucoup de matériaux et de cartes géologiques locales. Elle manque donc d'unité par suite de la complexité des documents que les auteurs ont consultés. Malgré cela, l'exécution de cette belle carte est un travail remarquable, tant par la perfection du dessin que par l'habileté et la sûreté des délimitations des terrains et des étages. — D'ailleurs, la carte géologique détaillée de la France, publiée par le service géologique, elle aussi manque de cette unité de plan et de représentation des étages, de délimitations, que l'on désirerait dans une œuvre de cette importance. Mais il n'est pas possible qu'un seul homme puisse entreprendre un tel travail et surtout le conduire à bonne fin.

« Pour mener à bonne fin une œuvre de cette importance, disent les auteurs
« de la carte, et pour représenter fidèlement l'état actuel de nos connaissances
« relatives à la constitution du sol de la France, nous ne nous sommes pas bor-
« nés à la coordination des travaux déjà publiés, mais nous avons mis à profit
« nos observations personnelles, et nous avons fait le relevé spécial des régions
« les moins connues..... Grâce au précieux concours d'un grand nombre de géo-
« logues, et à la bienveillance des services publics, dépendant de divers minis-
« tères, l'exécution de la carte a pu s'accomplir dans les conditions les plus sa-
« tisfaisantes, et nous présentons avec confiance chacune des feuilles qui la
« composent, comme représentant l'état de la science au moment de sa publica-
« tion. L'étage pouvant être considéré comme l'unité géologique, nous nous
« sommes efforcés de distinguer sur notre carte toutes les divisions de cet
« ordre! toutefois, dans quelques parties, l'insuffisance des connaissances strati-
« graphiques nous a obligés à réunir sous une teinte unique plusieurs termes
« de cette valeur.....

« Nous avons suivi, pour la gamme des couleurs que nous avons adoptée, les
« décisions prises au congrès de Boulogne, c'est-à-dire que la série sédimentaire

« est représentée, d'une façon générale, par les couleurs du spectre dans leur
 « ordre régulier. C'est ainsi que le trias est coloré en violet, le jurassien en
 « bleu, le crétacé en vert et le tertiaire en jaune, chacune de ces couleurs étant
 « subdivisée en nuances d'autant plus foncées qu'elles sont plus anciennes.
 « — Les roches éruptives ont été coloriées avec les différentes nuances de rouge,
 « et les schistes cristallins marqués en rose carmin..... Nous avons réservé au
 « silurien les tons rose clair; au dévonien, les bruns rouges. Quant au carboni-
 « fère, il a été désigné par le noir et le gris foncé, tandis que le permien est re-
 « présenté par un gris jaunâtre. Les diverses nuances employées s'élèvent au
 « nombre de cinquante, toutes faciles à distinguer. »

En effet, MM. Vasseur et Carez ont pu tracer les contours géologiques avec une très grande précision sur un cadre parfait, sur la magnifique carte chorographique publiée par le dépôt des fortifications, qui est une merveille d'exactitude et de netteté. Grâce aussi à l'harmonieuse superposition des couleurs, la carte géologique offre une coloration d'un très bel effet et d'une lecture très facile.

La légende suivante de la carte géologique de France, de MM. Carez et Vasseur, fait connaître l'esprit qui a présidé à sa confection; l'échelle, plus grande que celle publiée par le service géologique, a permis d'établir des subdivisions plus nombreuses, par suite, de donner des détails plus nombreux et plus précis, sinon plus exacts, sur les étages qui entrent dans la constitution géologique de notre pays.

Voici les subdivisions admises par MM. Vasseur et Carez, avec les nuances qui les représentent, et les monogrammes qui distinguent les subdivisions ou les étages et couches.

Les roches éruptives sont figurées, sur la belle carte de MM. Vasseur et Carez, par les couleurs vermillieuses carminées, avec des monogrammes distinctifs (lettres grecques) :

β *basalte*; τ *trachyte*; λ *labradorite*; φ *phonolite*; ξa *bauxite*; ω *ophite*;
 δ *diorite*, *diabase*; σ *serpentine*; ρ *roches amphiboliques*; ν *mélaphyres*;
 ϵ *euphotides*; π *porphyre quartzifère*; *porphyres indéterminés*; π' *porphyrite*
micacée, *porphyres divers*; γ *granite*; ζ^0 *granulite*; ζ^a *protogyne*.

ÉTAGES ET SOUS-ÉTAGES	SYSTÈMES	GROUPES
a alluvions récentes	{ Moderne
g glaciers		
a l Alluvions anciennes	{ Quaternaire
a^{lm} Moraines anciennes		

Tertiaire : diverses nuances de jaune	p Limon des plateaux	Pliocène	Tertiaire
	p^2 Pliocène supérieur		
	p^1 Sables des Landes		
	p^1 Pliocène inférieur (Astien)	Miocène	
	m^6 Tortonien		
	m^5 Helvétien (Faluns)		
	m^4 Langhien (Sables de l'Orléanais et de la Sologne)	Tongrien	
	m^3 Aquitanien (Calcaire de Beauce)		
	m^2 Stampien (Sables de Fontainebleau)		
	m^1 Infratongrien (Calcaire de Brie)	Parisien	
e^3 Ligurien (Gypse de Paris)			
e^1 Bartonien (calcaire de St-Ouen, sables de Beauchamp)			
e^{1b} Calcaire lacustre de St-Aubin, e^{1a} gris à Sabalites	Soissonien	Eocène	
e^3 Lutécien (Calcaire grossier de Paris)			
e^2 Yprésien (Sables de Cuise)			
l^1 Sparnacien (lignite et sables de Bracheux)	Diverses nuances de vert	Crétacé	
e Sables bigarrés			
e^s Argiles à silex			
e^{sp} Argile à silex et limon des plateaux		Secondaire	
c^8 Danien			Jurassique
c^7 Sénonien			
c^6 Turonien			
c^5 Cénomannien			Triasique
c^4 Vraconnien (couches à ammonites inflatus) Gaize			
c^3 Albien (Gault)			
c^2 Aptien et Urgonien	Permo-carbonifère		
c^1 Néocomien et Wealdien			
j^7 Purbeckien, Portlandien, Kimméridgien			
j^6 Astartien et Corallien	Devonien	Primaire	
j^5 Oxfordien			
j^4 Bathonien			
j^3 Bajocien	Silurien		
j^2 Lias			
j^1 Infralias			
i^3 Keuper	Archéen		
i^2 Muschelkalk			
i^1 Grès bigarré et grès Vosgien			
h^2 Permien	Primitif		
h^1 Carbonifère			
d^3 Famennien			
d^2 Eifelien	Silurien		
d^1 Rhénan			
s^3 Bohémien (calcaires et schistes à graptolites)			
s^1 Ordovicien	Silurien		
s^1 Cambrien			
h Schistes cristallins (Gneiss, Micaschistes, etc) Archéen Primitif			

Statistique des cartes géologiques exposées au Champ de Mars :

Outre les cartes géologiques exposées au Pavillon du Ministère des travaux publics, que nous avons longuement analysées, et la carte de MM. Vasseur et Carez, on trouve au Champ de Mars les cartes géologiques suivantes, les unes fort belles et complètes, d'autres présentant de simples ébauches.

Cartes générales : Carte géologique de la Belgique, au $\frac{4}{1.500.000}$, par M. Devalque. Le Cercle de la Librairie et de l'Imprimerie de Bruxelles a exposé des cartes géologiques.

Relief géologique de l'Europe, par M. Levasseur et M^{lle} Kleinshans, compilation à l'usage des écoles; échelle de la planimétrie, $\frac{1}{4.000.000}$; verticale, $\frac{1}{1.000.000}$.

Carte géologique de la France, par M. Levasseur et M^{lle} Kleinshans, copie d'Élie de Beaumont; échelle de la planimétrie, $\frac{1}{1.000.000}$; des hauteurs, $\frac{1}{250.000}$.

Carte géologique de la Suisse, au $\frac{1}{100.000}$, exécutée par la commission géologique, de 1829 à 1887 : beau travail, aussi remarquable par la topographie que par la perfection de l'exécution et la multiplicité des détails géologiques.

Dans la Section suisse, se trouve aussi une réduction de la même carte au $\frac{1}{10}$, et plusieurs autres cartes géologiques à diverses échelles.

M. Zboinski a exposé les quatre cartes suivantes :

- 1° *L'Attique*, au point de vue géologique et minier;
- 2° *Carte du Laurium métallifère*;
- 3° *Esquisse d'une carte géologique du Haut-Congo*;
- 4° *Carte du bassin houiller de la Turquie d'Asie*.

Ces travaux, qui n'ont pas beaucoup d'importance, laissent à désirer, surtout au point de vue topographique.

Carte géologique de la République mexicaine, par M. Antoine del Castillo.

Carte minière de la République mexicaine, au $\frac{1}{3.500.000}$, par le même auteur, contenant les indications des gisements d'argent, de mercure, de cuivre, de fer, de plomb, de bismuth, d'étain, de charbon, de soufre, de kaolin, de lignites, les solfatares et les salines.

Carte géologique d'un terrain oriental des colonies néerlandaises, au $\frac{1}{10.000}$.

Carte géologique du Chili, avec les gisements métallifères, au $\frac{1}{1.000.000}$, par M. Domeyko.

Cartes minières et agricoles du Portugal.

Carte géologique des régions pétrolifères aux États-Unis, par M. Henry, de Rutgers, en 24 teintes, et *carte géologique d'une partie du gouvernement de Koulais*, par MM. Simonvich et Sorokine.

Carte géologique des États-Unis et ses territoires, compilée par M. P.-H. Hitchcock, 1881.

Carte géologique de la Tunisie, au $\frac{1}{200.000}$.

Esquisse d'une carte géologique de Japon, au $\frac{1}{664.000}$, pour l'Institut géologique du Japon, 1881.

Carte géologique du Luxembourg, au $\frac{1}{40.000}$, par MM. Wien et Siegen.

Le *Georgial Survey de Victoria* a publié la carte géologique de Victoria en plusieurs feuilles; dans la Section australienne se trouvent les cartes suivantes :

1° *Carte géologique du continent de l'Australie*;

2° *Carte géologique de Victoria*,

CARTES GÉOLOGIQUES DÉPARTEMENTALES ET LOCALES

Un certain nombre de cartes géologiques départementales ou locales se trouvent dispersées à la classe 16 et à la section d'agriculture et aux colonies; nous avons distingué plusieurs cartes :

La Carte géologique du département de l'Hérault, au $\frac{1}{80.000}$, par M. de Rouville;

Carte géologique de la Haute-Marne, au $\frac{1}{80.000}$, par MM. Royer et Barotte (Section d'agriculture);

Carte géologique de la Haute-Loire, au $\frac{1}{170.000}$, par M. Hérisson.

Carte géologique de la Côte-d'Or, au $\frac{1}{80.000}$, par M. Guillebot de Nerville;

Carte géologique de la Corrèze, au $\frac{1}{160.000}$, par M. Boucheporn;

Carte géologique du département d'Ille-et-Vilaine, au $\frac{1}{160.000}$;

Carte géologique en relief du département du Cher, par M. Peneau; échelle de la planimétrie, $\frac{1}{100.000}$; des hauteurs, $\frac{1}{10.000}$.

Carte agronomique et géologique de l'arrondissement de Sedan, au $\frac{1}{10.000}$, par M. Désiré Jean-Jean et Auguste Loret.

Carte géologique de la Savoie, $\frac{1}{80.000}$, par M. Buchard, avec la réduction de la même, au $\frac{1}{150.000}$.

Carte agronomique du Gard, par M. Lombard-Dumas, au $\frac{1}{80.000}$, en 4 feuilles.

Un nombre considérable de cartes agronomiques et agricoles ont figuré à l'Exposition; il n'entre pas dans notre cadre de les faire connaître.

Cartes géologiques de l'Algérie: on remarque, outre les cartes topographiques à grande échelle $\frac{1}{50.000}$, de notre colonie algérienne et des cartes en relief des trois provinces, une carte géologique provisoire et des cartes géologiques des départements d'Alger, d'Oran et de Constantine, ainsi qu'une carte minéralogique du département d'Oran, au $\frac{1}{200.000}$, par M. Baills. Nous reviendrons un peu plus loin à ces cartes.

Carte géologique du bassin du Gard, au $\frac{1}{20.000}$, par M. Grand'Eury;

Carte géologique des mines de la Grand'Combe, au $\frac{1}{10.000}$;

Carte géologique du bassin d'Aubin, au $\frac{1}{25,000}$;

Carte géologique en relief du Cantal, au $\frac{1}{250,000}$, par M. Rame.

La plupart des cartes géologiques départementales ou locales sont déjà anciennes, et se trouvent citées parmi les cartes des départements de notre pays.

Parmi les nouvelles cartes locales, nous signalons la *carte géologique du département de l'Hérault*, de M. Rouville; la *Carte géologique du bassin houiller du Gard*; celles de l'Algérie, etc.

La plupart des exploitations houillères ont fait figurer, parmi les objets exposés, des plans géologiques de leurs concessions; citons :

Compagnie d'Aniche, plan et coupes géologiques; Compagnie des mines de Bruay, plan géologique de la concession; Compagnie des Mines de la Grand'Combe, plan géologique, au $\frac{1}{10,000}$; Goupil, plan et coupes géologiques du versant de Grenade; Houillères de Portes et Senéchas, coupes géologique; Houillères de la Loire, carte du bassin houiller.

Société des mines de Lens et de Douvrin, coupe géologique du bassin de Lens et plan du bassin houiller du Pas-de-Calais.

Au chapitre II, nous reviendrons à ces cartes et coupes des terrains houillers.

Un certain nombre de cartes géologiques, locales ou régionales, figurent à l'exposition des Ministères de l'agriculture et de l'instruction publique; quelques écoles ont exposé des cartes géologiques planes et des cartes géologiques en relief; mais, en général, ces cartes n'ont aucune originalité, et ne sont que des reproductions, des copies, ou des réductions de la carte géologique de la France ou des cartes départementales.

La carte géologique de la Belgique par M. Devalque a été exposée dans la galerie des Arts libéraux; elle est à l'échelle de $\frac{1}{500,000}$. La légende de cette carte fera facilement connaître l'esprit qui a présidé à son exécution: Les éléments d'une bonne carte géologique sont d'abord une carte topographique parfaite. De 1846 à 1854 Ph. Vander Maelen exécuta et publia la carte de la Belgique en 250 feuilles au $\frac{1}{20,000}$. Vander Maelen publia les cartes géologiques d'André Dumont à l'échelle de $\frac{1}{100,000}$, pour les coupes et à l'échelle de $\frac{1}{80,000}$, pour la carte géologique de 1857. Depuis lors la cartographie belge a pris une autre direction: les travaux de la carte topographique ont été terminés en 1872 et 1880, des cartes aux échelles $\frac{1}{40,000}$, $\frac{1}{220,000}$, $\frac{1}{164,000}$, ont été gravées et publiées. — L'industrie privée a produit aussi d'importants travaux cartographiques, tels que: cartes hypsométriques, cartes géologiques, minières, agricoles, etc. La Belgique, malgré sa faible étendue territoriale contient presque tous les terrains; les terrains primaires y sont représentés par le cambrien, le silurien, le dévonien, le carbonifère et le houiller. Le cambrien y forme deux massifs principaux: le massif de Rocroy et celui de Stavelot, et plusieurs massifs secondaires, tous constitués par des masses très plissées de quartzites, de phyllades et avec filons di-

vers. Le silurien y est également formé par des couches plissées de quarzites, de phyllades et de quartz ou de phyllades avec des roches éruptives; généralement il est recouvert par des terrains plus récents. Le dévonien y présente trois divisions bien distinctes; *dévonien inférieur* (phyllades, grès, poudingues, schistes, calcaires, etc.), terrain rhénan de Dumont (Gédinnien, Coblentzien, Ahrien), poudingues et schistes (de Burnot), calcaire à calcéoles (*calceola sandalina*). — Le *dévonien moyen*, comprend de grandes masses de calcaires (calcaire de Givet) avec *Strin-gocephalus Burtini*; le *dévonien supérieur* qui renferme les Schistes de Famenne (avec *Rhynchonella cuboides*, *spirifer disjunctus*, *Spirifer Verneulli*, *Atrypa reticularis*, *cardium palmatum*, etc.), et des calcaires marbres diversement colorés et exploités; la seconde division renferme les *psammites de Dendroz* peu fossilifères, contenant des débris de poissons et des empreintes de plantes; le *carbonifère* est représenté par une masse de calcaire, dans laquelle les fossiles sont très abondants; on y distingue trois faunes successives dites de Waulsort; de Tournay et de Visé. Le terrain houiller belge comble une cuvette formée par le calcaire carbonifère; on y distingue deux étages, l'inférieur sans houille, schistes silicifiés (phtanites) ou alunifères (ampélites) avec *goniatites*, et le supérieur, avec houille, très épais, schistes et nombreuses couches de houille exploitées. Les terrains secondaires sont inégalement représentés en Belgique; le trias y est peu développé; le jurassique n'y est représenté, que par le lias et l'oolithe inférieure; au contraire le crétacé y forme deux massifs distincts, le massif du Hainaut et celui du Limbourg; le premier contient des couches wealdiennes, cénomaniennes, turoniennes, sénoniennes; le second, des couches sénoniennes, daniennes ou maestrichtiennes. *La meule de Bracquegnies*, *la tourtia de Mons*, *de Tournay*, *les marnes d'Antrepe à pecten asper* appartiennent au cénomanien.

Les terrains tertiaires (Éocène, oligocène, miocène, pliocène) sont développés en Belgique. Dans l'éocène les géologues belges distinguent plusieurs étages riches, en fossiles, Montien, Heersien, Landénien, Yprésien, Panisélien, Bruxellien, Lackien, Wemmélien, Asschien); l'oligocène y forme deux étages (Tougrien et Rupélien), le Miocène, le Bolderien, le Pliocène, les deux étages, Diestien et Scaldisien. M. Dewalque n'a pas admis cette multiplicité d'étages; il divise les terrains de la Belgique de la manière suivante, comme il sont d'ailleurs figurés sur sa carte.

Terrain moderne.

Pliocène . . .	{	Système Scaldisien.	
		— Diestien.	
		Système boldérien : lignites du Rhin inférieur, sables sans fossiles du Bolderberg.	
		— Rupélien : argiles de Boom, dépôt lacustre supérieur.	
Oligocène . . .	{	— Tongrien : argiles de Henis, calcaires de la Brie et marnes vertes, sables de Lethen, gypse de Montmartre et calcaire de St-Onen.	
		— Barthonien : grès de Beauchamp.	
		Système parisien . . .	{ étage lackenien . . . { calcaire grossier.
			{ étage bruxellien . . . {
		— Londonien {	étage Paniselien . . . { sables de cuise.
			étage yprésien . . . {
Eocène . . .	{	— Landenien {	étage supérieur : Lignites du Soissonnais.
			— moyen : Sables de Bracheux.
			— inférieur : Hersien.
		Système Maestrichtien.	
		— Sénonien : Limbourg, Hainant, Bassin de Paris.	
		— Hervien : Limbourg.	
		— Nervien : Craie marneuse.	
		— Tourtia et meule, Coise, Gault.	
		— Sable d'Aix-la-Chapelle, argile d'Hantroz.	
		Oolithe supérieure.	
		— moyenne.	
		— inférieure.	
		— lias.	
Jurassique . .	{		
Triasique . .		Keuper, Muschelkalk, grès bigarré.	
Permien . .		Rothliengende supérieur.	
		Système houiller . . .	{ avec houille.
			{ sans houille.
Carbonifère..	{	limites souterraines du système houiller.	
		calcaire carbonifère.	
		Système Famennien {	psammites de Condroz.
			schistes de Famene.
			schistes et calcaires de Fraignes.
		— Eifelien . . .	calcaire de Givet.
			calcaires et schistes de Convin et Bure.
		— Rhénan . . .	poudingues de Burnot.
			schistes de vich
			grès de l'Ahr.
rien . .			
Salu		Système Dalmien.	
Cambrien . .	{	— Arvinien.	
		— Devillien.	

Dans la carte géologique de la Belgique, M. Dewalque a mis en pratique les décisions prises au congrès de Bologne; il a représenté les terrains et les étages conformément à la nomenclature et à l'échelle de couleurs adoptées.

La carte géologique de la Suisse au $\frac{1}{100.000}$, est remarquable sous tous les rapports; elle est réellement l'expression exacte de la constitution géologique de ce pays.

La première carte géologique de la Suisse par MM. Escher et Studer a été publiée en 1853. Ce premier essai fit sentir la nécessité de recherches plus spéciales; grâce à la carte topographique de Dufour, les géologues suisses purent entreprendre des études de détail faites par des observateurs expérimentés répandus sur toute l'étendue du pays. Aussi dès 1863 une série de monographies descriptives, accompagnées de cartes géologiques locales, cantonales, régionales ont fait connaître d'une manière approfondie la nature du sol de la Suisse. Ces études ont eu pour résultat final la publication des atlas géologiques de la Suisse et la carte au $\frac{1}{100.000}$.

Si on examine la carte géologique de la Suisse on y remarque que deux chaînes de montagnes, séparées par un plateau accidenté, forment les grands traits orographiques du sol de ce pays. Ces trois régions, constituent trois zones, parallèles orientées du S. O. du N. E. Le plateau est formé par les dépôts testiaires, la chaîne du Jura par les couches du système secondaire et les Alpes, par des couches en grandes parties primaires.

La carte géologique de la Suisse nous fournit des renseignements précis sur ces trois régions; son échelle chromatique contient environ deux cents nuances des teintes conventionnelles avec des monogrammes distinctifs.

Les Alpes Suisses sont formées d'une série de massifs isolés les uns des autres par de puissantes assises des terrains anthracifères; ils sont en général constitués par des schistes cristallins, des micaschistes, des gneiss, de la protogyne, etc.

Les massifs alpins sont affectés par de profondes dépressions ou vallées où coulent des rivières torrentielles alimentées en grande partie par les neiges éternelles.

Les schistes anciens, gneiss, micaschistes n'ont pas offert des débris organiques; mais les schistes feuilletés qui alternent avec les grès et conglomérats anthracifères renferment de nombreuses empreintes végétales.

Dans les Alpes du canton de Glaris, on a reconnu quelques débris du permien: formations rougeâtres ou *verrucano*; le trias apparaît aux environs de Bex; enfin le lias alpin présente des caractères paléontologiques et minérologiques particulières; mais il se fait remarquer par sa pauvreté en fossiles.

Le Jura Suisse est constitué par des assises secondaires soulevées, plissées qui forment des chaînons plus ou moins parallèles; entre ces chaînons anticlinaux se trouvent des vallons remplis par les couches crétacées au tertiaires. D'une manière générale, c'est vers le nord (cantons de Schaffouse, Argovie, Bâle, Soleure, etc.) qu'apparaissent les couches les plus anciennes. Dans le Jura Bernois généralement les dépôts tertiaires sont superposés directement au calcaire jurassique; plus au sud, les étages du néocomien remplissent les vallons et forment une

bordure au pied des chaînons les plus élevés de la dôle du Chasseron, du Chasseval, etc.

Les divers étages du jurassique se rencontrent dans cette zone; les couches crétacées des étages Valangien, Hautérivien, Urgonien, Aptien, Albien, etc., s'y montrent avec une riche faune de mollusques marins.

Entre les Alpes et le Jura, se trouve la zone tertiaire qui atteint une altitude de 400 à 500 mètres; c'est une région accidentée de collines et de vallées d'érosion, creusées dans la molasse (grès, marnes sableuses, calcaires d'eau douce).

Au voisinage des Alpes, ces couches alternent avec de puissantes assises de conglomérats ou poudingues (au Righi, etc.). Cette molasse est d'ailleurs divisée en plusieurs étages dans la carte de la Suisse, les uns marins les autres lacustres.

Le tertiaire inférieur est caractérisé par la diversité d'origine des dépôts: dans les Alpes, ce sont des couches marines de grès et de calcaire pétris de nummulites, de schistes et de grès avec empreintes de végétaux marins (Flysch) ou des schistes ardoisiers avec poissons (Glaris); dans le Jura le faciès change totalement et l'observateur se trouve en présence de dépôts terrestres provenant d'émissions thermo-minérales. Le système glaciaire joue un rôle important en Suisse, on trouve jusque dans les vallées intérieures du Jura des blocs énormes des roches alpines.

Les terrains de la Suisse sont divisés et répartis comme il suit, dans la carte géologique au $\frac{1}{100,000}$ formée de 25 feuilles.

A. *Dépôts récents*. — 1° Dépôts modernes; 2° Cône d'éjection; 3° Eboulement; 4° Travertin; 5° Tufts, dépôts de sources; 6° Terrains alluvionnaires; 7° Tourbe, 8° anciens cordons littoraux, dunes.

B. *Diluvium*. — 1° Terrain quaternaire ancien; 2° Blocs erratiques et moraines; 3° Terrasses à cailloux; 4° Nagelfluh poreuse; 5° Quaternaire stratifié; 6° Quaternaire alpin stratifié; 7° Quaternaire jurassique; 8° Glaciaire.

C. *Tertiaire (pliocène et molasse)*. — 1° Marnes pliocènes marines; 2° Molasse; 3° Molasse supérieure d'eau douce; 4° Sables à *Dinotherium*; 5° Molasse d'eau douce supérieure; 6° Calcaire d'eau douce supérieur; 7° Poudingue jurassique; 8° Marnes à hélices et nagelfluh jurassique; 9° Molasse, étage helvétique; 10° Molasse marine (helvétique); 11° Calcaires à *Littorinelles* (mayencien); 12° Délémontien: molasse d'eau douce inférieure; Aquitanien: molasse d'eau douce; 14° Molasse d'eau douce avec bancs de charbon, de calcaire; 15° Molasse rouge; 16° Gompholite de la molasse d'eau douce inférieure; 17° Poudingue de la molasse; 18° Gompholite miocénique polygénique.

D. *Tertiaire Eocène*. — 1° Eocène; 2° Schistes rubannés; 3° Tongrien; 4° Grès de Ralligen; 5° Flysch éboulé ou en place; 6° Flysch de Niesen; 7° Conglomérat du Flysch; 8° Flysch et grès; 9° Cargneule et gypse du flysch; 10° Flysch inférieur: Eocène supérieur; 11 Flysch inférieur à *lithothamnies*;

12° Eocène moyen. — Eocène moyen à divers facies; 13° Quartzite éocène; 14° Nummulitique et Flysch inférieur; 15° Terrain nummulitique; 16° Grès et schistes éocènes.

E. Crétacé. — Couches d'Ibery; 2° Couches de Wang; 3° Crétacé supérieur; 4° Couches de Seewen (cénonanien); 5° Cénonanien, turonien, sénonien; 6° Craie de Vararbborg; 7° Gault; 8° Crétacé moyen; 9° Poudingue à *Rudistes*, *Acteonelles*, *Hippurites*; 10° Gault et aptien supérieur; 11° Aptien inférieur. 12° Urgonien; 13° Néocomien; 14° Néocomien à *céphalopodes*; 15° Néocomien à *toxaster*; 16° Grès à fucoides; 17° Valangien; 18° Couches de Berrias;

F. Jura: (malm). — 1° Calcaire de Hornfluh; 2° Terrain tithonique: tithonique et calcaire d'Inwald; 3° Couches de Balfries; 4° Purbeck; 5° Jurassique représentant la malm: marbre blanc du malm; 6° Portlandien; 7° Portlandien et virgulien; 8° Jurassique supérieur, jurassique supérieur blanc; 9° Jurassique supérieur: couches de Waddingen et Boulan; 10° Jurassique supérieur et moyen; 11° Pthérocrien; 12° Jurassique supérieur: partie inférieure (marsen kalk); 13° Astartien: couches de Baden; 14° Astartien et terrain à Chailles; 15° Coralien; 16° Couches de Wange, couches à *hemicidaris crenularis*; 17° Couches de Geisslerg; 18° Couches d'Effinagen; 19° Oxfordien: calcaire oxfordien,

Jura moyen. — Argile rouge à *Aptychus*; 21° Calcaire à *Scylphia*; 22° Oxfordien pyriteux.

Jura inférieur (dogger). 23° Jurassique inférieur, partie supérieure; 24° Callovien; 25° Bathonien et Ledonien: dalle nacrée; 26° Bajocien; 27° Jurassique inférieur: partie inférieure (dogger inférieur).

Lias. — 28° Jurassique inférieur (dogger); 29° Jurassique indéterminé; 30° Lias supérieur: calcaire rouge à *Ammonites*; 31° Calcaire vert, rouge; 32° Lias moyen; 33° Lias inférieur, sinémurien, calcaire fossilifère de Saltrio.

E. Trias. — 1° Rhétien, 3 couches calcaires et schistes à *Avicula contorta* et dolomie.

Trias. — 2° Keuper supérieur: calcaire du Dachstein; 3° calcaire à *concho*; 4° Grande dolomie.

5° Trias supérieur, calcaire de l'Alberg et Hallstatt; 6° Keuper inférieur; 7° Marnes crisées et gypses; 8° Muschelkalk; 9° Muschelkalk supérieur, schistes rubannés; 10° Muschelkalk moyen avec gypse; 11° Cargneule triasique; 12° Grès bigarré: roches arénacées et schistes des Grisons (grès, schistes verts, noirs, rouges, lustrés, quartzites, etc), marbres bigarrés, dolomies, etc; 13° Verrucano: gypse, dolomie, calcaire de Pontis; couches de Van; 14° Gypse, dolomie et cargneule, poudingue, quartzite; 15° Grès rouges et schistes verts de la Valtelline.

G. Carbonifère. — 1° Terrain houiller; 2° Terrain anthracifère; 3° Schistes

et grès houillers ; 4° Conglomérat du terrain houiller : poudingue à an thracite.

H. *Schistes cristallins*. — 1° Schistes verts, talqueux, phyllite et gneiss à sérécite ; 2° Micaschiste ; 3° Calcaire ; 4° Phyllite et gneiss à helvétone ; 5° schistes de Casanna passant au gneiss, sérécite et phyllite ; 6° Schistes feldspathiques ; amphibolitiques, dioritiques, etc.

Les détails minutieusement exagérés peut-être de la carte géologique de la Suisse la rendent précieuse aux géologues qui explorent ce pays. Les teintes nombreuses de l'échelle adoptée, les monogrammes appliqués sur les nuances de couleurs conventionnelles sont si bien gradués que l'harmonie de l'ensemble n'est en rien altérée et que la carte, quoique pleine de détails, est d'une lecture très facile. On peut dire que la carte géologique de la Suisse, est l'une des plus complètes, des meilleures et des plus exactes ; elle fait le plus grand honneur aux géologues suisses qui ont collaboré à son exécution.

La grande entreprise de la carte géologique de la Suisse remonte à environ trente ans en arrière ; plus de vingt géologues ont collaboré à l'œuvre de la Commission : MM. A. Muller, Theobald, C. Moesch, J. Kaufmann, Jaccard, Grosin, Gerlach, Gillierin, Escher de la Linth, Gutzviller, K. Mayer, von Frisch, Renevier, Taramelli, Schalch, Baltzer, Ischer, Bachmann, E. Favre-Rolle, Heim, etc.

Une réduction de la grande carte géologique en quatre feuilles au $\frac{1}{250.000}$ a été publiée ; celle-ci a servi à son tour pour la réduction au $\frac{1}{4.500.000}$ de la carte géologique de l'Europe. Enfin l'œuvre de la carte géologique de la Suisse se poursuit par le coloriage des feuilles d'une carte au $\frac{1}{25.000}$, échelle qui se prête aux observations de détail et à l'établissement de coupes et profils. Des albums sont joints à la carte, ils contiennent des matériaux qui ont servi à sa confection. — Les matériaux pour la carte géologique de la Suisse forment 28 à 30 livraisons, avec description géologique, coupes, figures et cartes.

Le bureau topographique fédéral de Berne a exposé une collection des principales cartes et en particulier la belle carte de Dufour au $\frac{1}{100.000}$ en 25 feuilles assemblées en carte murale et une réduction de la même au $\frac{1}{250.000}$, les deux gravées sur cuivre. La carte géologique de la Suisse en 25 feuilles, dressée par la Commission géologique Suisse de 1859 à 1887, a eu pour base la carte topographique au $\frac{1}{100.000}$.

Dans cette belle collection de travaux du bureau topographique, se trouvent l'atlas topographique, dit de Siegfried, à l'échelle des levés originaux, soit $\frac{1}{50.000}$ pour les montagnes (gravure sur pierre) et au $\frac{1}{25.000}$ pour la plaine (gravure sur cuivre).

La collection des cartes publiées actuellement est de 400 feuilles.

A propos de la carte géologique de la Suisse, nous nous rappelons que, nous

avons nous même étudié les terrains tertiaires alpins. — Au *Déserts*, près de Chambéry, le tongrien existe réellement; à partir de la craie, on trouve :

- 1° Un grès micacé avec débris de coquilles lacustres ;
- 2° Un grès plus fin ou flysch avec écailles de poisson ;
- 3° Calcaire à *Natica crassatina* ;
- 4° Grès sableux avec *nummulites variolaria*.

Cette série correspond aux couches inférieures de miocène.

Les nummulites éocènes du mont Richet et du mont Trélard, ne se trouvent pas au *Déserts*. Il y a donc dans les Alpes deux niveaux géologiques à nummulites bien distincts. Un niveau inférieur éocène, (mont Richet, mont Trélard), un niveau supérieur miocène (tongrien), séparés l'un de l'autre par le flysch.

La carte géologique du Sahara au $\frac{1}{5,000,000}$, par M. Rolland, exposée au Pavillon du Ministère des Travaux publics, est une nouvelle édition, revue et complétée de la carte, que M. G. Rolland avait dressée, au retour de la mission transsaharienne d'El Goléa, dirigée par l'ingénieur en chef, M. Choisy. Elle s'étend de l'Atlas au Akaggar et du Maroc à la Tripolitaine, du 35° au 24° degré de l'attitude, et du 6° degré de longitude Ouest au 13 degré de longitude Est.

Le Sahara est le plus souvent rocheux et parfois accidenté ; le Sahara algérien présente trois types principaux de régions naturelles.

- 1° Les plateaux ou *hamada*, calcaires en relief, à terrains crétacés, rocheux, stériles et désolés, entaillés par des oueds ou vallées.
- 2° Les dépressions sablonneuses ou argileuses ;
- 3° Les dunes de sable.

La carte géologique de M. Rolland montre qu'au milieu du Sahara algérien, les plateaux crétacés occupent une bande N.-S., large d'un degré et demi en longitude, qu'elle se continue au Sud en s'élargissant jusqu'à Tidikelt. Cette bande calcaire en relief, sépare deux grands bassins d'atterrissement sableux, à l'Est le bassin du Chott-Melrir, à l'Ouest le bassin du Gourara, qui correspondent à deux grands bassins hydrographiques.

Les plateaux crétacés forment dans les régions sahariennes entre les massifs de l'Atlas et du Ahaggar, une ceinture large et continue, autour du grand bassin d'atterrissement du Chott-melrir. Tout autour ces plateaux sont en pente vers l'intérieur du bassin, de sorte qu'ils figurent une cuvette immense qui a donné lieu, d'abord au bassin d'atterrissement, ensuite au bassin hydrographique actuel.

Dans le Sahara central on rencontre d'abord des terrains de grès noirs, très durs, en couches très épaisses, à pente très faible vers le nord, appartenant au système dévonien.

A l'ouest les mêmes grès dévoniens contournent le Sahara algérien et arrivent

jusqu'au Sahara marocain. En continuant encore vers le Sud, on trouve des granites, des gneiss, des micaschistes.

Les terrains sableux d'atterrissement sont fort développés dans le Sahara central ; ils occupent des plaines basses et des zones allongées souvent très larges.

Dans le Sahara septentrional comme dans le Sahara central se trouvent des formations volcaniques et des volcans à cratères récemment éteints. Ces volcans étaient en activité pendant les temps quaternaires dans le Sahara central. Le massif montagneux des Ahaggar forme une énorme protubérance dont les cimes atteignent des altitudes de 1500 à 2000 mètres ; au sud-est, se dressent les montagnes du Tibesti avec des altitudes de 2500 à 3000 mètres. Ce sont les deux grands reliefs du Sahara, espèces de pâtés montagneux formé par le groupement de terrasses étagées. Le Sahara central présente de grandes dépressions remplies par des lacs salés.

En résumé, le Sahara, présente : 1° les *Hamada* rocheuses avec ou sans *cebka* (réseau enchevêtré de vallées) ; 2° les dépressions humides et salées, avec *chotts* ou *lacs salés* ; 3° les grandes *dunes de sable* ; 4° les pâtés montagneux avec volcans.

La carte géologique de M. Rolland indique trois sortes principales de formations dans le Sahara algérien : 1° terrains crétacés (cénonien, turonien, sénonien, etc.) ; 2° atterrissements sahariens, terrains de transport et terrains lacustres ; 3° les grandes dunes de sable de l'époque actuelle.

La *carte Géologique de l'Algérie* qui figure à l'Exposition de notre colonie est due en réalité à la collaboration des ingénieurs qui depuis l'ingénieur Ville ont été chargés du service des mines dans nos possessions du nord de l'Afrique. Mais la dernière forme a été donnée à cet important travail par MM. Pomel et Pouyanne.

Une première édition de la carte géologique provisoire de l'Algérie au $\frac{1}{800.000}$ fut dressée en 1881 ; M. Tissot exécuta la province de Constantine, MM. Pouyanne et Pomel, celles d'Oran et d'Alger. C'est après la mort de M. Tissot, que MM. Pomel et Pouyanne ont conçu et exécuté une carte géologique d'ensemble de l'Algérie entière, unifiée par la classification et les teintes, représentatives des terrains.

Cette nouvelle carte géologique détaillée au $\frac{1}{50.000}$ diffère notablement de celle de 1881, non seulement par les changements qu'a nécessités l'unification, mais encore par d'importantes lacunes comblées ; cependant elle conserve bien des imperfections inhérentes à une région où les explorations lointaines sont difficiles et pénibles.

Sur la carte géologique de l'Algérie le *groupe cristallophyllien* est confiné dans la région septentrionale des deux départements de Constantine et d'Alger, où il constitue deux grandes zones distinctes, séparées par un assez grand intervalle. La première commence à Bône, et finit un peu au sud de Djidjelli ; la

seconde apparaît à l'ouest, près de la haute vallée de Sébaou, se développe sur le flanc nord du Djurjura et se termine vers l'ouest à la Bouzaréa.

Ce groupe comprend : 1° le gneiss ; 2° micaschistes ; 3° calcaires plus ou moins cristallins, souvent de véritables marbres intercalés entre le gneiss et le mica-schiste, des marbres cipolins.

Le groupe détritique comprend les premiers dépôts détritiques formés aux dépens du groupe cristallophyllien ; il est principalement constitué par des schistes, luisants, non cristallins, des poudingues, des conglomérats, et quelquefois des calcaires schistoïdes, des gisements de fer oxydulé. Ce terrain constitue le massif au sud du col de Ménerville et s'étend sur la majeure partie du territoire du Beni-Khrachna.

Les auteurs de la carte géologique de l'Algérie ont figuré un ensemble de terrains indéterminés paléozoïques, ou infra-jurassiques dont l'âge reste à fixer, tels sont les schistes et quartzites de Traras, les schistes d'Oran, les poudingues de Djebel Kahara.

Le terrain jurassique est représenté sur la carte par la couleur bleue nuancée suivant les étages. Le lias est en discordance stratigraphique avec les formations antérieures ; il débute par le Sinémurien (province de Constantine) calcaire ; le lias moyen est également calcaire : les fossiles y sont rares ; le lias supérieur est composé de couches marneuses et de couches calcaires, mais ces trois termes jurassiques sont tellement liés entre eux qu'il est difficile d'y tracer des limites bien nettes.

Le groupe oolithique débute par des assises que MM. Pomel et Pouyanne placent sur l'horizon de la Grande Oolithe.

La carte géologique de l'Algérie montre aussi le groupe oxfordien constitué surtout par des argiles, des marnes et des calcaires, reposant sur une base ferrugineuse ; le groupe corallien est surtout bien représenté dans l'ouest de l'Algérie.

MM. Pomel et Pouyanne distinguent sur leur carte un faciès tithonique, un groupe astarto-ptérocérien, très développé dans la province d'Oran, où il termine la série jurassique.

Le terrain crétacé est représenté sur la carte par la teinte verte sous trois nuances ; les auteurs ont distingué : 1° le groupe néocomien, (vert foncé) ; 2° le groupe cénomanien (vert à teinte moyenne), comprend le gault et la craie tuffeuse ; 3° le sénonien (teinte claire) qui est surtout très développé sur les hauts plateaux de Constantine et constituent les étages de bas en haut, santorien, companien, danien, ou dordonien.

Le terrain éocène est représenté sur la carte au $\frac{1}{800.000}$, par le groupe suessien qui montre sa plus grande puissance entre Birin et Berrouaghia ; 2° par le groupe parisien développé surtout dans la chaîne du Djurjura ; 3° le groupe ligurien, développé dans la région orientale du Tell.

Le terrain miocène représenté par la couleur jaune nuancée suivant les étages comprend les groupes suivants :

- 1° Tongrien, comprenant les grès de Dellys ;
- 2° Cartennien, grès et poudingues, marnes brunes ;
- 3° Helvétien, dépôts marins et dépôts lacustres, important en Algérie ;
- 4° Sahélien, dépôts marins et formations lacustres, bien développé sur le littoral oranais.

Le terrain pliocène marin ou lacustre, est représenté sur la carte par la couleur olive, il est en beaucoup d'endroits recouvert par le quaternaire et les formations récentes.

Les roches éruptives ont leur place dans la carte géologique de l'Algérie où elles ont joué leur principal rôle durant les temps tertiaires. Les unes, très rares sont anciennes, (filons de pegmatite, du granulite) ; ce sont les roches tertiaires qui sont les plus répandues (granites, granulites, microgranulites, liparites, andésites, etc.), et les plus importantes.

A l'Exposition algérienne, une carte minéralogique du département d'Oran en minute, indique les gîtes des minéraux métallifères et autres, susceptibles d'être exploités : cuivre argentifère, galène argentifère, calamine, pyrites de fer, hématites manganésifères, soufre, pétrole, sel, phosphates de chaux, marbres, marbre onyx, serpentine, gypses, pouzzolane, pierres de taille. Les gîtes de différents minéraux sont désignés par de petits cercles diversement coloriés. Au Pavillon de la Tunisie, une carte géologique provisoire à l'échelle de $\frac{1}{200.000}$ montre 19 nuances différentes indiquant les terrains qui entrent dans la constitution du pays.

La *Carte géologique de la République Mexicaine* par M. Antonio del Castillo, exposée au Champ de Mars, est à l'échelle de $\frac{1}{2.500.000}$. La légende qui l'accompagne en indiquant la signification des teintes conventionnelles nous montre quelles sont les divisions et subdivisions que son auteur a faites dans les terrains qui forment le sol du Mexique. Une première indication de signes donne les volcans en activité, les solfatares et la région des volcans éteints.

Les roches éruptives sont représentées sur la carte par deux nuances générales, le rouge et le rose.

Le *rouge* pour les roches volcaniques : liparites, rhyolites, rétinites, perlites, obsidiennes, trachytes, dacites, andésites, euphotides, basaltes, dolorites, phonolites.

Le *rose* pour les roches granitiques : granite, granulite, protogine, pegmatites, diorites, syénites, diabases, porphyres, microgranulites, etc.

M. Antonio del Castillo divise les roches sédimentaires en : 1° Primitives et métamorphiques ; 2° secondaires ou mésozoïques ; 3° tertiaires ou canozoïques ; 4° quaternaires.

Dans la carte géologique de la République mexicaine, la couleur *rose pâle*

est affectée aux terrains primitifs et métamorphiques : gneiss, micaschistes, amphibolites, chloroschistes, talschistes, phyllades.

Dans les terrains secondaires, il distingue :

Le terrain houiller représenté par une teinte noire ;

Le triasique, par une teinte brune ;

Le jurassique, par le bleu, le crétacé, vert ;

L'auteur de la carte ne fait aucunes subdivisions dans ces grands groupes.

Les lignites tertiaires sont représentés par une teinte de gris, les roches tertiaires par du jaune.

Cette carte sans relief topographique, sans cotes ni courbes de niveau, sans délimitation d'étages, ne peut être considérée que comme une ébauche d'une carte géologique plus développée.

La *carte géologique du Chili* avec les gisements métallifères par Demeyko à l'échelle de $\frac{1}{1,000,000}$ est aussi une ébauche ; la légende indique seize teintes pour représenter les terrains. L'auteur représente dans sa carte : 1° le quaternaire ; 2° le tertiaire ; 3° le crétacé supérieur ; 4° le jurassique ; 5° le lias ; 6° le trias ; 7° le permien ; 8° le silurien et dévonien ; 9° schistes cristallins.

Voilà la série de sédimentation telle que la figure Demeyko. Quant aux roches de cristallisation, il distingue : roches volcaniques : trachytes, phonolites, hypésthénites, porphyres quartzifères, granites.

La *carte géologique des Etats-Unis* et des territoires exposés à la section américaine a été publiée par M. C. H. Hitchcock. *L'United states geological Survey* (Service de la carte géologique des Etats-Unis) n'a fait paraître jusqu'ici qu'un petit nombre de cartes géologiques détaillées où la nomenclature, la classification et les figurés sont conçus de manière à être interprétés facilement par toutes les personnes intéressées.

M. C. H. Hitchcock a exploré lui-même une grande partie des Etats-Unis et la carte géologique repose en grande partie sur les observations personnelles de l'auteur, surtout en ce qui concerne les Etats du Maine, New-Hampshire, Vermont, Massachussets, Rhode-Island, Connecticut). Pour l'exécution de cette carte, l'auteur a mis évidemment à contribution les cartes publiées ou manuscrites des commissions locales et les travaux des géologues qui ont étudié et exploré les Etats de l'Union.

MM. Angelo Heilprin, Longhridge, Mac-Gee, Irwing et Chamberlin, Newton, et Jenney, Hayden, Powel, Dutton, King, Whooler, etc., ont par leur travaux, élucidé de nombreuses question de géologie américaine, M. C. H. Hitchcock a été très sobre de détails ; il a admis les terrains et formations qui suivent : quaternaire, néocène, éocène, crétacé, jurassique, triasique, carboniférien, dévonien, silurien, cambrien, archéen, volcanique, en tout 14 nuances représentant les groupes et étages. Les voici dans l'ordre indiqué par M. Hitchcock : quaternaire, cenozoïques ou tertiaires ; Supérieur, moyen, inférieur, néozoïques. Laramie

or lignite croup, crétacé, jurassique et triasique, perméo-carbonifère. Paléozoïques : upper coal, lower coal, lower sub carboniferous, upper silurian, lower or cambrian, silurian, éozoïques, huronien, laurentien.

La carte géologique des Etats-Unis, nous montre qu'au point de vue de sa structure, on peut diviser l'Amérique septentrionale, en quatre grandes sections ou zones. La première occupe la partie nord-est du continent : elle est constituée par le noyau archéen du Labrador et du Canada. Les trois autres sections sont orientées chacune, à peu près dans le sens du méridien ; l'une correspond aux monts Appalaches, l'autre aux montagnes rocheuses ; entre ces deux, s'étend la quatrième section, région tranquille dont les grandes plaines du Mississippi occupent la partie méridionale. Dans la région de l'est, qui s'étend de l'Alabama à Terre-Neuve, les sédiments paléozoïques ont été disloqués et fortement ridés et plissés à plusieurs reprises (ex relief de la Pensylvanie, de la Virginie). La zone située à l'ouest, plus large, plus élevée, plus variée, rarement plissée, est remarquable par ses grandes failles verticales ; les roches volcaniques y sont abondantes ; c'est dans cette zone que se trouvent les gîtes des métaux précieux. Dans l'est, se trouvent exclusivement des terrains anciens et là se trouvent les immenses bassins houillers du centre. Au-delà du Mississippi ces terrains disparaissent sous des sédiments secondaires, principalement crétacés.

La structure du Continent nord-Américain est plus simple que celle de l'Europe.

L'évolution de ses formes orographiques semble avoir toujours progressé dans une même direction pour obtenir l'agrandissement graduel de sa surface par la réunion d'un certain nombre d'éléments d'abord séparés ou insulaires comme on en reconnaît dans le Wisconsin, le Missouri, le Canada. Au commencement de l'ère secondaire, la partie orientale émerge d'une manière définitive et un noyau continental commence à se dessiner dans l'ouest ; pendant l'époque du crétacé, la mer atteint les limites du continent actuel dans le New-Jersey, contourne les Appalaches par la Virginie et l'Alabama, s'étend au nord et à l'ouest jusqu'au cercle polaire et s'avance jusqu'au delà du méridien du Grand Lac Salé en couvrant la plus grande partie des montagnes rocheuses ; mais du côté du Pacifique l'océan s'arrête au pied de la Sierra-Nevada. Mais au commencement des âges tertiaires tout change : la mer disparaît du milieu des terres et le continent possède désormais les mêmes limites qu'aujourd'hui ; excepté au nord.

Voilà à grands traits la structure géologique des Etats-Unis que nous révèle la carte de M. Hitchcock.

En outre la classe 16 de la section américaine renferme d'autres cartes géologiques, hydrographiques, géographiques, topographiques, astronomiques, et des atlas intéressants.

Geological Survey of Wisconsin, de Minnesota, etc., ont exposé des cartes géologiques fort bien faites et des rapports volumineux et savants sur la géolo-

gie des États-Unis. A l'Exposition figure aussi une carte géologique, *Geological map of the Hills of Dakota*, par M. Henry Newton, indiquant au moyen de teintes conventionnelles : 1° les roches ignées ; 2° le tertiaire ; 3° le crétacé ; 4° jurassique ; 5° red Beds ; 6° le carbonifère ; 7° Postdam ; 8° archéen nouveau ; 9° archéen ancien.

La carte géologique du Japon a été publiée par les soins du ministère de l'Agriculture et du Commerce ; elle a été exposée par une commission de géologues qui a déjà livré à la publicité une œuvre considérable dont les spécimens ont été exposés au Champ de Mars (classe 16).

Esquisse géologique du Japon (carte d'une), à l'échelle de $\frac{1}{864,000}$ date de 1888 ; la légende des couleurs conventionnelles y indique : I *terrains du groupe primitif* (gneiss granitique, micaschiste, talcschistes, phyllites, etc), II° *terrains du groupe paléozoïque*, comprenant : 1° *système de chichibu*, contenant pyroxénite, schistes, quartzites, granwacke, calcaire à *fusulina cylindrica* ; 2° *système de Kobolette*, avec grauwaacke et schistes sans fossiles ; III° *terrains du groupe mésozoïque*, comprenant : 1° *système triasique*, 2° *système jurassique* ; 3° *système crétacé* avec *trigonia aliformis*, *ammonites* ; IV° *assise de Misaka*, couches de tufs, de roches porphyriques, dioritiques, diabasiques, traversées par des filons de granite, de diorite, vraisemblablement la partie supérieure du groupe mésozoïque ; V° *terrains tertiaires*, tufs de roches volcaniques, sables, argiles ; VI° *terrain quaternaire*.

Les roches éruptives et cristallisées sont représentées dans cette carte esquisse par des teintes différentes pour les divers types 1° granite (carmin clair) ; 2° diorite, diabase, gabbro, serpentine (vert) ; 3° porphyre (rose) ; 4° porphyrite (carmin foncé) ; 5° lipparite, dacite, andésite, basalte, ponces. Les explorations géologiques, excepté celles de Yesso et de Tsushima ont été faites par les membres de l'Institut géologique du Japon.

Le *geological survey by Tsuzuki* a publié une carte géologique à l'échelle de $\frac{1}{200,000}$ dont 10 feuilles figurent à l'Exposition. En outre, le *geological Survey of Japan* (service géologique du Japon) a publié deux feuilles de cartes géologiques à l'échelle de $\frac{1}{100,000}$ ayant pour base les cartes de reconnaissances topographiques division I et II du docteur Edmond Naumann où les montagnes sont représentées par des courbes de niveau de 40 mètres. En résumé, le Japon, outre des cartes météorologiques et topographiques, a exposé une belle œuvre géologique, consistant en : 1° *Esquisse d'une carte géologique du Japon*, 2° carte de la reconnaissance géologique de la partie Nord-Est ; 3° carte de la reconnaissance géologique de la partie Est ; 4° cartes géologiques de Thiba, de Kakusa, de Mito, de Shizuoka, de Fuji, de Izu, de Yokohama, de Marbashi, de Tokio, de Koftu.

La direction de géologie, au ministère de l'Agriculture, a exposé également des cartes agronomiques et des cartes topographiques du Japon.

La *carte géologique de l'Australie* a été exposée par le département des mines de Melbourne ; d'ailleurs cette exposition de la classe 16 comprend :

- 1° Une esquisse d'une carte géologique de Victoria ;
- 2° Une esquisse d'une carte géologique de l'Australie ;
- 3° Cinq cartes géologiques des mines d'or d'Ararat, de Ballurab, de Creswick, de Soudhurst, de Stawel ;
- 4° Enfin soixante cartes géologiques préparées de 1858 à 1868 sous la direction de M. A. R. C. Selwyn.

Dans le pavillon de la classe 61 se trouve une carte géologique de l'Australie par M. Fournet, ingénieur des Ponts-et-Chaussées, à une échelle très réduite ; la légende y indique les terrains suivants : 1° tertiaire ; 2° crétacé ; 3° houiller ; 4° carbonifère ; 5° dévonien ; 6° silurien ; 7° terrains cristallisés ; 8° roches volcaniques ; 9° granite ; une couleur spéciale indique les terrains inconnus ou indéterminés.

Le Portugal a exposé divers spécimens de cartes géologico-minières, agricoles, etc. On sait qu'une carte géologique du Portugal à l'échelle de $\frac{1}{500,000}$ a été publiée en 1876 ; actuellement le service des travaux géologiques de ce pays s'occupe des descriptions stratigraphiques, paléontologiques et minéralogiques du Royaume en portant principalement ses observations sur la carte chorographique à l'échelle de $\frac{1}{100,000}$.

En examinant la *carte géologique du Portugal* on constate le système silurien, dévonien, carbonifère, jurassique, crétacique, miocène et quaternaire. Les roches massives, les terrains azoïques et paléozoïques occupent les $\frac{5}{6}$ de la surface du pays, l'autre sixième est occupé par les terrains secondaires et tertiaires en partie recouverts par les dépôts plus récents. Ces derniers terrains s'étendent le long de l'Océan depuis Aveiro jusqu'à Sado — De là jusqu'au cap Saint-Vincent, les terrains secondaires ne forment que deux pointements ; au contraire, ils forment une bande continue qui longe la mer depuis le cap jusqu'à la frontière espagnole. Les terrains primaires sont aussi recouverts par des dépôts cénozoïques ; les affleurements primaires et mésozoïques occupent à peu près les $\frac{2}{3}$ de la surface totale du Portugal, tandis que les affleurements mésozoïques n'en occupent que $\frac{1}{3}$, les $\frac{2}{3}$ restant représentent les affleurements des roches massives et des terrains primaires.

La carte géologique indique de grands affleurements de diorites et de porphyres, au milieu des terrains azoïques et paléozoïques ; des affleurements de basalte entre le crétacé et le miocène, d'ophites, dans les terrains mésozoïques, des granits éruptifs, etc.

La *carte géologique de la Grèce* et les cartes en relief de l'Attique nous montrent les détails du relief accidenté de ce pays qui se compose en grande partie de montagnes. On y distingue deux chaînes principales : la chaîne orien-

tale qui se relie à l'Olympe et la chaîne occidentale, haute barrière, entre la mer Adriatique et la mer Égée ; ces deux chaînes parallèles conservent presque invariablement leur direction N. O. et S. E. ; elles sont reliées par des rameaux et forment aussi des contrées à gorges profondes.

Les cartes géologiques de la Grèce indiquent des terrains sédimentaires, des roches plutoniques, des roches volcaniques.

Les terrains sédimentaires les plus anciens de cette région sont rapportés au système crétacé ; les terrains jurassiques, triasiques, permien, carbonifère, dévonien, silurien, paraissent y manquer. Le terrain crétacé et surtout le calcaire blanc à hippurites se rencontrent dans la Grèce continentale. Le calcaire nummulitique se montre en beaucoup d'endroits et en particulier à Tripolitza. Sur certains points le terrain crétacé est constitué par des micaschistes, des schistes argileux et des calcaires cristallins.

Le terrain tertiaire est répandu sur la surface du sol de la Grèce ; il renferme des lignites qui sont exploités ; il est tantôt de formation marine, tantôt de formation lacustre. Les formations tertiaires de l'Attique sont d'âges divers ; la plus ancienne de ces formations est celle des calcaires de Trakones (miocène), la plus récente est celle de Raphina (pliocène). Le célèbre gisement fossilifère de Pikermi est placé dans le miocène supérieur par M. Albert Gaudry.

Des roches sédimentaires métamorphiques, sans fossiles, schistes cristallins, calcaires saccharoïdes forment la base des terrains fossilifères ; la plupart des Cyclades, l'Eubée, une grande partie de la Grèce continentale sont constituées par ces roches qui s'élèvent à une altitude de 2,000 mètres.

Les schistes alternent avec les calcaires en concordance ; les micaschistes dominant et passent à des schistes argileux, serpentineux, amphiboliques, à des gneiss ; ces schistes cristallins renferment des minéraux cristallisés (disthène, grenats rouges, feldspaths) et passent à des phyllades ou phyllites : ce sont ces phyllites qui renferment les gîtes importants de plomb argentifère, de cuivre, de fer, d'émeri, de magnésite, de beaux marbres saccharoïdes blancs et mouchetés. Parmi les roches éruptives nous remarquerons le granit, le porphyre, la serpentine ; les roches volcaniques les plus répandues sont les trachytes, les laves, les ponces, etc.

La carte géologique du département de l'Hérault, au $\frac{1}{80,000}$, exécutée par M. Paul de Rouville, publiée par le conseil général de l'Hérault qui figure à la classe 16 est une œuvre résultant d'un nombre considérable d'années de recherches. Déjà, dès 1875, le professeur de géologie de la faculté des sciences de Montpellier avait publié une *esquisse* d'une carte géologique de l'Hérault au $\frac{1}{360,000}$ à seize teintes conventionnelles indiquant et distinguant les terrains suivants : 1° alluvions et dunes ; 2° cailloutis ; 3° sables marins ; 4° calcaires, moëllons et marnes bleues ; 5° calcaire lacustre ; 6° nummulitiques ; 7° garumnien ; 8° néocomien ; 9° jurassique ; 10° trias ; 11° permien ; 12° houiller ;

13° schistes et calcaires paléozoïques ; 14° granite et gneiss ; 15° basalte ou tuf basaltique.

Soit que l'échelle ne permit pas de pousser la division des étages d'une manière plus en harmonie avec l'état de la science et de la réalité, soit qu'à cette époque l'auteur n'ait pas encore terminé ses recherches, toujours est-il que cette première ébauche laissait beaucoup désirer et ne résolvait aucun des problèmes que présente la stratigraphie de l'Hérault.

Dans la carte géologique du département de l'Hérault au $\frac{1}{80.000}$ M. de Rouville a établi un plus grand nombre de subdivisions dans les terrains et délimité rigoureusement les étages. Au moyen de 42 teintes ou nuances et de monogrammes il a parfaitement distingué les formations marines et lacustres de la région et les a séparées en groupes et étages. En ce qui concerne les terrains tertiaires et secondaires, les délimitations et les subdivisions ne laissent rien à désirer ; mais les terrains primaires ou paléozoïques y sont encore un peu confus et les horizons des faunes sont loin de présenter la netteté que l'on remarque dans les travaux de Barrande.

A part ces critiques, la carte géologique de l'Hérault est un travail consciencieusement exécuté et poursuivi avec opiniâtreté durant plusieurs années ; il mérite tous les éloges.

L'énumération de la légende de la carte de M. de Rouville nous montrera en quelques mots la constitution géologique du département de l'Hérault : voici cette succession de haut en bas : 1° alluvions ; 2° dunes ; 3° tuf ou travertin ; 4° dépôts caillouteux des plateaux ; 5° dépôts fluvio-volcaniques : horizon de l'*Elephas meridionalis* ; 6° dépôts détritiques agglutinés rongeatres ; 7° dépôts fluvio-marins, molasse à dragées ; 8° sables marins supérieurs de Montpellier ; 9° calcaire, moëllons, marnes jaunes et bleues : horizon de l'*Ostrea crassissima*, du *Corcharodon*, *Megalodon* ; 10° couches lacustres intercalées : horizon du *dinothierium* de Montauliers ; 11° calcaire supérieur aux poudingues, formation lacustre ; 12° calcaires et marnes moyennes et inférieures : horizon du *Paleotherium* de Saint-Gely ; 13° grès et poudingues généralement siliceux : horizon du *Lophiodon* de Cesseras ; 14° terrains nummulitiques ; 15° calcaire et garumnien ; 16° formation lacustre sous-nummulitique : garumnien calcaire de Rognac ; 17° calcaire et grès de Villeneuve : grès de Saint-Chinian ; 18° néocomien ; 19° horizon coralligère à *terebratula Repellini* ; 19° oxfordien : calcaire et dolomies : horizon de *A. Poly plocus* ; 20° dolomie oxfordienne : montagne de Cette ; 21° oolithe inférieure : calcaire à fucoides ; 22° marnes supraliasiques, lias moyen, lias inférieur — infra-lias ; 23° Keuper-muschelkalk ; 24° grès du Keuper ; 25° grès bigarré ; 26° conglomérat siliceux rouge, permien ; 27° marnes schisteuses rouges monochromes ; 28° schistes ardoisiers de Lodève et conglomérat : horizon du *walchia Schlotheimi*, *hypnoïdes* ; 29° terrain houiller ; 30° calcaire carbonifère à *productus* ; 31° bancs à goniotites ; 32° cal-

caires paléozoïques : bancs à polypiers ; 33° quartz à encrines ; 34° dévonien ; 35° silurien ; 36° schistes à *cardita interrupta* (silurien supérieur) ; 37° schistes paléozoïques ; carbonifère, dévonien, silurien, représentés par une teinte de vert ; 38° micaschistes et pegmatites (rose) ; 39° gneiss, granite (rose) ; 40° porphyres et roches volcaniques (vermillon).

Tout en distinguant les divers étages tertiaires de l'Hérault avec précision, M. de Rouville semble éviter le parallélisme avec les divisions classiques des bassins tertiaires les mieux connus ; en outre dans les terrains paléozoïques si développés dans le département de l'Hérault il n'aborde pas nettement les divisions en faunes admises par les géologues qui ont étudié la Bohême, l'Angleterre, la Scandinavie, etc.

La carte géologique du bassin houiller du Gard au $\frac{1}{20\,000}$ par M. Grand'Eury est une œuvre de considération, elle est le résultat d'études patientes faites sur la flore et la stratigraphie de ce bassin ; les sondages sont constamment venus confirmer les aperçus profonds du paléophytologue de Saint-Etienne. Des coupes nombreuses montrent les dispositions des couches dans le bassin du Gard et les accidents qui troublent la régularité de la stratification. La légende de la carte géologique du Gard, bassin houiller du Gard indique les divisions que M. Grand'Eury y a établies et qui entrent dans sa constitution ; les voici :

1° Terrain éruptif ; 2° terrain primitif : granite porphyroïde et schiste talqueux qui supporte la série suivante :

Le terrain houiller, se divise en 7 étages qui sont de bas en haut ; 3° dépôts bréchiformes et vigneux de la base, 4° couches inférieures de Feljas ; 5, horizon de la couche sans nom, commencement de l'étage inférieur ; 6° couches de Bessèges ; 7° couches supérieures ; 8° étage médiocévennique de la Grand-Combe ; 9° étage supérieur de Champelauson ; le terrain secondaire comprend : 10° terrain triasique, Keuper ; 11° terrain liasique ; 12° terrain jurassique (oxfordien) ; 13° terrain crétacé (néocomien) ; 14° terrain tertiaire (Éocène supérieur ?).

CARTES TOPOGRAPHIQUES

Comme les cartes topographiques et orographiques sont les bases sur lesquelles reposent les recherches des géologues et le canevas des cartes géologiques, nous devons citer les plus remarquables de ces cartes topographiques exposées.

L'exposition renferme une belle collection de cartes topographiques et de reliefs disséminés dans les classes 16, 41, 48, 61, 66 etc., exposées par les éditeurs, les compagnies diverses, les ministères de la Guerre, de l'Agriculture, des Travaux publics, etc.

Parmi l'exposition rétrospective du ministère de la Guerre, on remarque la *carte générale des monts Pyrénées* au $\frac{1}{43.000}$ par Roussel (1730) en 8 feuilles gravées sur cuivre ; le figuré du terrain est exprimé suivant l'ancienne méthode de la perspective cavalière, la *carte géométrique du Haut Dauphiné* par Villaret (1749 à 1754) au $\frac{1}{6.000}$ en 9 feuilles gravées sur cuivre, les accidents du sol y sont aussi représentés en perspective cavalière ; cette belle carte a été levée sous la direction du général de Bourcet ; *carte géométrique de la délimitation de la France, de la Savoie et du Piémont*, par les mêmes auteurs, au 28.000^e (1760) en 14 feuilles : gravure sur cuivre ; la méthode de la perspective cavalière y est perfectionnée ; *carte du Tyrol* au $\frac{1}{140.300}$ publiée en l'an IX au dépôt de la guerre, 9 feuilles ; la *carte géométrique de la France dite de Cassini* levée par ordre du gouvernement sous la direction de Cassini de Thury, Camus et Montéguy 1744, au $\frac{1}{86.400}$ en 184 feuilles gravées sur cuivre.

Cette belle carte commencée en 1733 n'a été entièrement livrée au public qu'en 1815 ; le figuré du terrain est exprimé par de longues hachures dirigées du sommet des crêtes jusqu'au fond des vallées suivant les lignes de plus grande pente : ce sont les frères Masse qui dans leur carte du Poitou, Aunis et Saintonge inaugurèrent cette méthode de représentation. La carte de Cassini est la première des cartes topographiques de l'Europe dont les levées de détail aient été basées sur la mesure d'un arc de méridien terrestre et sur des opérations géodésiques ; mais elle ne contient ni cotes d'altitude, ni courbes de niveau, ni tracés de méridiens ni de parallèles ; la *carte de la France* au $\frac{1}{345.000}$ dressée par Louis Capitaine en 24 feuilles ; c'est une réduction au quart de celle de Cassini ; elle a été publiée en 1822 ; la planimétrie est la reproduction de celle de Cassini, mais les massifs montagneux y sont éclairés d'après le système de la lumière oblique, elle est aussi sans cotes d'altitude.

En tout 46 cartes représentent au ministère de la Guerre la cartographie militaire ancienne.

L'exposition au ministère de la Guerre des cartes modernes est remarquable, principalement ;

La *carte de la France* au 80.000^e, en 273 feuilles, dite carte de l'Etat-Major, gravée sur cuivre. L'exécution de la nouvelle carte de la France a été prescrite par ordonnance royale du 6 août 1817 ; les opérations géodésiques et topographiques commencèrent simultanément le 1^{er} avril 1818 ; la géodésie de premier et deuxième ordre était terminée en 1854, la triangulation de troisième ordre en 1863. les levées topographiques en 1866, la gravure en 1882 ; les dimensions de cette carte sont 13^m,20 de largeur sur 12^m,80 de hauteur, soit 163 mètres carrés, 68^{de} elle représente plus de 5.000 années de travail fournies par 800 officiers ou artistes, géodésiens, typographes, dessinateurs, graveurs ; elle a été gravée par plus de 65 artistes différents.

La *carte de la France* au $\frac{1}{230,000}$ en 33 feuilles, est la réduction au quart de l'Etat-Major ; elle a été gravée sur cuivre et publiée de 1852 à 1883.

La *carte chorographique de la France* au $\frac{1}{600,000}$ en six feuilles, comprend la France ainsi qu'une partie des territoires limitrophes ; les montagnes y sont représentées par des hachures et éclairées par la lumière verticale, et dans certains cas par un léger effet de lumière oblique.

La *carte chorographique de la France* au 200.000^e, avec courbes de niveau et estompe, gravée sur zinc en six couleurs, est une réduction de la carte au 80.000^e ; elle comprendra 82 feuilles aux dimensions de 0^m,64 sur 0^m,40 ; chaque feuille correspond exactement à quatre feuilles de la carte au $\frac{1}{80,000}$. La montagne y est figurée comme dans la carte au 50.000^e ; mais selon les cas on a admis le principe de l'éclairage par la lumière oblique ; l'équidistance des courbes horizontales est de 20 mètres.

La *carte topographique* à l'échelle du 50.000^e, avec courbes de niveau et équidistances relevées d'estompe est la reproduction des minutes, des levés exécutés sur le terrain à l'échelle du 40.000^e par les officiers d'Etat-Major.

Cette carte est gravée sur zinc en six couleurs, le *rouge* est affecté aux habitations et aux voies de communications carrossables, le *noir* aux limites administratives et aux chemins non carrossables et le *bleu*, aux eaux, le *vert* au bois ; le *bistre éteint* aux courbes de niveau, le *gris-bleuté* à l'estompe.

L'équidistance des courbes horizontales régulières qui expriment les formes des terrains est de 10 mètres. Le figuré du terrain par des courbes horizontales équidistantes ne masque plus, comme le font les hachures, surtout dans la haute montagne, les détails de la planimétrie. Mais l'usage exclusif des courbes de niveau présente l'inconvénient d'écraser le relief et d'uniformiser les divers accidents du sol. Pour remédier à cet inconvénient, le service géographique a cherché à obtenir le modelé du terrain par un estompage méthodique fondé sur l'hypothèse de la lumière verticale. Cet estompage est exécuté au moyen du crayon lithographique.

La *carte de France* au 500.000^e en 15 feuilles a été commencée en 1871 au dépôt des fortifications et se termine au service géographique de l'armée ; elle s'étend d'Ouessant à Francfort-sur-le-Mein et de la Haye à l'embouchure de l'Ebre. La polychromie employée a permis d'établir trois types : n° 1 carte complète à quatre couleurs sans courbes de niveau ; n° 2 carte routière sans hachures, mais avec courbes de niveau de 100 en 100 mètres ; n° 3 carte orographique qui ne donne que le figuré du terrain en hachures avec les eaux et les bois. Le figuré du terrain dessiné, soit en lumière oblique pour les régions montagneuses, soit en lumière zénithale pour les pays des plateaux, a été en partie gravé en hachures et en partie héliogravé.

La *carte topographique de l'Algérie* au 50.000^e, gravée sur zinc en couleurs ; elle est exécutée d'après les principes adoptés pour la carte de France à

la même échelle ; la *carte de l'Algérie* au 80.000^e en quatre feuilles est gravée sur pierre en trois couleurs.

57 cartes modernes et plans sont exposés au pavillon du Ministère de la Guerre.

Dans l'exposition des colonies, on trouve quelques cartes topographiques de nos possessions et des pays de protectorat ; nous avons remarqué une carte topographique de la Nouvelle Calédonie au $\frac{1}{300,000}$ par M. Destelle.

Au pavillon du Ministère des Travaux Publics, outre les cartes géologiques et minéralogiques, exposées par le service des Mines et de la carte géologique, ont figuré plusieurs cartes topographiques.

La *carte de France* au 200.000^e, publiée par le Ministère des Travaux Publics, a été établie d'après la carte de l'Etat-Major au $\frac{1}{80,000}$; elle se compose de 141 feuilles de 0^m,43 sur 0^m,30, gravées en taille-douce et à trois couleurs, noir, bleu, bistre ; le *noir* indique les chemins de fer, les routes, chemins, limites, le *bleu*, les eaux, canaux, lacs, usines hydrauliques, débits des cours d'eau, hauteurs des pluies ; le *bistre* est réservé aux données topographiques, cotes d'altitude, lignes de faite, courbes de niveau.

Les phares avec leur portée, les sources d'eau minérales, les bois, les usines métallurgiques, les exploitations minières et houillères y sont indiquées par des signes conventionnels. Le relief du sol est indiqué par les lignes de faite, par des cotes d'altitude et par des courbes de niveau espacées de 100 en 100 mètres ; celles de 500, 1000, 1500 mètres, et ainsi de suite de 500 en 500 mètres, sont distinguées par un trait pointillé. Cette carte a été créée en 1879 par M. Cheysen, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, directeur des cartes et plans.

La *carte des routes nationales* représente le réseau des routes nationales de la France ; la Direction des chemins de fer a exposé les trois cartes suivantes : 1^o *carte des chemins de fer français d'intérêt général* à $\frac{1}{1250000}$ en chromolithographie à 9 couleurs ; elle donne l'indication sur les lignes en exploitation, en construction ou classées ; le réseau de chacune des six grandes compagnies, le réseau de l'Etat, les chemins de fer d'intérêt local, les chemins de fer à voie étroite.

2^o *carte des chemins de fer d'intérêt local* à $\frac{1}{1250000}$.

3^o La *carte des chemins de fer de l'Algérie* à $\frac{1}{1250000}$ où les compagnies concessionnaires sont distinguées par des couleurs différentes ; une couleur a été réservée aux chemins de fer industriels. A la classe 61, pavillon des chemins de fer, l'éditeur *Rothschild* a exposé la belle carte des Alpes par M. Civiale à l'échelle de $\frac{1}{600,000}$. A la classe 16, Palais des Arts libéraux, de nombreuses cartes topographiques attirèrent les regards des visiteurs. L'Administration des Forêts (Ministère de l'Agriculture) a exposé au Pavillon qui lui est réservé au Trocadéro quelques cartes spéciales :

1° *La carte des Alpes françaises au $\frac{1}{200,000}$* , indiquant l'état boisé du sol et les terrains à restaurer en vue de l'extinction des torrents dressée par les agents forestiers sous la direction de M. Demoutzey, par M. Lafosse : elle embrasse les régions des départements situés entre la rive gauche du Rhône, la Méditerranée et la frontière d'Italie : Haute-Savoie, Savoie, Isère, Drôme, Haute-Alpes, Vaucluse, Basses-Alpes, Bouches-du-Rhône, Var, Alpes-Maritimes présentant une superficie de 5,580,587 hectares, dont 1,332,507 hectares sont boisées ou les 23,87 %.

2° *La carte agricole, forestière et torrentielle des bassins de l'Ubaye (Basses-Alpes) et de la Durance d'Embrun (Hautes-Alpes) au 40,000* dressée par M. Sardi. Ces cartes sont fort intéressantes au point de vue géologique, car c'est dans les profondes vallées de ces régions abruptes que l'on peut suivre les affleurements des roches alpines. En suivant la vallée de l'Ubaye très resserrée entre les hautes montagnes, on trouve les calcaires métamorphiques, les serpentines, les calcaires compactes, le flysh, le tout recouvert par des dépôts glaciaires. La vallée s'élargit brusquement à une distance d'environ 40 kilomètres de son origine, on rencontre de puissants dépôts de marnes noires qui s'élèvent jusqu'à 2400 mètres d'altitude et sont dominés par les Schistes de flysh. Les roches des crêtes se dégradent sous l'influence des causes atmosphériques; leurs débris descendent par de nombreux ravins pour se réunir dans le torrent principal et forment ces immenses dépôts de transport connus sous le nom de *cônes de déjection*. Au moyen de couleurs conventionnelles l'auteur distingue les calcaires et grès schisteux (rouge), calcaires compactes (vert), marne noires (violet), quartzites, (rose), schistes, métamorphiques (jaune), serpentines (bleu), gypses et carnegueules (bleu-bis).

3° *Le Gévaudan et le Vivarais*, carte géologique par M. Fabre fait partie de la carte détaillée de la France et correspond à la feuille n° 197 de la carte de l'État-Major; vingt couleurs sont affectées à la représentation des roches cristallisées ou volcaniques, vingt-cinq autres couleurs représentent les terrains sédimentaires; dix-neuf signes conventionnels indiquent les principaux gisements de matières utiles aux arts, à la métallurgie ou à l'agriculture.

4° *La carte forestière, géologique du département des Pyrénées-Orientales* (minute) par M. Bouer contient à grands traits les divisions géologiques de la région; les parties boisées sont désignées par un pointillé vert; les divisions géologiques ont été déterminées par un liséré rouge et la nature de chaque terrain a été désignée par une lettre spéciale. La carte indique les principaux canaux d'irrigation et les eaux minérales. Elle divise les terrains du département en quaternaires, tertiaires, secondaires, primaires primitifs, roches éruptives ou ignées dont les subdivisions en étages sont désignés par des monogrammes ou lettres. — Cette carte n'est qu'une esquisse grossièrement ébauchée de la géologie de la région pyrénéenne.

CARTES ET PLANS EN RELIEF

L'Exposition, en diverses sections et classes, contient un nombre important de cartes et plans en relief, dont quelques uns sont remarquables par l'exactitude de l'exécution; nous décrirons ceux qui ont le plus d'intérêt ou de rapports avec les données géologiques; en première ligne nous plaçons le globe au millionième de MM. Villard et Cottard. Enumérons les cartes et plans en relief :

1° *Carte en relief de la République Argentine*, au $\frac{1}{500.000}$, par le docteur Brackebusch, professeur à l'Université de Cordoba —, indiquant au moyen de teintes différentes, les limites des provinces, les neiges perpétuelles, les terrains montagneux, les terrains incultes, les forêts, les bois, les pampas ou pâturages sans bois, les colonies, les lacs, salines, fleuves, rivières, chemins, chemins de fer. On a une réduction de cette carte à l'échelle de $\frac{1}{4.000.000}$; d'ailleurs la République Argentine a exposé de nombreuses cartes topographiques à diverses échelles et des cartes spéciales, des plans de la Plata, de Buenos-Ayres;

2° *Carte en relief de la Paz y Yungas (Bolivia)*, par Lorenzo del Solar échelle en lieues de 5.555 mètres;

3° *Plan en relief du Canal de Nicaragua*: échelle horizontale $\frac{1}{30.000}$, échelle verticale $\frac{1}{2.000}$, largeur du canal $\frac{1}{6.000}$;

4° *Plan en relief du chemin de fer du Saint-Gothard*, à l'échelle de 25.000^e par MM. X. Imfeld et Fr. Becker;

5° *Carte-Plan en relief du canton de Soleure* en trois panneaux avec courbes de niveau, à l'échelle de $\frac{1}{25.000}$;

6° *Plan en relief de la Jungfrau par Simon*, au $\frac{1}{40.000}$;

7° *Plan en relief des IV cantons*, au $\frac{1}{25.000}$, par M. X. Imfeld;

8° *Relief du massif du Mont Rose*, au 25.000^e par le même;

9° *L'éboulement d'Elm*, par M. Albert Heim, au $\frac{1}{4.000}$;

10° *Plan en relief de Willach*, au $\frac{1}{18.000}$;

11° *de Clatscher*, au $\frac{1}{18.000}$.

12° *du valcan-insel*, au $\frac{1}{10.000}$.

13° *de Steilknets et Duenen*, au $\frac{1}{3.000}$, exécutés par M. A. Heim. De 3 à 12, les plans appartiennent à la section Suisse. L'éboulement d'Elm qui a eu lieu en 1881, a produit en quelques instants un volume de matière éboulée de 10.000.000 de mètres cubes; la surface de tout l'éboulement est de 886.400 mètres carrés. Ce sont les schistes et marnes noires qui se sont éboulés en ensevelissant 125 hommes et écrasant 83 bâtiments;

14° *Plan en relief du chemin de fer de Saint-Georges de Commiers à la Mure*, au $\frac{1}{40.000}$;

15° *Plan en relief du Mont Perdu* (Pyrénées-Centrales), par M. Schrader au $\frac{1}{10.000}$.

16° *Plan en relief de Paris et de ses environs*, par Sirven, à échelle des longueurs de $\frac{1}{20.000}$, des hauteurs $\frac{1}{5.000}$;

17° *Carte en relief du réseau des chemins de fer de Paris-Lyon-Méditerranée*, par Kleinhans, avec une belle carte topographique du même réseau;

18° *Corse en relief*, par Raguet, au $\frac{1}{211.000}$.

19° carte en relief de la Corse, par le même, au $\frac{1}{160.000}$;

20° *Plan en relief du canal international de Corinthe*, par M. Muret, à l'échelle de $\frac{1}{2.000}$;

21° *Plan en relief des chemins de fer sous-marin entre la France et l'Angleterre*, échelle des longueurs de $\frac{1}{1.000}$, des hauteurs $\frac{1}{200}$;

22° *Carte en relief de l'Attique*, par M. Muret.

23° *Relief du département d'Alger*.

24° *du département d'Oran*, par Muret; l'échelle des bases $\frac{1}{300.000}$, des hauteurs $\frac{1}{33.333}$. Trois plans en relief des trois départements d'Algérie en trois panneaux chacun exposés au Pavillon, par Giorgio et Thiebaux: échelle des surfaces $\frac{1}{400.000}$, des hauteurs $\frac{1}{80.000}$;

25° *Plan en relief de la station mégalithique des rives de l'Epte à Feos-Lure*, échelle des longueurs $\frac{1}{12.000}$, des hauteurs $\frac{1}{1.500}$;

26° *Plan en relief de la Nouvelle Calédonie*, au $\frac{1}{200.000}$;

Nous plaçons ici également quelques cartes avec teintes et ombres qui simulent les reliefs.

27° *Carte en relief de la chaîne des Pyrénées*, au $\frac{1}{150.000}$, par Schrader; au Ministère de l'instruction publique figure aussi une carte topographique et orographique de la chaîne des Pyrénées, résultat de la mission de M. Schrader;

28° *Massif en relief du Mont-Blanc*, par Bardin à l'échelle de $\frac{1}{40.000}$; et relief des Alpes exposé au Pavillon de la ville de Paris, par l'École Normale;

29° *Massif en relief du S. O. de la vallée d'Ossau*, par Bayssellance;

30° *Plan en relief de la partie orientale du département de l'Isère*, par Lebois; à ce plan est joint une collection de roches et minéraux des Alpes françaises exposés par le club alpin.

31° *Carte en relief de l'Amérique du Sud*, par Hensen (cartes à teintes et ombres);

32° *Carte de France en relief par Richardin*;

33° *Les causses lozériens et les gorges de Tarn*, plan en relief au $\frac{1}{80.000}$;

34° *Les causses Aigonal et les causses noirs* à la même échelle;

35° *Massif central méridional de la France*, par Coste;

36° *Carte géologique du Cantal*, par Rames au $\frac{1}{250.000}$.

37° *Carte en relief du département du Cantal*, par Bouygues;

38° *Carte en relief de l'Aube*, au $\frac{1}{80.000}$, par Billot;

- 39° *Relief du projet du canal de l'Océan à la Méditerranée*, au $\frac{1}{80.000}$;
 40° *Carte en relief du massif de l'Oisans*, au $\frac{1}{80.000}$, par M. Doby ;
 41° *Plan en relief du lac d'Annecy*, au $\frac{1}{40.000}$, par M. Juennet ;
 42° *Relief du Jura Neuchâtelois*, au $\frac{1}{50.000}$, par M. Borel ; beau travail qui donne une idée exacte de l'orographie du Jura ;
 43° *Plan en relief du pays situé entre le Don et le Volga*, au $\frac{1}{240.000}$, par Léon Ledru.
 44° *Carte en relief de la France* par Drevet, éditée par Belin au $\frac{1}{500.000}$; belle carte pour l'enseignement et où l'orographie, du pays est nettement dessinée.
 45° *Carte en relief du Caucase* avec un profil de la grande chaîne du Caucase, côté Est. Echelle des distances horizontales, 20 vertes, verticales 2 vertes.

Les plans en relief des terrains houillers seront étudiés dans un autre chapitre de notre travail ;

46° *Plan en relief de Island of Maui*, échelle des distances horizontales $\frac{1}{60.000}$, verticales, $\frac{1}{20.000}$. Deux cônes volcaniques, accompagné d'une carte topographique exécutée par le service du gouvernement Hawaïen de Mani of Islands au $\frac{1}{60.000}$, par M. V.-D. Alexander, chef du service topographique.

A l'exposition du Ministère des Travaux publics et de l'Instruction publique se trouvent quelques autres plans en relief. Aux Pavillon des Forêts, nous trouvons aussi quelques plans en relief fort intéressants pour le sujet qui nous occupe.

1° *Plan en relief de la section intérieure du torrent de Vachères* (Hautes-Alpes) ; 2° *Torrent de la Grollaz* (Savoie) ; 3° *de Saint-Antoine* (Savoie) ; 4° *Torrent de Laou-d'Esbas* (Haute-Garonne) ; 5° *de Rieulet* (Hautes-Pyrénées) ;

Les deux reliefs du torrent de la Grollaz font ressortir les remarquables résultats obtenus par les travaux de correction exécutés de 1880 à 1884 dans la Grollaz. Ce torrent était une menace permanente pour la route internationale et le chemin de fer du Mont-Cenis. — Les travaux exécutés ont préservé le chemin de fer qui n'aura pas à passer sur la rive gauche de l'Arc comme on le croyait.

Le torrent de Saint-Antoine est une menace continuelle non seulement pour Modane qu'il a inondé plusieurs fois, mais aussi pour la section du chemin de fer qui de Modane gagne le grand tunnel du Mont-Cenis.

Examinons maintenant plus en détail quelques uns de ces reliefs, en particulier ceux qui présentent quelque intérêt géologique.

Le globe terrestre au millionième à une circonférence de 40 mètres ; à sa surface chaque millimètre représente un kilomètre ; son diamètre est de 12^m,732 son aplatissement est de 22 millimètres on tout à fait insensible. — Cette œuvre géographique de MM. Villard et Cotard a présenté, dans sa conception et son

exécution de grandes difficultés, qui ont d'ailleurs été intelligemment surmontées par les auteurs. Le globe est formé d'une ossature en fer comprenant une série de méridiens réunis à un rayon central, qui est porté lui-même par un pivot, reposant sur un pilier en fer. Les méridiens sont munis d'une garniture en bois sur laquelle ont été fixés les panneaux composant la surface du globe. — Les panneaux en carton ont la forme sphérique voulue et sont enduits d'un plâtre spécialement durci. — La surface totale est divisée en quarante fuseaux de neuf degrés ou de dix grades, chacun est exactement de un mètre à l'équateur; il y a près de six cents panneaux ou exactement 584, ayant des dimensions diverses. — Le globe est suspendu sur un pivot et peut être mis en mouvement au moyen d'un engrenage placé à la partie inférieure.

Un globe de cette dimension mérite l'attention du géologue et du géographe, car à cette échelle les détails géographiques peuvent être indiqués; cependant les montagnes n'ont pu être représentées en relief, car les plus élevées, n'auraient été que de quelques millimètres.

La profondeur des mers a été indiquée au moyen de teintes plus ou moins foncées; la teinte la plus claire qui borde les continents et les îles indique les profondeurs jusqu'à 2,000 mètres, la teinte un peu plus foncée, les profondeurs de 2,000 à 4,000 mètres; la troisième teinte, celles de 4,000 à 6,000 mètres; la quatrième teinte; celles de 6,000 à 8,000 mètres; la cinquième, la plus foncée indique les profondeurs dépassant 8,000 mètres.

Les gisements miniers sont figurés sur le globe de MM. Villard et Ch. Cotard; la houille par des points noirs, le cuivre par des points bleus, le fer par des points rouges, l'argent par des points en métal blanc, l'or par des points dorés, le diamant par des points d'acier, le pétrole par des points blancs. Les fleuves sont tracés en bleu, les volcans sont indiqués par des points rouges; les montagnes ont été figurées par la peinture et non en relief; enfin aux deux pôles les glaces flottantes sont représentées, dans leur étendue moyenne, par un moutonné blanc. La surface des continents et des terres émergées est d'environ 136 millions de kilomètres carrés et mesure une superficie de 136 mètres carrés sur le globe dont la superficie totale est de 510 mètres carrés. Si on imagine que ce globe au millionième, soit animé d'un mouvement de rotation égal au mouvement diurne de la terre, un point de sa surface, situé à son équateur marchera à une vitesse de un demi millimètre par seconde, vitesse à peine visible correspondant au demi kilomètre par seconde que parcourt réellement, un point de la terre à l'équateur. Nous espérons que cette œuvre importante de MM. T. Villard et Ch. Cotard, survivra à l'Exposition et qu'elle sera destinée à un établissement d'enseignement.

Plan en relief du chemin de fer du Saint-Gothard. — Le plan en relief du chemin de fer du Saint-Gothard à l'échelle de $\frac{1}{25,000}$ a été exécuté par les ingénieurs MM. X. Imfeld et F. Becker de Zurich, d'après les levés topographiques fédéraux (Exposition de la section Suisse). La plan montre la grandeur

du paysage traversé par le chemin de fer et les difficultés que l'entreprise a dû vaincre pour percer un tunnel de 14984 mètres à une altitude de plus de onze cents mètres, à travers des roches anciennes et cristallines très dures.

Le chemin de fer du Saint-Gothard a sa tête de ligne à Lucerne à l'extrémité du lac des Quatre-Cantons; delà, la ligne, se dirige vers le lac de Zoug dont elle longe les rives jusqu'à Arth-Goldan dont la gare est bâtie sur l'emplacement de la catastrophe de Rossberg, dont l'éboulement ensevelit en 1806 un village et ses 600 habitants. A Brunnen le chemin de fer rejoint le lac des Quatre-Cantons qu'il côtoie jusqu'à Fluelen. A partir delà, le chemin de fer s'engage dans la vallée de la Reuss qu'il remonte vers Amsteg (Pont du Kerstelenbach), arrivé à Wasen, à Göschenen, dernière station du côté Nord. — C'est à cette dernière localité que commence le grand tunnel du Gothard qui a 14984 mètres de longueur et dont le percement a exigé neuf années de travaux. Le tunnel débouche sur le versant sud dans la gare d'Airolo à une altitude de 1145 mètres au-dessus du niveau de la mer. — A partir de ce point la ligne descend la vallée de la Léventine et aboutit à Biosca, Bellinzona, Lugano, etc. Au Sud le chemin de fer du Saint-Gothard après avoir traversé les Alpes, se termine d'une part à Chiasso, près de Come, d'autre part à Luino sur le lac Majeur avec une bifurcation sur Locarno.

Le mont Saint-Gothard a son point culminant à 3265 mètres d'altitude ; ce grand massif alpin est enclavé entre les cantons du Tessin, des Grisons, du Valais et d'Uri; il renferme dix-sept vallées, huit glaciers et une trentaine de petits lacs ; il est couvert de neiges éternelles. La Reuss, le Tessin, le Rhin et le Rhône y prennent leurs sources. — Un passage ou col a une altitude de 2322 mètres, était avant l'ouverture du chemin de fer, la principale voie de communication entre la Suisse et l'Italie; il conduit de L'Hospital sur la Reuss, à Airolo sur le Tessin. — L'entrée Nord du tunnel du Saint-Gothard est à une altitude 1109 mètres, l'entrée Sud, à 1144 mètres ; le point culminant se trouve à 1154 mètres ; le point le plus élevé au-dessus du tunnel est le Kastelhongrat avec le glacier Sainte-Anne, à 2940 mètres ; la couche la plus épaisse du terrain au-dessus du tunnel est donc de 1780 mètres ; la largeur du tunnel est de 8 mètres, la hauteur de 6 mètres ; le chemin de fer est à double voie : la température de la roche est de 21 degrés centigrades, celle de l'air varie de 18 à 23 degrés centigrades.

Le Saint-Gothard formé de gneiss, de granite, de schistes talqueux en stratification en éventail est remarquable par les variétés de beaux minéraux cristallisés que l'on y trouve : grenats, disthène, staurotide, etc. En allant de Lucerne à Lugano, on trouve la molasse redressée, les calcaires à nummulites, la nagelfluh rouge superposés au calcaire secondaire, des éruptions de roches feldspathiques vers les sommets, des dolomies, des gypses, le lias à bélemnites, des porphyres rouges et pyroxéniques, des granites et des porphyres quartzifères.

Plan en relief du Canal de Nicaragua. — La République de Nicaragua a exposé un plan en relief du canal de Nicaragua projeté pour unir l'Atlantique au Pacifique. La partie centrale du pays, du Nord au Sud, est occupée par la Cordillère centrale de l'Isthme, qui dans cet endroit est d'une minime élévation et consiste en une masse confuse de pics et de cônes, généralement d'origine volcaniques, d'une hauteur moyenne d'environ 305 mètres. C'est, entre cette région montagneuse et les côtes de la mer des Antilles que s'étend une plaine basse, unie, couverte de forêts et parcourue par plusieurs rivières importantes. — A l'ouest de la zone montagneuse se trouve une large vallée, d'une altitude de 38 mètres qui s'étend du golfe de Fonseca vers le S.-E. à la frontière de Costa-Rica. La plus grande partie de cette vallée est occupée par les lacs de Managua et de Nicaragua, ce dernier mesure plus de 160 kilomètres de longueur et de 48 à 96 kilomètres de large; le lac de Managua à 48 kilomètres sur 32 kilomètres de large; ses eaux s'écoulent du N.-O. dans le lac de Nicaragua, par la rivière Tipitapa. Entre ces lacs et le Pacifique, se trouve une langue de terre de 19 à 48 kilomètres de largeur. Près du Pacifique le pays verdoyant devient montagneux et s'élève en chaîne de 150 à 270 mètres d'altitude en longeant la côte.

Enfin le défilé le moins élevé à travers la Cordillère, de l'Océan arctique au détroit de Magellan se trouve ici, dans la vallée du fleuve de San-Juan et dans la langue de terre entre le lac Nicaragua et le Pacifique; ce canal est une concurrence au Panama favorisée par les capitaux américains.

Le plan exposé montre les lacs de Nicaragua et Managua et le canal inter-océanique projeté, à travers la République de Nicaragua et la frontière de Costa-Rica. La rive occidentatale du lac Nicaragua se trouve à 19 kilomètres de la côte du Pacifique dont elle est séparée par une arête de 12^m,80; le niveau du lac est à 33^m,53 au-dessus du niveau de la mer; il s'écoule du côté de l'Atlantique dans la mer des Antilles, par le fleuve San-Juan.

Ces avantages naturels sont utilisés pour le creusement du canal en voie de construction.

La distance totale entre les deux Océans est de 273 kilom. 578 mètres, ainsi divisés: canal en tranchées 45,052 kilomètres, en bassin 33 kilom. 788, libre 194 kilom. 680; total 273,528 kilomètres de l'Océan Atlantique à l'Océan Pacifique.

Plan en relief du Canal international de Corinthe. — Ce relief figure à la section Grecque et à la classe 16 au Palais des Arts libéraux, il est aussi intéressant au point de vue géologique qu'au point de vue commercial. En 1881, le général Türr, obtient la concession du canal de Corinthe et l'inauguration officielle des travaux a été effectuée le 4 mai 1882.

La largeur de l'isthme de Corinthe, dans sa partie la plus resserrée, est de 6 kil. 345; le canal a une largeur au plafond de 22 mètres; il est établi à

8^m,50 au-dessous du niveau des plus basses eaux; les talus sont au dixième, mais en certaines parties ils sont adoucis à cause de la nature du terrain; dans le massif central, généralement l'inclinaison au dixième est suffisante, il y a des talus de 60 mètres de hauteur qui ont cette inclinaison.

Le terrain sur lequel se fait la percée du canal en dehors des alluvions, terres superficielles, sables, dunes est formé de roches calcaires traversées par de très nombreuses fissures ou petites failles, principalement du côté du golfe d'Egine. — Sur les deux versants de l'isthme on rencontre, surtout sur le versant de Corinthe, des couches fossilifères, de conglomérats alternant avec des marnes de couleur variées : rouge, brun, verdâtre, blanche, grise et de la marne sableuse bleue qui occupe la partie inférieure. Ces marnes et ces sables ne peuvent manquer de donner de sérieux embarras aux constructeurs du canal; leur mobilité, leur glissement, leur coulage nécessiterait des travaux difficiles et coûteux sur les talus d'un canal.

Une grande partie du canal, est creusée dans une tranchée de 35 mètres à peine de largeur; le cube total du déblais du percement de l'isthme a été calculée primitivement à 8,000,000 mètres cubes; mais depuis de nouveaux calculs ont porté l'évaluation à 1,950,000 mètres cubes.

Les projets primitifs d'exécution ont dû être modifiés, car les travaux ont fait reconnaître que les terrains ont été bouleversés par les phénomènes les plus complexes de soulèvement et d'affaissement du sol et que les couches supérieures sur 50 mètres de hauteur ont été faillées, brisées et découpées. Aussi l'inclinaison des talus a dû être changée et on ne peut, les construire au $\frac{1}{10}$; ce qui oblige d'élargir la tranchée et à adoucir les talus sur des zones très étendues; cela une augmentation du cube des déblais, de plus les travaux ont rencontré un banc de marne sableuse régnant, sur une longueur de plus de trois kilomètres, sur les parties les plus profondes de la tranchée; cela encore la nécessité de revêtir les parois du canal de béton ou de maçonnerie dont le volume a été évalué à environ 110,000 mètres cubes. Aussi, en face de ces difficultés et de cette augmentation de travail, la Commission d'examen des travaux du canal international de Corinthe a demandé une prolongation du délai qui lui est impartie pour l'achèvement du canal. Un décret royal du 26 avril 1887 a accordé pour l'achèvement des travaux la prolongation jusqu'au 31 décembre 1891.

Plan en relief du chemin de fer sous-marin entre la France et l'Angleterre. L'idée première du tunnel anglo-français est due à un ingénieur français, M. Thomé de Gamond, qui depuis trente ans y a consacré son temps et sa fortune. La Chambre des Communes de l'Angleterre, en date du 19 juillet 1875, a adopté un bill relatif au tunnel sous la Manche. En France, sur le rapport de M. Krantz, les pouvoirs publics ont fourni les voies et moyens d'études et d'exécution des travaux préliminaires. Aux premiers moments on ne s'est occupé que des possibilités théoriques de l'exécution de cet immense ouvrage sous-marin; alors

on a plutôt fait ressortir la grandeur de l'œuvre et l'importance des résultats que les difficultés de l'exécution. Mais il a fallu cependant aborder de front ce que le problème présente de périls et l'entreprise de dangers. Même ceux qui croient à la possibilité de l'entreprise — et nous sommes de ceux-là, — ne peuvent se dissimuler ses inconvénients et même ses périls ; les craintes sont inspirées par des imprévus redoutables, par l'indétermination de quelques données géologiques d'un terrain, qui en certains endroits peut être crevassé ou perméable aux eaux. Malgré la compétence de MM. de Lapparent et Pottier, qui peut affirmer la continuité sans ruptures de la craie sous la Manche et qu'aucun accident du sol ne permettra aux eaux de pénétrer dans le tunnel ? Il est vrai, les études préparatoires ont montré qu'entre Douvres et Calais, dans la Manche, le fond de la mer est constitué par la craie grise, formant une couche continue qui affleure en Angleterre et en France depuis Wissant jusqu'à Calais, sous une épaisseur de plusieurs centaines de mètres, son point culminant sur la rive française étant le cap Blanc-Nez.

Sir John Hawkshaw a eu l'idée d'appliquer à la traversée de la Manche des procédés analogues à ceux employés pour traverser une montagne par voie de percée. En 1865, des sondages nombreux lui permirent de reconnaître dans la Manche une bande continue de craie.

Il adopte aussitôt cette ligne crayeuse comme direction de son projet. En outre, il reconnaît, au moyen de la sonde la composition géologique du sous-sol, sur les bords de la mer, à une profondeur de 166 mètres. Les travaux d'exploration coûtèrent environ 80,000 francs. Dès lors, MM. Hawkshaw, Brassey et Mauby, associés (1868), réclamèrent le concours du Gouvernement français ; mais les négociations n'aboutirent pas et la galerie d'essai de 2 mètres ne fut pas percée. En 1872, la question fut reprise, en France, un comité se forma sous la direction de Michel Chevalier. M. Thomé de Gamond se rallia au système de Hawkshaw qui a eu l'approbation des chambres de commerce, des conseils généraux des ponts-et-chaussées et des mines, de la commission spéciale et de la commission d'enquête.

Dès lors la question du tunnel sous-marin entre dans une nouvelle phase.

En effet, au 1^{er} février 1875, une société d'études (*Association française du chemin de fer sous-marin*, etc.) fut constituée, ayant pour but : 1^o les travaux d'études à élucider la question de la possibilité de la création d'un tunnel sous le détroit du Pas-de-Calais, établissant une communication entre la France et l'Angleterre ; 2^o l'obtention, en France, d'une voie ferrée pénétrant sous la mer dans la direction de l'Angleterre ; 3^o en cas de réussite des travaux d'études et d'expérimentations, la constitution définitive d'une société ayant pour objet l'exécution et l'exploitation commerciale du tunnel sous-marin et des voies ferrées.

L'Association française du chemin de fer sous-marin entre la France et l'Angleterre a exposé au pavillon du ministère des Travaux publics un ensemble de

documents fort importants qui se rattachent directement à la géologie de la région qui baigne les eaux de la Manche; les objets exposés sont : 1° un écriu géologique formé par M. Thomé de Gamond de 1837 à 1868 ; 2° une série de cartes et coupes géologiques et un plan géologique en relief ; 3° des plans et des photographies des chantiers et ateliers de Sangatte et des travaux exécutés par l'Association ; 4° un plan en relief des puits et galeries creusés par l'Association ; 5° un plan en coupe et élévation, des photographies et un modèle réduit de la perforatrice Beaumont ; 6° un plan en relief et un dessin représentant les dispositions théoriques d'exécution du tunnel sous-marin avec les galeries d'écoulement et d'aérage.

Avant même la constitution de l'Association, M. Thomé de Gamond, en France, et M. John Hawkshaw, en Angleterre, avaient entrepris des études sur la possibilité du percement d'un tunnel sous-marin ; les recherches de M. Thomé de Gamond de 1837 à 1868 ont rendue très probable l'hypothèse de la continuité de la craie du Pas-de-Calais sous toute la largeur du détroit.

En 1875, l'Association chargea MM. Pottier, de Lapparent et Larousse de procéder à des études définitives sur le fond du détroit. — Du 10 août au 25 septembre, les explorateurs opérèrent 1,523 sondages, et recueillirent 753 échantillons de roches sous-marines. — En 1876, du 20 juin au 15 septembre, ils donnèrent 6,149 coups de sonde qui amenèrent 2,500 échantillons. — Ces 7,672 sondages, compris dans un quadrilatère de plus de 300 kilomètres carrés, ont permis d'établir avec certitude la nature du fond de la mer. — En même temps on faisait sur la côte française, sur une ligne de 3,500 mètres, 5 sondages, dont le plus profond atteignait 91 mètres et 53 mètres au-dessous du zéro hydrographique.

Dès lors, en reliant tous les résultats obtenus par les différents sondages effectués sur la côte anglaise, on put dresser les plans et profils géologiques et déterminer le tracé probable du tunnel. Les résultats obtenus sont résumés dans les graphiques et reliefs suivants :

1° *Carte de la côte d'Angleterre*, entre Folkestone et Saint-Margaret's, à l'échelle de $\frac{1}{20,000}$.

2° *Carte de la côte de France*, entre Sangatte et Wissant, à l'échelle de $\frac{1}{30,000}$;

3° *Carte du Pas-de-Calais*, à l'échelle de $\frac{1}{50,000}$, dues à MM. de Lapparent, Pottier et Larousse.

Ces cartes donnent l'emplacement des 7,672 sondages avec l'indication de ceux qui ont ramené des échantillons bien caractérisés, les lignes d'affleurement, des divers étages de la craie sur le fond du détroit, les lignes de niveau sur la surface supérieure du Gault, à 50, 100 et 150 mètres au-dessous du plan de comparaison, enfin les lignes de niveau sur le fond de la mer.

La comparaison du forage de Sangatte et de la coupe de la falaise de Blanc-Nez, à l'échelle de $\frac{1}{400}$, donne jusqu'à 110 mètres au-dessous du niveau de la mer, l'indication des assises géologiques au forage du Sangatte et à la falaise du Blanc-Nez, leurs points d'affleurements, les principaux fossiles, et enfin, par mètre courant et par minute la quantité d'eau fournie par divers étages aquifères.

Des travaux d'exécution ont été commencés en 1878; ils comprennent :

1° Un puits à petite section de 86 mètres de profondeur au-dessous du sol et 55^m,20 au-dessous du niveau des plus basses mers : c'est un puits d'aérage et d'épuisement ;

2° Un puits à grande section (5^m,40 de diamètre), situé à 30 mètres du premier, de 87^m,50 de profondeur ;

3° Un puits de 2 mètres de diamètre et de 25^m,80 de profondeur, destiné à fournir l'eau d'alimentation des chaudières et l'eau de condensation des machines à vapeur ;

4° Deux galeries d'essai partant du second puits et se dirigeant vers la mer la première à 42^m,20 de profondeur, la seconde à 55^m,20 au-dessous du niveau des plus basses marées.

Un plan en relief donne l'ensemble des galeries et puits creusés par l'Association française, avec une section verticale suivant l'axe de la galerie ; l'échelle des longueurs est de $\frac{1}{1.000}$, celle des hauteurs, $\frac{1}{200}$.

Un dessin exposé donne le tracé horizontal et la coupe verticale de la galerie d'études avec la machine perforatrice du Colonel Beaumont. Cette galerie a été creusée dans la craie de Rouen, et s'est arrêtée à une distance de 1,839^m,63 du fond du puits, et à 870 mètres des falaises, sous la mer, par des profondeurs de 8 mètres d'eau au-dessous des basses marées.

Les sondages sur les côtes et en mer ont démontré que les couches, dans le détroit du Pas-de-Calais, ont une allure uniforme qui se reproduit identiquement sur chacune des deux rives et sur la mer. Ces couches s'abaissent vers le N.-E. avec une inclinaison à peu-près régulière, à $\frac{1}{100}$. Entre la craie blanche supérieure et l'argile grise du Gault, s'étend d'une rive à l'autre une puissante couche de craie grise d'une épaisseur moyenne de 50 mètres environ. — Cette couche, à 90 mètres de profondeur environ au-dessous des plus basses mers, se développe régulièrement d'un rivage à l'autre ; elle est très homogène et à peu près imperméable à l'eau. On craignait que cette assise de craie grise n'eût été soumise, dans le voisinage de la côte française, au-dessous du bombement de Quénos, à des accidents, en modifiant gravement sa position normale. La galerie d'essai, partant du puits de Sangatte, a démontré qu'il n'existait, dans cette région, rien qui peut empêcher d'établir dans la craie grise un tracé convenable pour le tunnel sous-marin (*Notices sur les modèles*), etc. — Le tunnel pourrait donc contourner le bombement de Quénos sans y rencontrer ni dislocations, ni failles, ou accidents géologiques de nature à en gêner l'exécution.

La démonstration de la possibilité de la construction d'un tunnel sous-marin, entre la côte anglaise et la côte française, du Pas-de-Calais, est aujourd'hui complètement faite. — En 1883, le gouvernement anglais donna l'ordre d'arrêter le percement de la galerie commencée sur la côte anglaise; l'Association française se vit dès lors obligée de suspendre les travaux commencés, après avoir dépensé plus de deux millions en frais d'études et d'expériences. Et la question du chemin de fer international entre la France et l'Angleterre reste en suspens et irrésolue momentanément.

Plan en relief du massif de l'Oisans. — Parmi les plans en relief de montagnes qui ont figuré à l'Exposition, celui du massif de l'Oisans, par M. Doby, à l'échelle de $\frac{1}{80.000}$, est l'un des plus intéressants. — On sait que l'on donne le nom d'Oisans à l'ensemble des versants dont les eaux se rendent dans la Romanche, au-dessus de Vizille. M. Élie de Beaumont, dans son remarquable mémoire pour servir à l'histoire des montagnes de l'Oisans, étend ce nom aux versants opposés des mêmes montagnes; dès lors, il applique le mot d'Oisans à plusieurs massifs montagneux, assez distincts, tant par leur disposition physique que par leur composition minéralogique.

Le premier de ces massifs est l'extrémité sud-ouest de la rangée des cîmes primitives qui s'étend depuis la montagne de Taillefer à l'ouest du bourg d'Oisans et jusqu'aux cîmes plus basses qui dominent le Valbonnais en les Entraignes.

Le second massif, ramification du premier, se dirige du col secondaire de Glandon vers les cîmes élevées des Grandes-Rousses, à l'ouest du bourg d'Oisans et d'Huez, et se termine sur le bord de la Romanche, au-dessus du Mont-de-Lans.

Le troisième massif se détache en avant des deux premiers, et sépare le bassin de la Romanche de celui de la Durance et des sources du Drac. Sa cîme la plus élevée, la pointe des Arsines ou des Écrins, point culminant du Pelvoux s'élève, à 4,105 mètres au-dessus de la mer.

Notre regretté ami, M. Lory, qui a si bien étudié le Dauphiné, et disséqué scrupuleusement les Alpes françaises, partage les montagnes du Dauphiné en plusieurs régions naturelles :

1° Région des chaînes secondaires; 2° Région des chaînes centrales; 3° Région des chaînes intérieures; 4° Région des montagnes de grès de l'Embrunais.

La région des chaînes centrales comprend les montagnes les plus élevées, couvertes de neiges éternelles; elles sont composées de roches granitiques, de protogène, de roches cristallo-phyliennes, gneiss, micaschistes, schistes talqueux, et par d'autres roches à structure et cristalline, se divisant en strates ou en feuillets.

Les trois massifs principaux qu'elles constituent, allongés N.-N.-E. au S.-S.-O. (chaîne de Belladone, chaîne des Grandes-Rousses et massif du Pelvoux), composés de terrains cristallins, sont entourés et recouverts sur leurs flancs par un terrain formé de schistes argilo-calcaires noirs, qui prend souvent la structure

d'ardoises et appartient au lias; entre le lias et les terrains cristallisés, apparaissent des affleurements peu étendus de grès à anthracites, tels que ceux de la Mure (Lory).

« Les montagnes de l'Oisans, dit Élie de Beaumont, ne présentent, il faut en convenir, que des beautés géologiques;..... elles paraissent moins bien hautes qu'elles ne sont, à cause de l'élévation absolue des vallées, et à cause de leur encaissement, qui ne laisse voir les cimes que d'un petit nombre de points. »

Dans le massif de l'Oisans, on trouve une infinité de minéraux cristallins qui, de tout temps, ont attiré l'attention des minéralogistes et des amateurs de beaux cristaux : feldspaths divers, axinites, prehnites, chlorites, rutilés, etc.

Le *plan en relief du massif du Mont-Blanc* figure l'une des montagnes les plus imposantes de l'Europe centrale; le point culminant de notre territoire en Savoie, sur la chaîne des Alpes pennines, qui se dirigent de S.-S.-O. à l'E.-N.-E., depuis le col de Bonhomme (45°,45') jusqu'au Mont-Rose (5°,32' de longitude). Les Alpes pennines comprennent les trois points culminants de la chaîne : le Mont-Blanc, le Mont-Rose et le Mont-Cervin.

On voit sur ce plan du Club alpin les points les plus intéressants du massif, le col de Balme, les rampes des glaciers du Tour, de l'Argentière, le plan de l'Aiguille, le glacier des Pélerins, les rampes de l'Aiguille du Midi, les Grands-Mulets, le Pavillon de Bellevue, le glacier de la Tréla-Tête, le glacier de Trients, le Talifre, le Tacul, le Grand-Plateau.

« La croûte terrestre, dit M. E. Viollet-le-Duc, refroidie au moment du plissement qui a formé le massif du Mont-Blanc, n'avait pas encore atteint le degré de plasticité qu'elle a conquis depuis. Elle conservait une certaine élasticité de mollesse, soit qu'elle fût composée de matières susceptibles de se cristalliser par refroidissement lent, soit qu'elle eût reçu les couches épaisses du lias, des terrains jurassiques, néocomiens, etc., demeurait encore à l'état mou et flexible.

« La protogyne, dont se composent les parties les plus élevées du massif, en se faisant jour entre cette croûte qui, tout en s'épaissant et se refroidissant, tendait de plus en plus à se contracter, refoula les couches supérieures, les souleva, en les pliant, les tordant pour ainsi dire, en les faisant glisser les unes sur les autres. »

Le massif du Mont-Blanc présente donc les caractères de phénomènes de plissement et de refoulement qui mettent sur la voie des modes de sa formation. Les schistes cristallins ont été foulés et plissés; ils apparaissent ainsi sur le versant nord du massif, et aussi quelque peu sur le versant sud. Les terrains liasiques, fortement déprimés et plissés, apparaissent sur le versant nord, tandis qu'ils ont été enlevés sur le versant opposé, où il n'en reste que des fragments; à côté du val de Chamonix, les schistes cristallins sont à nu. — M. Lory a étudié les couches d'érosion qui ont agi dans les Alpes, et a calculé approximativement le cube de matériaux de la dénudation.

Le massif du Mont-Blanc, qui présente actuellement une surface composée

d'arêtes se réunissant sur certains points pour former des polygones dont les côtés sont saillants et dont les milieux sont creux, présentait primitivement, dit M. Viollet-le-Duc, une surface bossuée de polygones convexes avec côtés plus ou moins tracés en creux, et au total une sorte de plateau peu accidenté.

M. Alphonse Fabre a publié une carte géologique du Mont-Blanc, qui fait connaître la composition de cette région alpine. Depuis les protogynes de l'axe culminant, on y reconnaît successivement les schistes cristallins du Brévent et des Aiguilles-Rouges; le terrain houiller (grès et poudingues) de la Tête-Noire; le Trias, avec ses arkoses, ses quartzites, ses cargneules et les schistes, formant des zones au-dessus des roches jurassiques; le lias, représenté, soit par des calcaires cristallins, soit par des calcaires puissants (Croix de Fer, près du col de Balme). — Les terrains crétacés (néocomien et crétacé supérieur), rejetés plus loin, ont conservé leurs caractères lithologiques et paléontologiques; enfin, sur ceux-ci se trouve la molasse tertiaire en couches redressées et accidentées.

Enfin, avec le plan en relief du Mont-Blanc, le Club alpin français a exposé une collection de roches des Alpes (en petits échantillons) qui n'a guère d'importance pour les géologues.

Plan en relief du Mont-Perdu. — Les Pyrénées offrent cette particularité que les plus hauts sommets ne sont pas situés sur la crête même de la chaîne : le Mont-Perdu (3,351 mètres), le Pic Posets et la Maladetta (3,404 mètres), s'élèvent au midi de la chaîne pyrénéenne. On peut envisager les Pyrénées comme une chaîne qui aurait été coupée en deux, et dont les moitiés auraient tourné, légèrement et en sens inverse, de leurs extrémités littorales ou maritimes.

« Les formes carrées du Mont-Perdu, du Marboré, des Crêtes de Gavarnie, de la Brèche-de-Rolland, les teintes grises et la stratification des roches, annoncent de loin la nature calcaire et les dispositions toutes spéciales des stratifications dans cette partie de la chaîne. — Les roches cristallines, granitiques, au lieu de former l'axe culminant de la chaîne, sont au-dessous des alternances calcaires et argileuses accusées par les stratifications du cirque de Gavarnie, qui semblent disposées, au fond de ce cirque, comme les marches d'un escalier gigantesque conduisant aux cimes du Mont-Perdu, du Marboré, etc. (A. Burat),

Dufrénoy, dans son beau mémoire sur *les caractères particuliers que présente le terrain de craie, dans le midi de la France, et particulièrement sur les pentes des Pyrénées*, a décrit, avec de longs détails stratigraphiques et paléontologiques, la structure et la composition du massif du Mont-Perdu, composé de roches sédimentaires et relativement récentes.

C'est sur le massif du Mont-Perdu que se trouve l'un des glaciers les plus importants des Pyrénées. Le glacier du Mont-Perdu, énorme masse de neige et de glace, se trouve en Espagne, à la partie supérieure de la vallée de la Cinca, et sur la partie septentrionale des massifs. La vallée de la Cinca, qui prend sa source au glacier même du Mont-Perdu, coupe des couches qui sont les mêmes que celles que l'on a reconnues au massif.

CHAPITRE II

LES TERRAINS HOUILLERS ET LES COMBUSTIBLES MINÉRAUX

Par les progrès continus de l'industrie, la houille est devenue une matière première qui occupe le premier rang parmi les forces productives d'un pays. Non seulement cette matière première est précieuse par ses usages économiques comme source de chaleur et de force ; mais aussi par ses nombreux dérivés, les composés importants que la chimie a su en extraire, tels que la nitro-benzine, la benzine, l'acide phénique, les matières colorantes et teintoriales qui dérivent de ces corps comme l'aniline, la fuschine, la roséine, l'azuline etc., les carbures éclairants tels que le gaz, la paraffine, etc.

Au point de vue de l'industrie qui demande de la force, au point de vue plus général de la thermodynamique, la houille est de la chaleur emmagasinée, et comme le chaleur se transforme en travail, la houille est donc en définitive de la force ou du travail utilisable.

« Cette chaleur a été fournie elle-même par une autre source calorifique, le Soleil ». Le rayon solaire, dit M. Tyndall, a fait naître les puissances multiples de notre globe, qui sont des formes spéciales de la puissance du soleil. Le temps qui sépare le moment où l'énergie solaire est dépensée de celui où une égale énergie est mise en activité, peut être considérable ; de sorte que l'énergie semble emmagasinée dans certains corps terrestres.

Par exemple, nos houillères, débris de forêts ensevelies sous les eaux par les révolutions géologiques ont subi une destruction lente et leur carbone a été mis en liberté. Chaque kilogramme de charbon provient de l'acide carbonique que les végétaux de ces anciennes forêts ont décomposé pendant leur vie sous l'influence du soleil. Quand nous brûlons ce charbon dans nos foyers, nous retrouvons cette force conservée intacte. Nous utilisons la chaleur que le soleil envoyait sur la terre il y a des milliers de siècles.

Quand nous brûlons le charbon pour nous procurer de la chaleur, l'utilisation de la force est complète ; mais si nous voulons en tirer du travail mécanique, une partie de la chaleur est perdue dans nos machines, par conséquent nous ne pouvons convertir en travail toute la chaleur de combustion (Cazin). Les quantités de chaleur dégagées par les diverses espèces de combustibles minéraux dépendent de leur teneur en carbone et hydrogène et de leur état physique, ainsi

Un gramme de	donne en calories
Gaz des marais	13.060
Houille.	7.200 à 8.600
Coke	6.800 à 7.900

Charbon de tourbe	5.200 à 5.400
Charbon de cornues à gaz.	80.47
Charbon de bois fortement calciné.	8.000
Charbon de sucre	8.039

L'emploi de la houille comme combustible industriel a rapidement transformé la métallurgie et imprimé un notable perfectionnement à toutes les industries mécaniques et extractives. Grâce au précieux combustible, la marine, la navigation et les moyens de transport ont vu changer leurs anciennes conditions économiques ; les relations internationales se sont élargies, les échanges sont devenus plus fréquents, les barrières qui arrêtent les marchandises aux frontières se sont en partie abaissées, en attendant qu'elles disparaissent entièrement. La connaissance exacte des gisements houillers de chaque contrée est donc de première importance pour tous ceux qui tiennent à connaître et à inventorier la richesse nationale de leur pays et la puissance de sa productivité.

Dans ce chapitre sur les terrains houillers de l'Europe, et les charbons minéraux exposés au Champ de Mars, nous établirons non seulement une statistique, un inventaire de l'industrie houillère des bassins de chaque contrée carbonifère ; mais nous nous occuperons aussi de l'emploi économique et industriel des diverses qualités de charbon, de l'utilisation des anthracites et des lignites, de l'étude des tourbes, des naphthes, pétroles, bitumes.

Dans l'un des chapitres suivants, comme complément nécessaire de celui-ci ; nous étudierons les gisements métallifères et les matières premières tirées du sol, les éléments de la métallurgie. La statistique des minerais fera suite à celle des charbons qui servent à les fondre et à les réduire.

L'Exposition de 1889 a appelé l'attention des économistes et des ingénieurs sur les richesses minérales des contrées lointaines encore peu connues de nos compatriotes et sur les produits des centres producteurs actuellement exploités. Ce serait certainement un travail utile, celui qui consisterait à passer en revue les diverses variétés de charbons de chaque bassin, les travaux et le matériel d'exploitation. Les conditions économiques du travail, l'importance et la valeur des gîtes, les causes qui s'opposent à l'exploitation de certaines concessions, les débouchés de chaque bassin.

La recherche des limites stratigraphiques de chaque bassin mériterait un examen attentif ; l'exploitation s'est généralement arrêtée aux limites connues du terrain houiller, rarement elle est allée les chercher au-delà. Cependant les terrains houillers paraissent avoir une extension superficielle ou dans l'espace bien autrement considérable que celle qui leur est généralement attribuée, c'est ce que nous avons démontré déjà ailleurs. (*Association française pour l'avancement des sciences* : session de Clermont, 1875) et que nous tâcherons d'établir encore ici.

Epuisement de la houille. — L'accroissement extraordinaire qu'a pris la consommation de la houille, l'augmentation du prix de revient, les difficultés de

l'exploitation en profondeur, ont fait craindre qu'à un moment donné la production ne puisse satisfaire aux besoins de la consommation.

On est allé encore plus loin dans le domaine des suppositions pessimistes ; on a examiné la possibilité de l'épuisement des houillères dans un avenir peu éloigné. « On a reconnu, dit M. A. Burat, que l'épuisement des houillères était chose possible ; que chaque année était un pas vers cet épuisement et que pour beaucoup de bassins, on pourrait évaluer à 50, 100 ou 200 ans l'époque de cet épuisement. Chose remarquable, c'est de l'Angleterre, c'est-à-dire du pays de l'Europe le plus riche en terrains houillers que le cri d'alarme est parti. M. Stanley Jevons, publia au commencement de 1866 des observations qui produisirent une certaine sensation. Il a émis l'opinion que dans un siècle ou deux les houillères de l'Angleterre pourraient être épuisées, si la progression des consommations se poursuivait. »

La doctrine de l'extension des terrains houillers nous rassure sur cet avenir que M. Jevons nous montre semé de points noirs.

« La houille dit M. Jevons, n'est pas comme le bois ; elle ne se reproduit pas dans la mine. Son épuisement absolu n'est qu'une question de temps. D'après M. Robert Hunt la production de l'Angleterre est d'environ 98 millions de tonnes ou mètres cubes ; les houillères des États-Unis sont trente-sept fois plus considérables que celles de l'Angleterre : celles du continent dans leur total sont moins considérables que celles du Royaume-Uni.

« Le second point à examiner est la proportion de l'extraction future de la houille dans la Grande-Bretagne ; le tableau suivant fait connaître la somme des extractions anglaises depuis 1854 à 1863.

ANNÉES	TONNES	ANNÉES	TONNES
1854	64.661.401	1859	71.974.705
1855	61.453.079	1860	80.042.698
1856	66.645.460	1861	83.635.214
1857	65.304.707	1862	81.638.338
1858	65.008.649	1863	85.298.215

En admettant un accroissement annuel de production de 3 1/2 %, M. Jevons a calculé que de 1861 à 1961, il devrait être comme l'indique le tableau suivant :

ANNÉES	MILLIONS DE TONNES	ANNÉES	MILLIONS DE TONNES
1861	8	1921	658
1871	117	1931	927
1881	166	1941	1310
1891	234	1951	1848
1901	331	1961	2607
1911	466		

M. Jevons dans ses calculs, s'était appuyé sur les évaluations de M. Hull qui estime à 83 *milliards* de tonnes la houille existant en Angleterre jusqu'à la pro-

fondeur de 4000 pieds (1200 mètres). En 1866 M. John Stuart Mill, à propos de l'agitation déterminée par M. Jevons faisait remarquer à la Chambre des Communes que la houille formant la principale source de la richesse britannique, il ne fallait pas regarder des gîtes comme inépuisables, qu'au contraire, la consommation s'accroissant chaque année avec une grande rapidité, on devait prévoir le moment où cette ressource serait épuisée.

En dehors des preuves stratigraphiques qui militent en faveur des extensions des terrains houillers en profondeur, que des sondages ont d'ailleurs plusieurs fois confirmé, indépendamment des réserves pour l'avenir que nous signalerons, nous ferons remarquer que les calculs de M. Jevons sont fort contestables. Il est d'ailleurs plus que douteux que la progression rapide de la production de la houille dans les cinquante dernières années se maintienne dans l'avenir. En outre M. Hall calcule la richesse du terrain houiller d'après son étendue superficielle connue, sans tenir compte des surfaces stériles, ni des richesses enfouies sous les morts terrains triasiques, jurassiques, crétacés. Et puis la lumière et la chaleur électriques n'ont-elles pas un avenir brillant devant elles ? Ne sont-elles pas destinées à remplacer, au moins en partie, la houille !

« Nos terrains houillers connus, dit M. A. Burat, présentent encore de vastes champs aux travaux d'exploration ; sur beaucoup de points, ces terrains, recouverts par des dépôts postérieurs, doivent être encore recherchés ; nous ignorons leurs limites. »

M. Warrington W. Smyth en parlant des terrains houillers de l'Angleterre s'exprime ainsi : « Tous nos gisements houillers étant donc à peu près reconnus en étendue et profondeur, examinons où nous conduit l'extraction actuelle. En considérant par exemple celle de 1864 et en admettant que sur une richesse totale supposée de 1600 tonnes par an et par pied d'épaisseur, (soit 13.333 tonnes par hectare et par mètre d'épaisseur) on en ait pu en extraire 1300 (soit 10.833 par rapport au chiffre de 13.333), on arrive à cette conclusion que, pendant chaque jour dans l'année et à chaque heure du jour et de la nuit, on a enlevé une masse de charbon de 4 ares et de 2 pieds d'épaisseur (soit 86.664 tonnes), c'est-à-dire un acre à chaque quart d'heure (21.666 tonnes).

Cette question de l'épuisement prochain de la houille qui a ému et passionné l'Angleterre pendant quelque temps, émeut aussi nos économistes. En 1873, l'Assemblée Nationale ordonna une enquête parlementaire sur l'état de l'industrie houillère en France. Le rapport de M. Ducarre contenait un paragraphe relatif à l'épuisement ou à la durée des mines de houille. A cette même époque le rapporteur de la Commission a posé quelques interrogations à la section de Géologie de l'Association française pour l'avancement des sciences (session de Lyon 1873) relative à la question de la houille.

TERRAINS HOUILLERS DE LA FRANCE

Dans la série chronologique des terrains telle qu'elle a été exposée et figurée dans les cartes géologiques que nous avons décrites dans le chapitre premier, le *terrain carbonifère* a succédé dans le temps à ce que les géologues appellent le *terrain dévonien*. On sait que la série *primaire* ou *paléozoïque*, qui renferme les roches contenant les premiers et les plus anciens organismes, est constituée de bas en haut du *silurien*, *dévonien*, *carboniférien*, *permien*, reposant elle-même sur la série éozoïque, azoïque ou archéenne, (cambrien ou huronien, laurentien). Le terrain carboniférien est lui-même divisible en deux étages, dont les couches se sont déposées successivement, mais à deux époques différentes et dans des conditions de milieux différents : le *carboniférien inférieur* ou *carbonifère*, culm, le *carboniférien supérieur* ou *terrain houiller*.

Stratigraphie. — Le terrain houiller repose sur le sol ancien, normalement sur le carboniférien inférieur, quelque fois sur les étages plus anciens, silurien ou dévonien, sur le sol primordial azoïque (archéen, cambrien, granitique). — Normalement il est recouvert par le permien, souvent par le grès bigarré du trias. Mais cette superposition normale n'existe pas toujours et les terrains jurassiques, crétacés et même tertiaires forment quelquefois son revêtement supérieur.

Quand, sans être recouvert par eux, les terrains secondaires se trouvent sur la limite du terrain houiller, en général, celui-ci plonge sous leurs strates ; mais si la série secondaire forme les morts-terrains, le terrain houiller est alors placé sous une puissante couche de sédiments qui en masquent les affleurements et rendent l'exploitation coûteuse et difficile.

Autour du plateau central les terrains houillers sont à découvert ou bien ils ont un chapeau de grès bigarré et celui-ci, vers le sud, se couvre d'un revêtement jurassique. Dans le Pas-de-Calais, la craie forme des assises puissantes sur le terrain houiller. Enfin partout où ils sont à découvert, les terrains houillers sont caractérisés par des grès spéciaux (grès houillers) associés à des conglomérats, des argiles schisteuses et bitumineuses contenant généralement de la houille.

La répartition géographique ou dans l'espace des terrains houillers est coordonnée à certaines lignes de fracture qui les ont plaqués autour ou au pied de certains massifs montagneux. Ainsi en France, ils forment une ceinture interrompue autour du plateau central. Dans le nord et le nord-est, le plateau primaire ardennais et Rhénan, le massif vosgien, ont imprimé une physionomie spéciale à l'allure du terrain houiller. Dans le massif Alpin tout le système houiller a été fortement relevé et quelquefois porté à des hauteurs considérables. — Une carte géologique n'indique pas généralement les traits importants d'un terrain houiller donné ; en général elle indique que les affleurements ; le plus souvent les cartes géologiques et les cartes d'exploitation ne tracent que les limites extérieures du terrain houil-

ler, ce qui se voit. Cependant ce n'est là qu'une partie de la richesse houillère que peut contenir un bassin, car les couches du terrain houiller masquées par les morts terrains secondaires ou tertiaires sont parfois considérables : elles cachent ce qu'on ne voit pas.

Divisions. — Notre regretté Amédée Burat, l'un des géologues qui ont le mieux étudié les gisements carbonifères, divise les terrains houillers de la France en cinq groupes géographiques distincts, savoir :

1° *Les houillères du Nord* formant une zone longue et étroite qui traverse la Belgique, à découvert depuis Aix-la-Chapelle jusqu'au delà de Mons; elle marque le littoral du massif primaire et primordial du Rhin. On peut la suivre sur une longueur de plus de 480 kilomètres par Liège, Charleroi, Valenciennes, Douai, Béthune, avec quelques écarts dans le Boulonnais, Réty, Ferques, Fiennes. Hardingham, d'où elle s'enfléchit vers la Manche pour réapparaître en Angleterre, La surface de ce grand bassin est d'environ 250,000 hectares ; la largeur de la zone houillère est de 6 à 10,000 mètres. Mais la France ne possède qu'une faible partie de cette surface charbonneuse dans les départements du Nord et du Pas-de-Calais, environ 103,357 hectares.

2° *Les houillères de l'Est* comprennent les bassins de la Sarre et le bassin de de Ronchamps (Haute-Saône) — le bassin de la Sarre à découvert en Prusse se prolonge souterrainement sous les terrains secondaires de la Moselle, comme d'ailleurs le grand bassin belge se prolonge sur la rive droite du Rhin pour former le riche bassin de la Ruhr. — A ce groupe peuvent se rattacher les lambeaux alpins de la Savoie et du Valais.

3° *Les houillères de l'Ouest* comprennent les bassins de la Basse-Loire, de la Vendée donnent des houilles anthraciteuses et des anthracites.

4° *Les houillères du Centre* comprennent les riches bassins de Saône-et-Loire, de l'Allier, de la Loire, de l'Auvergne. Le bassin de la Loire a lui seul une superficie de 25,000 hectares environ, celui de Saône-et-Loire 42,798 hectares.

5° *Les houillères du Midi* situées sur les versants du Lot, de l'Hérault, du Gard, renferment plusieurs bassins parmi lesquels deux surtout sont importants, savoir, le bassin de l'Aveyron et le bassin du Gard qui possède une surface houillère d'environ 26,888 hectares.

Enfin à l'extrémité de la chaîne Alpine, à son raccordement avec l'Estérel se se trouve un petit bassin houiller à découvert sur certains points du Var.

Ces bassins quoique peu éloignés les uns des autres ne donnent pas la même nature de charbons. D'ailleurs la qualité du combustible et par suite son emploi dépendent de plusieurs circonstances : du mode du dépôt charbonneux, de la nature des sédiments, des pressions subies par les couches, des dislocations éprouvées, des altérations et modifications de la matière organique dues à des causes complexes, même inconnues, désignées sous le nom de *métamorphisme*.

Les divers bassins houillers dont nous venons de faire l'énumération sont isolés

les uns des autres, séparés par des massifs montagneux, par des accidents orographiques, des vallées, des terrains appartenant à diverses périodes géologiques. — Cette disposition en lambeaux isolés ou discontinus est très défavorable, tant pour la régularité des couches de houille que pour les conditions économiques de l'exploitation.

En les envisageant à un autre point de vue, nous remarquerons que nos divers exploitants ne se trouvent pas dans les mêmes conditions économiques. Les houilles du Nord par exemple, sont concurrencées par les charbons anglais et belges, celles de l'est par les houilles prussiennes. Le bassin de Saône-et-Loire, placé au centre de la France, trouve sur son marché, à certains moments, les charbons étrangers de l'est et du nord. Le bassin de la Loire se trouve dans de meilleures conditions; aussi ses charbons ne subissent pas les mêmes fluctuations que ceux du Pas-de-Calais et du bassin du Nord. Les houilles de la Loire n'ont guère à redouter la concurrence des charbons étrangers. Mais les houilles du Gard trouvent sur le littoral de la Méditerranée les charbons anglais qui viennent leur faire concurrence sur leur propre marché de Cette à Marseille et sur les côtes espagnole, algérienne et italienne.

STRUCTURE ET STRATIGRAPHIE DU TERRAIN CARBONIFÉRIEN

Nos bassins houillers ne sont pas jetés au hasard sur la surface de notre territoire. En effet, quand on jette les regards sur la carte géologique de la France, on s'aperçoit que les dépôts sédimentaires de tout âge affectent une disposition symétrique par rapport aux roches plus anciennes qu'eux; les terrains relativement récents sont coordonnés à certaines lignes orographiques, les plus modernes s'appuient sur les plus anciens qui reposent eux-mêmes sur des protubérances encore plus âgées. Les dépôts sédimentaires de tout âge forment donc des bandes parallèles entre elles, en sorte qu'en montant de la partie inférieure d'une vallée ou de son thalweg vers la ligne de faite, on rencontre successivement les affleurements de divers terrains dans l'ordre inverse de leur dépôt. — C'est ainsi que les lisières ou bandes de terrains houillers se montrent à découvert dans nos montagnes accidentées ou fracturées; mais dans les contrées basses ou dont les dépôts postérieurs à la houille n'ont pas été disloqués, le terrain houiller affleure rarement à la surface.

Sur le sol français, la carte géologique indique plusieurs massifs cristallins autour desquels sont coordonnés les terrains primaires, secondaires et tertiaires qui s'élèvent plus ou moins sur leurs flancs. Ces derniers ou les plus récents grimpent généralement moins haut que les autres; les plus importants de ces massifs cristallins sur les flancs desquels sont déposés les sédiments houillers, sont : l'Ardenne et le Hunsrück, dirigés S O.-N.E., les Vosges courant S.S.O.-N.N.E.,

les Alpes dont la chaîne orientale est dirigée O.16°.S., et la chaîne occidentale N.26°.E., les Maures, l'Estérel, les Pyrénées. O.N.O.-E.S.E., le massif breton et le plateau central qui porte à ses pieds ou dans ses circonvallations nos principaux gîtes houillers du centre et du midi, qui forment une ceinture charbonneuse interrompue, brisée, morcelée par les dislocations postérieures. — « Ainsi donc fait remarquer Burat, la distribution géographique et superficielle des terrains houillers de la France est coordonnée au relief des massifs montagneux du Limousin, de l'Anvergne, de la Bretagne, de l'Ardenne, des Alpes, des Maures et des Pyrénées. La plupart des gîtes houillers, groupés autour des montagnes anciennes du plateau central sont compris dans une sorte de triangle irrégulier dont la base placée à l'Est, s'étendrait d'Alais à Autun et le sommet serait situé à la limite commune des départements du Lot, du Cantal et de la Corrèze. » Mais en dehors de ces limites géographiques, tracées à grands traits, des surfaces houillères sont à découvert sur divers points de notre territoire. En Bretagne deux lambeaux dirigés O.-N.-O. dont les affleurements se montrent aussi dans la Manche; dans le Nord une large surface, dans le Pas-de-Calais, deux bandes dont l'une, la bande boulonnaise est fortement disloquée, et l'allure irrégulière; dans les Vosges deux gîtes dignes d'intérêt; dans les Alpes françaises et suisses des dépôts anthraciteux: dans les Pyrénées et les Corbières quelques flots isolés et brisée: enfin dans l'Estérel des gisements encore peu connus, en apparence isolés, mais qui probablement font partie d'une nappe souterraine considérable, peut-être même continue depuis Toulon jusqu'aux dernières ramifications alpines; mais le tout disloqué par des mouvements postérieurs.

Continuité du terrain houiller. — L'arrangement symétrique des sédiments de toute nature autour des proéminences cristallines [porte naturellement à admettre que les terrains houillers ont suivi la même loi que les autres dépôts; donc si les couches houillères s'enfoncent dans un bassin sous celles d'un dépôt plus récent, comme la craie par exemple, sous le terrain tertiaire parisien, on peut raisonnablement admettre que la réapparition des premières à l'autre extrémité du bassin est la conséquence d'une prolongation souterraine continue. C'est ainsi que le prolongement des couches houillères de la Belgique et du département du nord sous les terrains crétacés a fait soupçonner la continuité de la nappe houillère dans le Pas-de-Calais. — L'expérience a d'ailleurs vérifié ces aperçus de la géologie. La continuité souterraine des terrains houillers est une question industrielle et scientifique digne de l'intérêt des exploitants et des ingénieurs. — D'ailleurs cette continuité se vérifie chaque jour par l'étude comparée de deux ou plusieurs contrées voisines. Partout où les dislocations postérieures n'ont pas brisé la continuité des strates, les sédiments houillers se continuent souterrainement. Dans les pays de montagnes tout a été plus ou moins morcelé, tandis que dans les contrées de plaines ou de plateaux, la sédimentation houillère, moins dérangée, s'est conservée même avec sa primitive régularité.

Les petits lambeaux pyrénéens eux-mêmes peuvent se lier au puissant terrain houiller des Asturies : les vastes surfaces houillères du Devonshire du Cornwall, du Pays de Galles, du Derbyshire, Lancashire, etc., semblent avoir des relations avec les gisements du Nord et du Pas-de-Calais ; ceux-ci se soudent au terrain houiller de la Belgique qui forme plusieurs bandes dirigées de l'Est à l'Est-Nord-Est, d'un autre côté la liaison du terrain houiller belge avec les dépôts de la Prusse rhénane n'est pas contestée ; enfin les dépôts houillers du plateau central dirigés N.N.E. se lient du côté du bassin de la Loire et du Rhône à ceux des Alpes par les gîtes de l'Isère. Enfin en poussant cette assimilation synthétique aussi loin que possible, et élargissant la mer carbonifère vers l'orient et le Nord-Est de l'Europe, nous pouvons dire que les dépôts houillers de la Bohême peuvent se lier souterrainement à ceux de la Russie et ceux-ci aux puissantes couches de l'Amérique septentrionale.

Extension des terrains houillers. — La doctrine de l'extension des terrains houillers a été longuement et savamment exposée par notre regretté maître Fournet dans un remarquable mémoire publié par l'Académie de Lyon. Faisons ressortir ici l'importance de la théorie de l'éminent géologue de la Faculté des sciences de Lyon.

En France les bassins houillers sont isolés les uns des autres, ils sont séparés par des massifs montagneux, des accidents orographiques, des vallées et par des terrains de diverses époques. — Cette disposition en lambeaux discontinus est très défavorable, tant pour la régularité des couches que pour les conditions économiques de l'exploitation. — Mais la solution de continuité de nos bassins houillers est-elle un fait originel provenant de leur disposition ou de leur formation dans des districts isolés les uns des autres, ou bien les bassins sont-ils les restes d'un grand bassin qui aurait été fracturé, divisé, morcelé par les mouvements du sol ? En Angleterre, les terrains houillers occupent une surface qui est environ le vingtième de la superficie totale du pays. La nappe houillère forme une bande sur le littoral, dirigée de l'est à l'ouest : elle reparait à l'extrémité méridionale de l'Islande en s'étendant sur une longueur de plus de 150 kilomètres. Une autre zone carbonifère située dans le midi de l'Ecosse, aboutit aux deux mers et occupe l'espace compris entre Edimbourg, Glasgow et Dumbarton. La bande de New-Castle et de Durham qui touche à la mer du Nord, et celle du Centre qui se prolonge aux environs de Sheffield, de Derby, de Birmingham et de Dudley complètent les traits du vaste terrain houiller des îles britanniques, dont toutes les nappes ou zones aboutissent à la mer. Cette situation place l'extraction et l'exploitation du charbon anglais dans des conditions économiques et commerciales essentiellement favorables à ce pays.

La présence du calcaire carbonifère avec fossiles marins a été constatée depuis longtemps en Angleterre, particulièrement dans le Northumberland, le Derbyshire. — Cette assise marine, intercalée à une roche du terrain houiller, a une

grande importance pour la solution de la question de l'extension du terrain houiller. La présence d'une nappe marine à la base des couches de houille des îles britanniques a fait admettre la doctrine pélasgique de la formation des terrains houillers. Mais en France, où les relations des couches marines avec les gîtes houillers sont moins nettes, on n'est pas aussi rapidement arrivé à une conclusion bien tranchée, et la *théorie des bassins isolés* a prévalu ou domine encore, non seulement dans la science théorique et l'enseignement, mais encore elle prévalant dans la détermination de la plupart des ingénieurs. Dès 1793, Duhamel, par l'observation des gisements du terrain houiller, était arrivé à conclure qu'ils avaient été déposés dans les grandes vallées et dans les espèces de golfes qu'ils formaient.

Lors des premières recherches de M. Fournet, sur l'extension des terrains houillers, la doctrine de l'isolement de chaque bassin ou de la non-continuité était admise par les géologues et les ingénieurs des mines. La grande autorité d'Élie de Beaumont s'était imposée à tous. Mais M. Fournet n'admit pas les conclusions absolues de l'École des mines de Paris d'alors et de Freyberg; dès ses premières recherches, il soupçonna que les divers lambeaux de nos terrains houillers pourraient bien être des fragments d'un grand bassin morcelé et divisé par des dislocations postérieures, dénudé ensuite dans les parties à découvert sur les pentes.

De deux choses l'une : si les terrains houillers ont été formés dans des bassins isolés et fermés, les espérances pour l'avenir sont mal fondées, car leurs limites, à peu de chose près, sont connues et déterminées; si, au contraire, ils représentent les parties d'un grand bassin fragmenté, fracturé et morcelé, on peut trouver les parties souterraines inexplorées, qui établissent les solutions de continuité, et par conséquent dévoiler des réserves importantes pour l'avenir.

La doctrine wernérienne, qui s'écarte entièrement de la doctrine anglaise, est admise dans l'explication de la carte géologique de la France; pour Élie de Beaumont, les dépôts houillers s'étaient formés dans de longues et larges vallées par l'accumulation des matières végétales. S'il faut en croire l'illustre auteur du système pentagonal, alors le sol de la France était très ondulé, entrecoupé de protubérances granitiques dont les parties déprimées étaient ensevelies par des lacs, des marais qui, en se comblant par l'action des sédiments et des débris végétaux, sont devenus des *bassins houillers* circonscrits, sans continuité souterraine entre eux, à de grandes distances. D'où vient la disparité entre les terrains houillers belge, anglais, étendus sur une grande surface, et les nôtres, morcelés et fracturés en lambeaux?

Il est à supposer que cette dissemblance tient à des causes indépendantes de la formation de ces différents types de gisements. Il est clair que les soulèvements du sol et les érosions qui les ont suivis ont exercé une influence considérable sur l'orographie des terrains houillers en France et en Angleterre.

Revenons maintenant à la stratigraphie du terrain carbonifère.

Dans le Pas-de-Calais, dans l'Hérault, à Neffiez, dans la Sarthe, etc., le terrain houiller, proprement dit, se trouve en contact avec le carboniférien inférieur qui, dans ces localités, a succédé normalement au terrain dévonien sur lequel il repose. Ici donc l'ordre de successivité, la chronologie ou l'âge du carboniférien est parfaitement délimité. Mais il n'en est pas ainsi partout; en effet, en Vendée et sur beaucoup de points du plateau central, le carboniférien repose directement sur les roches anciennes azoïques, sans la présence du dévonien ni du silurien; — M. Julien de Clermont, a reconnu le carboniférien dans la vallée de l'Allier, le carboniférien des environs de Roanne paraît être la base du terrain houiller du Rhône et de la Loire.

Les conclusions suivantes découlent des faits observés :

1° Le terrain carboniférien a succédé chronologiquement au dévonien ;

2° Mais, entre le dévonien et le carboniférien, il s'est passé un phénomène dynamique qui a disloqué le sol, puisque une partie du plateau central a été émergée durant l'époque dévonienne, et qu'elle s'est affaissée et immergée de nouveau à la fin de cette époque sous la mer carboniférienne.

Les paléontologistes ont pendant longtemps considéré, et quelques-uns considèrent encore, les bassins houillers de l'Auvergne et ceux enclavés dans le plateau central comme ayant une autre origine que les grands bassins qui s'appuient sur les flancs de nos massifs montagneux. — Mais la découverte d'une faune marine dans le carboniférien de l'Auvergne, la proximité de celui-ci des dépôts identiques de Régný, d'un côté, de Neffiez, de l'autre, font rentrer les sédiments houillers de l'Auvergne et du plateau central dans la loi commune. Les sédiments marins de Neffiez, de Régný, de la vallée de l'Allier, de Ferques, d'Avesnes, etc., prouvent bien l'existence d'une mer carboniférienne, qui a certainement subi des oscillations, mais a incontestablement occupé une vaste surface, même en France. Cette mer carboniférienne s'étendait des Asturies jusqu'en Vendée, et de l'Allemagne et la Russie, par l'Oural et le Groenland jusqu'aux États-Unis; elle baignait les bords du plateau central et de la Bretagne, se liait à l'Angleterre, à la Belgique, aux Vosges, etc. Un grand continent encaissait de vastes bassins maritimes; un lambeau de ce continent carboniférien occupait le plateau central de la France, et un autre le massif breton. La disposition des dépôts formés à l'époque carboniférienne a suivi la loi commune de la sédimentation; si la continuité des couches de grès, de poudingues, de conglomérats, d'argiles schisteuses, de houille, ne se maintient pas avec la même régularité que dans certains terrains plus récents, la cause en est aux morcellements, aux oblations produites par les dislocations et les érosions postérieures. On doit remarquer qu'il y a, outre les dépôts qui couvrent le terrain houiller et les roches sous-jacentes, certaines relations stratigraphiques qu'un ingénieur expérimenté ne peut négliger. Les propositions suivantes sont de cet ordre :

1° Le trias donne jusqu'à un certain point, l'allure et la configuration du terrain houiller sous-jacent ;

2° Le dépôt du trias, sur les terrains anciens, aux bords du terrain houiller, n'est pas la preuve de l'absence de la houille ;

3° Le grès bigarré du trias déborde le terrain houiller en venant se mettre en contact avec les terrains anciens ;

4° Le trias et le terrain houiller sont souvent en stratification transgressive.

Dans les recherches de houille, l'ingénieur doit tenir compte aussi des failles et des mouvements du sol ; un sol faillé est plus difficile à débrouiller qu'un terrain normal.

M. Douvillé et M. Michel Lévy ont constaté dans le terrain houiller des plissements qui ont une importance considérable. — M. Douvillé a signalé, au milieu de la période houillère, l'existence d'un plissement qui a affecté l'écorce terrestre depuis la Saxe jusqu'à l'Ardenne, ce qui lui a permis de distinguer des terrains houillers séparés par une discordance de stratification, savoir : le *terrain houiller inférieur* (Belgique et bassin de la Ruhr) ; le *terrain houiller supérieur* (bassin de Sarrebruck). Le premier se rattache au calcaire carbonifère sur lequel il repose en concordance ; le second, au contraire, se lie aux couches inférieures du permien qui le recouvrent en stratification concordante. D'ailleurs, des faits analogues se retrouvent dans le centre de la France, particulièrement dans la Loire et Saône-et-Loire. En effet, le grès anthracifère du Roannais est en stratification concordante sur le terrain carbonifère ; le terrain houiller, proprement dit, indépendant par son mode de gisement du grès anthracifère, se rattache aux couches houillères supérieures ; il est d'ailleurs recouvert, à Autun, par exemple, en stratification concordante par le permien inférieur. De ces faits, nous pouvons tirer les rapprochements suivants :

1° Le terrain anthracifère du Roannais serait contemporain du terrain houiller inférieur de la Belgique et de la Ruhr ; par conséquent, les anthracites de Régnv, de Saint-Symphorien-de-Lay, de Bully, etc., sont de l'âge des couches inférieures des houilles belges ;

2° Il n'y aurait rien d'étonnant qu'en profondeur les couches d'anthracite du Roannais, fortement relevées aux affleurements exploités, s'améliorassent en perdant une partie de leur inclinaison ;

3° Les terrains houillers du bassin d'Autun, du Creusot, de Blanzv, en relation directe avec le premier, sont plus récents que les dépôts de la Belgique et du Roannais ;

4° Il n'y a pas eu de discontinuité dans la sédimentation et les phénomènes géologiques pendant le dépôt du terrain houiller supérieur de Saône-et-Loire et les sédiments permien des autres localités ;

5° A Autun, le Creusot, Blanzv, Neffiez, etc., le terrain houiller supérieur se lie intimement au permien inférieur.

Les travaux récents de M. Grand'Eury, sur la flore du terrain houiller, confirment en grande partie ces aperçus de la stratigraphie.

M. Gruner pensait que, pendant la période houillère, les mouvements brusques d'affaissement du sol ont été fréquents; il était porté à considérer les mouvements de plissements comme consécutifs des mouvements d'affaissements.

Entre le dépôt du grès à anthracite et celui du terrain houiller proprement dit, il s'est produit un mouvement au centre de la France; synchronique d'ailleurs de celui de l'Europe centrale: donc le terrain anthracifère du Roannais et le terrain houiller, compris tous deux entre le calcaire carbonifère et l'époque de ce mouvement, sont chronologiquement équivalents. Par suite les terrains houillers proprement dits du centre de la France sont de l'âge des terrains houillers de Sarrebruch et des terrains houillers supérieurs de la Saxe. Mais ce grand mouvement qui a affecté l'ensemble du terrain houiller, n'exclut point les mouvements locaux et surtout les dislocations postérieures qui ont fracturé le terrain houiller depuis son dépôt jusqu'aux époques relativement récentes.

Théorie de M. Grand'Eury. — A l'Exposition, deux théories adverses ont été représentées par les œuvres et les graphiques de MM. Grand'Eury (carte géologique du bassin du Gard) et de M. Fayol (plans en relief du bassin de Commeny, etc.).

« Plusieurs analystes, dit M. Grand'Eury ont été ramenés à l'ancienne hypothèse, que la houille a pris naissance sous l'eau par dépôt lent de matières végétales en parties presque dissoutes. C'est à une conclusion peu différente que convergent les résultats de toutes nos recherches sur la formation des houilles ».

Les opinions les plus variées ont été émises sur le mode de formation de la houille MM. Rogers, Lesquereux, Newbery, Dawson, Binney, Lendley, Hutton, Geinitz, Ludwig, Stur, Goldenberg, Elie de Beaumont, Briart, Mathet, etc., ont admis que la houille s'était formée sur place, à la manière dont se produisent nos tourbes dans les tourbières ou marais actuels; d'autres au contraire soutiennent que la houille a été produite au moyen de bois flottants; certains naturalistes sont partisans des deux modes de dépôt suivant les cas, tels sont MM. Witham, Naumann, Gruner, etc.; quelques-uns ont même attribué une origine minérale à la houille.

M. Fayol : Théorie des deltas. — « M. Fayol, dit M. Grand'Eury, 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 ses expériences imitées de celles de Constant Prévost, à expliquer la formation du bassin de Commeny par l'arrivée simultanée 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.

Voici comment M. Fayol expose la théorie des deltas qu'il a émise pour expliquer la formation du bassin houiller du Commeny.

Dans son livre : *Etudes sur le terrain houiller de Commeny*, M. Fayol dit que le terrain houiller de ce gisement s'est formé dans un lac, comme se forment actuellement certains deltas lacustres, que les bancs houillers se sont déposés sous toutes les inclinaisons comprises entre zéro et quarante degrés.

M. Fayol s'est aussi proposé 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 il suit : 1° un cours d'eau qui charrie des galets, des sables, du limon et des végétaux dans un bassin, forme un dépôt stratifié ; 2° les couches sont composées tantôt uniquement de gravier ou de sable, ou de limon ou de végétaux, tantôt d'un mélange de divers éléments. 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 0° à 45 degrés ; et on atteint le maximum avec les éléments les plus grossiers dans les bassins les plus tranquilles ; avec des éléments tenus ou légers, et des eaux agitées, elle tend vers l'horizontalité. L'étendue et la régularité des couches sont d'autant plus grands que les sédiments sont plus fins ou plus légers et que les eaux du bassin de dépôt sont plus agitées. »

« Il y a, continue M. H. Fayol, analogie, d'une part entre les deltas lacustres et les dépôts artificiels, formés en eau tranquille ; et d'autre part, entre les deltas marins et les dépôts artificiels formés en eau agitée. La même analogie de remarque d'ailleurs : 1° entre les terrains houillers du plateau central et les dépôts fluviolacustres ; 2° entre la formation houillère du nord et les dépôts fluviomarins.

« On a ainsi des 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 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 organisés. Les couches végétales des deltas sont représentées dans les terrains houillers par des couches de combustibles ».

Formation houillère du Plateau central. — « Lorsque les terrains houillers du Plateau central commencèrent 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, microgranulites et par quelques dépôts sédimentaires, surtout anthracifères : de ces montagnes partaient des cours d'eau torrentiels qui accumulaient à leur embouchure des détritux minéraux, les débris des 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* ».

« Les roches éruptives établissent par exemple que le lac de Commentry fut comblé longtemps avant celui de Montvicq, et que ce dernier était depuis longtemps transformé en dépôt sédimentaire, alors que le bassin de Saint-Etienne et de Saône-et-Loire conservaient encore une grande masse d'eau.

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 ».

Voilà, avec les propres termes de M. Fayol, le résumé de la théorie des deltas, qui peut bien expliquer la formation du dépôt houiller de Commentry, mais qui nous paraît insuffisante dans la généralité du terrain houiller.

PRODUCTION DE LA HOUILLE EN FRANCE.

Au pavillon du Ministère des travaux publics, un stéréogramme représente la production houillère de la France depuis 1789 à 1887 ; voici la traduction en chiffres de cette espèce de pyramide quadrangulaire renversé où la production est figurée année par année par une série de prismes en bois à base carrée et à superficie variables, mais en rapport avec le nombre de tonnes extraites.

TABLEAU DE LA PRODUCTION HOUILLÈRE DE LA FRANCE DEPUIS 1789

ANNÉES	TONNES	ANNÉES	TONNES
1888	22.952.000	1816	4.469.000
1887	21.288.000	1845	4.202.000
1886	19.910.000	1844	3.783.000
1885	19.511.000	1843	3.693.000
1884	20.024.000	1842	3.592.000
1883	21.334.000	1841	3.410.000
1882	20.604.000	1840	3.003.000
1881	19.776.000	1839	2.995.000
1880	19.362.000	1838	3.113.000
1879	17.111.000	1837	2.981.000
1878	16.961.000	1836	2.842.000
1877	16.805.000	1835	2.506.000
1876	17.101.000	1834	2.490.000
1875	16.957.000	1833	2.058.000
1874	16.908.000	1832	1.967.000
1873	17.479.000	1831	1.760.000
1872	15.303.000	1830	1.863.000
1871	13.259.000	1829	1.742.000
1870	13.330.000	1828	1.774.000
1869	13.464.000	1827	1.691.000
1868	13.254.000	1826	1.541.000
1867	12.739.000	1825	1.491.000
1866	12.260.000	1824	1.326.000
1865	11.600.000	1823	1.195.000
1864	11.243.000	1822	1.194.000
1863	10.710.000	1821	1.135.000
1862	10.290.000	1820	1.094.000
1861	9.423.000	1819	964.000
1860	8.304.000	1818	898.000
1859	7.483.000	1817	1.073.000
1858	7.353.000	1816	942.000
1857	7.902.000	1815	882.000
1856	7.156.000	1814	788.000
1855	7.453.000	1813	772.000
1854	6.827.000	1812	836.000
1853	5.938.000	1811	774.000
1852	4.904.000		
1851	4.485.000	1802	844.000
1850	4.434.000		
1849	4.049.000	1795	644.000
1848	4.000.000		
1847	4.153.000	1789	675.000

En 1789 la France extrayait 675.000 tonnes de houille de ses mines ; en 1888, la production s'est élevée à près de 23.000.000 de tonnes ; la production est donc devenue plus de trente-quatre fois plus grande en l'espace d'un siècle. L'extraction de 1789 à 1811 présente quelques lacunes ; elle n'est connue que pour les quatre années 1789, 1795, 1802, 1811,

NOMBRE DE MINES DE HOUILLE EXPLOITÉES EN FRANCE DEPUIS 1835

Années	Mines en activité	Années	Mines en activité	Années	Mines en activité
1888	290	1870	305	1852	286
1887	291	1869	323	1851	270
1886	297	1868	324	1850	273
1885	298	1867	328	1849	270
1884	307	1866	324	1848	256
1883	316	1865	329	1847	258
1882	308	1864	327	1846	268
1881	321	1863	322	1845	255
1880	336	1862	314	1844	252
1879	342	1861	325	1843	261
1878	357	1860	319	1842	258
1877	358	1859	305	1841	256
1876	349	1858	292	1840	247
1875	328	1857	306	1839	246
1874	320	1856	303	1838	239
1873	322	1855	290	1837	235
1872	310	1854	281	1836	258
1871	307	1853	277	1835	223

La *carte de gîtes minéraux* de la France dressée par M. Haton de la Goupillière, A. Carnot, Fuchs et Léon Durassier au $\frac{1}{200,000}$ et la *carte statistique de la production minérale* : mines, minières, salines, carrières au $\frac{1}{250,000}$ nous montrent la distribution de nos gisements houillers et leurs étendues relatives ; elles nous présentent dans un cadre très simple, la production houillère et des autres combustibles pendant l'année 1887.

La carte comprend 452 concessions de mines avec leur distribution géographique, savoir : 291 mines de charbon, 23 d'asphalte et de bitume, 61 de fer, 41 de minerais métallifères autres que le fer (plomb, cuivre, zinc, etc.), 8 de pyrites de fer ou de soufre et 28 de sel gemme et sources salées et en outre 41 groupes de minières renfermant 90 centres d'exploitation.

En 1887, ces diverses mines ont produit :

Houille et anthracite	20.400.000 tonnes
Lignite	478.000 »
Asphalte et bitume	175.000 »

Sur la carte de la production minérale des diagrammes circulaires, carrés ou triangulaires indiquent les concessions de mines, de minières, de marais salants, de carrières, et la couleur, la nature des substances ou des minerais : les *cercles noirs* représentent la houille et l'antracite, le *sepi* les lignites.

En examinant cette carte, on voit, par le nombre et les dimensions des cercles, que les combustibles minéraux sont fournis principalement par les départements du Pas-de-Calais et du Nord dont la production en 1887, a été de 7.120.000 tonnes, pour le Pas-de-Calais, et de 4.198.000 pour le Nord, soit un total de 11.318.000 tonnes plus de la moitié de l'extraction totale de notre pays. Cette quantité de houille a été extraite de 31 mines en activité avec un personnel d'environ 46.000 mineurs. Les Compagnies de Lens et d'Anzin sont les plus importantes de la région du nord ; la Compagnie d'Anzin qui exploite 5 concessions a occupé près de 10.000 ouvriers dont 8.000 du fond. La Compagnie de Lens (et Douvrin), a extrait 1.300.000 tonnes, Vicoigne et Nœux, 1.100.000 tonnes, Courrières, 963.000 tonnes, Bully-Grenay, 808.000 tonnes, Bruay, 780.000 tonnes.

Dans le bassin de Saint-Etienne avec ses 48 mines en activité, on a extrait près de 3 millions de tonnes : Firminy et Roche-la-Molière à elle seule a produit 573.000 tonnes en 1887.

Les productions des bassins houillers du Gard, de la Bourgogne, du Nivernais, du Bourbonnais ont varié de 1.800.000 de tonnes à 1.000.000 de tonnes ; la Compagnie de Blanzy avec ses cinq mines en activité a produit 930.000 tonnes, celle de la Grand'Combe 710.000 tonnes.

Le département des Bouches-du-Rhône a fourni à lui seul 407.000 tonnes de lignites ou environ les quatre cinquièmes de la production totale. Enfin les minerais bitumineux et les calcaires asphaltiques ont été fournis par 23 mines en activité ; les premiers proviennent principalement des départements de Saône-et-Loire et de l'Allier ; les calcaires asphaltiques sont originaires des départements de l'Ain et du Gard.

Topographies souterraines. — Avant de passer à la description particulière de chacun de nos bassins houillers et des concessions que l'on y exploite, résumons en quelques lignes les travaux exposés par le service des mines et qui figurent au Pavillon du Ministère des travaux publics sous le titre de topographies souterraines.

Les topographies souterraines des bassins houillers sont une étude géologique détaillée des gîtes charbonneux avec une représentation spéciale. Ces topographies souterraines ont déjà donné lieu à un certain nombre de publications importantes sous les auspices de l'administration des mines ; ce sont :

1876. Etudes des gîtes houillers et métallifères du Bocage vendéen par Henri Fournel ;

1843. Etude du bassin houiller de Graissessac, par Garella ;

1844. Mémoire sur les bassins houillers de Saône-et-Loire par M. Manès ;

1849. Description historique, géologique et topographique du bassin houiller de Brassac, par Baudin ;

1849. Description du bassin houiller de Decize (Nièvre), par Boulanger ;

1857. Notice sur les gîtes de houille et les terrains des environs de Forges et de la Chapelle-sous-Dun, etc., par Druot ;

1867. Topographie souterraine du bassin houiller de Valenciennes, par M. Dormoy ;

1868. Etude des bassins houillers de la Creuse, par Gruner ;

1847-1866. Carte du bassin houiller de la Loire, par M. Gruner.

1881. Bassins houillers de Brioude, Brassac et de Langeac, par MM. Dorlhac et Amiot.

1882-1883. Bassin houiller de la Loire, par M. Gruner.

1886. Bassin houiller de Ronchamp, par M. Trautmann.

1886-1888. Description de la flore fossile du bassin houiller de Valenciennes, par M. Zeiller.

1886. Bassin houiller de Valenciennes, par M. Olry.

En cours de publication :

1° Le bassin houiller d'Autun et d'Épinac, par MM. Delafond, Zeiller et Renault ;

2° Le bassin houiller du Pas-de-Calais, par M. Soubeiran.

En traitant de chacun de nos terrains houillers nous reviendrons à ces topographies souterraines.

Dujardin-Beaumetz. — M. Dujardin-Beaumetz dans son *histoire graphique* de l'industrie houillère en France depuis 1865, dont les éléments ont été empruntés à la *Statistique de l'industrie minérale*, a présenté un ensemble de graphiques qui sont remarquables par leur netteté et les combinaisons pratiques que l'on en peut tirer. « Les géologues estiment, dit-il, à 4.000 kilomètres carrés la surface des terrains houillers connus en France. » L'Etat français avait concédé, en 1885, une surface de 5.600 kil. 9. Ce fait provient de ce que, d'une part, certaines concessions sont entourées d'un périmètre de protection au dessous duquel pouvaient se prolonger les gîtes et que, d'autre part, certaines concessions ont été concédées à des époques où la constitution géologique du sol n'était pas suffisamment déterminée. Il existe, de plus, des concessions instituées sous les recouvrements secondaires et qui ne figurent pas dans l'évaluation superficielle du terrain houiller. La surface totale concédée de 5.600 kil. 9 était divisée, en 1885, en 636 concessions, soit une superficie moyenne de 8 kil. 80. Une partie seulement de cette surface est exploitée. Le rapport, quant au nombre, entre les mines concédées et celles exploitées est de 2,13. C'est que, qui dit mine, même concédée, ne dit pas richesse, mais bien recherche et travail ; que, de plus, en dehors de l'aléa résultant de la constitution même du gîte, on n'élude pas la situation économique du pays : la loi de l'offre et de la demande s'impose

et si le travail ne se porte pas sur une branche d'activité, c'est qu'il n'y trouve pas son intérêt, sa rémunération. Néanmoins, la production de la France en combustibles minéraux a passé de 11.600.000 tonnes en 1865 à 19.500.000 tonnes en 1885, soit une augmentation de 68 0/0. La décomposition en houille et anthracite et en lignite s'exprime comme suit :

	1865	1885	Augmentation.
	—	—	—
Houille et anthracite. . . .	11.350.000	19.050.000	7.700.000
Lignite.	250.000	450.000	200.000

Bassins géographiques. — La *Statistique de l'industrie minérale* publiée par le Ministère des Travaux publics divise les bassins houillers français en groupes géographiques de bassins comme suit :

Houille et Anthracite. — *Nord et Pas-de-Calais* (Valenciennes et le Boulonnais).

Loire (Saint-Etienne, Rive-de-Gier, Sainte-Foy-l'Argentière, Communay et le Roannais).

Gard (Alais, Aubenas, le Vigan).

Bourgogne et Nivernais (Le Creuzot et Blanzay, Decise, Epinac et Aubigny, la Ronce, Bert, la Chapelle-sous-Dun, Sincéy).

Tarn et Aveyron (Aubin, Carmaux, Rhodéz, Saint-Verdoux).

Bourbonnais (Commentry et Doyet, Saint-Eloi, l'Aumance).

Auvergne (Bressac, Champagnac et Bourg-Lastic, Langeac).

Hérault (Graissessac).

Vosges méridionales (Ronchamp).

Ouest (le Maine, Basse-Loire, Vouvant et Chantonay).

Creuse et Corrèze (Ahun, Bourgaueuf, Cublac, Meymac et Argental).

Alpes occidentales (le Drac, Maurienne-Tarentaise et Briançon, Oisans, Chablais et Faucigny).

Les Maures (Fréjus).

Les Pyrénées (Ibantelly).

Lignite. — *Provence* (Fuveau, Manosque, la Cadière).

Comtat (Bagnols, Orange, Banc-Rouge, Barjac et Célas, Méthamis).

Vosges méridionales (Gouhenans, Norroy).

Sud-Ouest (Millau et Trévezet, Estévar, la Caunette, Simeyrols et la Chapelle-Péchaud).

Haut-Rhône (Douvres, La Tour-du-Pin, Hauterives).

Le tableau suivant donne la production comparée des bassins houillers en 1865 et 1885.

Houille et Anthracite des bassins	Production		Augmen- tation	Diminution
	1865	1885		
Nord et Pas-de-Calais. . .	3.450.000	9.700.000	6.260.000	»
Loire.	3 078.000	3.000.000	»	78.000
Gard.	1.230.000	1.728.000	498.000	»
Tarn et Aveyron. . . .	573.000	1.093.000	529.000	»
Bourbonnais.	850.000	830.000	»	20.000
Bourgogne et Nivernais .	1.050.000	1.501.000	451.000	»
Auvergne.	166.000	335.000	169.000	»
Alpes occidentales. . .	108.000	126.000	18.000	»
Hérault.	141.000	222.000	81.000	»
Creuse et Corrèze. . . .	82.000	153.000	71.000	»
Vosges méridionales. . .	222.000	197.000	25 000	»
Ouest.	270.000	167.000	»	103.000
<i>Lignite</i>				
Provence.	192.000	398.000	206.000	»
Comtat.	22 000	22.000	»	»
Sud-Ouest.	12.000	8.000	»	4.000
Vosges méridionales. . .	105.000	10.000	»	500
Haut-Rhin.	7.500	1.000	»	5.900

Cette extraction a produit les valeurs de prix de vente sur le carreau des mines ci-après :

1865	1885	Augmentation.
133.000.000 fr.	228.000.000 fr.	95.000.000 fr.

elle a été obtenue avec un nombre d'ouvriers qui a varié de :

1865	1885	Augmentation.
78.735	101.616	22.881

Par un salaire de :

1865	1885	Augmentation.
59.000.000 fr.	105.000.000 fr.	46.000.000 fr.

L'étude des tableaux graphiques montre que cette augmentation est due, pour la plus grande partie, au bassin houiller du Nord et du Pas-de-Calais qui a passé de 3.450.000 tonnes en 1865 à 9.710.000 tonnes en 1885, soit une augmentation

de 181 % par rapport à lui-même, et de 53,80 0/0 par rapport à la production totale française. » (Dujardin-Beaumetz).

La production des houillères du Pas-de-Calais a été en 1887 de 7.119.633 tonnes se répartissant ainsi qu'il suit, par concession :

Dourges	327.388 tonnes.
Courrières	963.233 —
Lens et Douvrin	1.295.976 —
Bully-Grenay	808.066 —
Nœux	970.635 —
Bruay	779.482 —
Marles	536.787 —
Ferfay	162.221 —
Auchy-au-Bois	7.318 —
Fléchinelle	43.306 —
Liévin	523.700 —
Vendin	60.022 —
Meurchin	203.870 —
Carvin	186.068 —
Ostricourt	42.300 —
Courcelles-les-Lens	48.937 —
Drocourt	106.314 —
	<hr/>
	7.119.633 tonnes.

Les compagnies houillères du Pas-de-Calais ont occupé en 1887 environ 22.000 ouvriers au fond et 7.000 au jour auxquels il a été distribué 31.000.000 de francs de salaires.

HOUILLÈRES DU CENTRE

I

BASSIN DE LA LOIRE

Historique et statistique. — Avant le XVII^e siècle, le bassin de la Loire était presque inconnu ; au XVIII^e siècle diverses exploitations attaquèrent les têtes des affleurements à de faibles profondeurs. Mais dès le commencement de notre siècle les travaux d'exploitation commencèrent à prendre une certaine extension ; en 1816, M. Beaunier publia dans les *Annales des Mines* la topographie souterraine du bassin houiller. La multiplicité des couches des environs de Saint-Etienne lui fit admettre plusieurs subdivisions dans le bassin de la Loire en petits bassins particuliers contenant chacun un certain nombre de bancs de houille. Cette théorie admise d'abord par Beaunier pour le bassin de Saint-Etienne, mais bientôt abandonnée par son auteur, fut soutenue et développée en 1842 par M. Burat pour

les dépôts de Saône-et-Loire ; il considéra le Creusot, Saint-Eugène, Saint-Bérain, Long-Pendu, Montchanin et Blanzv, comme des sous-bassins distincts.

Jusqu'en 1837 les exploitants de Saint-Etienne avaient conservé les anciennes opinions de M. Beaunier sur la structure du bassin.

Les études de M. Fournet sur les couches de Villars en connexion avec celles de Mont-Salson, celles de M. Locard sur cette dernière concession, de M. Brochin sur les environs de Firminy portèrent bientôt la lumière sur la structure souterraine du terrain houiller de la Loire. A cette époque les exploitants pensaient encore que les couches de Rive-de-Gier s'amincissaient et disparaissaient dans la direction de Saint-Chamond ; mais dès 1847, M. Gruner publia sa carte du bassin houiller de la Loire. C'est à cet éminent ingénieur que revient l'honneur d'avoir classé d'une manière rationnelle tous les faits épars observés, et d'avoir divisé l'ensemble du terrain houiller en quatre systèmes ou étages distincts bien caractérisés.

On connaît peu de documents relatifs à la découverte et à l'exploitation de la houille à Rive-de-Gier ; il paraît cependant que les mines de Gravenand et du Mouillon furent découvertes dès le XIV^e siècle (*Journal des Mines*, an IV, tome III, 1795).

Il existe encore d'anciens traités entre particuliers qui prouvent qu'on s'occupait d'extraire de la houille dans le XV^e siècle. Mais à cette époque il n'y avait pas d'exportation lointaine, le transport s'opérait par des bêtes de somme et le charbon extrait était consommé dans la localité ou aux environs.

La première exportation dans le XVII^e siècle eut lieu à dos de mulet sur Condrieu et Givors. En 1721 un traité est conclu pour l'extraction d'une carrière de charbon à la Baie, territoire du Mouillon. Mais l'industrie houillère prit bientôt une extension rapide : déjà en 1750 le transport de la houille occupait environ 700 mulets ; de 1765 à 1784, 1600 à 1700 bêtes de somme pour transporter à Givors et à Condrieu la houille des environs de Rive-de-Gier. En 1784, le canal de Givors est navigable ; aussi dès 1785 la consommation de la ville de Lyon était de 60,000 bennes de pérat ou gros. Les documents les plus anciens que l'on possède sur les mines de Saint-Etienne sont :

1^o *Description du gouvernement de Lyon* par d'Herbigny (1694) ; 2^o *Un arrêté du Conseil du 27 septembre 1747* permettant aux ouvriers de terre de tirer des mines de Roche-en-Foréz, le charbon nécessaire à leur industrie ; 3^o *Les Mines de charbon* par Morand (1766) ou l'on veut que le propriétaire du sol cède à des entrepreneurs le droit d'exploiter la houille.

Vers cette époque, aux environs de Saint-Etienne les mines étaient distribuées de la manière suivante : un treuil, un puits, à Mouthieu, deux fosses, à Terre-Noire une fosse, à Saint-Jean-de-Bonnefond, plusieurs fosses, à Roche-la-Moillère, trois fosses, aux environs de Chambon trois fosses, à Firminy trois ou quatre fosses, à Saint-Genest-en-Lerpt deux ou trois fosses.

La *Notice anonyme de l'an IV* donne les renseignements statistiques suivants sur les exploitations de la houille à Saint-Etienne et Rive-de-Gier :

Saint-Etienne :	1795	25.080.000 myriagrammes de houille occupant
		800 ouvriers.
Rive-de-Gier	{	1761 775.769 bennes de houille par 29 puits
		1762 829.319 » » 52 »
		1763 893.625 » » 64 »

En 1812 Saint-Etienne et Saint-Chamond extrayaient de 43 puits 1.050.263 quintaux métriques de charbon représentant alors une valeur de 573.268 francs; en ce temps-là, la houille grasse valait 0 fr. 65 le quintal métrique et la houille menue 0 fr. 40.

Le mouvement du bassin de la Loire dans les années 1844 à 1846 a été de

1844	12.250.120 quintaux métriques.
1845	14.055.298 » »
1846	15.090.573 » »

En 1863 la production s'est élevée à 2.813.382 tonnes.

1865 avec 50 mines, 14215 ouvriers, la produc. de 30.456.000 q. valeur 34.700.354 f.

1868	» 48	» 14062	» »	31.023.754	» 35.427.071
1867	» 47	» 15008	» »	32.708.156	» 37.447.558
1866	» 47	» 15785	» »	33.731.595	» 38.703.806
1869	» 48	» 15447	» »	30.798.248	» 36.527.541

Structure du bassin ligérien. — Le bassin houiller de la Loire ou bassin ligérien a une étendue superficielle de 22 à 25.000 hectares, environ la vingtième partie de la surface totale des terrains houillers reconnus; mais sur cette superficie de ce bassin, la moitié est pauvre ou stérile, en sorte que la surface houillère productive ne dépasse pas en réalité 12 à 13.000 hectares; cependant le bassin houiller ligérien produit le quart ou le cinquième de la production houillère de la France.

« La position géographique, dit M. Burat, a dominé les conditions de richesse et de facilité d'exploitation. Trente kilomètres de différence ont suffi pour assurer la priorité aux mines de Rive-de-Gier sur le marché de Lyon, tant que ces mines ont pu fournir à la demande. De ces conditions est résulté de tout temps une exploitation surmenée, et dès les années 1864 et 1865, on a pu constater un affaiblissement de leur production. »

Si l'on évalue à 18.000 hectares la superficie couverte par le système des couches houillères de Rive-de-Gier, on ne peut guère évaluer à plus de 9 à 10.000 hectares la superficie couverte par les trois étages superposés, formant le système supérieur dit de Saint-Etienne. L'étage inférieur de cette formation aurait seul cette étendue, l'étage moyen n'ayant couvert que 4.000 hectares, et l'étage supérieur environ 1.200 hectares.

La formation de Saint-Etienne comprend une série de dépôts de 800 à 1200 mètres d'épaisseur, contenant de 20 à 24 couches de houille dont les épaisseurs réunies ont de 47 à 58 mètres. Pour l'ensemble total du bassin, on aurait donc de 1400 à 1800 mètres de puissance totale des dépôts houillers, avec des épaisseurs de houille de 57 à 78 mètres réparties en 27 couches. »

Les propriétaires du sol ou de la surface reçoivent des exploitants une redevance qui est fixée de la manière suivante.

Jusqu'à 50 mètres de profondeur, couches de 1 à 2 m.	$\frac{1}{9}$ de 3 m. et au-dessus	$\frac{1}{6}$
de 50 à 100 m.	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{8}$
de 100 à 150 m.	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{10}$
de 150 à 200 m.	$\frac{1}{18}$	$\frac{1}{12}$

Le résultat moyen est environ $\frac{1}{10}$ du produit brut, les redevances payées aux propriétaires de la surface par les compagnies houillères du bassin de la Loire dépassent la somme de deux millions de francs par an.

« Le terrain houiller de la Loire, dit M. Gruner, est déposé dans une vaste dépression que présente le terrain micaschisteux du plateau central de la France. Au sud s'élève la côte du Pilat ; au nord, la chaîne parallèle de Riverie et de Fontanès ; à l'ouest, le plateau granitique des bords de la Loire, base des montagnes du Forez. Entouré de ces hauteurs, le bassin carbonifère, s'étend du nord-est au sud-ouest, depuis les bords du Rhône jusqu'aux rives de la Loire. D'abord fort étroit, à son extrême limite sud-ouest, et même bifurqué sur une certaine étendue, il se renfle bientôt vers le nord, atteint sa plus grande largeur vers Roche-la-Molière et Saint-Etienne, se rétrécit de nouveau insensiblement au-delà de Saint-Chamond et devient surtout très prolongé en aval de Rive-de-Gier. Ainsi à Tartaras, la bande houillère est réduite à moins de 300 mètres, et, depuis ce point, elle longe la rive gauche du Gier jusqu'au Rhône, toujours étroite comme à Tartaras et même parfois divisée en deux par une série d'îlots primitifs. Je le répète, le bassin se prolonge réellement jusqu'à Givors, sur le Rhône et reparaît même sur l'autre rive entre Ternay et Communay ».

La surface du terrain houiller de la Loire est fort accidentée ; mais, malgré les dislocations qu'elle a éprouvées, il reste encore des traces remarquables de la configuration originelle ; sur la lisière méridionale, le terrain houiller ligérien est dominé par l'imposant massif du Pilat ; au sud-ouest, les montagnes granitiques et schisteuses, au pied desquelles la Loire a trouvé son lit, forment aussi l'encaissement du bassin houiller ; enfin, sur la lisière septentrionale, les relèvements du terrain houiller dominant même les sommités formées par les roches les plus anciennes. Donc l'encaissement montagneux du sol primordial forme une barrière très nette et bien accusée aux dépôts carbonifères.

Le terrain houiller du bassin de la Loire a éprouvé des dislocations assez intenses qui ont déterminé des dérangements considérables, des cassures, des failles. L'ensemble des sédiments carbonifériens a été d'abord fortement comprimé par deux grands soulèvements, celui du mont Pilat, au sud-ouest, et celui du mont Crépon, au nord-ouest. Cette compression, par deux arêtes latérales, semble avoir donné, au terrain houiller de la Loire, cette forme en fond de bateau que quelques géologues considèrent comme caractéristique des sédiments de cette période.

M. Gruner, dans sa *carte géologique du bassin de la Loire* divise l'ensemble des sédiments carbonifériens en quatre systèmes, qui sont de bas en haut ou du plus ancien au plus récent :

1° *Système des couches de Rive-de-Gier*, comprenant toutes les couches de Rive-de-Gier, il paraît s'étendre sur toute la surface du bassin ;

2° *Système inférieur de Saint-Etienne*, qui comprend les couches de Saint-Chamond, celles du Nord et de l'Ouest de Saint-Etienne ;

3° *Système moyen ou de Bérard*, centre du bassin de Saint-Etienne, il renferme les couches les plus importantes du bassin et les concessions les plus considérables ;

4° *Le système supérieur ou du Bois d'Avéize*, développé surtout dans la colline du Bois d'Avéize.

Le système de Rive-de-Gier occupe une superficie d'environ 17 890 à 18 000 hectares ; le système inférieur de Saint-Etienne 10 000 hectares, celui de Bérard 4 725 hectares ; enfin le système supérieur a seulement une étendue de 1 330 hectares ; les limites de ces différents systèmes sont grossièrement parallèles et concentriques.

« On voit donc, dit M. Gruner, que les quatre systèmes diminuent progressivement d'étendue depuis le plus ancien jusqu'au dernier, ce qui devait effectivement se produire, si nous envisageons le terrain houiller comme un dépôt qui est venu à la longue combler un lac, ou bien encore si nous supposons, ce qui me paraît mieux expliquer tous les faits, que le sol durant la période houillère, s'est sensiblement abaissé vers le centre, pour recevoir de nouvelles couches, tandis que la lisière Nord et les extrémités Est et Ouest n'ont pas participé à ce mouvement, au moins au même degré, et se sont ainsi trouvées plus promptement comblées ou émergées. »

L'épaisseur totale des trois derniers groupes de couches, à Saint-Etienne, est d'après M. Gruner, de 800 à 1 200 mètres, contenant de 20 à 24 couches de houille dont la puissance réunie atteint 47 à 58 mètres. Le terrain houiller de Saint-Etienne est rompu, brisé, faillé, tandis que celui de Rive-de-Gier, au contraire, a une allure plus régulière.

Vers les limites occidentales du bassin ligérien, les couches sont dirigées N-S, comme d'ailleurs les chaînes granitiques sur lesquelles elles s'appuient. Vers

Saint-Chamond, les strates houillères inclinées vers le N, courent de l'E. 32° à 36° N. à l'O., à 36° S., parallèlement aux schistes micacés qui forment la limite du terrain houiller.

Depuis l'époque de la publication de la *carte géologique du bassin houiller de la Loire*, l'observation a peu ajouté aux connaissances générales acquises alors. Cependant la structure du bassin houiller prise dans les détails, l'âge de chacun des étages, les roches qui s'y trouvent, tout a été étudié et aujourd'hui est mieux connu qu'en 1847.

M. Grand'Eury par ses études sur la flore fossile a fait connaître quelques faits nouveaux et a résolu quelques questions indécises ou indéterminées relatives aux terrains houillers.

Chacun des quatre systèmes de couches du bassin de la Loire renferme diverses couches de houille dont quelques-unes portent un nom local et toutes un numéro d'ordre. Sur la carte de M. Gruner, dans le *système inférieur* ou de Rive-de-Gier, la couche dite la *Gentille* porte le n° 4, la *Bourruux* le n° 3, la *Bâtarde* ou les *Bâtardes* le n° 2, la *Grande Masse* le n° 1. Dans le *système inférieur de Saint-Etienne* le n° 13 appartient à la *grande couche de l'Étang*, la couche de Villars, de Cluzel, de la Tour, etc.; le n° 14 à la *couche des Roches*, le n° 15 à la couche de la *Vattre*, les n° 11 et 12 aux petites couches de *Reveux*.

Dans le *système moyen de Saint-Etienne*, le n° 3 correspond à la *grande* ou 3^e couche, les n° 4, 5, 6, 7, 8 aux couches dites à Bérard, *quatrième cinquième, sixième, septième, huitième*. C'est cette huitième couche qui a été figurée dans le beau plan en relief exposé par la Société des houillères de Saint-Etienne.

Concessions du bassin de la Loire. — Le bassin de la Loire est divisé en un nombre assez considérable de concessions qui semblent tracées au hasard, tant sous le rapport de leur étendue comparative que sous celui de l'allure et de leur situation relativement aux moyens de transport.

Dès 1824, le bassin de la Loire était divisé en 60 concessions concurrentes : les principales concessions actuelles sont : la *Société des mines de Montrambert et la Béraudière*, *Société des mines de Saint-Etienne*, *Société des mines de la Loire*, *Société de Firminy et Roche-la-Molière*, etc. La Société des mines de Rive-de-Gier possède les concessions de la *Grand-Croix de Reclus*, de la *Crypte*, de *Couzon*, soit 1 318 hectares. Il y a encore dans le bassin du Gier, les concessions du *Ban* 73 hectares, le *Mouillon* 90 hectares, *Combe-Plaine* 98 hectares, *Grandes-Flaches* 172 hectares, la *Péronnière* 79 hectares, *Combe-Rigol* 190 hectares, le *Plat-Gier* 235 hectares, *La Faverge* 55 hectares, *Tartaras* 1 043 hectares, etc.

La Société des mines de la Loire possède les concessions de *Montsalson*

280 hectares, de *Villars* 327 hectares, de la *Chana*, le *Cluzel*, *Quartier-Gaillard* 1 629 hectares, total 1 942 hectares.

La Société de Saint-Etienne a les concessions de *Méons* et la *Roche* 180 hectares, le *Treuil* 199 hectares, *Bérard*, *Chaney* 221 hectares, *Terre-Noire*, *Côte Thiolière* 641 hectares, soit au total 1 241 hectares.

La Société de Montrambert et la Béraudière 1 145 hectares, *Beaubrun* 289 hectares, total 1 434 hectares. *Firminy* et *Roche-la-Molière* 5 856 hectares, *Unieux* et *Fraisse* 702 hectares, la *Chazotte* 606 hectares, le *Monteil*, *Reveux* 44 hectares, la *Baralière* 38 hectares, *Villebaeuf* 201 hectares, le *Janon* 215 hectares, *Montreux* 70 hectares, *Saint-Jean Bonnefonds* 322 hectares, *Saint-Chamond* 3 542 hectares.

La Société anonyme des mines de la Loire possède actuellement les concessions du *Quartier-Gaillard*, de *Dourdel* et *Montsalson*, du *Cluzel*, de *Villars*, de la *Chana* et la concession de *Beaubrun* pour les deux-tiers formant une superficie totale de 2 341 hectares.

En 1855 la production en houille a été de 467 000 tonnes et de 821 000 tonnes en 1883, le maximum atteint ; depuis, la production s'est un peu ralentie.

Toutes les couches de houille connues dans le bassin ligérien existent dans le périmètre des mines de la Loire ; mais l'exploitation n'a pas dépassé en profondeur la 10^e couche, excepté à la Chana où affleure la 15^e couche relevée par un puissant rejet.

L'extraction se fait par quatre puits principaux, le puits de la Loire, le puits des *Rosiers*, *Beunier* et de la *Chana*.

Les mines de la Société la Loire produisent toutes les variétés de charbons gras et mi-gras, charbons de forge, charbon à gaz, charbon de chauffage, charbon à coke, etc.

A la sortie de la mine, les charbons classés sont divisés en quatre catégories : 1^o les *menus fins* de 0 à 12 millimètres, 2^o les *braisettes* de 12 à 25 millimètres, 3^o les *dragées* de 25 à 45 millimètres, 4^o les *chatilles* au-dessus de 25 millimètres.

Parmi les objets exposés par la Société des mines de la Loire dans la classe 48, on a remarqué :

- 1^o Une coupe géologique qui traverse les concessions de l'Ouest et l'Est ;
- 2^o Un plan d'ensemble des travaux à l'échelle de $\frac{1}{1000}$;
- 3^o Quelques échantillons de houille et de coke sur lesquels nous reviendrons plus loin.
- 4^o En outre, un modèle au $\frac{1}{10}$ de la grande taille montante pratiquée dans la 8^e couche au puits de la Chana.

La 8^e couche a 3^m,50 à 4 mètres de puissance, avec une inclinaison moyenne

de 18 à 20 degrés. Le toit schisteux est ébouleux et le charbon grisouteux. Au puits de la Chana M. de Rousset a fait appliquer une méthode d'exploitation qui présente les avantages suivants :

1° Enlèvement sans danger, en une seule fois d'une couche de 4 mètres de puissance ; 2° très-forte production des chantiers ; 3° mise en place facile des remblais ; 4° chargement direct, sans rejetage des charbons dans les bennes ; 5° production de gros beaucoup plus grande.

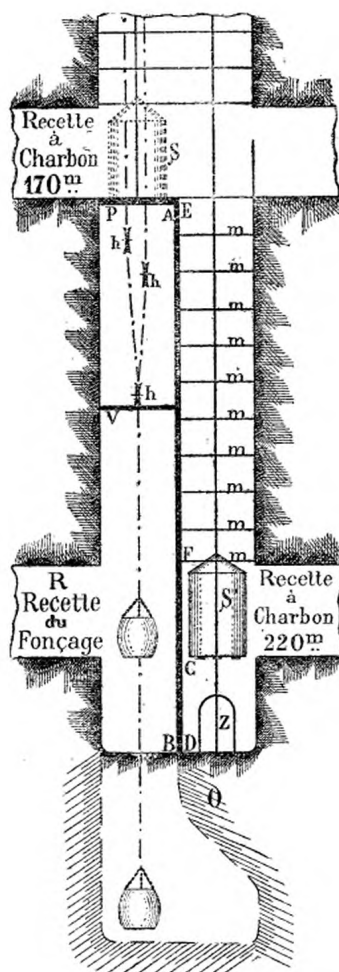
Cette méthode consiste à diviser d'abord la couche, dans le quartier à déhouiller en piliers de 50 mètres de longueur suivant le pendage, et de 30 mètres de largeur en direction. Chaque pilier est ensuite attaqué, sur toute sa largeur, par le niveau inférieur qui lui sert de limite : le chantier d'abattage a donc 30 mètres de développement en déviation, et avance suivant la ligne de plus grande pente du gîte.

Les piqueurs enlèvent en premier lieu, la partie supérieure de la couche sur toute la longueur du front de taille en laissant sous leurs pieds un banc de charbon de 1^m,50 d'épaisseur. Ils soutiennent le tout par une ligne de longrines placées bout à bout parallèlement au front de taille et étagées par des buttes provisoires appuyées sur le banc de charbon laissé au mur. Après avoir fait 2^m,8 à 3 mètres d'avancement dans la base du charbon du toit, ces piqueurs, enlèvent le banc du mur en remplaçant, les buttes provisoires, sans toucher aux longrines, par des buttes définitives, dont le pied est encastré dans le mur de la couche. Lorsqu'ils ont enlevé le banc du mur jusqu'à la dernière ligne de longrines, ils attaquent de nouveau le banc de toit, et ainsi de suite, alternativement. Une taille de 30 mètres occupe 14 piqueurs qui produisent 230 à 240 bennes de 5 hectolitres, soit en chiffres ronds 100 tonnes, c'est-à-dire 7 à 8 tonnes par piqueur.

Ces renseignements ont été fournis par une notice publiée par la Société des mines de la Loire.

5° Un modèle en relief au $\frac{1}{50}$ d'un fonçage sous demi-stot du puits de la Loire, de 220 à 530 mètres de profondeur (1882-1885). Le puits de la Loire a 3^m,60 de diamètre ; en 1882, le fonçage de ce puits fut décidé pour rechercher la 8^e couche ; il avait alors 220 mètres de profondeur, et le fond du puits était arrêté par un banc de grès dur et compacte. Il s'agissait de le creuser de 300 mètres environ sans arrêter ni ralentir l'extraction qui était alors de 1000 bennes par jour ; en outre le puits devait faire chaque nuit un épuisement de 300 mètres cubes d'eau.

Le projet de M. du Rousset (fig. ci-après) satisfait à ces diverses conditions. L'extraction se fit moitié par une ancienne recette d'accrochage établie à 170 mètres de l'orifice, moitié par la recette inférieure 220. On régla les câbles d'extraction en grossissant le tambour d'une des bobines, de telle sorte qu'en descendant une des cages s'arrêtait à la recette 170 et l'autre à la recette 220. Par suite de

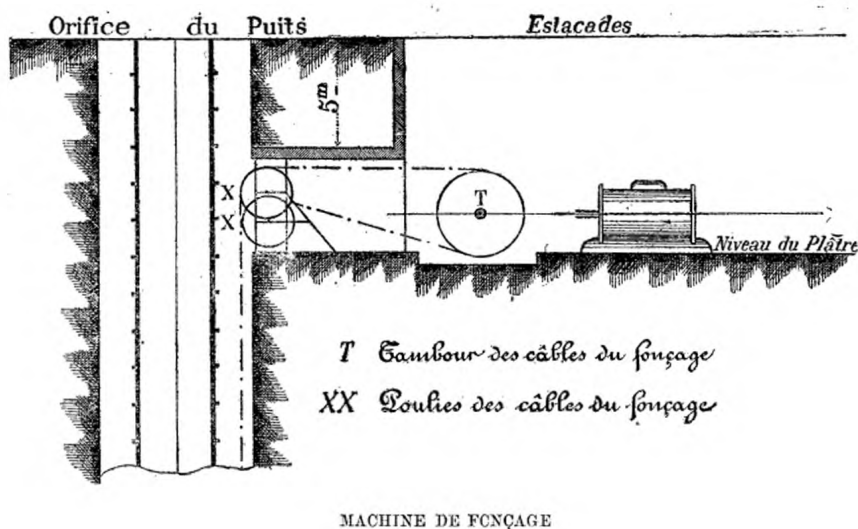


cette disposition, la moitié AB du puits devenait libre sur 50 mètres de hauteur, entre les deux recettes 170 et 220, puisque lorsque la cage S' était à l'orifice du puits, la cage S s'arrêtait à la recette 170. La partie AB du puits fut alors complètement isolée ; en haut par un solide plafond AP et latéralement par une élévation EFCD qui supportait les demi-moises *mm* du compartiment EF, et qui, dans le puits, de C en D, était faite de pièces de chênes superposées et formant cuvelage pour retenir les eaux dans le compartiment CD.

Cela fait on attaqua le fonçage à moitié diamètre par la recette R, on laissa en place le demi-stot O et on s'élargit quelques mètres plus bas.

On avait placé à l'extérieur une machine à vapeur spéciale pour le fonçage, à tambours cylindriques sur lesquels s'enroulaient des câbles en acier très légers, qui passaient derrière les moises du guidage jusqu'à la recette 270, traversaient le plafond P et étaient ramenés à l'aplomb convenable, dans le compartiment AB par des poulies de renvoi *h, h, h*. Le croquis page 121 indique la disposition de la machine de fonçage.

On a ainsi foncé au puits de la Loire, en trois ans, une profondeur de 220 à 530 mètres. A 500 mètres, on a traversé la huitième couche qui était l'objet du travail.



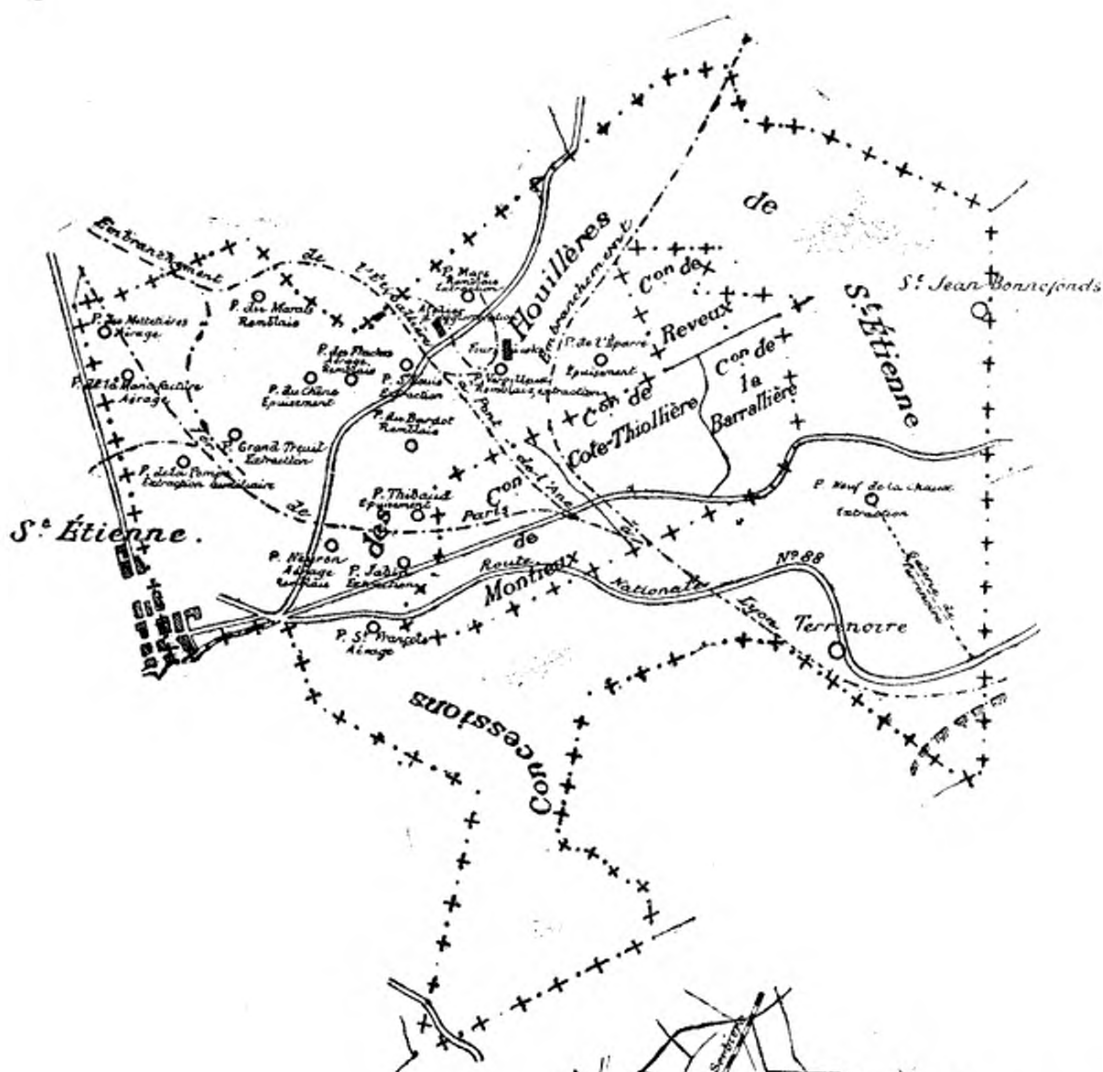
Société anonyme des houillères de Saint-Étienne

La Société anonyme des houillères de Saint-Étienne a exposé au Champ de Mars divers objets parmi lesquels, le remarquable plan en relief du bassin houiller de la Loire et une carte géologique du même bassin et dans cette exposition ont figuré aussi : un modèle en relief au 1/10^e de l'exploitation de la couche 13 au puits Saint-Louis et un dessin montrant la méthode d'exploitation de la même couche ; un modérateur de vitesse de machines d'extraction, dessin des pompes d'épuisement du puits de Chêne, des lampes, des échantillons de houille et de coke.

La Société anonyme des houillères de Saint-Étienne, constituée par acte du 3 octobre 1854 est le produit du démembrement de l'ancienne Société civile des mines de la Loire. Elle possède les concessions suivantes :

La Roche d'une superficie de .	33 ^h ,60	Chaney, d'une superficie de	160 ^h ,80
Méons — —	135 ^h ,30	Terre-Noire — —	612 ^h ,80
Le Trouil — —	201 ^h ,75	Grand-Ronzy — —	27.35
Bérard — —	63 ^h ,30	Total	1,239 ^h ,90

Les concessions de la Société des houillères de Saint-Étienne forment un seul



soutènement, situé à l'Est de la ville de Saint-Étienne ; au milieu se trouvent les enclaves des concessions de Monthieux, de côte Thiollière, de Reveux et de la Barallière.

Depuis sa création la Société a produit les quantités de houille suivantes :

Année	Quantité (tonnes)	Prix moyen de vente (fr.)	La tonne
1855	305.900	11.300	la tonne
1856	337.200	» 12.000	»
1857	286.000	» 12.700	»
1858	239.400	» 12.200	»
1859	283.600	» 12.200	»
1860	307.800	» 11.600	»
1861	355.000	» 11.100	»
1862	389.700	» 11.180	»
1863	427.500	» 11.240	»
1864	476.400	» 11.467	»
1865	499.500	» 11.616	»
1866	526.880	» 11.669	»
1867	547.734	» 11.696	»
1868	529.220	» 11.870	»
1869	527.105	» 12.251	»
1870	562.037	» 12.252	»
1871	492.405	» 12.358	»
1872	525.883	» 13.311	»
1873	598.860	» 17.582	»
1874	548.420	» 17.421	»
1875	496.590	» 16.403	»
1876	470.725	» 15.699	»
1877	447.279	» 15.480	»
1878	383.671	» 15.476	»
1879	389.360	» 15.365	»
1880	478.170	» 15.124	»
1881	515.450	» 14.832	»
1882	540.500	» 15.085	»
1883	541.500	» 15.531	»
1884	461.000	» 15.899	»
1885	400.000	» 15.824	»
1886	392.800	» 15.229	»
1887	420.400	» 14.663	»
1888	134.300	» 14.160	»

Le maximum de production de 1855 à 1888 a été atteint à l'année 1873 avec 598 860 tonnes ; le maximum du prix de vente correspond aussi à l'année 1873 soit 17 fr. 582 la tonne. Ces chiffres sont traduits graphiquement par les diagrammes suivants.

La Société des houillères de Saint-Étienne a fait connaître dans une suite de tableaux et de graphiques la production par homme, la production par journée d'ouvrier et le prix moyen des journées de travail.

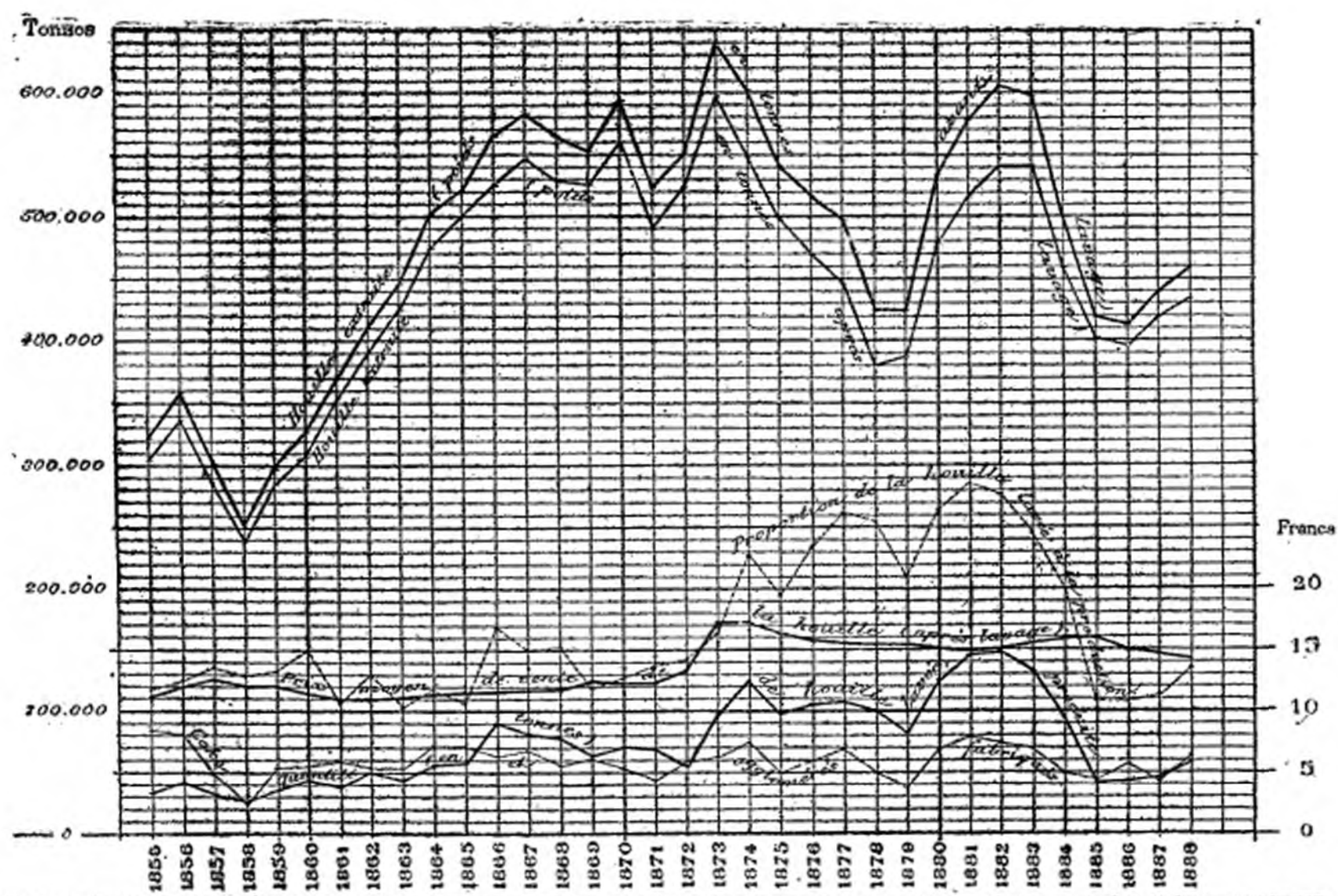


DIAGRAMME N° 1

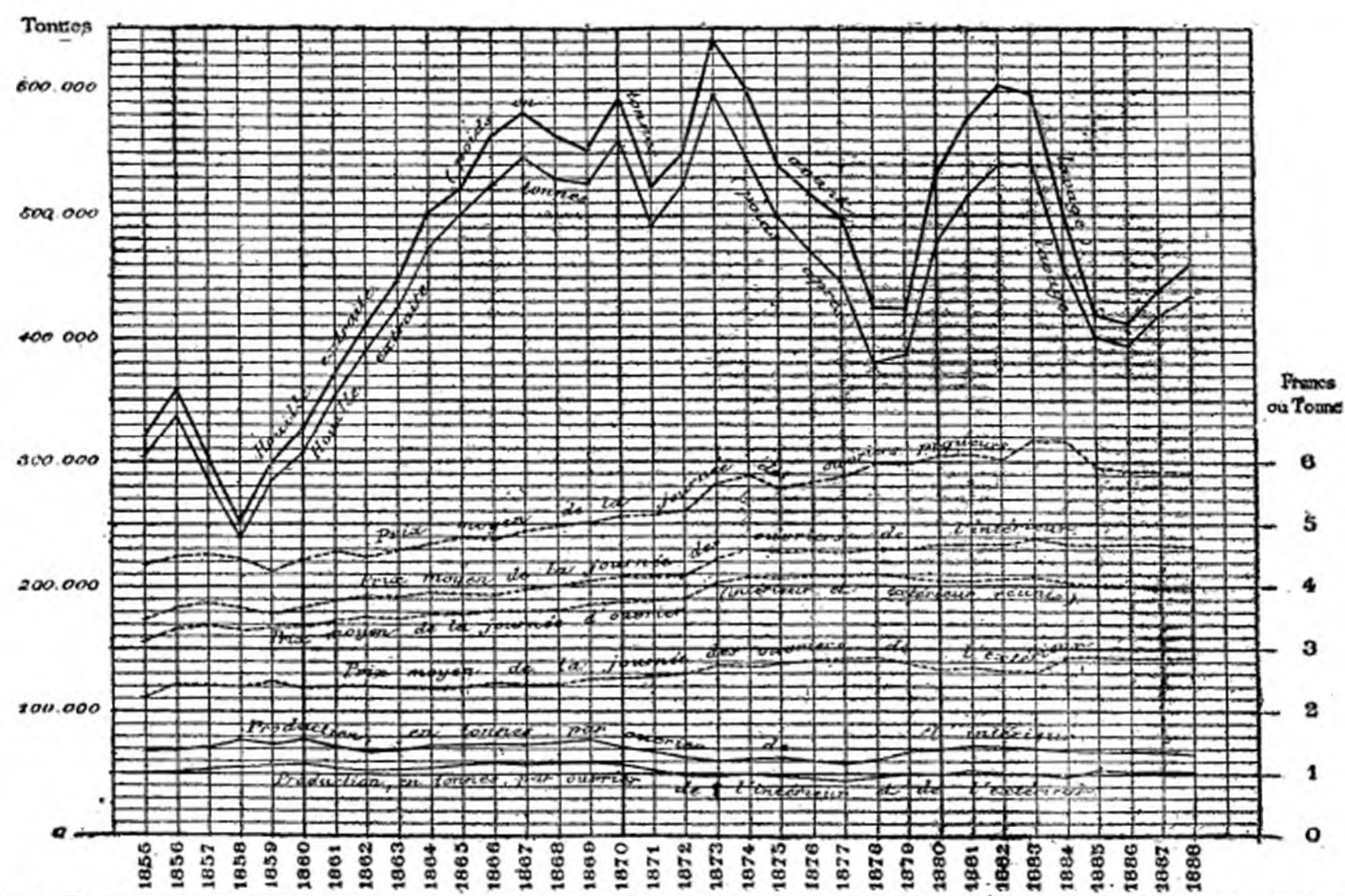


DIAGRAMME N° 2

Production par homme de l'intérieur et de l'extérieur, en tonnes de houille nette (après triage et lavage) depuis 1878 à 1888.

Année	Intérieur fr.	Extérieur fr.	Intérieur et extérieur fr.
1878	1.139	3.676	0.869
1879	1.245	3.702	0.931
1880	1.232	3.318	0.896
1881	1.294	3.246	0.925
1882	1.251	3.117	0.893
1883	1.281	3.153	0.911
1884	1.269	3.152	0.892
1885	1.277	3.361	0.004
1886	1.288	3.243	0.993
1887	1.221	3.285	0.995
1888	1.337	3.132	0.853

Les charbons soumis au lavage subissent un déchet qui est d'environ 30 % pour les houilles de Saint-Étienne.

Le tableau suivant fait connaître le prix moyen des journées de travail aux mines de la Société depuis l'année 1869.

	Intérieur fr.	Extérieur fr.	Intérieur et extérieur fr.
1869	4.094	2.197	3.116
1870	4.168	2.555	3.791
1871	4.175	2.583	3.771
1872	4.207	2.613	3.820
1873	4.505	2.716	4.093
1874	4.591	2.732	4.153
1875	4.523	2.770	4.132
1876	4.545	2.815	4.158
1877	4.553	2.833	4.170
1878	4.615	2.820	4.192
1879	4.599	2.861	4.140
1880	4.692	2.699	4.115
1881	4.666	2.700	4.108
1882	4.684	2.661	4.104
1883	4.750	2.634	4.139
1884	4.751	2.893	4.083
1885	4.691	2.890	4.037
1886	4.675	2.821	4.980
1887	4.702	2.844	4.013
1888	4.622	2.820	3.949

La Société des houillères de Saint-Etienne extrait des charbons qui sont généralement friables, aussi une quantité considérable est agglomérée sous forme de briquettes ou transformée en coke. Elle possède deux ateliers d'agglomération

celui de Méons et celui du Treuil. Le premier fabrique des briquettes de deux types, savoir :

1° Briquettes de 6 kilogrammes.

2° Briquettes de 700 grammes.

Cet atelier emploie une presse Couffinhal à double compression et une machine motrice horizontale, à distribution par tiroir rotatif, système Biétrix.

La préparation du mélange à agglomérer est faite dans les fours à réverbère du système Marsais, le brai gras est obtenu par un mélange de brai sec et de goudron ; la proportion du brai est de 4,75 pour cent. La production par poste de 10 heures, est de 70 tonnes pour les briquettes de 6 kilogrammes et de 60 t. avec les petites.

A l'atelier du Treuil, beaucoup moins important que celui de Méons, la production est de 18 tonnes par poste de 10 heures. On y fabrique de petites briquettes du poids de 200 grammes chacune et des briquettes perforées de 450 grammes.

La fabrication du coke se fait à Méons où la Société possède 100 fours belges et 5 fosses ; les houilles sont pulvérisées par un broyeur Carr ; la carbonisation dure 48 heures, les gaz des fours sont employés à chauffer des chaudières ; le menu coke est classé par un trommel.

La production de briquettes et de coke depuis 1868 à 1888 est donnée dans le tableau suivant.

Années	Agglomérés	Coke	Années	Agglomérés	Coke
1868	27.054	30.865	1879	17.710	21.060
1869	20.839	31.799	1880	17.774	52.418
1870	20.980	34.445	1881	17.928	62.643
1871	19.836	25.641	1882	19.927	55.855
1872	22.649	37.195	1883	16.470	54.670
1873	17.794	46.667	1884	13.720	35.470
1874	11.895	52.582	1885	15.360	30.118
1875	14.052	36.217	1886	20.510	26.236
1876	4.258	56.769	1887	23.850	29.500
1877	11.663	56.759	1888	25.705	33.600
1878	12.020	38.155			

Actuellement la Société des houillères de Saint-Etienne a cinq sièges d'extraction en activité : le puits du Grand-Treuil, le puits Saint-Louis, le puits Mars, le puits Verpilloux et le puits de la Chaux.

Au puits du Grand-Treuil l'extraction se fait à 308 mètres de profondeur ; les couches exploitées sont les 8° 11° et 12° ; la production journalière en 8° couche est de 850 tonnes et en 11° et 12° couches de 240 tonnes. Le charbon de ces deux dernières est remonté par le puits auxiliaire de la pompe, sur une hauteur de 200 mètres. On fonce un puits de 650 mètres pour l'exploitation des deux dernières couches.

Au puits du Grand-Trenil, l'aérage est fait pour les travaux de la 8^e couche par un ventilateur Guibal de 9 mètres de diamètre et 2 mètres de largeur placé sur le puits de la manufacture, et pour ceux des 11^e et 12^e couches par un ventilateur centrifuge de 5 mètres de diamètre et 1 mètre de largeur, tournant à 110 tours par minute, placé au puits Neyron.

Enfin l'introduction des remblais a lieu par les puits du Marais, Neyron et de la Manufacture, le puits Saint-Louis a 390 mètres de profondeur sert à exploiter la 13^e couche ; la production journalière est de 400 tonnes ; il est aéré par un ventilateur Guibal de 2 mètres de large et 9 mètres de diamètre placé au puits des Flaches ; le puits Verpilleux exploite aussi la 13^e couche à la profondeur de 390 mètres ; la production journalière est de 300 tonnes, il est aéré par un Guibal de 2 mètres de large et 9 mètres de diamètre placé au puits Saint-François.

Le *puits Mars*, a 300 mètres de profondeur, sert à l'exploitation de la quinzième couche : la production journalière est de 200 tonnes ; l'aérage est naturel ; l'air frais entre par le *puits de l'Isérable* et sort par le *puits Mars*.

Le *puits de la Chaux*, a 180 mètres de profondeur, sert à exploiter une couche de houille qui est la réunion des couches n^o 2, 3, 4 et 5 de l'étage inférieur de Saint-Etienne : la production journalière est de 130 tonnes ; l'aérage est aussi naturel. La plupart des exploitations de houille de la Loire se font par la méthode de grandes tailles avec remblais complets.

Au *Verpilleux*, les remblais sont introduits par le puits spécial du *Baudot* ; au *puits Mars*, l'introduction des remblais a lieu pendant la nuit. Il est placé dans les travaux, journellement, environ 1,600 bennes de remblais, soit 730 mètres cubes par jour ; 600 bennes environ sont prises dans les travaux, et 1 000 ou 580 mètres cubes sont à descendre chaque jour dans les travaux au moyen de balances automotrices. Voici quelques chiffres qui montrent la quantité de remblais placés annuellement dans les travaux :

1875	124.000 mètres cubes	1882	176.500 mètres cubes
1876	112.000 » »	1883	183.315 » »
1877	155.690 » »	1884	198.670 » »
1878	151.160 » »	1885	173.902 » »
1879	143.000 » »	1886	201.817 » »
1880	162.470 » »	1887	215.920 » »
1881	165.300 » »	1888	258.122 » »

L'eau est généralement l'ennemie du mineur ; aussi l'épuisement des eaux exige-t-elle une énorme dépense ; aux houillères de Saint-Etienne, on a extrait 3 tonnes 7 d'eau pour une tonne de houille. Outre les bennes des différents puits, la Société a comme moyens d'épuisement plusieurs pompes dont les plus importantes sont celles du *puits de Chêne* et du *puits de l'Eparre* ; de l'année 1862 à 1888, la Société des Houillères de Saint-Etienne a extrait 13 803 678

tonnes de houille et épuisé 51 132 866 mètres cubes d'eau. Pendant les deux dernières années, 1887 et 1888, les pompes et les bennes ont extrait :

1887 : 2 016 091 mètres cubes d'eau,

1888 : 2 026 153 mètres cubes d'eau.

C'est une moyenne de 5 525 mètres cubes par jour.

La Société des houillères a suivi tous les progrès qu'a fait l'exploitation des mines et l'outillage; ses puits sont guidés en câbles ou en bois ou à chevalement tubulaire en fer. La machine d'extraction du Grand-Treuil est à deux cylindres, de 0^m,70 de diamètre et 2 mètres de course; les câbles plats en aloès, à section décroissante, comme d'ailleurs aux puits *Verpilleux* et *Mars*. Au puits *Verpilleux* la machine d'extraction est à deux cylindres de 1 mètre de diamètre et 1^m,20 de course inclinés à 45 degrés; au puits *Mars*, la machine a deux cylindres horizontaux de 0^m,60 de diamètre, et 1^m,80 de course; enfin, au puits de la Chaux, la machine est verticale et à engrenage, et les câbles sont en fil de fer.

A l'extrémité du puits du Grand-Treuil, se trouve une belle installation de lavage (lavoir système Villiers) qui lave 100 tonnes par poste de dix heures : toutes les opérations sont faites mécaniquement.

Dans les mines grisouteuses, l'éclairage et la ventilation jouent un rôle très important pour la sécurité et la bonne conduite des travaux. La Société des houillères de Saint-Étienne a supprimé entièrement le tirage à la poudre pour l'abatage de la houille; depuis trois ans elle a remplacé la lampe Mueseler par la lampe Marsaut à fermeture automatique. La Société a exposé les lampes de sûreté à fermeture électro-magnétique, un magnétique qu'elle emploie dans ses mines, un modèle du *modérateur de vitesse* des machines d'extraction et *évite-molettes* de M. Villiers. Cet appareil, qui fonctionne au puits *Jabin* et au puits *Verpilleux*, a pour but d'éviter tous les accidents de mise des cages aux molettes dans les puits d'extraction (1).

Pour le soutènement des galeries, elle emploie des cerces en fer à U dont les tronçons sont réunis par des manchons; le blindage des parois est fait au moyen de petits fers creux demi-ronds; les voies de ses mines sont entièrement métalliques : le rail est à simple champignon et pèse 7 kilogrammes le mètre; la traverse est un fer cornière très rigide.

La Société a exposé divers appareils tels que plan incliné automoteur, taquets d'arrêt, cloches d'appel, etc., représentés à l'échelle; plan de la pompe du puits du Chêne, de la descenderie des remblais du puits du Bardot, boussole de levée de plans de mine. La boussole de la Société des houillères de Saint-Étienne a un limbe mobile qui permet de lire directement l'angle au nord-vrai; elle est munie de deux niveaux à bulle d'air circulaire.

1. Voir d'ailleurs, dans la *Revue technique*, l'important travail de M. Du-jardin-Baumetz sur les procédés d'exploitation des mines et leur outillage.

N. D. L. R.

La Société des houillères de Saint-Étienne a exposé un plan et un modèle de grande taille d'exploitation.

On se rappelle les catastrophes du puits Jabin des années 1871 et 1876 : l'expérience a démontré qu'une puissante ventilation ne suffit pas à éviter les coups de grisou, aussi les exploitants ont admis : 1° que dans toutes les couches, les vides produits par l'enlèvement de la houille doivent être exactement remblayés ; 2° que les chantiers d'abattage doivent être disposés de façon à ce que le front de taille soit constamment léché par le courant d'air. L'adoption des grandes tailles, chassantes ou montantes, a été dès lors généralisée dans les chantiers de la Société, et notamment dans les travaux suivants : 8° couche, au puits du Grand-Treuil, 3^m,50 de puissance, très friable : tailles de 15 mètres de large ; 13° couche, aux puits Saint-Louis et Verpilloux, puissance 4^m,50 ; 15° couche au puits Mars, puissance 20 à 22 mètres, exploitation par tranches horizontales et grandes tailles de 30 à 35 mètres de largeur.

Le point essentiel de ce mode d'exploitation est un remblayage complet.

Le modèle exposé par la Société représente, à l'échelle de 1 à 10, une des grandes tailles chassantes de l'exploitation de la 13° couche au puits Saint-Louis, dans la période d'enlèvement de la tranche inférieure. Il représente cette tranche de houille au front de taille remplacée en arrière par des remblais, et la deuxième tranche à l'état mortif au-dessus des remblais. On remarque sur le modèle exposé : les détails des voies desservant le front de taille, le mode de boissage en *flandres*, la disposition des remblais, les plans inclinés auto-moteurs à freins à serrage automatique. Enfin un plan représente le champ d'exploitation du puits Saint-Louis.

Relief du bassin houiller de Saint-Etienne. La Société des houillères de Saint-Étienne a exposé un plan en relief du bassin houiller, qui a attiré l'attention de tous les mineurs et de tous les géologues qui ont visité l'Exposition. Ce relief, remarquable par sa belle exécution, est à l'échelle de $\frac{1}{5000}$ pour les hauteurs comme pour les distances horizontales ; ce plan représente le bassin houiller, dans lequel on a figuré une des couches les mieux connues par des travaux et qui occupe une grande étendue : c'est la 8° couche de M. Gruner de l'étage inférieur du système de Saint-Étienne, dont nous avons déjà parlé en décrivant le bassin houiller de la Loire. Cette couche, dans toute son étendue, entre Saint-Chamond et la Loire, est moulée avec toutes les formes et les failles qui l'ont rejetée et disloquée.

Des coupes et des affleurements, on a déduit la forme que devait avoir la cuvette du sol primitif dans lequel s'est déposé le terrain houiller. On a également, dans certaines parties, représentée la 15° couche et la position de la grande couche de Rive-de-Gier. Enfin, sur ce plan en relief un réseau de fils de laiton représente les couches de niveau du sol de 10 en 10 mètres de hauteur, et les divers accidents topographiques et hydrographiques du sol. Le réseau qui

Société anonyme des houillères de Montrambert et de la Béraudière.

Cette Société industrielle a exposé au Champ de Mars :

1° Quatre modèles en relief, montrant pour des couches de différentes puissances et de différents pendages la méthode par tranches horizontales et remblais ;

2° Un nouveau balancier d'équilibre de la pompe du puits de l'Ondaine ;

3° Balance à remblais du puits de Lyon ;

4° Projection verticale des travaux de la grande couche à la Béraudière ;

5° Emploi d'une turbine comme moteur dans l'intérieur de la mine ;

6° Installation du puits Ferrouillat ;

7° Plan des concessions ;

8° Coupe du terrain houiller à Montrambert et à la Béraudière ;

9° Statistiques diverses.

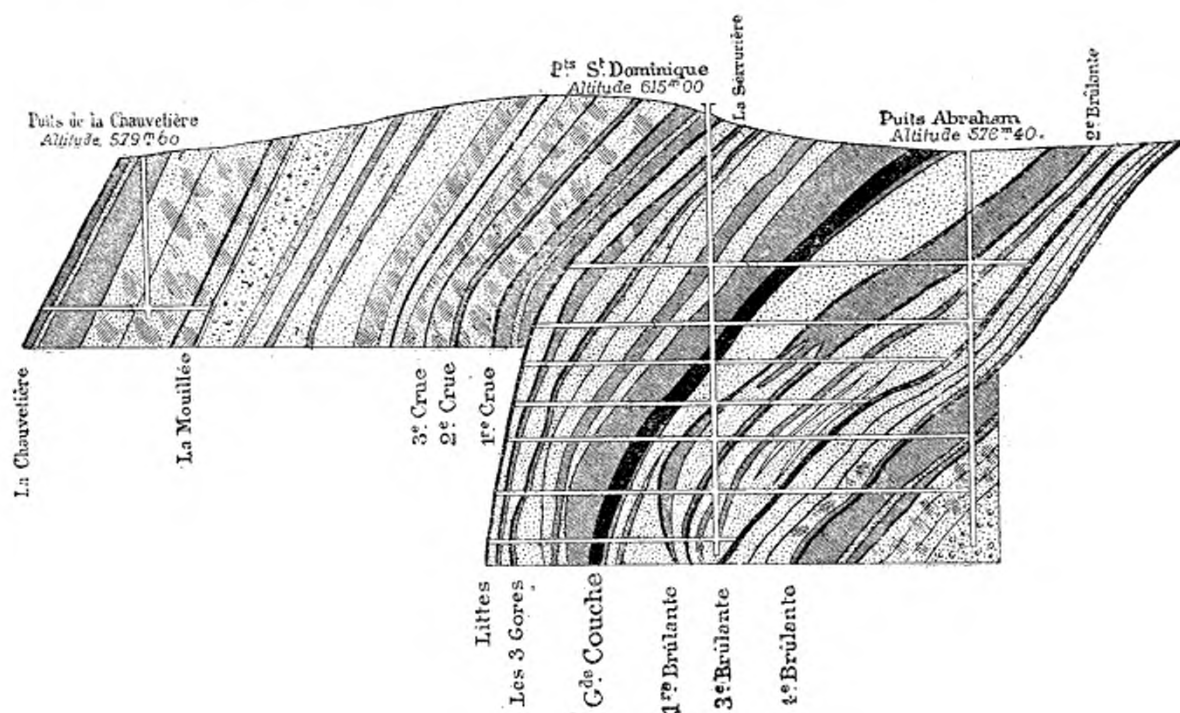
La Société possède les deux concessions de Montrambert et de la Béraudière, d'une contenance totale de 1146 hectares ; elles s'étendent sur le bord S.-O. du bassin houiller de la Loire, de Chambon au faubourg de Valbenoite (Saint-Étienne) ; les couches de houille qui s'y trouvent appartiennent à l'étage supérieur ou à l'étage moyen de Saint-Étienne.

Les figures ci-jointes montrent les couches de la Chauvetière ou des Combes, de 2 à 2^m,50 de puissance ; une couche de 1 mètre, la Mouillée de 2 mètres, toutes les trois comprises dans un espace de 150 mètres ; elles représentent le sommet de l'étage supérieur.

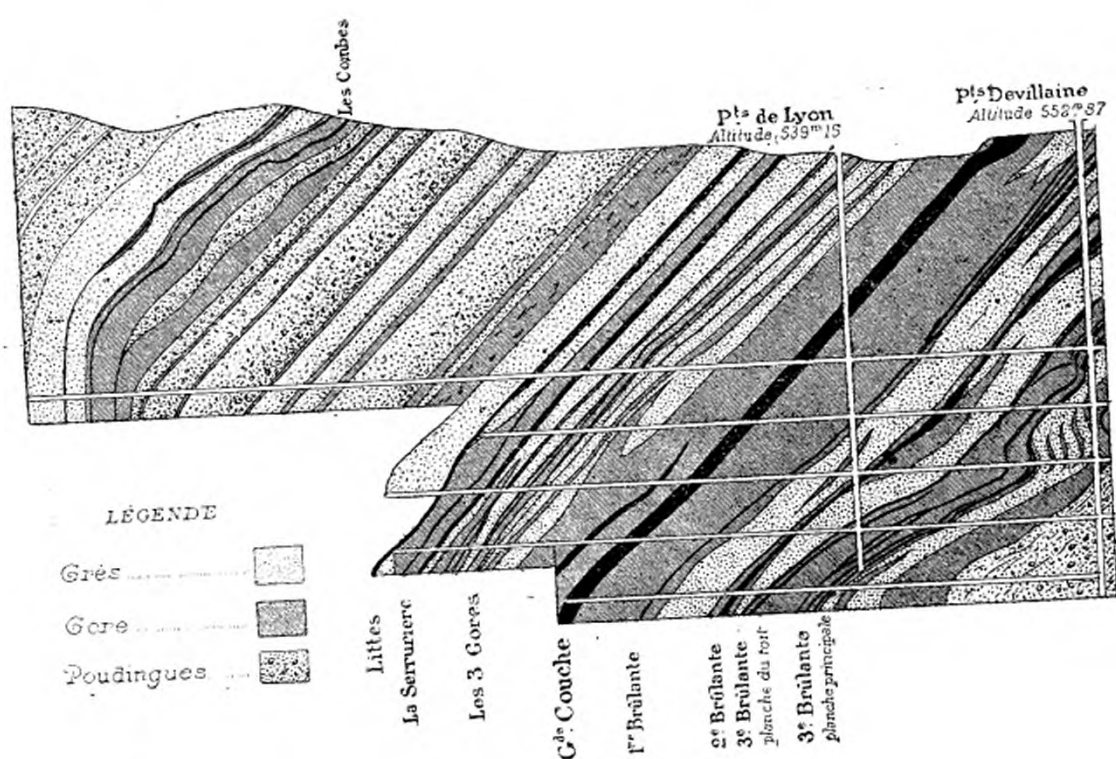
Après un intervalle stérile de 220 mètres de puissance, on trouve successivement les couches de houille dites : la 3^e *crue*, de 1 mètre d'épaisseur ; l'*Itatienne*, de 1^m,50 ; la 1^{re} *crue*, de 1 mètre ; la couche des Lattes, de 2^m,10 ; la *Serrurière* de 1^m,50, qui appartiennent, d'après M. Grand'Eury, au groupe inférieur, ou groupe des Rochettes.

A l'étage moyen, appartiennent les couches dites : la *Grande Couche*, d'une puissance de 10 à 15 mètres ; la 1^{re}, *brûlante*, de 1^m,50 ; la 2^e, *brûlante*, de 3^m,50 à 4,50 ; la 3^e, *brûlante*, de 3 à 6 mètres de puissance ; la 4^e, *brûlante*, de 1^m,20. Sur ces 14 couches, donnant ensemble au moins 33 mètres de charbon, 5 sont actuellement exploitées ; ce sont : la couche des Lattes, la *Grande Couche* et les 3 *premières brûlantes*, qui toutes fournissent des charbons durs, plus ou moins fibreux, à longues flammes, contenant de 30 à 40 % de matières volatiles.

En 1878, il existait deux centres d'exploitation ; le premier, celui de Montrambert, avec trois puits d'extraction, produisait annuellement 243 207 tonnes ;



COUPE NORD-SUD PASSANT PAR LES Puits DEVILLAIN (MONTRAMBERT).



COUPE EST-OUEST PASSANT PAR LE Puits SAINT-DOMINIQUE (BÉRAUDIÈRE).

celui de la Béraudière, aussi avec trois puits, produisait 267 554 tonnes de houille par an; le champ d'exploitation avait une longueur de 1500 mètres, et les travaux portaient sur les étages de 169 et 222. De 1889 à 1888, la production moyenne annuelle a été, à Montrambert, de 272 600 tonnes, et le niveau de l'exploitation est descendu aux étages de 306 et de 356.

A la Béraudière, la forte inclinaison des couches y rend la marche des travaux plus difficile qu'à Montrambert.

L'exploitation des couches de houille des concessions de Montrambert et de la Béraudière peut se diviser, selon les indications de la notice publiée par la Société, en quatre périodes :

La première, avant 1847, pendant laquelle le sol a été fouillé sans méthode; dans la deuxième, les étages vierges furent exploités par le système de tranches plates ou horizontales, et puis par des rabattages. — De 1863 à 1875, on employa les méthodes par rabattages et par tranches inclinées, concurremment avec les tranches plates; enfin, à partir de 1875, le système par tranches horizontales s'éleva à toutes les couches.

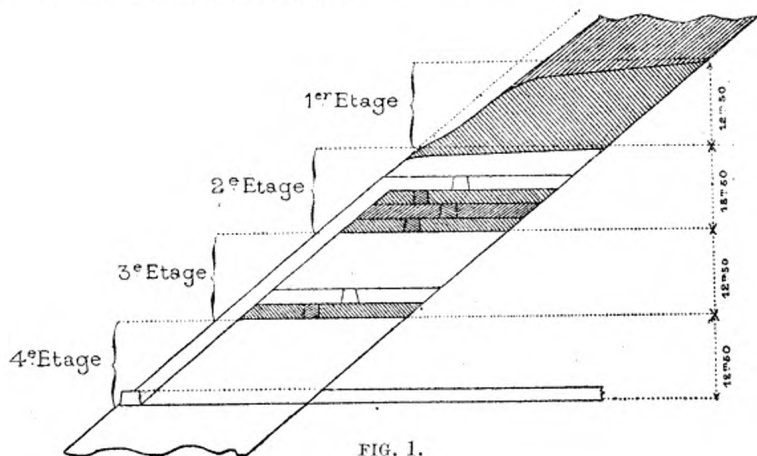


FIG. 1.

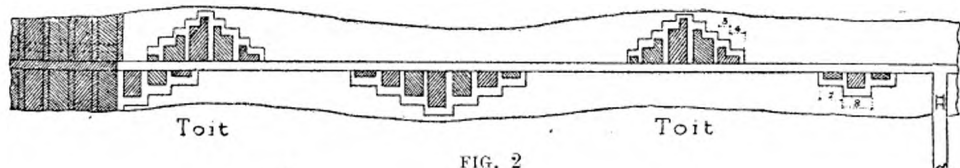


FIG. 2

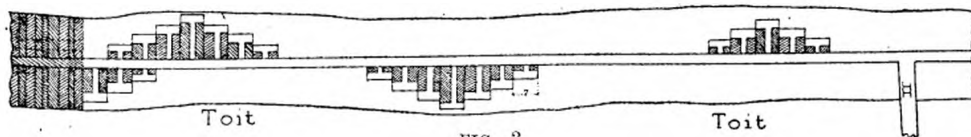
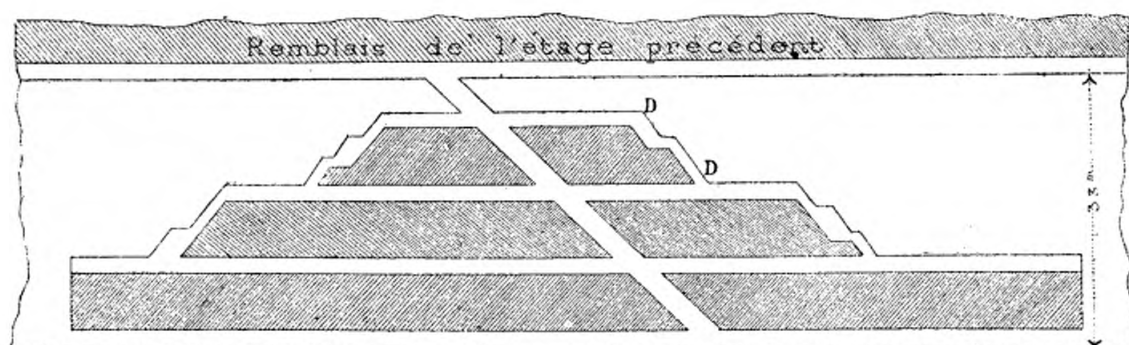
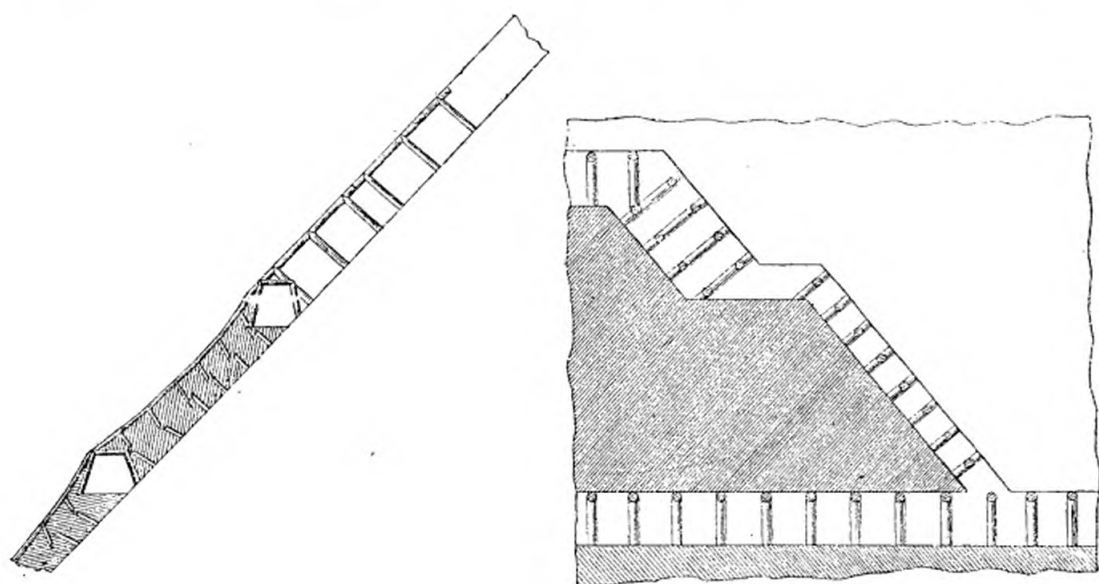
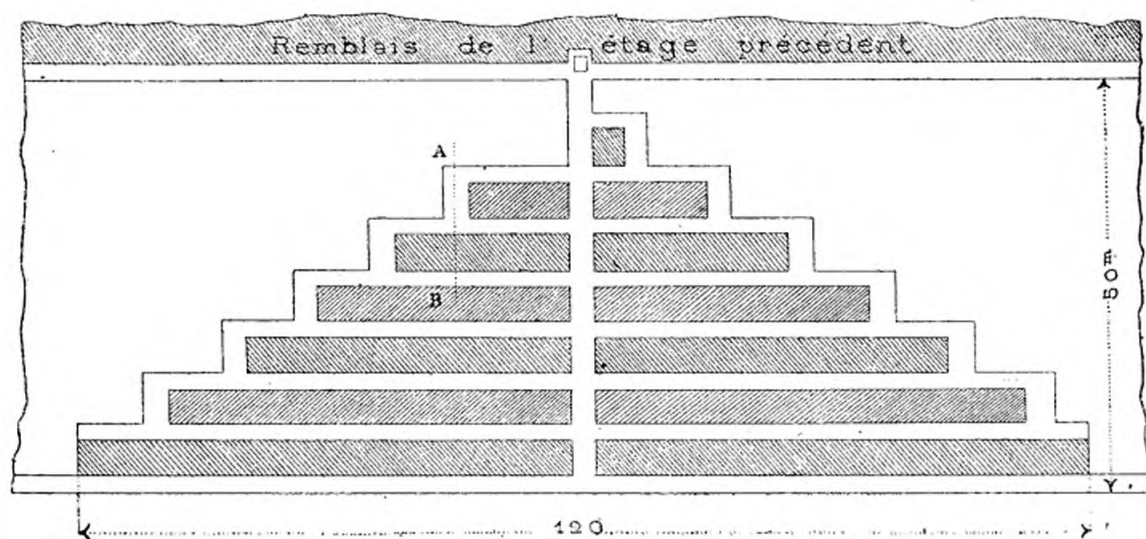


FIG. 3



De 1875 à 1882, la grande couche a été déhouillée par tranches inclinées ou par tranches horizontales, selon la pente et la puissance de cette couche. Actuellement, on l'exploite par tranches plates. Les figures ci-dessus montrent la disposition des travaux à l'étage actuel de 356 à Montrambert et les travaux aux puits Marseille et du Crêt-de-Mars ; au puits Devillaine, la puissance de la grande couche est considérable ; elle varie, en se maintenant souvent entre 7 et 8 mètres, et atteint quelquefois 20 mètres.

La puissance de la couche des Lattes varie de 1 mètre à 1^m,20, et son inclinaison de 35 à 70 degrés ; le toit et le mur sont généralement constitués par des gores avec un faux toit de schistes tendres de 0^m,20 d'épaisseur. — On dépile directement, sans laisser de pile protectrice, et on remblaie par sous-étages de 6^m,20 de hauteur verticale en donnant des fronts de taille de 8 mètres de longueur. L'ensemble forme une série de gradins renversés, représentés sur les figures ci-contre.

A la Béraudière, l'inclinaison dépasse souvent 70 degrés ; on est forcé de placer des plans inclinés en biais et de laisser une pile protectrice au-dessous. Les sous-étages sont dépilés par rabattages en direction, dans lesquels le boisage supporte le front de taille disposé en gradins (fig. 17 et 18).

La 1^{re} *brûlante* a une puissance qui varie de 1 à 2 mètres ;

La 2^e *brûlante* a une épaisseur qui varie de 2^m,50 à 4 mètres ; chaque massif, de 8500 mètres carrés environ, fournit annuellement de 28500 à 29000 tonnes.

La 3^e *brûlante* a généralement de 3 à 6 mètres de puissance, avec un toit et un mur formés de gore plus ou moins schisteux.

Par les modifications apportées depuis quelques années aux méthodes d'exploitation, la Société des Houillères de Montrambert et de la Béraudière est parvenue à produire annuellement de 50 à 60000 tonnes de plus qu'autrefois, tout en diminuant de plus de 5500 mètres l'étendue des galeries ouvertes.

Nous n'avons pas à décrire ici l'installation d'une turbine à l'intérieur de la mine de houille, ni le nouveau balancier d'équilibre de la pompe du puits de l'Ondaine, ni la descenderie de remblais du puits de Lyon.

Compagnie des Mines de Roche-la-Molière et Firminy.

Cette Société a exposé :

1^o Modèle en relief de l'exploitation de la deuxième couche Malafolie, par traçage et dépilage, avec remblayage partiel ;

2^o Modèle en relief (puits Lachaux) de l'exploitation de la grande couche Latour, par grandes tailles chassantes et rabattantes ;

3° Modèle en relief (puits du Sagnat) de l'exploitation de la couche de Peyron, par tailles de traçage et tailles de défilage;

4° Modèle en relief de la méthode d'exploitation par tailles chassantes (puits Dolomien);

5° Modèle d'exploitation par tranches horizontales et grandes tailles chassantes (puits du Ban);

6° Modèle en relief du puits de Fonçage, avec plafond double pour muraillement (puits Combes);

7° Modèle d'installation extérieure pour descendier de remblais (balance à double effet avec compteur);

8° Arrêt automatique pour recette de plan incliné;

9° Cadres en fer pour galeries de roulage en vrai grandeur, et cadres en fer pour souterrain à voie étroite;

10° Ressort d'attelage pour cage d'extraction (système Belleville);

11° Guidage en fer en rails P.-L.-M.;

12° Dessins et diagrammes;

13° Plan et coupe géologique du bassin de la Loire;

14° Échantillons de fossiles, de charbon, de coke, de roches.

La concession des mines de Roche-Molière et Firminy occupe la partie occidentale du bassin de la Loire; elle s'étend sur une longueur de 11 à 12 kilomètres du nord au sud et sur une largeur moyenne de 5 kilomètres de l'est à l'ouest; elle embrasse une superficie de 5 856 hectares. Cette concession renferme toutes les couches des étages inférieurs, moyen et supérieur de Saint-Etienne qui sont exploitées par sept puits d'extraction dont trois à Roche-la-Molière, trois à la Malafolie et un à Firminy. Les plus récemment installés sont le puits du Ban qui exploite la grande couche du Ban, recette à 205 mètres; le puits Malafolie, recette à 350 mètres; et le puits Gruner, recette 320 mètres. Le tableau suivant donne la production annuelle depuis 1862 :

Années	Production	Années	Production
1862	306.431 tonnes	1876	569.674 tonnes
1863	320.960 »	1877	568.076 »
1864	393.807 »	1878	533.363 »
1865	388.026 »	1879	511.980 »
1866	403.361 »	1880	572.582 »
1867	443.547 »	1881	586.886 »
1868	499.921 »	1882	614.292 »
1869	452.804 »	1884	629.175 »
1870	530.987 »	1885	549.219 »
1871	513.133 »	1883	509.173 »
1872	549.594 »	1886	508.572 »
1873	586.988 »	1887	580.018 »
1874	567.354 »	1888	643.946 »
1875	521.225 »		

La production moyenne par puits a été en 1888 de 91 992 tonnes ; l'extraction la plus élevée a été celle du puits Monterrail, 120 804 tonnes.

La production par journée d'ouvrier a été dans ces dix dernières années :

Années	de l'intérieur tonnes	de l'extérieur et de l'intérieur tonnes
1878	1.076	6.841
1879	1.674	0.815
1880	1.118	0.883
1881	1.029	0.829
1882	1.078	0.875
1883	1.083	0.872
1884	1.126	0.890
1885	1.193	0.947
1886	1.335	1.038
1887	1.391	1.093
1888	1.379	1.088

Depuis 1873, la production et le salaire de l'ouvrier ont augmenté suivant une progression continue et très sensible.

La Compagnie de Roche-la-Molière et Firminy a exposé cinq modèles à l'échelle de $\frac{1}{50}$ représentant les méthodes d'exploitation.

La *grande couche du Ban* est exploitée par tranches horizontales et par grandes tailles chassantes ; la puissance de la couche est de 15 mètres avec une inclinaison de 30 degrés ; la longueur des tranches de chaque côté du plan incliné est de 100 mètres, la largeur des tailles 30 mètres, leur hauteur 2^m,50.

Sur cette couche du Ban, la production journalière par piqueur est de 6^t,250, la production journalière de chaque tranche de 125 tonnes et la production journalière par ouvrier de l'intérieur 1^t,625.

La *grande couche Latour*, divisée en deux bancs, est exploitée par tranches horizontales et par grandes tailles chassantes et rabattantes ; la puissance du banc supérieur est de 7^m,50, du banc inférieur 3^m,20 séparés par un intervalle de 1^m,80 ; l'inclinaison de la couche est de 27 degrés, la longueur des tranches de chaque côté du plan incliné est de 100 mètres, la largeur des tailles chassantes du banc supérieur 14 mètres et la hauteur 2^m,50. Dans le banc supérieur, la production journalière par piqueur en taille est de 6^t,500 et dans le banc inférieur de 7^t,500 ; chaque tranche fournit par jour 141 tonnes et par ouvrier 1^t,400.

La 2^e *couche Malafolie* est exploitée par traçages et dépilages, avec remblayage partiel ; la puissance de cette couche est de 1^m,80, son inclinaison 25° ; la production journalière par piqueur en dépilage est de 7^t,500, la production journalière de chaque niveau en dépilage est de 75 tonnes et en traçage de

25 tonnes, enfin, la production journalière par ouvrier de l'intérieur est de 1^h,550, cette couche est grisouteuse.

La *couche de la Grille n° 2* est exploitée par tailles chassantes; sa puissance utile est de 1^m,45 : elle est divisée en 4 bancs de 0^m,25, 0^m,30, 0^m,60, 0^m,80 par trois nerfs de 0^m,15, 0^m,30, 0^m,10 qui fournissent les matériaux de remblai; elle est inclinée de 20 degrés; la production journalière par ouvrier de la taille est de 4 tonnes, la production journalière de chaque niveau 64 tonnes et la production journalière par ouvrier de l'intérieur 1^h,800.

La *couche du Peyron*, d'une puissance de 0^m,90, inclinée de 20 degrés, est exploitée par tailles de traçage remblayées et tailles de dépilage; la production pour chaque piqueur, abattage et boisage, dans les tailles de traçage, est de 6^h,250 et de 8^h,750 dans les tailles de dépilage; la production par ouvrier (piqueurs, boiseurs, mineurs, remblayeurs, rouleurs), dans les tailles de traçage, est de 2^h,380, dans les tailles de dépilage 5^h,300; la production journalière par ouvrier de chaque niveau est, en traçage, de 50 tonnes et, en dépilage, de 53^h,500.

Le boisage se fait au bois de chêne ou de pin sylvestre; dans les galeries principales de roulage on applique souvent le boisage armé.

Quand le boisage est insuffisant, on a recours aux cadres métalliques circulaires de 1^m,80 de diamètre intérieur, en deux pièces assemblées par des manchons. Le premier type en vieux rails de grande voie pèse 200 kilogrammes, le second en fer, 11,98 kilogrammes, le troisième en acier à patin et champignon, 82 kilogrammes.

La *Compagnie des mines de Roche-la-Molière et Firminy* a exposé un modèle du puits Combes. Les puits de cette Compagnie ont une section circulaire et sont maintenus par un muraillement, partie en briques, partie en pierres de taille. Le modèle exposé, à l'échelle de $\frac{1}{10}$, représente dans sa partie inférieure, le chantier de fonçage avec soutènement provisoire des parois au moyen de cercles en fer plat (diamètre 5^m,20); dans sa partie moyenne, le système de construction des recettes intérieures avec pied-droits en maçonnerie, est en poutrelles en fer à double T et garnissage en béton; dans sa partie supérieure, le chantier de muraillement (diamètre dans œuvre 4^m,20) avec plafond à deux étages et à pattes de sûreté.

La Compagnie a également exposé un tronçon du guidage du système Bréart en rails d'acier, type Vignole employé au puits Combes où l'extraction a lieu à 215 mètres; les câbles d'extraction sont plats, en acier ou en aloès; on interpose entre les câbles et la cage un ressort système Belleville, exposé aussi.

Le *puits Gruner* a un diamètre de 4 mètres, l'extraction a lieu à 320 mètres de profondeur, guidage en bois et recette à deux étages avec balances; le *puits Ban*

a 4^m,50 de diamètre, l'extraction s'y fait à 205 mètres; le *puits Malafolie* n° 2 a un diamètre de 4^m,60, la recette est à 359 mètres.

La Compagnie a exécuté des travaux considérables pour dévier ou canaliser plusieurs cours d'eau, dans le but de diminuer les infiltrations et de rendre exploitables des massifs de houille importants; elle a exposé les plans de la déviation de l'Oudaine et des canalisations de l'Echapres et du Péchier; malgré ces travaux, la quantité d'eau épuisée s'est élevée en 1888 à 1,982,000 mètres cubes, soit environ 3 mètres cubes par tonne de houille extraite. A Roche-la-Molière il y a deux machines d'épuisement en activité, l'une au puits Dolomien, l'autre au puits du Crêt. A la Malafolie, l'épuisement est concentré au puits Saint-Thomas. A Firminy, le puits Lachaux possède une machine déjà ancienne (machine à cataracte, à un seul cylindre, à simple effet, à traction directe et à condensation).

La Compagnie a exposé les plans d'un atelier de criblage mécanique construit à Roche-la-Molière pour préparer les charbons des puits Dolomien et Grûner, les trieurs qui opèrent sur la toile sans fin jettent les pierres et les morceaux barrés sur des couloirs fixes, peu inclinés, disposés transversalement; d'autres trieurs travaillent sur ces couloirs, cassant les morceaux barrés, remettant les charbons sur la toile sans fin et font couler les pierres dans une trémie d'où elles tombent dans un wagon. La Compagnie expose les produits lavés, des cokes, des briquettes, etc. Nous donnons plus loin, l'analyse des propriétés de ces divers produits.

A Roche-la-Molière existe un atelier de carbonisation comprenant 122 fours belges et deux machines à défourner. Chaque four a 7^m,20 de longueur, 0^m,80 de largeur et 1^m,66 de hauteur sans clef, la charge est de 4300 kilogrammes de houille et rend 3100 kilogrammes de coke. La carbonisation dure 60 heures. A la Malafolie se trouve un atelier d'agglomération, il comprend deux fours à préparer le mélange de charbon et de brai (système de Méons) et une machine Couffinhal. Les briquettes du poids de 5 kilogrammes contiennent 9 % de cendres et 35 % de matières volatiles. Outre des gros blocs de houille de ses diverses couches en exploitation, la Compagnie expose une belle collection de plantes fossiles et de roches du terrain houiller.

Fossiles végétaux du terrain houiller: *Sigillaria Lépidendrofolia* *Sigillaria Brardii*, *calamites ingens*, *calamites gigantea*, *stigmara ficoïdes*, *Syringodendron Brongniarti*, *cordaites*, *Alethopteris Grandini*, *Sphenopteris*. *Annularia brevifolia*, *A. Longifolia*, *Pecopteris Cyathia*, *P. Biatii*, *P. pteroides*, *Walchia pennatifolia*.

Parmi les roches exposées se trouvent des grès du terrain houiller, grès poudingues, grès fins, grès ferrugineux, grès fins rubannés, schistes argileux, schistes micacés, gores.

Les couches de houille de Firminy et Roche-la-Molière sont généralement gri-

souteuses; on emploie presque partout la lampe Mueseler; trois ventilateurs Guibal assurent l'aérage des quartiers grisouteux. La marche de ces appareils est contrôlée au moyen d'appareils enregistreurs de dépression. Les puits en fonçage sont aérés au moyen d'aspirateurs Koerting et de tuyaux d'aérage en tôle galvanisée de 0^m,25 de diamètre. Enfin, contre les incendies souterrains qui se rallument quelquefois dans les anciens travaux, on emploie le procédé dit d'en-bouage.

Société anonyme de Commentry-Fourchambault.

Cette Société a exposé à la classe 48 des plans en relief représentant la formation du terrain houiller de Commentry par le système des deltas; on remarquait dans ce beau plan :

- 1° Le bassin de dépôt au début de la formation houillère,
- 2° Période de la formation de la grande couche,
- 3° Comblement du bassin,
- 4° L'état actuel du bassin de Commentry, la disposition des couches de houille.

Les figures ci-contre, extraites de l'ouvrage de M. Fayol, représentent les diverses phases de la formation du bassin houiller.

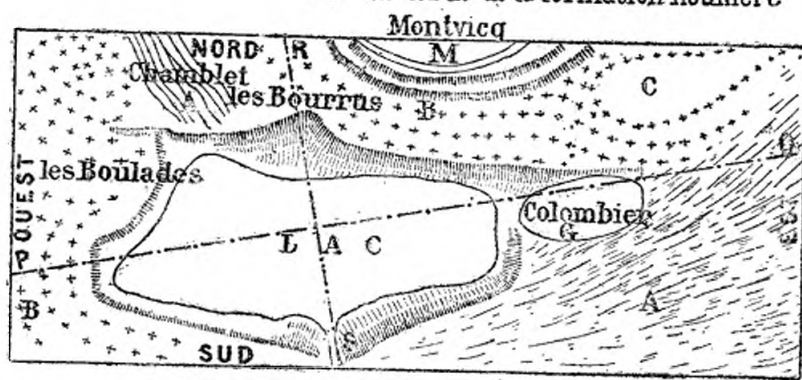
Nous avons déjà analysé rapidement la théorie de M. Fayol sur la formation du terrain houiller.

En outre, des bassins représentent en coupe les principales couches de houille de Commentry et les principaux fossiles trouvés dans le terrain houiller. De beaux albums relatifs aux houillères de Commentry et de Montvicq contiennent les publications de M. Fayol et de ses collaborateurs concernant le matériel d'exploitation, la géologie et la paléontologie du bassin.

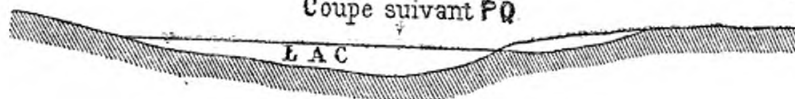
La Société anonyme de Commentry-Fourchambault possède deux groupes d'établissements qu'elle exploite : les houillères et les forges. Le premier de ces groupes comprend : la houillère de Commentry (Allier), la houillère de Montvicq (Allier), les mines de fer du Berry, les chemins de fer de Montvicq à Commentry et de Commentry au canal du Berry.

La Société possède à Commentry une houillère, un atelier de construction, un atelier de lavage et de carbonisation et un chemin de fer, et sur la commune de Montvicq une seconde concession houillère. Ces concessions ont une superficie de 2 365 hectares; l'effectif du personnel employé par la Société est de 6 900 ouvriers et les diverses machines utilisent une force de 4 600 chevaux vapeur. La moyenne annuelle de la production de la houille depuis 1810 à 1888, a été de

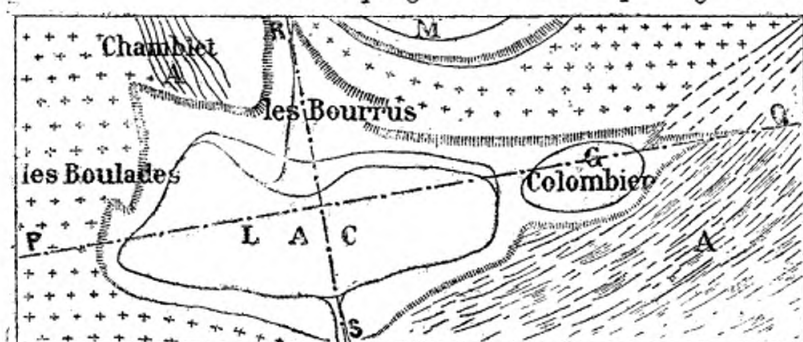
Lac au début de la formation houillère



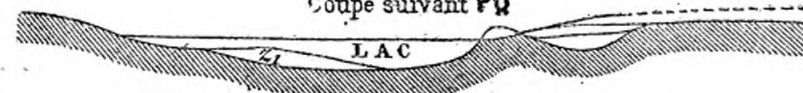
Coupe suivant P Q



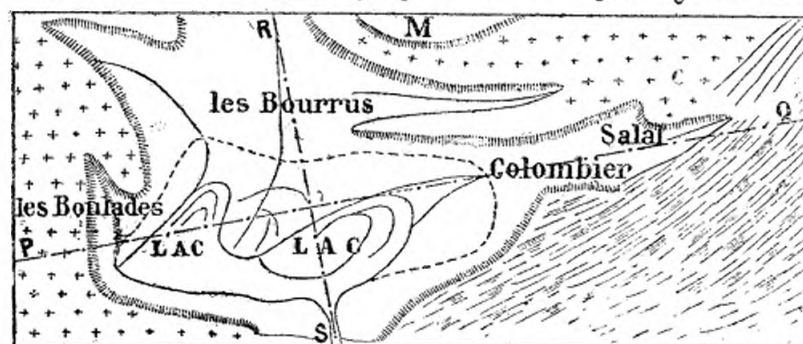
Marche progressive du remplissage du Lac



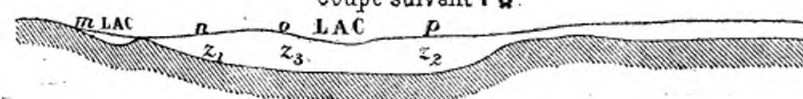
Coupe suivant P Q



Marche progressive du remplissage du Lac



Coupe suivant P Q



m Deltas des Boulaides
 n — les Bourrus
 p — de Colombier
 o Mélange des Sédiments n

1810 à 1820	1.000 tonnes	1850 à 1860	213.000 tonnes
1820 à 1830	6.400 »	1860 à 1870	457.840 »
1830 à 1840	8.000 »	1870 à 1880	516.240 »
1840 à 1850	68.000 »	1880 à 1888	504.000 »

La concession de Commentry comprend 2 022 hectares et s'étend sur toute la commune de ce nom, celle de Montvicq est seulement de 294 hectares ; à Commentry il y a sept puits d'extraction, à Montvicq trois seulement.

Le charbon extrait est soumis à diverses préparations mécaniques qui se font dans un atelier spécial de triage et de lavage. Le lavoir à vanne employé à Commentry à la préparation du charbon traite les menus de 0 à 28 millimètres et les menus de 0 à 55 millimètres. Les schistes et les terres se réunissent dans un seul compartiment à travers la table de lavage : ce mélange forme la totalité des déchets : il est évacué par une vanne de fond.

La Société de Commentry-Fourchambault emploie 2 500 ouvriers à ses houillères et à ses chemins de fer ; dans la mine de Commentry la méthode d'exploitation employée se prête à l'établissement de galeries larges et hautes où l'aérage est facile ; à la mine de Montvicq il est naturel.

Le terrain houiller de Commentry a donné lieu à un ouvrage important de M. Fayol dont les théories ont été résumées dans une note de M. Emmanuel de Margerie publiée dans le très intéressant *Annuaire géologique universel*, édité par le docteur Vagin-court (tome IV, page 156).

« La monographie du terrain houiller de Commentry, dit M. de Margerie, constitue en réalité un exposé complet de la théorie de la formation des terrains houillers par charriage sédimentaire et dépôt des deltas lacustres, théorie à laquelle le nom de M. Fayol restera désormais attaché ; les grandes tranchées à ciel ouvert, profondes de 30 à 50 mètres, pratiquées pour l'exploitation de ce bassin, en font un incomparable champ d'observations où bien des faits, invisibles dans les galeries souterraines ordinaires, peuvent être relevés avec la plus grande facilité.

« M. Fayol a partagé son ouvrage en trois parties, intitulées respectivement : 1° mode de formation des terrains houillers en général ; 2° études sur le bassin houiller de Commentry ; 3° études sédimentaires. Une quatrième partie, consacrée aux études micro-pétrographiques de MM. Stanislas Meunier et de Launay complètera ultérieurement la description du bassin et sera suivie elle-même par les mémoires paléontologiques de MM. Renault, Zeiller, Sauvage et Ch. Brongnart.

« La première partie n'est que l'énoncé sommaire des conclusions auxquelles est arrivé M. Fayol. »

Nous avons déjà donné ces conclusions pages 104 et 105 de cette *Revue technique*.

« Le bassin houiller de Commentry, continue M. de Margerie, est l'une des

nombreuses formations houillères disséminées au milieu et sur le pourtour 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.

« Le terrain houiller du bassin se compose principalement de schistes à gros « éléments (conglomérats, poudingues, grès à blocs) ; les grès viennent ensuite, « puis les schistes et enfin la houille qui n'entre que pour une bien faible propor- « tion dans la masse totale.

« Le mode de répartition de ces différents matériaux obéit à un ordre très « simple. En longeant le grand axe du bassin du sud-est au nord-ouest, on ren- « contre successivement trois zones de roches à gros éléments et, pour les sépa- « rer deux zones de roches à éléments plus fins comprenant des grès, des schistes « et de la houille ; ces zones se succèdent latéralement, c'est-à-dire perpendicu- « lairement à la stratification, la plus importante des couches de houille est « celle désignée sous le nom de *grande couche* qui aux affleurements appa- « raît au sud-est, avec quelques centimètres d'épaisseur, se renfle peu à peu jus- « qu'à atteindre 10 à 12 mètres, garde cette puissance moyenne sur 2 kilomètres « et demi de longueur, s'amincit ensuite et finit par disparaître du côté de Mon- « tassiège dans le sens de l'inclinaison, qui est vers le sud et varie de 0 à 50 de- « grés ; la grande couche s'amincit aussi graduellement et disparaît vers la pro- « fondeur de 350 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 dites des *grès noirs* et du *louvre* qui sont séparées de la grande « couche, en leur milieu, par des épaisseurs de 80 à 150 mètres, se réunissent à « la grande couche vers Longeroix. Les couches sont en houille grasse à longue « flamme ; à la base de la zone des Pégands se trouvent quelques veines lenti- « culaires d'anthracite. 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.

« Outre ces roches principales (houille, schistes, grès, grès à blocs), le terrain « houiller de Commeny renferme encore en proportions relativement faibles « diverses substances telles que fer carbonaté, calcite, silice, pholérite, pyrite ; « il est de plus traversé par une roche éruptive (porphyrite micacée) connue « sous le nom de *diorite*. »

Compagnie anonyme des Forges de Châtillon et Commeny.

La Compagnie des Forges de Châtillon et Commeny avait exposé à la classe 48 des échantillons des produits des houillères de Bezénet et de Saint-Eloy, un plan

en relief du gîte de Saint-Eloy, un plan en relief des houillères de Bézenet, des coupes et plans de l'installation de ses laveries, des échantillons de minerais, une coupe de la formation ferrugineuse de Villerupt, un plan de la méthode d'exploitation et de nombreux produits de ses forges provenant des usines de Saint-Jacques et du Français, etc.

Cette Compagnie possède quatre houillères; dans le Puy-de-Dôme; les mines de Saint-Eloy, dans l'Allier, celles de Ferrières, de Doget et de Bézenet.

Les houillères de Saint-Eloy à 41 kilomètres de Montluçon produisent annuellement 150 000 tonnes d'un charbon de qualités diverses, à 28 kilomètres de Montluçon produisent annuellement 160 000 tonnes de houille; aux houillères de Doget et de Ferrières, la production est moindre, elle ne dépasse pas 50 000 tonnes par an.

« Au bassin de Saint-Eloy on reconnaît quatre couches de houille de 3 à 4 mètres de puissance et très rapprochées les unes des autres, le terrain est ployé de manière à former un double fond de bateau, et dans le milieu du bassin, le pli en selle très comprimée qui vers l'axe raccorde les pendages opposés, détermine des affleurements où la houille se trouve accumulée. » (Burat).

Propriétés des charbons du bassin de la Loire. — Le bassin de la Loire nous offre les charbons les plus propres pour la forge et pour les usages métallurgiques; ils tiennent le milieu entre le Cardiff et les charbons de Newcastle pour le chauffage des bateaux à vapeur; ceux de Saône-et-Loire et de l'Allier se rapprochent le plus de Newcastle, les charbons de Blanzay ont donné de 6 kil. 10 à 6 kil. 60 d'eau vaporisée par heure, ceux de Bézenet de 5 kil. 85 à 6 kil. 10, ceux de Newcastle de 6 kil. 30 à 6 kil. 37.

Aux mines de la *Société de la Loire* les charbons lavés sont classés en catégories: 1° les *menus fins* de 0 à 12 millimètres, 2° les *braisettes* de 12 à 25 millimètres, 3° les *dragées* de 25 à 45 millimètres, 4° les *chailles* au-dessus de 45 millimètres.

La concession du quartier Gaillard produit des houilles grasses à longue flamme propre à la fabrication du coke, au chauffage domestique, à la forge et à la fabrication du gaz; elle donne en moyenne 60 % de coke et 8 % de cendres.— A Montsalsin on extrait des houilles grasses à longue flamme donnant 50 % de coke et de 1 à 3 % de cendres; on extrait aussi de cette même concession des houilles grasses donnant 60 % de coke et 9 % de cendres; le coke qu'elles produisent est d'excellente qualité et s'emploie pour le traitement métallurgique; la concession de Villars produit des charbons pour la verrerie, les usines à gaz, les chaudières à vapeur, il donne 58 % de coke et 7 à 8 % de cendres. On connaît la division classique des houilles en cinq catégories, selon qu'elles produisent un coke fritté, cohérent ou pulvérulent à la distillation en vase clos. On trouve toutes ces variétés dans le bassin de la Loire; ainsi on a :

1° les *houilles grasses et dures à courte flamme* qui donnent un excellent coke fouetté, très propre pour la fusion des minerais.

2° les *houilles grasses marécales* donnent un coke très boursofflé, se ramollissent considérablement; elles conviennent aux fours à réverbère et aux feux des maréchaux, forgerons, serruriers, etc.; les plus estimées sont celles de Saint-Etienne.

3° les *houilles grasses à longue flamme* fournissent un coke peu propre aux usages métallurgiques; elles se ramollissent un peu sur la grille et s'agglutinent légèrement en brûlant avec une flamme abondante et très vive; elle sont surtout employées pour le chauffage domestique et la fabrication du gaz; certaines couches de Montrambert donnent cette variété.

4° les *houilles sèches ou houilles maigres à longue flamme* donnent un coke fritté et de peu de consistance; on les emploie pour chauffer les chaudières à vapeur et pour les grilles; on les extrait de Commentry, de Blanzay, etc.

5° *houilles sèches sans flamme ou à courte flamme* fournissant un coke pulvérulent; elles servent aux usages domestiques, à la cuisson de la chaux, des briques, etc. Comme on le voit, la houille du bassin de la Loire est de bonne qualité et s'adapte à tous les usages métallurgiques; elle donne un coke boursofflé; son rendement varie de 60 à 75 %. La densité oscille entre 1,28 à 1,29; sa puissance calorifique dépasse 8,000; elle est compacte, d'un noir plus ou moins éclatant, quelquefois terne.

La houille du bassin du Gier a présenté la composition suivante :

Charbon . . .	82.04	84.83	82.58	81.70	87.45
Cendres. . .	3.57	2.99	2.72	5.32	1.17
Matières volatiles .	14.39	13.18	14.70	12.97	11.38
	<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>
	100.000	100.000	100.000	10.000	10.000

Les agglomérés en briquettes sont fabriqués en quantité dans le bassin de la Loire. Ces produits présentent quelques avantages sur les charbons en roche; ils subissent très peu de déchets par le transport, environ 1 % et conservent pendant longtemps leur qualité sans s'altérer; ils contiennent peu de cendres et encrassent peu les grilles des foyers. L'industrie des agglomérés permet d'utiliser le menu des charbons et les débris les plus tenus de l'abattage de la houille; en mélangeant les charbons légers avec les charbons anthraciteux on obtient des briquettes d'une qualité supérieure pour le chauffage des machines. L'industrie houillère est parvenue à faire avec de mauvaise houille des combustibles conveables, propre à la forge et à la grille.

La Société anonyme des houillères de Saint-Etienne a fait une belle exposition de ses produits. Parmi les charbons en roche, elle a exposé deux types principaux de houilles. Savoir :

1° Houilles de la 8^e couche, du puits du Grand-Treuil.

	I Pérats	II menu sortant	III menu lavé
Teneur en cendres.	6 %	9 %	9 %
» en matières volatiles. . . .	26 %	26 %	26 %

Houilles de la 13^e couche du puits Saint-Louis.

	I Pérats.	II Débris de criblé.	III Chatilles.	IV Grenettes.	V Fin-fin.
Teneur en cendres	3 %	3 %	4 %	4 à 5 %	3 à 4 %
» en matières volatiles 26 %	26 %	26 %	26 %	26 %	26 %

Les briquettes fabriquées à l'atelier de Méons et à celui du Treuil, ont la composition suivante :

	I De 6 kilog.	II de 700 gr.	III de 200 gr. planées
Proportion de brai	4.75 0/0	4.75	6 0/0
Teneur en cendres	4 à 15 0/0	4 à 15 0/0	41 0/0

Les coques de Méons donnent suivant leur qualité, les teneurs suivantes en cendres.

	I Métallurgique	II 2 ^e qualité	III 1 ^{re} qualité	IV 1 ^{er} choix
Teneur en cendres	14 0/0	6 à 9 0/0	4 à 5 0/0	3 à 4 0/0

Les houilles de Montrambert sont surtout recherchées par les usines à gaz à cause de leur richesse en matières volatiles. Le tableau suivant fait connaître leur teneur et leur rendement :

NOMS DES COUCHES	DURÉE des essais	Teneur en cendres du tout venant	Pouvoir éclair- rant au moyen du gaz	RENDEMENT POUR 100 KILOS DE HOUILLE				
				Gaz à 10°	Goudron	Gros coke	Escar- billes et pous- sières	Total du coke
Grande-Couche. . . .	12 jours	0/0 6.12	104.28	31.85	7 30	65 07	4.70	69.77
Grande-Couche. . . .	6 »	5.50	100.57	31.50	7.10	57.20	4.80	62.00
Couche des Lites. . .	18 »	9.00	97 33	30.36	7.35	63.33	4.63	67.96
Première-Brûlante . .	12 »	8.50	97.12	28.46	6.20	62.00	7.00	69.00
Deuxième-Brûlante	6 »	9.50	104.72	30.32	8.50	63.70	6.80	70.00
Troisième-Brûlante.	6 »	6.25	104.74	32.50	6.55	66.10	4.10	70.20

La grêle choisi de la couche des Lites a donné 2,50 % de cendres, les essais en grand à l'usine à gaz ont donné les quantités suivantes :

Rendement par 100 k. de houille tout venant			
Teneur en cendres	Pouvoir éclairant	Coke	Gaz
9 %	97 ¹ .33	30 ^m 3.36	63 ^k .33
6.11 »	106 ¹ .48	21.38	65.09
5.30 »	100 ¹ .59	31.50	57.26

La concession de Roche-la-Molière et Firminy produit aussi diverses variétés de houilles, houille pour fine forge, pour fondeurs de cuivre et d'acier, pour le chauffage domestique, etc., le tableau suivant indique la composition de quelques types de charbon.

	Puits Bachaux I	Sergnat II	Malafolie III	Granges IV	Adrienne V
Teneurs en cendres 0/0	1.3 à 3.40	3.45 à 2	2.76	2.60 à 2.50	0.76 à 4.40
Rendement en coke 0/0	73 à 72.85	79.85 à 76.48	64.16	65.80 à 65	71 à 71.10
Matières volatiles p. 0/0 de houille...	28.50 à 28.00	23.63 à 24	36.79	34.96 à 35.80	29.23 à 30.33
Carbone fixe	71.64 à 71.60	76.62 à 76	68.21	69.70 à 64.10	70.77 à 69.87

Les coques exposés pour hauts-fourneaux contiennent :

Coke lavé pour fonderie, 6 % de cendres.

id. 1^{re} qualité pour fonderie, 8 % de cendres.

id. 2^e qualité pour hauts-fourneaux, 12 % de cendres :

id non lavé id. 14 % id.

Le tableau suivant donne la composition de quelques sortes commerciales de charbons de Roche-la-Molière et la Malafolie.

DÉSIGNATION DEL'ATELIER	DÉSIGNATION DU PRODUIT	Teneur en cendres	Rendement en coke	Matières volatiles pour 100 de houille pure	Carbone fixe pour 100 de houille pure
Roche-la-Molière	Dragées lavées pour forge et chauffage	0/0 4.00	0/0 72.35	28.80	71.20
	Grenettes lavées pour forge . . .	4.00	72.35	28.80	71.20
	Menu lavé pour coke et agglomérés	9.00	75.43	27.00	73.00
La Maifolia	Dragées lavées pour gaz et chauffage	7.00	64.66	38.00	62.00
	Braisettes lavées pour gaz et chauffage	8.00	65.04	38.00	62.00
	Menu lavé pour agglomérés . . .	9.00	65.42	38.00	62.00
	Menu chatilleux lavé pour forge .	5.00	67.70	34.00	66.00

La houille de Commentry colle bien ; elle est propre à la fabrication du coke ; elle donne un coke boursoufflé, environ 63 % en moyenne ; la densité est de 1,319 ; elle donne la teneur suivante :

	I	II
Charbon	60.00	82.72
Cendres	6.00	0.24
Matières volatiles	34.00	17.04
	100.00	100.00

Les houillères de Saint-Eloy donnent des produits divers qui ont de 36 à 44 % de matières volatiles et pauvres en cendres, recherchés pour les fabriques à porcelaine et autres industries exigeant une longue flamme ; les secondes qualités sont recherchées pour la fabrication des poteries, carreaux, tuiles, briques, etc. Les charbons fournis par les houillères de Bezénét sont aussi de diverses sortes ; les gros et les gaillettes 1^{er} choix donnent 30 à 33 % de matières volatiles ; les menus lavés employés à la fabrication du coke donnent un rendement de 70 % ; ils sont aussi employés comme charbons à gaz, de grosse forge. Les houilles de Doyet qui contiennent de 28 à 30 % de matières volatiles, sont employées comme charbons de chauffage et d'usine.

Dans le bassin houiller de Saône-et-Loire on trouve des houilles de diverses qualités : les charbons du bassin d'Autun présentent la composition suivante :

	I	II
Charbon	54.0	51.5
Cendres	11.0	12.0
Matières volatiles	32.0	26.5

La houille d'Epinac est schisteuse, très brillante, fragile; à poussière d'un noir brun; elle produit un coke boursoufflé, en brûlant elle sagglutine fortement; sa densité est de 1,352.

Les charbons de Blanzy, Montceau-les-Mines, donnent un coke fritté, leur densité est d'environ 1,362 : leur composition moyenne est :

Carbone	76,48
Cendres	2,28
Matières volatiles	21,24

La houille du Creusot est d'un noir brillant, peu schisteuse, fragile.

La composition moyenne est la suivante :

Charbon	65.4
Cendres	3.4
Matières volatiles	31.2
	<hr/> 100,0

II

BASSIN DE SAONE-ET-LOIRE

Outre les bassins de la Loire, de l'Allier, (Commentry et Bezénet) que nous venons de décrire, les houillères du centre de la France comprennent aussi les bassins Decize, de Brassac, d'Ahun, de Saint-Eloy et les importants gisements de Saône-et-Loire, Blanzy, le Creusot, Epinac, etc., que nous allons décrire sommairement.

Le bassin de Saône-et-Loire est surtout connu par les exploitations de Blanzy, Montceau-les-Mines, du Creusot, d'Epinac; dans ces gisements, la houille a des allures très variables; elle éprouve au Creusot des renflements dans lesquels sa

puissance atteint 30 et 40 mètres. On reconnaît en certains gîtes 29 mètres de charbon répartis dans 300 mètres de dépôts. — La couche de houille du Creusot a une puissance normale de 8 à 10 mètres ; sa puissance s'élève à 15 et 20 mètres dans les parties où elle se renfle ; elle est inclinée de 60 à 80 degrés, par conséquent fortement relevée par suite d'une faille ; elle est d'un noir brillant, peu schisteuse, fragile.

L'hectolitre pèse environ 70 kilogrammes ; elle vaporise par heure 6^k,10 à 6^k,60 d'eau. On trouve d'ailleurs au Creusot toutes les variétés de houille, grasse, maigre, anthraciteuse.

Les couches de houilles d'Epinaç (bassin d'Autun) ont la forme d'un fer à cheval : elles sont divisées en plusieurs bancs de 1 à 4 mètres de puissance par des bancs de grès et de schiste ; elles présentent les caractères généraux des charbons de Saône-et-Loire qui sont brillants, schisteux, fragiles, à poussière d'un noir brun ; en brûlant ils se fendillent, se boursoufflent et s'agglutinent facilement.

Le bassin houiller de Blanz y comprend les concessions de Montchanin, Montceau-les-Mines, Blanz y ; il forme un affleurement parallèle au bassin du Creusot et est recouvert par les grès triasiques ; en longueur, il s'étend depuis les Porrots jusqu'à Charrecy ; sa plus grande largeur est à Montceau-les-Mines.

En résumant les observations de Burat, on peut dire que les puisages des bassins houillers du Creusot et de Blanz y tendent l'un vers l'autre, ce qui conduit à penser qu'il y a un raccordement souterrain : sur certains points déjà les travaux des mines se sont engagés sous le trias. En interprétant les observations qui ont été faites dans les bassins de Blanz y et du Creusot, on arrive à conclure :

1° Que partout où la superficie du sol est formée par le grès bigarré, il y a probabilité de l'existence sous-jacente du terrain houiller ;

2° Que vers le nord-est, les limites du bassin houiller doivent se trouver à peu près vers les lignes de disparition des grès houillers et bigarrés sous les calcaires jurassiques.

3° Que vers le sud-ouest, au contraire, le bassin houiller doit s'étendre à la fois sous les grès bigarrés et sous les calcaires jurassiques.

Les conclusions de Burat sont importantes, car la continuité de nos terrains houillers au-dessous des couches triasiques ou jurassiques qui les recouvrent a une assez grande importance pour l'avenir de notre industrie ; tout ce qui se rattache à ce problème géologique préoccupe à la fois le mineur, l'industriel et l'économiste.

Les couches exploitées à Blanz y et à Montceau-les-Mines sont régulières ; les charbons qu'elles donnent sont très chargés d'oxygène et par suite sujets aux inflammations spontanées ; il y a des couches de 1 à 3 mètres d'épaisseur qui

atteignent jusqu'à 10 à 20 mètres de profondeur, elles sont fréquemment coupées par des failles qui les rejettent en profondeur; l'hectolitre de houille pèse 87 kilogrammes.

L'exposition des mines de Blanz y a été remarqué au Palais des machines; aussi nous allons étendre sur le bassin qui les renferme.

Mines de Blanz y. — Jules Chagot et C^{ie}

Le bassin houiller de Blanz y est situé dans la partie méridionale du département de Saône-et-Loire, à l'ouest de Chalon-sur-Saône, à la lisière du plateau central. Ce bassin, selon Burat, est défini par deux zones parallèles d'affleurements de terrain houiller composé de grès et de schistes qui contiennent des couches de houille intercalées.

La zone d'affleurements la plus importante et la plus continue est celle du sud; elle suit la vallée de la Dheune; elle continue sa direction linéaire N.-E.-S.-O. en suivant la vallée de la Bourbince jusqu'à Blanz y et Montceau-les-Mines; sa largeur varie de quelques centaines de mètres jusqu'à 2 kilomètres; l'ensemble de couches de grès, schistes houillers, couches de houille, plonge vers le N.-O., sous les morts-terrains triasiques et jurassiques avec des pentes généralement fortes. La deuxième zone, à une distance de 7 à 10 kilomètres, suit à peu près une direction parallèle avec une intermittence d'affleurements, tels que ceux du Creusot, des Petits-Châteaux de Grandchamp. Les couches de cette deuxième zone plongent vers le S.-E., c'est-à-dire en sens inverse de la première.

Selon M. Burat, les surfaces découvertes du terrain houiller ont une étendue d'environ 10.000 hectares; tandis qu'en admettant la continuité souterraine, le bassin d'une longueur de 60 kilomètres pourrait présenter une surface évaluée à plus de 50.000 hectares.

Quant à nous qui avons étudié ce bassin il y a déjà plus de 20 ans, cette continuité ne fait aucun doute et nous en avons fait la démonstration dans notre travail intitulé : *Réserves de l'avenir*, dont un très court résumé se trouve au début de cette étude.

L'encaissement du bassin est formé par des granites et des gneiss qui forment encore actuellement les saillies les plus accusées du sol; d'ailleurs, dans toute la partie du bassin houiller, les lignes géologiques présentent des concordances remarquables avec l'icographie et les lignes hydrographiques. En traitant de la *carte géologique détaillée de la France*, nous avons déjà signalé quelques observations importantes qui ont été faites dans cette région.

Les parties découvertes du bassin houiller présentent des richesses variables; sur la lisière du nord, la région du Creusot présente des gîtes puissants; sur la lisière sud, la partie la plus riche, est la zone qui s'étend de Blanz y jusqu'à la Theurée-Maillot.

A Blanz, les ingénieurs de l'exploitation ont reconnu trois étages superposés, savoir :

1° L'étage supérieur formé d'alternances de schistes et de grès fins (étage Montceau); il présente d'abord trois petites couches de houille de 1 à 2 mètres de puissance, au-dessous se trouve le groupe des grandes couches du Montceau qui renferme deux ou trois grandes couches de houille de 8 à 20 mètres d'épaisseur. L'ensemble de cet étage, dont on ne connaît pas cependant les parties inférieures à Montceau, a une puissance évaluée à 400 mètres.

2° L'étage moyen ou de Blanz renferme au moins cinq couches de houille dont une d'elles a une épaisseur de 4 à 10 mètres.

3° L'étage inférieur, paraît à peu près stérile; on n'y trouve que quelques veines d'anthracite; il est terminé par des couches de poudingues et de conglomérats granitiques et gneissiques.

Enfin toutes ces couches de houille dont les épaisseurs totalisées présentent jusqu'à 50 à 70 mètres de houille sont réparties dans un ensemble de dépôts stratifiés d'une puissance de 8 à 900 mètres.

Il n'est pas sans intérêt d'indiquer ici la production annuelle en hectolitres de houille extrait des concessions de Blanz pour montrer l'énorme développement qu'à pris l'exploitation du charbon dans ces dernières années sous l'administration de M. Jules Chagot.

Années	Production en hectolitres	Années	Production en hectolitres
1834	804.677	1857	3.042.576
1838	1.017.681	1858	2.668.846
1839	1.072.571	1859	2.502.280
1840	976.617	1860	2.802.363
1841	1.062.840	1861	3.366.240
1842	1.042.578	1862	3.852.362
1843	1.248.321	1863	3.986.136
1844	1.174.546	1864	4.394.442
1845	1.324.468	1865	4.969.450
1846	1.512.620	1866	5.238.175
1847	1.778.563	1867	5.423.081
1848	1.485.361	1868	4.792.689
1849	1.161.558	1869	4.888.846
1850	1.886.654	1870	5.519.388
1851	1.978.430	1871	5.070.501
1852	2.094.779	1872	6.352.958
1853	2.278.563	1873	6.452.965
1854	2.415.276	1874	6.770.152
1855	2.629.116	1875	6.158.678
1856	2.692.325		

La Compagnie de Blanz y possède sept concessions contigues dont l'étendue est de 8941 hectares, savoir :

Concession de Blanz y	4.252 hectares
» de la Theurrée-Maillot	697 »
» des Badeaux	591 »
» des Porrots	1.651 »
» des Perreins	439 »
» de Ragn y	445 »
	<hr/>
	8.941 hectares

et de plus la concession de Saint-Bérain et de	
Saint-Léger de	12.000 »
Total.	<hr/>
	20.940 hectares.

Le terrain houiller compris dans ces concessions présente certaines difficultés d'exploitation que les ingénieurs de la Compagnie ont le plus souvent surmontées ; en effet les cassures et les failles qui le sillonnent ont interrompu la continuité des couches et créé des obstacles à leur régularité.

« Le terrain de Montceau, dit M. Burat, est sillonné par deux systèmes de failles, l'un comprend une série de failles parallèles ou du moins très obliques à la direction des couches, ce sont les *failles longitudinales* ; l'autre comprend une série de failles à peu près perpendiculaires, ce sont les *failles transversales*.

« Ces deux systèmes de failles paraissent obéir à des lois remarquables sous le rapport des rejets qu'elles ont déterminé.

« Les failles longitudinales qui sillonnent le bassin opposent à la marche des travaux souterrains bien des incertitudes et des difficultés qui se trouvent accrues par les failles transversales à peu près perpendiculaires à l'axe du bassin.

Composition et qualité des houilles. — Les charbons exploités aux concessions de Blanz y et de la Theurrée-Maillot sont d'une composition et d'une qualité très variées ; les plus abondants sont les qualités dites *maigres flam-bants* ; comme ils sont très riches en matières volatiles ils brûlent rapidement avec une flamme blanche et longue donnant un coke léger ; c'est un bon charbon de chaudière. — Les grandes couches de Montceau vers l'Est, s'enrichissent en hydrogène, elles sont plus grasses, et propres à la fabrication du coke ; les plus gazeux se trouvent à Sainte-Eugénie, les plus gras, à Sainte-Elisabeth. Les mêmes couches, en s'avancant vers l'Ouest changent de qualité ; au-delà de la faille de Barrat, ils passent d'abord à l'anthracite flambant et plus à l'ouest encore, sous le hameau de l'Ecuges, au véritable anthracite ; à la Theurrée-Maillot, le charbon de Ste-Barbe, très pur d'ailleurs, est une anthracite difficile à allumer et brûlant avec difficulté. En résumé les charbons exploités aux concessions de

Blanzzy sont des houilles *maigres à longue flamme* contenant en moyenne : carbone 75 % ; hydrogène, 5,38 ; oxygène et azote 16,70. (Regnault).

Le tableau suivant indique les résultats d'essais faits au laboratoire de Montceau.

PROVENANCE	Carbone p. 100	Matières volatiles p. 100	Cendres p. 100	Cendres non comprises		OBSERVATIONS
				Carbone p. 100	Matières volatiles p. 100	
Groupe de Montceau						
Puits :						Au creuset :
Ste-Elisabeth, 2 ^e couche	52.60	34.60	12.70	60.25	39.75	Coke bien collé, gris, peu brillant.
id. 1 ^{re} »	64.33	32.67	3.00	66.25	33.75	Coke serré, gris, peu brillant.
St-François, 1 ^{re} »	51.28	41.30	7.42	55.50	94.50	Coke très bien collé.
Ste-Eugénie, 1 ^{re} »	53.66	39.75	6.55	57.50	42.50	Coke très bien collé, assez brillant.
St-Pierre, 1 ^{re} »	54.00	38.50	7.50	58.50	41.50	Coke très bien collé, aiguillé.
St-Marie, 2 ^e »	53.88	38.54	7.58	58.25	41.75	Coke très bien collé, assez brillant.
Ste-Hélène, 2 ^e »	50.94	35.62	13.44	58.75	41.25	Coke très bien collé, peu brillant.
Groupe de Lucy						
Puits :						
Lucy.....	53.78	32.60	13.62	62.25	37.75	Coke bien collé, terne.
Magny, anthracite...	68.31	18.76	12.73	78.75	21.25	Coke pulvérulent.
Magny, anthracite flambant.....	63.86	25.20	10.94	71.75	28.25	Coke assez bien collé, grenu à la surface.
Mont Maillot						
Puits Ste-Barbe...	73.00	16.45	10.55	81.50	18.50	Coke pulvérulent.

Objets exposés par la compagnie des mines de houille de Blanzzy. — La compagnie des mines de Blanzzy a exposé :

1^o Modèle d'exploitation en vallée au moyen de l'air comprimé (tranches horizontales) employée au puits Jules Chagot ;

2^o Filets de protection en fils d'acier galvanisés pour puits et puisards profonds ;

3^o Bosseyeuse Dubois-François, modifiée par Blanzzy.

4^o Haveuse Blanzzy (modèle 1888).

5^o Outils de mineurs, pics, pelles, haches, masses, coins, lampes.

Avec le matériel d'exploitation ont figuré :

1° Une coupe d'ensemble passant par la carrière à remblais de Sainte-Hélène et le puits Jules Chagot ;

2° Tableaux graphiques ;

3° Album du matériel et des appareils à air comprimé.

La compagnie des houillères de Blanzy (J. Chagot et C^{ie}) a commencé à faire usage de l'air comprimé dès l'année 1872 ; mais ce n'est que depuis l'année 1878 que cet emploi fut généralisé dans les travaux pour actionner des treuils des pompes, des ventilateurs, des perforatrices et des haveuses.

Le modèle d'exploitation en vallée au moyen de l'air comprimé à l'échelle de 0^m02 pour 1 mètre montre les moyens techniques mis en usage aujourd'hui à Blanzy pour consommer par année plus de 8 millions de mètres cubes à la pression de 4 kil. 50.

Le modèle d'exploitation en vallée nous montre les couches actuellement exploitées par la Compagnie J. Chagot. Les champs d'exploitations se trouvent dans les premières et troisièmes grandes couches du système houiller de Blanzy. La première grande couche a une épaisseur variant de 15 à 18 mètres et une inclinaison de 25 à 30° ; elle est séparée en deux parties à peu près égales, par une barre de grès à noyaux de quartz : c'est la barre grise des mineurs du pays. Cette couche donne au charbon demi-gras, composé de : carbone 78 %, hydrogène 5,48, oxygène et azote 13,13, cendres 3,41, hydrogène en excès 3,819.

La troisième couche n'a que 8 à 12 mètres d'épaisseur avec une inclinaison de 20 à 25° ; elle donne du charbon à coke ; présentant la composition suivante : carbone 76,49 % ; hydrogène 5,29 ; oxygène et azote 13,39 ; cendres 4,83 ; hydrogène en excès 3,622. Le modèle en relief nous fait connaître l'état actuel des travaux ; aujourd'hui les voies de roulage se trouvent à 330 mètres de profondeur au-dessous du sol ; dans ces galeries la traction se fait au moyen d'une chaîne flottante mise en mouvement par une machine à air comprimé ; toutes les chambres sont éclairées à l'électricité au moyen de lampes à incandescence ; il en est de même des travers bancs où se fait le trainage mécanique. Les travaux de la première couche sont seuls représentés dans le modèle ; toute la partie de la première couche située à l'amont-pendage de 330 est enlevée ; à la période représentée, on exploite la deuxième tranche de l'étage 345-330. Ce quartier est limité du côté du travers-bancs par une faille qui longe le pilier de conservation de la pompe Sainte-Marie et l'autre par une ligne conventionnelle séparant les travaux de ce puits de ceux du puits voisin Sainte-Eugénie. La distance entre ces deux limites est de 380 mètres, l'épaisseur de la couche est de 20 mètres et son inclinaison de 30 degrés.

Pour montrer les galeries de roulage on a fait une première coupe horizontale de la couronne de ces galeries et pour laisser voir les travaux d'exploitation de la deuxième tranche, une deuxième coupe horizontale a été dirigée par la cou-

ronne de ces travaux. Ces deux coupes sont réunies par une couche verticale à l'aplomb de la ligne d'intersection du mur de la couche avec la coupe en couronne de la deuxième tranche. Dans ce modèle en relief on a représenté avec la plus grande fidélité les différentes circonstances de la méthode d'exploitation suivie aux houillères de Blanzv.

Les mines de Blanzv ont de grandes réserves pour l'avenir; si l'on fait le cube approximatif de la production assurée, depuis le niveau 300 mètres jusqu'à celui de 425 mètres actuellement en préparation, on trouve un volume exploitable de 50 000 000 d'hectolitres, ce qui correspond, à raison d'une production annuelle de 200,000 tonnes, à une durée de 20 ans, cela non compris les houilles d'exploitation au-dessous de 425 mètres.

Schneider et Compagnie, forges, aciéries et ateliers de construction du Creuzot

Nous ne pouvons quitter les houillères de Blanzv sans dire quelques mots de celles du Creusot; divers indices, précédemment signalés, permettent de croire qu'une masse considérable de houille unit en profondeur les exploitations de Montchanin et Blanzv à celles du Creusot. Le sondage de la Mouille-Longe, poussé de 1853 à 1857 à une profondeur de 310^m,60, n'a pas dépassé les limites du terrain houiller. Celui-ci a été retrouvé au-dessous du terrain triasique (grès bigarrés) à une profondeur de 370 mètres.

L'extraction au Creusot se fait par sept puits dont les deux principaux sont le puits *Saint-Pierre* et le puits *Saint-Paul*. Les houilles extraites sont de quatre sortes, savoir :

- 1° Les *houilles grasses* pour forges maréchales; elles contiennent de 20 à 22 % de matières volatiles;
- 2° Les *houilles mi-grasses* pour fours à réverbère, renfermant 11 à 20 % de matières volatiles.
- 3° Les *houilles maigres* pour chauffage des chaudières qui renferment 13 à 18 % de matières volatiles;
- 4° Les *anthracites* de 10 à 13 % de matières volatiles.

Société Lyonnaise des schistes bitumeux

La Société Lyonnaise des schistes bitumeux a exposé divers échantillons d'huiles minérales parmi lesquels figurent : Schistes lourds pour éclairage, schiste

paille lavé, huile spéciale à gaz, huile lourde et en outre des échantillons de schistes bitumineux, un modèle en relief d'un puits et une coupe verticale du foyer d'une cornue de distillation.

On voit aussi parmi les objets exposés quelques beaux échantillons de vertébrés fossiles contenus dans les schistes oléifères, tels que : *Prætriton petrolei*, trouvé dans la mine de Télots dans le Permien d'Autun ; *Actinodon brevis*, dans le permien de Dracy-Saint-Loup (Saône-et-Loire).

Les schistes bitumineux d'Autun exploités par la Société Lyonnaise sont noirs un peu luisants ; ils ressemblent aux schistes houillers et appartiennent à l'étage permien ; ils renferment des empreintes de poissons, de reptiles et de plantes ; à la distillation ils rendent environ 5 % d'huile minérale brute d'une densité moyenne variant de 0,830 à 0,835 jusqu'à 0,870 à 0,910.

On distingue trois couches distinctes de schistes :

1° Une inférieure d'une puissance de 35 mètres renfermant trois lames de 3 à 4 mètres d'épaisseur ; sur beaucoup de points elle repose sur le granit, en d'autres, sur le terrain houiller.

2° Une couche moyenne de 3 mètres d'épaisseur ;

3° Une couche supérieure de 25 à 30 centimètres, très riche en carbures volatils.

Un hectolitre de schiste bitumineux des environs d'Autun pèse environ 90 kilogrammes et donne de 5 à 6 litres d'huile brute et exige 15 litres de houille pour sa distillation. Un hectolitre d'huile brute donne en moyenne :

Huile légère à 0,800 de densité	48,00 litres
Huile lourde à 0,850	18,00 »
Huile grasse à 0,880 à 0,890	8,00 »
Goudron	12,00 »
Paraffine	0,50 »
Perte	13,50 »
Total	100,00 litres

L'analyse des schistes a donné :

Carbone	23
Bitume	12
Argile, alcalis, silice	55
Eau	10
	<hr/> 100

On distille le schiste bitumineux à Autun au moyen de divers systèmes de cornues, système vertical, système horizontal, système à cornues tournantes, etc., et on fabrique avec eux outre les huiles lampantes, du goudron, du brai, de la paraffine, des sels de fer et de soude. des graisses minérales, des bougies miné-

rales, etc. MM. Paul Rondeleux et C^{ie} qui exploitent les schistes bitumineux de la Lendemine (Allier) et des schistes d'Autun a exposé des graisses minérales, des huiles à graisser, des huiles minérales pures, des huiles lourdes, des goudrons de la paraffine, etc.

HOUILLÈRES DE L'EST

De la région de l'Est, il n'a figuré à l'Exposition que la Société des houillères de Ronchamp (Haute-Saône).

Le bassin houiller de Ronchamp est situé sur les derniers contreforts du massif des Ballons des Vosges dans la vallée du Rahin; les dépôts houillers, en discordance avec les terrains antérieurs de la région, plonge au sud-est et disparaît sous les grès rouges; son inclinaison est de 25 degrés et souvent de 18 degrés, surtout vers le N.-O. le bassin est traversé par de nombreux soulèvements; la ligne d'affleurement du terrain houiller avec la direction Ouest-Est s'étend sur 3 kilomètres au nord du village de Ronchamp. Il a une épaisseur de 120 mètres et comprend deux étages en stratification concordante. L'étage inférieur, très peu épais dans la région de l'Est, augmente en puissance vers l'Ouest, atteint 45 mètres au puits des Chanois; il renferme que quelques petites veines de charbon inexploitable; mais l'étage supérieur qui a une puissance moyenne de 75 mètres renferme les trois couches exploitées par la Société des Houillères de Ronchamp.

La couche supérieure ou *première couche* a une épaisseur qui varie de 2^m,50 à 0^m,80; son maximum de puissance se trouve dans la région centrale; à l'ouest elle est en général divisée en deux bancs; le banc supérieur contient du charbon de bonne qualité et tandis que le banc inférieur produit un charbon barré.

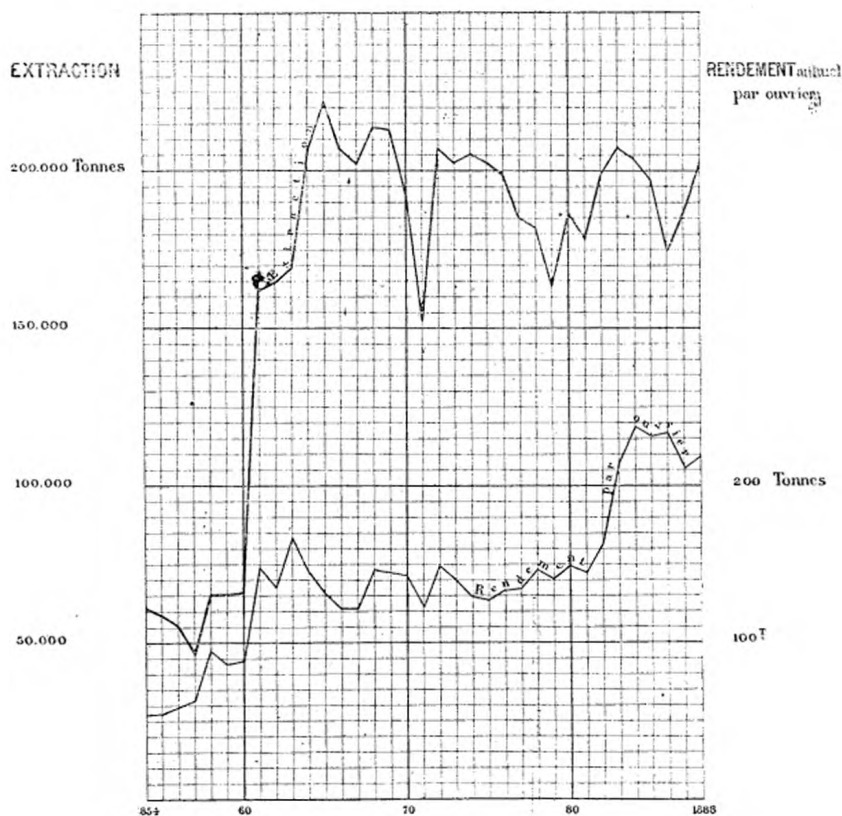
A 10 mètres au-dessous de la première, se trouve la couche appelée l'*intermédiaire* d'environ 0^m.50 d'épaisseur exploitable seulement dans la région centrale.

La couche inférieure ou 2^e *couche* est sise à 20 ou 25 mètres au-dessous de la première, à la base de l'étage supérieur du terrain houiller.

Cette couche est généralement divisée en deux bancs appelés *banc du sol* et *banc du toit*; son maximum d'épaisseur est de 3 mètres et va finir à l'Est contre les terrains plus anciens.

La zone du terrain houiller exploitable du bassin de Ronchamp se trouve limitée, à l'est et au sud, par les soulèvements du terrain antérieur au système permo-carbonifère, et à l'ouest par l'amincissement et la division des bancs de charbon.

L'exploitation de Ronchamp est un des exemples les plus remarquables de ce que peut une persévérance opiniâtre mise au service d'une idée juste; elle a pleinement confirmé la doctrine de l'extension des terrains houillers. Les sondages d'Esboulet, qui ont traversé les grès rouges, vert, atteignent les couches de houille et détruisent en même temps les préjugés qui donnaient des limites trop étroites au terrain houiller. Ce sondage, au sud de la concession de Ronchamp montra la continuité du terrain houiller. Un puits y fut foncé; il a traversé toute l'épaisseur des grès, des argiles rouges permienues sur une profondeur de 500 mètres. Le puits a recoupé les couches houillères relevées en ce point par un soulèvement analogue à celui qui avait été trouvé en amont et qui arrêta les premiers travaux, en faisant croire que l'on était arrivé à la limite du terrain houiller. Mais instruits par l'expérience, les exploitants n'ont pas été arrêtés par cet accident; des sondages furent entrepris sur l'aval-puisage à 600 et 675 mètres, ils ont rencontré de la houille.



La Société des houillères de Ronchamp possède deux concessions :

1° La concession de Ronchamp, d'une superficie de 2 650 hectares au nord du bassin ;

2° La concession d'Eboulet, au sud, d'une contenance de 1 853 hectares.

Le nombre de puits en exploitation est actuellement de trois, ce sont :

Le puits Saint-Joseph, profondeur 450 mètres, produisant 90 000 tonnes;

Le puits Eboulet, — 560 — — 40 000 —

Le puits Magny, — 700 — — 100 000 —

Les puits du Charrois et Saint-Charles sont en préparation; les travaux ont atteint, au puits Magny, la profondeur de 900 mètres.

La production normale des houillères de Ronchamp est de 200 à 250 000 tonnes par an.

A l'Exposition ont figuré un plan et une coupe représentant l'exploitation de Ronchamp; divers diagrammes de la production houillère et du rendement par ouvrier. Nous donnons plus haut, l'un de ces diagrammes.

La surface de houille est de 350 hectares, soit un rendement utile par mètre carré de 2 tonnes de charbon environ, bien entendu déduction faite des grands soulèvements; la production totale depuis l'origine des travaux est approximativement de 6,939,193 tonnes, savoir :

de l'année 1763 à 1784	40.000 tonnes
— 1785 à 1800	80.000 »
— 1801 à 1820	200.000 »
— 1820 à 1889	6.619.193 »

Voici, d'ailleurs, la production des mines de Ronchamp, de 1820 à 1889 :

*RELEVÉ des chiffres d'extraction des Mines de houille
de Ronchamp et d'Eboulet*

ANNÉES	RONCHAMP	EBOULET	ENSEMBLE	ANNÉES	RONCHAMP	EBOULET	ENSEMBLE
1820	13.780 80	»	13.780 80	1885	59.095 50	»	59.095 50
1821	18.725 »	»	18.725 »	1886	55.720 70	»	55.720 70
1822	21.547 »	»	21.547 »	1887	45.827 40	»	45.827 40
1823	22.287 20	»	22.287 20	1888	64.883 60	»	64.883 60
1824	28.026 60	»	28.026 60	1889	64.842 10	»	64.842 10
1825	36.210 40	»	36.210 40	1860	65.369 10	»	65.369 10
1826	32.561 »	»	32.561 »	1861	152.281 50	9.589 50	161.871 »
1827	31.134 80	»	31.134 80	1862	157.668 90	6.505 20	164.174 10
1828	23.469 10	»	23.464 10	1863	152.927 50	15.971 80	168.899 30
1829	19.557 40	»	19.577 40	1864	180.026 80	25.013 »	205.039 80
1830	14.743 70	»	14.743 70	1865	181.195 10	41.100 »	222.295 10
1831	10.054 20	»	10.054 20	1866	157.664 »	49.350 »	207.014 »
1832	10.745 70	»	10.745 70	1867	168.443 50	33.495 80	201.939 30
1833	16.414 40	»	16.414 40	1868	180.336 50	33.785 40	214.121 90
1834	20.391 70	»	20.391 90	1869	177.728 50	35.547 10	213.275 60
1835	11.355 20	»	11.355 20	1870	162.851 50	29.963 40	192.814 90
1836	2.839 20	»	2.839 20	1871	137.374 77	13.927 45	151.302 22
1837	6.244 20	»	6.244 20	1872	175.984 39	31.093 95	207.078 34
1838	6.536 »	»	6.536 »	1873	194.181 90	7.822 62	202.004 52
1839	7.190 »	»	7.190 »	1874	194.873 54	9.666 12	204.539 66
1840	15.544 30	»	15.544 30	1875	189.969 75	12.026 15	201.995 90
1841	11.500 »	»	11.500 »	1876	189.899 21	8.591 44	198.490 65
1842	2.791 70	»	2.791 70	1877	160.421 26	24.535 20	184.956 46
1843	8.336 20	»	8.336 20	1878	157.273 83	24.260 15	181.533 98
1844	10.490 70	»	10.490 70	1879	122.378 25	40.764 27	163.142 52
1845	15.134 »	»	15.134 »	1880	130.200 27	56.305 05	186.505 32
1846	15.965 »	»	15.965 »	1881	111.515 36	66.893 80	178.409 16
1847	21.487 50	»	21.487 50	1882	103.813 90	95.787 41	199.601 31
1848	21.981 20	»	21.981 20	1883	121.994 64	85.185 95	207.180 59
1849	56.314 50	»	56.314 40	1884	127.703 40	75.787 18	203.490 58
1850	67.331 »	»	67.331 »	1885	98.774 36	98.806 88	197.581 24
1851	55.159 20	»	55.159 20	1886	88.803 18	85.586 90	174.390 08
1852	44.532 10	»	44.532 10	1887	91.183 33	95.287 74	186.471 07
1853	61.834 20	»	61.834 20	1888	80.002 26	122.833 79	202.836 05
1854	60.823 20	»	60.823 20				

La houille de Ronchamp est homogène et d'une seule qualité; elle est grasse et propre à la fabrication du coke; sa composition moyenne est de 25,47 à 31,32 en matières volatiles; cendres, 5,67 à 6,76; carbone, 68,86 à 61,92.

Le tableau suivant donne les analyses exprimées en centièmes des échantillons de charbon pris sur les différents points de l'exploitation.

Sur l'ensemble des travaux, les charbons de Ronchamp contiennent en matières volatiles :

1° Pour l'exploitation du puits Saint-Charles, 29 % au niveau moyen de 300 mètres de profondeur ;

PROVENANCES DE LA HOUILLE	EAU HYDRO- MÉTRIQUE	CENDRES	CARBONE	HYDROGÈNE	OXYGÈNE- AZOTE	CARBONE	HYDROGÈNE	OXYGÈNE- AZOTE	AZOTE
Puits St-Charles 1 ^{re} couche. .	0.40	9.04	79.18	4.71	6.87	87.27	5.18	7.55	0.0241
— 2 ^e couche sol.	0.40	4.52	84.17	4.82	6.49	80.15	5.08	6.80	0.0420
Puits St-Joseph 1 ^{re} couche. .	0.15	4.20	86.18	4.18	5.44	89.96	4.36	5.68	0.0525
— 2 ^e couche sol.	0.70	6.24	84.65	3.80	4.55	90 »	4.12	5.88	0.0540
— 2 ^e couche toit.	0.90	7.97	83.72	4 »	4.31	90 97	4.35	4.64	0.0500
Puits des Magny 1 ^{re} couche. .	0.70	6.24	79.63	4.13	9.98	84.95	4.41	10.64	0.0245
— 2 ^e couche sol.	0.50	6.03	87.70	3.87	2.40	93.32	4.12	2.55	0.0350
— 2 ^e couche toit.	0.70	10.88	81.87	2.87	4.41	91.83	3.22	4.95	0.0350

2° Pour l'exploitation du puits Saint-Joseph, 28,90 % au niveau moyen de 430 mètres de profondeur;

3° Pour l'exploitation du puits du Magny, 22,60 % au niveau moyen de 700 mètres de profondeur.

La teneur en matières volatiles diminue à mesure que le charbon provient d'une couche plus profonde; cette diminution correspond à une augmentation dans la quantité de grisou dégagée par la houille. Par sa composition et ses qualités, le charbon de Ronchamp est classé dans la catégorie des houilles grasses; son pouvoir calorifique est en moyenne de 9,40.

La Compagnie a fait de nombreuses installations pour l'amélioration des produits extraits, criblage mécanique, triage, lavage, etc. : les lavoirs peuvent traiter 500 tonnes par jour. Pour utiliser les menus, elle a construit des fours à coke (système Coppée) pouvant produire 50 tonnes de coke par vingt-quatre heures; la carbonisation est faite en 48 heures; les charbons employés, qui donnent un rendement en coke de 74 %, contiennent de 7 à 8 % de cendres et 25 de matières volatiles; le coke obtenu est dense et d'un bel éclat métallique, et très recherché par les fondeurs de la région de l'Est.

Les houillères du Midi sont situées sur le versant du Gard, de l'Hérault, du Lot, de la Garonne; deux bassins sont surtout importants, savoir : le bassin d'*Alais ou du Gard* et le bassin de l'Aveyron, Aubin, Decazeville, les petits bassins de Graissessac (Hérault), de Carmeaux (Tarn), apportent aussi leur contingent de production à la consommation des départements du Midi; enfin, dans le Var, se trouve un troisième bassin houiller qui forme une zone longue et étroite souvent interrompue par les recouvrements des frias.

Nous comprendrons aussi parmi les houillères du Midi les lignites des Bouches-du-Rhône, exploitées par la Société des charbonnages des Bouches-du-Rhône.

BASSIN DU GARD

Le terrain houiller du Gard est divisé en deux parties par une saillie de talscnistes qui sépare le bassin de Portes et la Grand'Combe du bassin de Bessèges. Au sud du massif primordial, les deux bassins se réunissent et le terrain houiller est recouvert de ce côté par les dépôts du trias, du lias et plus loin par les calcaires néocomiens et le terrain tertiaire.

La carte géologique du bassin houiller du Gard, dressée par MM. Paran et Grand'Eury, fait connaître la composition et les allures des divers terrains et étages qui se trouvent dans les limites de ce bassin. Nous avons antérieurement indiqué la légende de cette remarquable carte (p. 73).

M. Grand'Eury a exposé une belle collection de plantes fossiles du terrain houiller du Gard, comme justification des divisions stratigraphiques de sa carte. Voici la liste des espèces exposées dans la Galerie des machines, à côté de sa carte et du plan en relief de l'ensemble du bassin.

Filicinées : *Para-picopteris augusta*, *Pecopteris polymorphos*, *P. arguta*, *P. unita*, *P. abbreviata*, *Caulopteris petigera*, *Neuropteris cordata*, *N. flexuosa*, *Odontopteris lingulatus*.

Sagillariées : *Sagillaria quadrangulata*, *S. maurieci*, *S. rugosa*, *S. defrancii*, *S. brardii*.

Cordaïtes : *Cordaïtes crossifolius*, *C. araucanie*.

Lépidodendrées : *Lepidodendron rimosum*, *Syringodendron*.

Colamariées : *Orthropitus*, *Calamites major*, *C. astui*.

Asterophyllitées : *Asterophyllites equisiliformis*, *A. parallenervis*.

Cycadinées : *Pachytesta gigantea*.

A côté de ces documents organiques qui ont permis à M. Grand'Eury d'établir sûrement l'âge des divers étages du terrain houiller et leur relation avec ceux des autres bassins, on trouve une collection d'échantillons de houille, houille organisée, insectes, mollusques, schistes et grès, minéral de fer en couches, porphyres, silex, argilophyres.

Le plan en relief que les diverses Compagnies du bassin du Gard ont exposé, donne la constitution géologique de la région houillère et montre l'étendue relative des diverses concessions.

Dans la carte géologique du département du Gard de M. Emilien Dumas, le terrain houiller est fort bien délimité, les terrains antérieurs à sa formation se développent à l'ouest et au nord de manière à l'encasturer; les revêtements postérieurs, au contraire, qui forment son chapeau, se montrent à l'est et au sud; la

Grand'Combe et Bessèges sont séparées en deux bassins secondaires par l'arête montagneuse qui se détache des environs de Chambers pour aller se terminer vers le Pradel.

Le plan en relief exposé était entouré d'une série de tableaux statistiques intéressants; entre autres les deux suivants :

I. — *Quantités de charbon extraites des diverses concessions du bassin houiller d'Alais jusqu'au 30 décembre 1888.*

Compagnie de la Grand'Combe	22.900.400 tonnes
— de Bessèges	14.004.900 »
— Portes, Sénéchas, Hauts - Four- neaux Saint-Louis.	5.176.857 »
— Mines et fonderies, forges d'Alais, mines de Trelysches	4.987.294 »
— Rochebelle	3.351.420 »
— Terre-noire, la Voulte, Bessèges, mines de Lalle	2.958.276 »
— Mokta-el-Hadid { Salles	878.545 »
Cessous	1.391.895 »
— Baux (Ardèche).	531.050 »
Total	55.280.636 tonnes

II. — *Importance actuelle des Compagnies en 1888.*

	NOMBRE DE PERSONNES Employés et ouvriers	EXTRACTION en tonnes
Compagnie Grand'Combe	4.756	744.000
— Bessèges	2.354	470.588
— Portes, Sénéchas	1.087	156.500
— Trelys et le Martinet	1.087	166.522
— Rochebelle	987	165.050
— Terre - Noire, La Voulte, Bessèges, Lalle	500	90.986
— Salles et Montalet	606	66.414
— Mokta-el-Hadid : Cessous	387	79.714
Comberedonde		
— de Banne	134	12 650

Le bassin du Gard, qui extrait aujourd'hui environ 2 millions de tonnes de houille, ne livrait que 1 100 000 en 1867. La région de Bessèges exploitait :

en 1830 seulement	2.000 tonnes de houille		
en 1836	30.000	—	—
en 1857	160.000	—	—
en 1867	550.000	—	—

Le terrain houiller du Gard est divisé, comme il a été dit précédemment, en deux parties, par une saillie de talschistes, qui sépare le bassin de Portes et la Grand'Combe du bassin de Bessèges. Au sud du massif primordial, les deux bassins se réunissent et le terrain houiller est recouvert, de ce côté, par les dépôts du trias, du terrain jurassique, le terrain crétacé inférieur et le tertiaire. Le plan en relief exposé montre bien cette structure extérieure, et les coupes que l'on y a faites permettent de voir la disposition des couches de houille en profondeur. M. Callon porte à dix-huit le nombre de couches de houille contenues dans le bassin houiller du Gard, et à 25 mètres l'épaisseur moyenne de la totalité de ces couches réunies ; leur puissance individuelle varie de 1 mètre et même moins à 3 à 4 mètres.

Société des mines de Bessèges.

Les concessions de Robiac, de Meyrannes et de Bordezac sont plus connues sous le nom de concessions de Bessèges ; le terrain houiller, dans toute l'étendue de cette concession, n'apparaît qu'en deux régions, dans celle de Bessèges et de Créal, celle de Molières et de Brousses ; sur tout le restant de la concession, il est recouvert par le Trias et le lias.

Dans la région de Bessèges et Créal, le terrain houiller s'appuie, au nord et à l'ouest, sur les micaschistes, avec une puissance d'environ 600 mètres ; il plonge vers l'est et le sud-est, disparaît sous le trias, rejeté en profondeur par une faille (faille de Devés). Ce lambeau de terrain houiller renferme 14 couches de houille dont la puissance varie de 0^m,50 à 2^m,20. Dans la région de Molières et des Brousses, le terrain houillier apparaît à travers le trias ; il plonge aussi vers l'est et le sud-est ; il présente tous les caractères d'un système supérieur à celui de Bessèges ; son épaisseur exactement reconnue jusqu'au fond du sondage de 600 mètres fait aux Brousses est de 1,100 mètres ; on y reconnaît 9 couches de charbon dont l'épaisseur varie de 0^m,30 à 0^m,90 ; d'après les estimations de la Compagnie, la richesse houillère de la concession de Bessèges se divise en deux parties : celle connue et entièrement aménagée évaluée à 20,000,000 de tonnes ; celle hypothétique évaluée à environ 100,000,000 de tonnes.

La production depuis l'origine de l'exploitation est allée en augmentant, elle a été de :

297.905 tonnes en 1871		389.705 tonnes en 1875
346.441 » 1872		339.325 » 1876
401.680 » 1873		448.141 » 1877
444.838 » 1874		470.888 » 1888

La Société des mines de Bessèges a exposé une collection de lampes de mineur de divers types (voir matériel de l'exploitation des mines).

Houillères de Portes et Sénéchas. — La Société des mines de Portes et Sénéchas a exposé :

1° Un plan général de la concession à l'échelle de $\frac{1}{10000}$ avec la représentation des affleurements de différentes couches ;

2° Deux coupes nord-sud et est-ouest à l'échelle de $\frac{1}{10000}$;

3° Un plan en relief représentant à l'échelle de $\frac{1}{1000}$ la partie sud de la concession et montrant à nu la couche de Salze et la couche de Chauvel. Ce plan a été exécuté en bois au moyen de planchettes de 0^m,01 d'épaisseur superposées, et contient la représentation des courbes de niveau de 10 en 10 mètres ;

4° Des courbes représentatives des cohésions des agglomérés ;

5° Des photographies des installations ;

6° Des diagrammes de l'extraction.

Les produits exposés sont : mottes demi-grasses, mottes grasses ou quart grasses, mottes maigres (Chauvel), grêles demi-gras, grêle-grille ou quart gras, chatilles lavées demi-grasses, chatilles lavées grille, ou quart grasses, grêles chauvel, grêlons chauvel, chatilles lavées chauvel, grosses chatilles chauvel, menus lavés, agglomérés, etc.

Cette nomenclature de produits variés montre la quantité de la production des houillères de Portes et Sénéchas.

La concession des mines de Portes et Sénéchas se trouve placée à l'extrémité nord de la branche ouest du fer à cheval du terrain houiller du Gard ; elle est comprise entre les concessions des Tavernoles à l'ouest, de Cessons et Trébuan à l'est, et de la Grand'Combe au sud ; elle embrasse une superficie de 920 hectares.

Le nombre des couches exploitées est dans la partie nord de 10 dont l'épaisseur varie de 0^m,50 à 1^m,20 ; ce sont les couches appelées : 1° Blachères, 2° Anonyme, 3° Sainte-Barbe, 4° Dumazert, 5° Rouvière, 6° Canal, 7° Jenny, 8° Terrenoire, 9° Palmasalade, 10° Saint-Augustin supérieur, 10° bis Saint-Augustin inférieur.

Dans la partie sud on exploite deux couches : n° 11, la Salze, n° 12, Chauvel.

La faille de Champmari sépare la concession en deux parties distinctes ; dans

la partie nord de la concession, bien connue d'ailleurs, les couches ont une direction générale N.-E.-S.-O. correspondant à la ligne de faite des collines qui bordent le ruisseau de l'Ognègne qui la traverse du nord au sud. La partie sud est moins connue.

L'extraction a suivi la marche indiquée par le tableau suivant depuis 1883 à 1888 :

ANNÉES	EXTRACTION Tonnes	ANNÉES	EXTRACTION Tonnes
1863	132.000	1876	180.000
1864	141.000	1877	178.000
1865	159.000	1878	176.000
1866	155.000	1879	178.000
1867	161.000	1880	172.000
1868	159.000	1881	171.000
1869	159.000	1882	180.000
1870	164.000	1883	191.000
1871	151.000	1884	183.000
1872	190.000	1885	149.000
1873	123.000	1886	140.000
1874	101.000	1887	145.000
1875	193.000	1888	156.000

Les charbons extraits sont de trois sortes différentes, savoir :

- 1° *Les houilles demi-grasses* contenant de 18 à 20 % de matières volatiles ;
- 2° *Les houilles un quart grasses* contenant 14 à 15 % ;
- 3° *Les houilles maigres ou anthraciteuses* contenant de 9 à 10 % de matières volatiles.

Chacune de ces sortes est classée en différentes grosseurs commerciales :

Les *mottes* (guilletes, pérats), les grêles morceaux de 1 à 2 kilogrammes, les grêlons, morceaux de 0 k. 500, les grelassons, morceaux de 0 k. 100 à 0 k. 250, les chatilles calibrées au moyen de cribles de diverses grosseurs et épurées par le lavage ; les menus fins qui après épuration par le lavage servent à la fabrication des agglomérés.

Les houilles de Portes et Sénéchas, analogues à celles des autres parties du terrain houiller exploitées à la Grand'Combe et à Bessèges sont employées en partie à la fabrication du gaz, de l'éclairage et du coke dont la Société fait usage. Celle-ci fabrique le coke en mélangeant la houille grasse avec un tiers de charbon anthraciteux ; ce mélange donne un rendement de 75 %.

Société anonyme des houillères de Rochebelle.

La concession de Rochebelle et Cendras a une superficie de 3,118 hectares. Au nord et au nord-est elle est limitée par les concessions de la Grand'Combe. Sur presque toute son étendue le terrain houiller est recouvert par le Trias et autres dépôts postérieurs ; il n'affleure que sur une bande étroite d'environ 3 kilomètres de longueur vers la limite sud-est de la concession où il est relevé par des soulèvements de grande amplitude ; plissé et faillé en divers endroits.

La concession de Rochebelle est divisée, du nord au sud, dans sa longueur, par le lit du Gardon ; on l'a partagée en 4 groupes : 1° *groupe du Bois-Commun*, dans lequel on a reconnu 8 couches de charbon maigre ; 2° *groupe de Rochebelle et Cendras*, contenant 8 à 10 couches exploitables dont la puissance moyenne est de 18 à 20 mètres de houille ; c'est là que se fait aujourd'hui l'exploitation ; 3° *groupes de Fontanes*, renfermant 15 couches exploitables d'une puissance totale d'environ 20 à 25 mètres ; 4° *groupe du Malbose*, là le terrain houiller est recouvert par le Trias. Un sondage exécuté, en 1857, dans cette région, après avoir traversé 225 mètres de Trias, a pénétré de 145 mètres dans le terrain houiller.

Les mines de Rochebelle ont eu et ont encore à vaincre des difficultés multiples ; ce sont certainement les houillères du bassin du Gard dont les recherches, la mise en valeur et l'exploitation présentent le plus de difficultés réunies au triple point de vue géologique, technique et économique ; là les concessionnaires sont obligés :

1° De faire de nombreux travaux stériles pour rechercher, relier et exploiter des couches de charbons plus ou moins friables, disjoints et fréquemment rejetées par des accidents géologiques nombreux ;

2° D'extraire à grande profondeur de 5 à 8 fois plus d'eau que de charbon ;

3° De changer très souvent de *méthode d'exploitation* d'un point à un autre dans une même couche ;

4° De lutter contre des terrains exceptionnellement ébouloux qui ont conduit à un système de soutènement métallique et contre des dégagements d'acide carbonique sous pression.

L'extraction de la houille a suivi à Rochebelle, depuis 1879, une marche progressive constante, sauf pendant les deux années 1885 et 1886 ; la production a quadruplé pendant la période décennale écoulée depuis sa fondation ; la voici par années exprimée en tonnes :

Années	Production annuelle tonnes	Années	Production annuelle tonnes
1879	41.800	1885	100.200
1880	87.100	1886	116.200
1881	101.000	1887	154.100
1882	109.000	1888	163.100
1883	118.000	1889 probable	180.000
1884	139.000		

Les mines de Rochebelle ont exposé : 1° un plan général de la concession de Rochebelle et Cendras ; 2° une coupe est-nord-ouest des mines de Rochebelle ; 3° une coupe du puits foncé à niveau plein de Malbose et du sondage inférieur pénétrant dans le terrain houiller ; 4° diagrammes schématiques des signaux électriques à répétition et de la ligne téléphonique souterraine de Fontanes ; 5° un plan de piston compresseur universel pour fabrication des briquettes, perforées ; 6° planche des types successifs de blindage de galeries ; 7° photographies de puits et d'ateliers de lavage ; 8° un cadre circulaire de blindage en rails de 29 kilogrammes, type ordinaire ; 9° un tronçon de carotte de sondage de Malbose, elles ont 1^m,50 de hauteur et 0^m,35 de diamètre.

Parmi les produits exposés provenant des houillères de Rochebelle, nous citons :

1° charbons irisés demi-gras de Fontanes pour chauffage domestique ; 2° grellosons ou chatilles ; 3° briquettes de 5 à 6 et 7 kilogrammes à cohésion de 65 à 75 % ; 4° petites chatilles ; 5° mottes et grêlons ; 6° charbons maigres pour poêles à teneur de 3 à 7 % de cendres ; 7° briquettes perforées ; 8° agglomérés pour la marine militaire à cohésion de 65 à 75 % et à teneur de 5 à 7 % de cendres.

Compagnie des mines de la Grand'Combe.

La Compagnie des mines de la Grand'Combe a fait une belle exposition qui renfermait :

1° Un plan en relief du bassin houiller d'Alais ; 2° un plan géologique de la concession des mines de la Grand'Combe à l'échelle de $\frac{1}{40000}$; 3° un relief avec installation au jour et coupes montrant l'exploitation ; 4° coupes et dessins explicatifs du relief ; 5° une coupe du sondage Ricard ; 6° plan d'ensemble des mines de la Grand'Combe à l'échelle de $\frac{1}{2500}$; 7° coupe générale des mines de la Grand'Combe à l'échelle de $\frac{1}{1.000}$; 8° des lampes système Fumat ; 9° des photo-

graphies diverses ; 10° enfin des échantillons de briquettes, de coke et de fossiles du terrain houiller du Gard.

L'exploitation houillère de la Grand'Combe est la plus importante du bassin du Gard. L'extraction en 1888 a été de 744.000 tonnes.

Mines de Cessons et de Comberedonde.

Les mines de Cessons et de Comberedonde ont exposé de nombreux échantillons de charbon, charbons maigres anthraciteux en gros blocs, tout venant et lavés : 1° menus lavés de 0 à 14 millimètres ; 2° braisettes de 10 à 18 millimètres ; 3° petites chatilles de 18 à 35 millimètres ; 4° chatilles moyennes de 35 à 60 millimètres ; 5° grosses chatilles de 60 à 80 millimètres.

Mines de Salles et Montalet.

(Compagnie Mokta et Hadid). — Parmi les produits de l'exploitation que cette Compagnie expose, nous remarquons :

1° *Charbons gros* : mottes grasses pour la navigation à teneur de 7 % de cendres et 21,55 % de matières volatiles ;

2° *Briquettes* pour navigation à compression de 140 kilogrammes par centimètre carré à teneur de 7,50 % de cendres et 23 % de matières volatiles ; elles contiennent 6,50 % de brai et la cohésion est de 64 % ;

3° *Charbon lavé* pour briquettes à teneur de 7,60 % de cendres et 20,50 % de matières volatiles.

Une coupe fait connaître la situation extérieure de la concession ; inutile de revenir à propos de chaque Société exposante à refaire la stratigraphie du bassin houiller du Gard.

Compagnie des mines de Tréllys et de Martinet.

Cette Compagnie expose aussi des plans et coupes de sa concession, des lampes de sûreté, les dessins d'une machine à agglomérer à double compression simultanée, enfin des houilles en gros blocs, des briquettes, du coke et des fossiles houillers.

Les combustibles du bassin du Gard.

Les houilles du bassin du Gard offrent différentes variétés ; il y en a de grosses, de sèches, d'anthraciteuses ; les unes sont très propres à la fabrication du coke, les autres sont plus spécialement affectées à la fabrication du gaz, enfin d'autres flambantes et analogues au Newcastle sont recherchées pour le chauffage domestique, la forge et les générateurs à vapeur. Ces houilles sont d'un beau noir luisant peu ou point ligniteuses ; elles donnent de 55 à 70 % d'excellent coke pour les hauts-fourneaux.

Les houilles grasses du Gard brûlent avec une flamme très longue et très vive, elles s'agglomèrent en brûlant et donnent, les unes un coke résistant, d'autres un charbon volumineux et friable. Voici l'analyse de quelques échantillons de diverses provenances et de différentes couches :

	I	II	III	IV	V
Charbon	68.0	70.0	59.5	71.3	65.6
Cendres	10.4	4.0	13.9	7.1	13.8
Matières volatiles .	21.6	25.8	26.6	21.6	20.6
	<hr/> 100.0	<hr/> 100.0	<hr/> 100.0	<hr/> 100.0	<hr/> 100.0

Les houilles anthraciteuses de la Grand'Combe, etc., sont noires, brillantes, dures, parfois un peu friables ; elles brûlent avec une flamme courte et ne s'agglomèrent pas ; elles présentent la composition moyenne suivante :

	I	II
Charbon	78.0	75.8
Cendres	7.4	9.6
Matières volatiles	14.6	14.6
	<hr/> 100.0	<hr/> 100.0

Les houilles du bassin de l'Aveyron ont beaucoup d'analogie avec les charbons du Gard ; elles sont généralement à longue flamme et faciles à allumer ; elles sont collantes et donnent d'excellent coke pour les usages métallurgiques ; leur rendement en coke est en moyenne de 53 à 60 % ; leur puissance calorifique est de 8.693 ; leur composition moyenne est la suivante :

	I	II	III
Charbon	58.5	50.6	82.12
Cendres	3.1	7.0	5.13
Matières volatiles . .	38.4	42.0	12.75
	<hr/> 100.0	<hr/> 100.0	<hr/> 100.0

La houille du petit bassin houiller de Carmaux et d'un très beau noir éclatant ; elle brûle avec une longue flamme qui dure longtemps ; elle se ramollit et se boursouffle ; elle est composée de :

Charbon	25.7
Cendres	3.5
Matières volatiles	25.0
	<hr/> 100.0

Le petit bassin houiller de Graissessac (Hérault) donne une houille grasse à longue flamme propre à la forge, à la grille, au chauffage des chaudières à vapeur, à la fabrication du coke et du gaz d'éclairage ; la Compagnie de Graissessac a exposé des blocs de charbon, des échantillons de briques et de coke et une collection de fossiles.

BASSIN HOULLER DE L'AVEYRON

Le bassin houiller de l'Aveyron, d'une étendue environ de 12,000 hectares, est limité, sur une partie de son périmètre par des grès du Trias ou des calcaires jurassiques ; l'ensemble de ses dépôts peut être divisé en quatre étages, savoir :

1° *L'étage supérieur* renferme une couche de charbon d'une puissance de 30 à 35 mètres recouvert par des grès schisteux et des schistes bitumineux ; elle contient des bans et des rognons de schiste, en certains points elle est pyriteuse ; mais elle devient de bonne qualité quand elle s'isole.

2° *Le deuxième étage*, séparé du précédent par 50 mètres de stérile est composé de trois couches distinctes, de 1 à 5 mètres de puissance, exploitées dans la vallée des Pombes.

3° *Le troisième étage* (de Campagnac) renferme une couche de 6 à 15 mètres de puissance exploitée en plusieurs endroits.

4° *Le quatrième étage inférieur* comprend une série de couches de 1 à 3 mètres de puissance exploitées à Rulhe.

La Société anonyme des aciéries de France exploite des houilles dans le bassin d'Aubin à Cransac ; dans son exposition de la classe 40 on a remarqué ses divers échantillons de houilles, de briquettes.

Les houilles exposées avaient une teneur moyenne de

Rendement en coke	14 %
Matières volatiles	30 »
Cendres	2 à 3 »

Rendement en gaz par 100 kilogrammes de la houille distillée : 31 mètres cubes pouvoir éclairant 95 à 97 litres.

Nous reviendrons à l'exposition de cette Société (chapitre : *minerais métallifères*).

BASSIN HOUILLER DU TARN

Le terrain houiller se rencontre dans le département du Tarn, sur un espace très circonscrit, dans la vallée du Lérour, près le bourg de Carmaux, et malgré son peu de développement, sa position, en fait proportionnellement à son étendue, un de nos bassins les plus productifs. Depuis longtemps (1848) de Boucheporn a décrit le terrain houiller du Tarn. « Examiné à la surface du sol, dit-il, le terrain « houiller de Carmaux semble s'étendre à l'E à l'O; mais ce n'est pas le véritable sens de son allongement, et cette apparence est due seulement à ce qu'il « est ouvert au N. et au S. par le terrain tertiaire. La véritable direction du « bassin est, au contraire, du N. au S.; l'étendue méridionale n'en est point connue, « parcequ'il est caché sous le tertiaire qui y prend rapidement une grande puissance « du côté de l'E. et de l'O. Ce terrain houiller est resserré entre deux avancées du « gneiss. La portion de ce terrain reconnu jusqu'ici souterrainement est d'environ 2 kilomètres de large de l'E à l'O, sur 3 kilomètres de long du N. au S. »

Depuis que Boucheporn a publié la *Carte géologique du Tarn* avec l'explication qui l'accompagne, la connaissance du petit bassin houiller a fait quelques progrès et les sondages qui ont été faits dans la région de Carmaux et dans les régions voisines ont augmenté nos connaissances sur le terrain houiller de cette partie de nos départements du midi.

Société des mines de Carmaux

La Société anonyme des mines de Carmaux a exposé les objets suivants qui présentent un intérêt considérable.

1° Les *coupes géologiques* bien faites qui nous montrent, l'une la stratification du bassin sur une étendue de 4 kilomètres du N. au S.: elle s'arrête au S' à la limite de la région explorée. L'autre résume les renseignements recueillis dans le fonçage du puits n° 1 de la Fronquié.

2° Un plan général de la concession indique la direction de la grande coupe n° 1.

3° Un *plan en relief d'un siège d'exploitation* qui présente l'aménagement général et les installations extérieures du siège de l'extraction et les méthodes d'exploitation usitées aux mines de Carmaux; on y voit l'indication d'une exploitation par tranches horizontales et par grands fronts montants;

4° Dessins de machines d'extraction, de machines motrices, de lavoirs, etc.

Aux mines de Carmaux il y a trois sièges d'exploitation reliés au chemin de fer du midi par divers embranchements; trois puits servent à l'extraction; puits Sainte-Barbe, puits de la Grillotie, puits de la Fronquié; la production en 1888 a été de 334 000 tonnes: on a fabriqué cette même année 26 845 tonnes de coke et 26 121 tonnes d'agglomérés.

Dans le gîte houiller de Carmaux on connaît six couches exploitables de 1^m,90

à 3 mètres de puissance avec charbon utile, formant une puissance totalisée de 14^m,40 ;

Les houilles de Carmaux donnent en moyenne :

Coke	71.42	70.60
Matières volatiles . .	25.50	24.10
Cendres	3.08	5.30
	<u>100.00</u>	<u>100.00</u>

En réduisant les cendres on a :

Coke	73.69	74.55
Matières volatiles . .	26.30	25.45
	<u>100.00</u>	<u>100.00</u>

Les houilles de Carmaux ont une puissance calorifique supérieure aux Cardiff, Sunderland, etc., comme le constatent les expériences officielles que nous citons ci-dessous.

CHARBONS soumis aux essais	Kilogrammes d'eau vaporisés par kilogramme de houille			
	Chaudières de Belleville	Chaudières à retour de flammes	Chaudières tubulaires	Chaudières sans désignation
Mines d'Apern . . .	kil. 6.344	kil.	kil.	kil.
— d'Aubin . . .	6.427	7.516		5.523
Sunderland . . .	6.763	8.108		5.946
Cardiff	9.769			6.223 à 9.821
Mines de Carmaux .	7.495 à 8.546	9.105	8.575	
Glasgow	6.062			
Menys-Cool . . .	6.660		7.257	
Newcastle	7.196		8.006	
Abercarn			7.820	
Campagnac			6.963	0.113
Newport-Abercorn .			8.108	

Ces différentes expériences ont été faites à la poudrerie d'Angoulême, à a manufacture de tabac de Tonneins, à la direction d'Artillerie de Toulouse, à la poudrerie de Saint-Médard-en-Jallis. Sur les houilles présentées aux diverses adjudications des manufactures et arsenaux de l'Etat, tous les résultats ont été en faveur des charbons des mines de Carmaux.

La *Société minière du Tarn* qui possède une concession de 3563 hectares a recherché la houille au-dessous du terrain tertiaire.

Le sondage qu'elle a fait exécuter au Grand-Camp a fait connaître la succession suivante :

1° *terrain tertiaire*, marne calcaire, sable, poudingue à 153 mètres.

2° Schistes houillers ou empreintes végétales 155 à 160 mètres;

3° Grès houillers à 164, 177 et 241 mètres.

4° Porphyres.

5° Grès porphyriques à 241 mètres.

6° Grès houillers à 190 et 241 mètres.

Le permien traversé se compose de grès aux niveaux de 97, 126 et 146 mètres.

Les schistes houillers avec fossiles à 146 et 321 mètres; couches de houille à 184, 226, 266, et 282 mètres.

Le sondage qui a donné de tels résultats démontre nettement l'extension du terrain houiller de Carmaux dans les dépôts postérieurs.

II

BASSIN DU VAR ET DES BOUCHES-DU-RHÔNE

Dans le Var le terrain houiller forme une zone longue et étroite souvent interrompue par les recouvrements des trias; la houille que l'on en a extraite jusqu'ici est anthraciteuse, elle se trouve au voisinage des schistes bitumineux. Ce bassin forme une vallée continue qui s'étend vers le golfe de Fréjus, dans une longueur de 25 kilomètres sur une largeur variant de 500 à 2 500 mètres.

Les houilles du bassin houiller du Var n'ont été représentées à l'Exposition de 1889 que par les produits de la concession des mines de Sainte-Saccharie; par contre les combustibles voisins des Bouches-du-Rhône y ont dignement figuré.

Compagnie des charbonnages des Bouches-du-Rhône.

La *Société des charbonnages des Bouches-du-Rhône* a exposé de nombreux et beaux échantillons de charbon et de briquettes, des photographies des centres d'exploitation, un perce-outil de la machine à tunnels de M. Brunton. Cette exposition mérite une mention spéciale par l'importance qu'a, à Marseille et aux environs, le lignite de Fuveau. Le bassin à lignites de Fuveau est situé dans le département des Bouches-du-Rhône où il occupe près de 400 kilomètres carrés; l'étage fuvélien qui se développe sur plusieurs centaines de mètres de puissance occupe la partie supérieure du terrain crétacé, il est directement recou-

vert par les terrains tertiaires et semble correspondre à l'étage danien ou garu-nerin de Leymerie ou à notre sous-nummulitique ou groupe d'Alet (d'Archieu et Noguès : voir les *Corbières*).

A la base et au-dessus des couches à hepnites crétacées, on trouve la formation du plan d'Auys contenant déjà deux petites couches de charbon. A 116 mètres environ au-dessus se montre le faisceau des couches proprement dites de Fuveau qui comprend en remontant

La grande mine dont la puissance varie de . . .	2 ^m ,83 à 1 ^m ,08
La mauvaise mine	0 ^m ,85 à 0 ^m ,60
La couche quatre pans	1 ^m ,60 à 0 ^m ,75
La couche gros rocher	1 ^m ,60 à 0 ^m ,75
La mine de l'eau	0 ^m ,85 à 0 ^m ,75
La mine de deux pans	0 ^m ,75 à 0 ^m ,50
La mine de Gréasque au Fuveau	0 ^m ,80 à 0 ^m ,50

A 380 mètres plus haut apparaît la couche de Bideaux, d'une épaisseur de 50 à 60 centimètres ; enfin au sommet de la formation, trois veines de charbon représentent ensemble 3 mètres de lignite exploitable, connues sous le nom de couches de Châteauneuf-le-Rouge.

Le bassin à lignites des Bouches-du-Rhône connu sous le nom de bassin de Fuveau est divisé en vingt-deux concessions embrassant ensemble une superficie de 31 032 hectares : douze d'entre elles sont groupées en un seul tenant, dont la plus grande dimension, dirigée suivant l'axe de la vallée de l'Arc, atteint 32 kilomètres de longueur et 12 kilomètres de largeur ; elles représentent ensemble 24 627 hectares ; c'est sur ce groupe qu'ont porté les exploitations les plus importantes ; les dix autres concessions sont dispersées, six au sud, quatre à l'ouest qui indique l'étendue relative de chacune de ces concessions et leurs situations respectives).

Les concessions de *Gemenos*, de l'*Arc*, de *Liquette* et de la *Gacherelle* n'ont jamais été exploitées ; celles de *Bouilladisse* et des *Martiques* n'ont produit du charbon qu'une seule année ; les concessions de *Bassan*, d'*Adrech* de *Garlaban*, de *Vèdes*, *La Fare* et *Coudaux* n'ont été mises en valeur que pendant peu d'années et n'ont donné que des productions minimales ; la concession de Beaumone est de récente institution, la concession d'Auriola en ses travaux inondés en 1873 ; au contraire les concessions de *Saint-Savournin sud* et *Saint-Savournin-nord* sont activement exploitées : la première a produit 545 238 tonnes de charbon depuis 1877, et la seconde 3 310 618 tonnes depuis 1810, date du commencement de l'exploitation.

Quant aux cinq autres concessions, appartenant actuellement à la *Société des Charbonnages*, elles n'ont pas cessé d'être exploitées depuis leur institution. Depuis 1810 la concession de *Gardunne* a produit 330 356 tonnes, celle de

Mimet 98 229 tonnes, la *Grande Concession* 3 567 416 tonnes, celle de *Gréasque* et *Belcodène* 2 213 176 tonnes, celle du *Jas de Bassas* 744 634 tonnes, soit pour l'ensemble des cinq concessions 6 943 800 tonnes. La concession de *Frets* a fourni 887 503 tonnes.

En résumé, dit la *Monographie de la Société des Charbonnages*, à laquelle nous empruntons ces chiffres, depuis 1810 toutes les concessions des Bouches-du-Rhône ont produit ensemble 12 124 694 tonnes.

Voici la progression du personnel ouvrier occupé dans ces mines.

en 1810	195 ouvriers	en 1860	1.113 ouvriers
1820	388 »	1870	1.886 »
1830	481 »	1880	2.512 »
1840	603 »	1888	2.500 »
1850	813 »		

La Société des Charbonnages des Bouches-du-Rhône possède actuellement les concessions suivantes : Grande Concession, Gréasque et Bolcadène, Mimet, Jas de Bassas, Auriol, Bouilladisse, Gardonne, d'une superficie totale de 134 kilomètres carrés qui s'étendent sur les communes de Boue, Simione, Gardonne, Mimet, Meyreuil, Fuveau, Rousset, Peynier, Bolcadène, Gréasque, Saint-Savournin, Peypin, la Bourine, la Destrousse, Auriol.

Le principal centre d'exploitation est à 19 kilomètres environ à vol d'oiseau de Marseille.

La Société des Charbonnages a considérablement amélioré et perfectionné les moyens d'extraction et d'exploitation ; elle a introduit dans ses puits les guidages en bois, les cages à parachute, les câbles plats en aloés ; le matériel roulant a été amélioré, des plans automoteurs inclinés, des élévateurs hydrauliques, le trainage mécanique, etc., ont été installés.

L'épuisement des eaux a subi de notables perfectionnements ; actuellement la Société dispose de 1000 chevaux effectifs pour épuiser les eaux de ses mines. On pourra juger des quantités d'eau qui affluent dans les mines exploitées par la Société des charbonnages par le tableau suivant où se trouve résumé le tonnage du charbon extrait, l'eau totale épuisée, l'eau tombée et le rapport de la quantité d'eau extraite par tonne de charbon sorti et par millimètre de pluie.

La Société des Charbonnages des Bouches-du-Rhône se trouvant en présence de quantités d'eau toujours croissantes dans ses exploitations et constatant l'insuffisance de ses moyens d'épuisement a eu l'idée d'établir une grande galerie de vidange pouvant assécher une grande partie du bassin en amenant les eaux à la mer. Il s'agit donc de percer un tunnel de 14 859 mètres : ce tunnel a été déclaré d'utilité publique par décret en date du 20 février 1889 (la figure 31 montre l'entrée provisoire de ce tunnel).

ANNÉES	Charbon produit en kilogrammes	Mètres cubes d'eau extraite par les pompes	Millimètres d'eau tombée	LITRES D'EAU EXTRAITE	
				par tonne de charbon produit	par millimètre de pluie
1878	184.025.146	1.129.608	710.0	6.301	1.633.390
1879	166.765.150	4.869.715	871.4	29.201	5.857.246
1880	190.043.220	2.927.705	655.7	11.405	4.465.000
1881	187.152.040	4.425.353	509.8	23.645	8.513.568
1882	182.712.450	4.251.175	602.3	23.296	7.058.899
1883	154.634.180	8.396.350	543.3	54.298	15.454.313
1884	143.892.040	3.223.465	517.8	22.402	6.225.309
1885	139.660.800	5.512.122	197.7	39.468	6.910.018
1886	152.432.830	9.588.489	1.036.4	62.903	7.251.726
1887	129.608.550	9.906.575	878.1	76.434	11.281.809

Le lignite de Fuveau se rapproche par ses qualités de la houille maigre à longue flamme: il brûle avec une flamme longue et claire, sans donner aucun signe de fusibilité; les fragments se consomment et diminuent de volume, en donnant une flamme qui décroît à mesure que la combustion avance; ils se couvrent de cendres et ne présentent pas l'apparence du coke, l'industrie de Marseille en consomme annuellement plus de 200 000 tonnes: en le mélangeant avec une faible proportion de houille demi-grasse on obtient des agglomérés de lignites qui sont même employés dans la marine.

Le lignite de cette région contient plus de 20 % d'oxygène; celui de l'Enfant-Dort a donné à l'analyse

Charbons	49.3
Cendres	3.9
Matières volatiles	46.8
	<hr/> 100.00

cependant dans la région de Fuveau, on trouve quelques couches de lignite qui donnent un coke caverneux et sont analogues aux lignites bitumineux des Basses-Alpes.

HOUILLÈRES DU NORD

Les houillères du Nord comprennent les bassins du Nord et du Pas-de-Calais; c'est la continuation du bassin houiller de la Belgique resté découvert depuis Aix-la-Chapelle jusqu'au-delà de Mons et qui se prolonge dans les départements du Nord et du Pas-de-Calais au-dessous des terrains plus modernes.

Le bassin houiller du Nord présente une zone continue de 6 à 10 000 mètres de largeur, représentant une surface de 250 000 hectares; il s'étend de Liège à Namur, Charleroi, Mons, à Valenciennes, Douai et Béthune. Il forme le long des terrains primaires une bordure linéaire et littorale: sa longueur est de plus de 400 kilomètres. Cette zone houillère présente des variations considérables dans l'épaisseur des dépôts qui la constituent; à partir de l'Ouest de Mons elle est recouverte par les terrains secondaires. Les morts-terrains superposés ont, sous les territoires d'Anzin et d'Arniche, des épaisseurs de 80 à 120 mètres, et même de 130 à 140 mètres dans le Pas-de-Calais. La zone houillère du Pas-de-Calais n'a été reconnue que vers 1845; elle est recouverte par le terrain crétacé inférieur. M. Vuillemin qui a étudié, en ingénieur et géologue, les bassins houillers du Nord et du Pas-de-Calais, évalue ainsi l'extension de cette grande bande carbonifère:

En Prusse, environ	140 kilomètres
En Belgique	170 »
Dans les départements du Nord. . .	50 »
» » Pas-de-Calais	60 »
Total	420 kilomètres

Et comme sa largeur est comprise entre 8 et 12 kilomètres, on peut évaluer sa superficie totale à 4 200 kilomètres carrés ou 420 000 hectares.

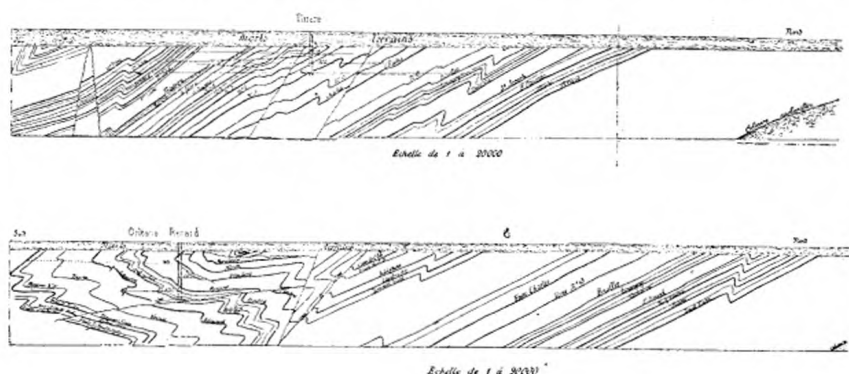
Dans la nouvelle carte des bassins houillers du Nord et du Pas-de-Calais, M. Vuillemin cite 38 concessions, savoir:

	Contenance		Contenance
1. Fresno	2.073 hectares	22. Dourges	3.787 hectares
2. Vieux-Condé . .	3.962 »	23. Courrières . . .	5.460 »
3. Raismes	4.819 »	24. Lens	6.239 »
4. Anzin	11.850 »	25. Douvrin	700 »
5. Saint-Saulve . .	2.200 »	26. Bully-Grenay . .	5.761 »
6. Denain	1.344 »	27. Bruay	3.809 »
7. Odomez	316 »	28. Vendin	1.166 »
8. Hasnon	1.488 »	29. Marles	2.990 »
9. Aniche	11.850 »	30. Farfay	928 »
10. Douchy	3.419 »	31. Cauchy-à-la-Tour .	278 »
11. Bruille	403 »	32. Auchy-au-Bois . .	1.363 »
12. Château-l'Abbaye .	919 »	33. Fléchinelle	532 »
13. Vicoigne	1.320 »	34. Ostricourt	2.300 »
14. Nœux	8.028 »	35. Carvin	1.150 »
15. Crespin	2.842 »	36. Meurchin	1.763 »
16. Marly	3.312 »	37. Anſœulin	920 »
17. Azincourt	2.182 »	38. Liévin	1.444 »
18. Escautpont . . .	4.721 »		
19. Thivencelles . . .	981 »	Total	109.183 hectares
20. Saint-Aybert . . .	455 »		
21. Escarpelle	4.721 »		

A cela non comprises les concessions du Boulonnais.

« On se fera une idée assez exacte, dit M. Vuillemin, de l'allure de la formation houillère du nord de la France, en se représentant une grande vallée, profonde, sinueuse, dirigée du S.-E. au N.-O., qui aurait été remplie par des dépôts successifs de schistes et de grès houillers attenant avec de nombreuses et minces couches de houille ayant depuis quelques millimètres à 0^m,50, 1 mètre, 1^m,50 et 2 mètres d'épaisseur.

« Divers accidents et mouvements ont modifié ces dépôts qui s'étaient formés horizontalement, et leur ont imprimé cette inclinaison générale vers le Sud, ces



contournements en zig-zags que l'on observe dans les coupes verticales de la figure ci-contre. Cette vallée, une fois remplie, a été recouverte comme tout le pays avoisinant les bords par des dépôts plus modernes, dont l'épaisseur de 25^m,50 à l'Est atteint 180 mètres vers l'Ouest, et constituent la craie, les terrains tertiaires et les alluvions. Les limites de cette vallée sont formées au Nord par le calcaire carbonifère (calcaire de Tournai), et au Sud par le terrain dévonien (terrain rouge) ainsi que l'ont constaté de nombreux sondages entrepris pour la recherche de la houille et tourbes en dehors de la formation carbonifère.

« Les dépôts inférieurs, ou plus anciens, vers le Nord renferment les houilles maigres contenant 8 à 10 % de matières volatiles, de Vicoigne à Fresne. Au fur et à mesure que l'on s'élève vers le Sud, on rencontre des houilles contenant de plus en plus des matières volatiles, d'abord 12 à 16 %, houilles sèches de Somain, du Nord d'Anzin, puis 18 à 25 %, houilles grasses à coke de Gayant, Saint-Waast, etc., et enfin 30 et jusqu'à 40 %, houilles à longue flamme de Denain, Lens, Nœux, Marles, etc.

« Les houillères du Nord et du Pas-de-Calais fournissent toutes sortes de houilles, des houilles applicables à tous les usages industriels, depuis l'anthracite à 8 % de matières volatiles employée à la cuisson de la chaux et des briques jusqu'au charbon à gaz ou Flénu à 40 % de matières volatiles, en passant par tous les degrés intermédiaires entre ces deux limites.

« Quelques exemples permettent de donner une idée du nombre des couches et de l'épaisseur du charbon renfermé dans les bassins du Nord et du Pas-de-Calais.

« Le faisceau des houilles maigres exploité à Fresne par la Compagnie d'Anzin et du Fresne-Midi, comprend 24 couches exploitables, formant ensemble une épaisseur de charbon de 14^m,90. La partie du même faisceau exploitée à Vicoigne présente 15 couches exploitables, ayant ensemble 9^m,30 d'épaisseur.

« Le faisceau des houilles demi-grasses du nord d'Anzin, superposé aux houilles maigres de Vicoigne et séparé de ces dernières par un assez grand espace qui renferme certainement des veines inconnues, contient 18 couches présentant une épaisseur de 9^m,40 de charbon.

« Le même faisceau exploité par la Compagnie d'Aniche, près de Somain, se compose de 15 couches ayant ensemble 8^m,03 d'épaisseur.

« Au-dessus du faisceau des houilles demi-grasses, on trouve le faisceau des houilles grasses qui se compose : 1° à Saint-Waast, près Valenciennes, de 15 couches, ensemble 7^m,48 d'épaisseur ; 2° à Denain de 29 couches ensemble 16^m,80 d'épaisseur ; 3° à Gayant, près Douai de 23 couches, présentant ensemble 14^m,45 de houille. Enfin, au-dessus du gisement de Gayant, on trouve à la fosse n° 4 de l'Escarpelle un nouveau faisceau de houille plus gazeuse, contenant 27 à 30 % de matières volatiles, de 10 couches et de 6 à 7 mètres d'épaisseur totale. »

En résumant les exemples cités précédemment pris dans le bassin du Nord seulement, on aurait :

1° De 15 à 24 couches de houille maigre ayant une épaisseur totale de 9 ^m 30 à 14 ^m 90	
2° De 15 à 18 couches de houille demi-grasse ou sèche	8 ^m 03 à 9 ^m 40
3° De 29 à 33 couches de houille grasse	16 ^m 80 à 21 ^m 45
Ensemble 59 à 75 couches de houille d'une épaisseur totale de . . .	34 ^m 13 à 45 ^m 75

Dans le bassin du Pas-de-Calais on connaît 37 couches exploitables (Nœux) dont la puissance totale atteint 23^m,70.

La production des deux bassins du Nord et du Pas-de-Calais est aujourd'hui très considérable et est allée constamment en augmentant depuis l'origine de l'exploitation ; de 1850 à 1873, c'est-à-dire en 23 ans, la production a plus que septuplé, tandis que dans le Hainaut elle n'a pas triplé. Les tableaux suivants montrent l'accroissement progressif de la production dans les exploitations houillères du nord de la France.

I

BASSIN DU PAS-DE-CALAIS

Le bassin houiller du Pas-de-Calais présente des phénomènes géologiques et stratigraphiques dignes de l'attention des géologues et des mineurs, et qui ont donné pendant longtemps de grandes préoccupations aux exploitants de la région. L'examen des strates du terrain houiller exploitable y a fait reconnaître deux catégories de terrains : les *terrains renversés* et les *terrains en place*. Dans les puits de certaines concessions on trouve à la partie supérieure des couches nombreuses très tourmentées, souvent à forte inclinaison ; elles constituent les terrains renversés. En descendant on rencontre des couches beaucoup plus régulières, peu inclinées, à pentes moyennes : ce sont les terrains en place. Dans quelques puits ces terrains renversés se trouvent à des profondeurs considérables, à plus de 400 mètres.

Le renversement du terrain houiller s'est produit sur toute la lisière méridionale du bassin du Pas-de-Calais : il est le résultat de la grande poussée du midi.

Les roches qui entrent dans la composition du terrain houiller du Pas-de-Calais sont, comme dans tout le Nord, outre la houille, les schistes (*rocs* des mineurs) de puissance variable et les grès (*querelle* ou *cuérelle*) ; ces deux roches se présentent à tous les degrés de dureté ; on y remarque sur certains points des rognons de carbonate de fer (clayats des mineurs).

Production du Bassin houiller du Pas-de-Calais depuis 1850

ANNÉES	DOUBES	COURRIÈRES	LENS	BULLY-GRIGNY	NEUILLY	BRUAY	MARLES	FEFFAY	AUCHY	FLECHINELLE	VENDIN	MEURCHIN	CARVIN	OSTRICOURT	LIEVIN	DOUVRIIN	CAUCHY	HARDINGHEM	ENSEMBLE	ANNÉES
1850	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	19 444	19 444	1850
1851	»	14 672	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	8 917	23 589	1851
1852	»	12 838	»	»	9 128	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	15 403	37 069	1852
1853	»	17 320	207	6 660	31 213	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	15 003	66 606	1853
1854	»	21 022	9 019	18 560	44 393	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	17 154	113 025	1854
1855	»	18 577	37 393	27 249	55 723	2 250	»	3 357	»	»	»	»	»	»	»	»	»	15 684	149 821	1855
1856	17 820	22 675	61 480	33 736	65 276	28 629	»	37 670	»	»	»	»	»	»	»	»	»	16 682	268 155	1856
1857	42 717	73 028	71 101	33 982	93 348	47 010	»	37 376	»	»	»	»	»	»	»	»	»	14 904	408 275	1857
1858	34 810	80 259	76 942	35 379	102 327	54 817	33 184	43 522	»	»	»	»	»	»	»	»	»	6 668	463 197	1858
1859	30 779	73 498	76 549	54 151	85 641	55 975	53 695	38 114	2 539	4 026	243	4 275	15 782	2 969	»	»	»	14 696	483 720	1859
1860	27 582	70 166	100 647	69 996	85 345	44 044	59 682	38 025	2 073	7 857	615 36	671	28 925	6 622	4 068	»	»	15 914	594 106	1860
1861	50 044	75 206	164 837	120 399	86 246	62 562	74 139	34 200	9 173	8 770	5 301	38 511	38 648	15 469	19 899	1 350	1 485	21 005	812 216	1861
1862	63 235	109 349	189 682	181 725	116 078	65 192	71 498	39 561	17 683	5 575	8 137	42 256	62 224	21 221	26 877	4 330	7 615	18 459	1 025 567	1862
1863	80 119	139 420	216 334	136 833	149 673	87 925	71 464	46 782	15 405	6 355	23 889	52 464	63 565	27 438	13 861	397	8 235	20 458	1 163 670	1863
1864	92 289	180 122	235 831	156 460	155 542	85 152	62 992	49 851	27 107	9 095	34 909	52 408	65 280	25 341	21 655	778	17 774	19 291	1 292 138	1864
1865	100 330	202 944	284 574	180 468	167 043	86 354	64 206	61 385	32 087	8 551	29 716	64 799	63 251	22 902	24 272	5 220	19 298	2 047	1 402 111	1865
1866	114 763	230 587	350 171	173 411	192 888	89 419	86 989	79 004	41 988	4 779	25 714	66 296	72 148	13 715	29 471	22 335	18 437	6 906	1 610 187	1866
1867	122 373	227 669	358 137	164 701	179 703	102 318	102 132	72 696	44 789	7 918	32 237	47 409	71 451	16 516	36 676	19 646	9 097	2 101	1 614 400	1867
1868	114 400	279 173	386 928	194 052	205 555	102 304	122 688	69 977	21 348	18 657	37 221	46 844	71 628	18 688	39 230	11 707	4 900	1 805	1 748 379	1868
1869	115 219	316 904	409 575	199 370	248 353	120 913	137 541	80 466	16 762	24 824	36 384	55 455	74 464	21 314	67 101	10 832	»	8 230	1 921 839	1869
1870	107 458	309 972	414 212	209 674	236 955	150 154	137 157	91 051	19 819	32 026	52 589	57 005	81 790	12 193	80 457	6 377	»	4 386	2 037 784	1870
1871	107 910	589 117	482 018	220 520	280 920	148 106	152 349	121 115	18 774	42 020	43 519	61 324	101 998	17 274	90 950	5 212	5 117	15 103	2 203 344	1871
1872	106 832	353 480	583 275	206 807	383 221	200 503	225 049	159 361	22 071	37 865	47 882	70 076	117 733	29 033	127 014	2 567	6 386	29 449	2 709 607	1872
1873	100 576	376 621	653 545	235 795	437 125	210 562	251 243	161 309	17 000	37 009	45 347	89 075	136 505	28 788	146 787	2 484	14 336	32 488	2 982 681	1873
1874	108 808	390 076	654 362	249 046	418 409	227 896	211 802	146 000	27 473	35 443	35 443	82 991	133 641	37 432	158 982	3 781	9 000	52 771	2 983 585	1874

Production du bassin houiller du Nord depuis l'année 1752 à 1874.

ANNÉES	Tonnes de houille	ANNÉES	Tonnes de houille
1752	70.000	1851	103.113
1756	100.000	1852	1.070.544
1780	180.000	1853	1.341.988
1790	284.000	1854	1.444.034
1800	239.500	1855	1.616.161
1810	236.750	1856	1.588.173
1820	283.450	1857	1.507.252
1825	352.116	1858	1.545.628
1830	431.670	1859	1.549.754
1836	656.000	1860	1.554.306
1837	690.000	1861	1.659.428
1838	730.000	1862	1.758.016
1839	749.766	1863	1.826.526
1840	776.296	1864	1.866.561
1841	875.000	1865	2.065.385
1842	913.344	1866	2.244.997
1843	893.440	1867	2.300.192
1844	860.000	1868	2.401.373
1845	890.000	1869	2.600.320
1846	930.000	1870	2.728.644
1847	1.150.000	1871	2.736.230
1848	917.311	1872	3.218.392
1849	962.335	1873	3.494.435
1850	1.000.864	1874	3.280.101

Production du bassin houiller du Pas-de-Calais depuis 1850.

ANNÉES	Tonnes	ANNÉES	Tonnes
1850	19.444	1863	1.160.617
1851	23.589	1864	1.291.877
1852	37.369	1865	1.419.447
1853	70.503	1866	1.619.621
1854	110.148	1867	1.617.569
1855	160.433	1868	1.747.165
1856	283.768	1869	1.943.707
1857	413.466	1870	2.003.275
1858	469.908	1871	2.203.341
1859	512.932	1872	2.708.713
1860	598.232	1873	2.982.689
1861	787.214	1874	2.983.505
1862	1.050.697		

*Tableau de la valeur de la production des deux bassins du Nord
et du Pas-de-Calais*

ANNÉES	Production des deux bassins	Valeur	Valeur par tonne
1843	909.291		10.08
1844	876.745	9.169.632	13
1847	1.169.614	11.409.594	12.83
1848	944.985	15.014.931	11.48
1849	979.730	10.848.670	11.33
1850	1.020.308	11.112.744	11.40
1851	1.053.702	11.631.913	11.07
1852	1.107.913	14.674.039	10.99
1853	1.412.491	12.183.704	11.56
1854	1.554.182	16.334.179	12.22
1855	1.776.594	18.996.866	14.40
1856	1.872.141	23.585.203	15.96
1857	1.920.718	29.891.262	16.18
1858	2.014.536	31.084.694	13.97
1859	2.062.686	28.151.393	14.80
1860	2.152.538	30.540.417	14.42
1861	2.446.672	31.051.567	13.85
1862	2.808.713	34.006.718	12.51
1863	2.987.142	35.166.577	11.67
1864	3.158.438	34.888.730	11.25
1865	3.484.832	35.530.708	11.67
1866	3.864.018	40.680.832	12.71
1867	3.917.761	49.144.116	13.76
1868	4.148.533	53.921.677	11.91
1869	4.524.027	49.432.791	11.75
1870	4.731.919	53.797.188	11.61
1871	4.939.571	54.941.144	12.25
1872	5.927.111	60.526.404	13.71
1873	6.477.114	81.283.099	17.90
1874	6.263.680	117.470.926	

Exposants de la région du Nord

Les bassins des deux départements limitrophes Nord et Pas-de-Calais ont offert une fort belle exposition, tant au point de vue de l'exploitation que des produits.

Les mines de houille d'Anzin, d'Aniche, de Douchy, de Meurchin et de l'Escarpelle représentaient le département du Nord et celles de Liévin, de Béthune, Bruay, Courrières, Dourges, Vicoigne et Nœux, Lens, Fléchinelle, Drocourt, le département du Pas-de-Calais.

Compagnie des mines d'Anzin

La Compagnie des mines d'Anzin la plus ancienne du bassin, fondée en 1757, par MM. le Prince de Croy et de Seldre, le marquis de Cernay, le vicomte de Désandrouin, de Taffin, a exposé une belle collection de ses produits et des modèles de son matériel d'exploitation ; nous citons : 1° un modèle en relief de la fosse Lagrange avec tous les détails du siège d'extraction ; 2° modèle d'une fosse en 1789 ; 3° deux dessins de machines d'épuisement mettant en parallèle les systèmes de 1789 et de 1889 ; 4° modèle de guidage en fer ; 5° une perforatrice d'Anzin ; 6° un treuil à air comprimé sur chariot pour exploitation en vallée ; 7° un modèle d'un moteur asservi à détente variable à fermeture rapide, système Tripier ; 8° des modèles de pattes de câbles en vraie grandeur ; 9° un modèle de grille William à injections d'air ou de vapeur pour charbons ; 10° modèles d'excentriques sphériques, de lampes de sûreté, de pics, de chapeaux, burins, pelles, de plus :

1° Une carte des concessions et des chemins de fer de la Compagnie propriétaire des mines de Raismes, Fresnes, Vieux-Condé, Denain, Saint-Saulne, Odomez et Hasnen.

2° Un diagramme graphique de la production.

3° Des coupes de la concession montrant les veines des charbons du bassin.

4° Un album des machines et outils employés à Anzin.

5° Des échantillons de fossiles.

6° Des échantillons des charbons, brais, cokes, briquettes, etc.

Les premiers travaux de recherches dans le nord de la France, à Fresnes, commencèrent le 1^{er} juillet 1716 ; la houille verte fut découverte le 3 février 1720 ; le 24 juin de l'année 1734 on découvrit la houille grasse à Anzin, le 23 janvier 1751 on trouve le charbon à Vieux-Condé, le 1^{er} septembre 1756 à Raismes, le 30 mars 1828 à Denain, en 1381 à Adoniz.

La Compagnie d'Anzin possède actuellement huit concessions contigües qui sont indiquées sur la figure 33, savoir :

Ces huit concessions constituent un polygone irrégulier qui s'étend depuis Somain jusqu'à la frontière belge sur une longueur de près de 30 kilomètres et sur une largeur d'environ 7 à 12 kilomètres.

Le terrain houiller y est recouvert par des dépôts de formation postérieure ; l'épaisseur de ces *morts-terrains* est variable ; au bois des Bonsecours elle est de 4 à 5 mètres, à Vieux-Condé, Fresnes de 25 à 40 mètres, à Anzin, Saint-Vaast, Denain de 70 à 100 mètres ; dans les concessions du Vieux-Condé, Fresnes, Raismes en allant vers le sud, les morts-terrains s'enfoncent rapidement ; à la fosse Thiers leur épaisseur est de 130 mètres et plus loin elle atteint 200 et 240 mètres. Les morts-terrains présentent la succession suivante en allant du plus récent au plus ancien :

1° *Terre végétale* ;

2° *Terrain d'alluvion* : Sables, gravier, tourbe ; cet étage contient souvent des sables aquifères et des venues d'eaux : épaisseur maximum de 12 à 13 mètres.

3° *Étage inférieur du terrain tertiaire* : Sables argileux avec bancs de grès, sables verts et bancs d'argile : épaisseur maximum 15 à 16 mètres.

4° *Argiles tertiaires*.

5° *Terrain de craie* : Calcaire au-dessus et roches argileuses et arénacées au-dessous. Les calcaires sont traversés par les eaux pluviales qui en remplissent les fissures et donnent naissance aux nappes d'eau connues sous le nom de *niveaux*.

6° *Étage des dièves* : Couches inférieures du terrain de craie, roches argileuses, compactes et imperméables, d'une épaisseur de 15 à 20 mètres, atteignent quelquefois 50 et 60 mètres et aussi 4 à 5 mètres (Vieux-Condé).

7° *Tourtia* : Conglomérat à pâte calcaire plus ou moins argileux de couleur grisâtre au verdâtre changé de grains verts ou noir de silicate de fer avec galets de silex, de 2 à 3 mètres d'épaisseur. Il est quelquefois dans les vallées profondes accompagné de grès verts : alors sa puissance s'élève jusqu'à 100 mètres.

8° *Le Torrent* ; Crétacé inférieur composé de sables grisâtres à grains opaques plus ou moins gras. On a donné à cet étage le nom local de *Torrent* à cause de la grande quantité d'eau salée qu'il renferme. C'est une espèce de lac salé souterrain qui s'étend de l'E. à l'O. sur une longueur d'environ 8 kilomètres et du N. au S. sur une largeur de 4 kilomètres.

9° *Le terrain houiller* constitué par deux roches principales distinctes le *schiste argileux* nommé *roc* par les mineurs du pays et le *grès* appelé *cuérelle*. C'est entre ces deux roches que se trouve encaissée la houille (voir les figures de la page 180) qui présente de nombreux plissements dans lesquels la couche est souvent retournée sens dessus dessous ; les couches ainsi renversées sont généralement fort inclinées.

Les concessions de la Compagnie des mines renferment des charbons de toutes sortes, depuis le charbon maigre anthraciteux jusqu'au charbon bitumineux propre à la fabrication du gaz. Les couches du charbon maigre sont inférieures à toutes les autres et reposent au nord sur le *calcaire carbonifère*, puis viennent par suite de superposition les charbons *quart-gras*, *semi-gras* et *gras* pour forge et pour coke; enfin les *charbons à gaz*.

La grande faille qui passe au sud des fosses Casimir-Périer, Saint-Marc, Saint-Louis, Thiers, dirigée E.-O., divise le gisement houiller en deux parties distinctes: les mineurs l'appellent *cran de retour*, les couches de houille demi-grasse (de Casimir-Périer, Saint-Marc, Saint-Louis etc.), viennent butter contre le cran de retour: on n'a trouvé au midi de cet accident que les charbons gras, (voir la fig. précédente où sont tracés le faisceau de houille et le cran de retour).

Les charbons gras succèdent au demi-gras au nord du cran de retour, au sud de la fosse Thiers, au sud de la fosse de Bleuze-Borne, du Temple, Saint-Louis; on rencontre, après avoir passé la faille, le premier faisceau des houilles grasses marécales, exploitées à Réussite, à Herin. Au-dessus se trouvent les couches de houille plus flambante: c'est le faisceau des houilles grasses marécales à longue flamme; enfin au-dessus de celle-ci on trouve le faisceau des houilles à très longue flamme spécialement propres à la fabrication du gaz (fosse Renard, fosse de Rœulz).

Composition.— Comme on le voit, la compagnie d'Anzin exploite des charbons de diverses qualités et pour divers usages; les charbons maigres sont caractérisés par leur faible portion des matières volatiles, 7 à 9 %; ils brûlent sans fumée; ils laissent une poussière pour résidu de la calcination.

Les charbons nommés *quart-gras* renferment de 9 à 12 % de matières volatiles; le résidu de leur calcination ne s'agglutine pas.

Les *charbons demi-gras* donnent de 15 à 20 % de matières volatiles; le coke qu'ils donnent n'est pas boursoffé.

Les *charbons gras* pour forge et pour coke donnent de 20 à 25 % de matières volatiles; ils brûlent avec une fumée noire et épaisse et ils donnent un coke parfaitement formé.

Les *charbons gras à longue flamme* donnent de 25 à 28 % de matières volatiles; leur coke est très bien fumé, mais un peu léger; ils sont d'un emploi courant pour les fours à réverbère et pour usines à fer et fours de verrerie.

Les *charbons gras à longue flamme* donnent de 28 à 34 % de matières volatiles et un coke bien formé et léger: ils sont spécialement propres à la fabrication du gaz.

Le tableau suivant donne la composition et le pouvoir calorifique des charbons exploités par la Compagnie des mines d'Anzin.

Résultats moyens rapportés à la houille pure, déduction faite des cendres et de l'humidité.

DÉSIGNATION des DIVERSES VARIÉTÉS DE HOUILLE	Nombre de couches	Épaisseur totale	CARBONE			Hydrogène	Azote et oxygène	Pouvoir calorique théorique	EMPLOI DE CES DIVERSES HOUILLES
			Fixe	Volatil	Total				
Charbons maigres anthraciteux, faisceau de Vieux-Condé	11	7 ^m 00	90	1.90	91.90	3.80	4.30	8200	Cuisson des briques et de la chaux, chauffage domestique par ap- pareils spéciaux.
Charbons maigres flambants, faisceau de Fresnes-Midi	12	9.10	86.63	4.02	90.65	3.76	5.59	8535	Chauffage des chaudières à va- peur en mélange avec 1/4 de charbon gras, chauffage domes- tique en foyers ouverts.
Charbon demi-gras, faisceau de St-Louis, Thiers, Abscon	18	9.30	86.20	6.00	92.20	4.00	3.80	8799	Qualité spéciale pour les chau- dières tubulaires. Spéciaux pour chauffage domestique.
Charbon gras pour coke et forges, faisceau de Saint-Vaast	11	6.95	77.20	7.30	84.50	4.20	11.30	8276	Fabrication du coke — forges maréchaux; donnant le meil- leur mélange avec les maigres flambants.
Charbon gras à longue flamme, faisceau de Renard-Sud	10	7.00	75.74	6.01	81.75	5.41	12.84	8357	Fours à puddler et à réchauffer, très bon mélange avec les maigres flambants pour chau- dières à vapeurs.
Charbon gras pour gaz, faisceau de Renard-Nord et de la Cu- vette	8	5.50	69.39	15.56	84.95	6.35	8.70	9184	Gaz d'éclairage et gazogènes.

Production. — La Compagnie des mines d'Anzin, dès l'origine de sa fondation produisait une quantité notable de houille ; aussi dès 1756 la production des mines de Fresnes et Anzin était de 100.000 tonnes et 290.000 tonnes en 1789. En 1885 lors de la première exposition universelle, son extraction s'éleva à 947.000 tonnes et à 1.067.017 tonnes en 1864, à 2.196.000 tonnes en 1872 et à 2.595.581 tonnes en 1888. C'est à peu près le quart de la production totale des bassins du Nord et du Pas-de-Calais réunis, et le neuvième de la production entière de la France.

EXTRACTION DEPUIS 1890.

Les chiffres marqués d'un * indiquent une extraction approximative.

Années	TONNES	Années	TONNES	Années	TONNES	Années	TONNES
	55	1784	*245.000	1819	323.947	1864	856.295
1720		1785	*252.000	1820	330.189	1855	947.936
		1786	*260.000	1821	353.783	1856	920.574
1744	39.685	1787	*272.000	1822	340.489	1857	912.187
		1788	*280.000	1823	318.570	1858	950.889
1752	70.000	1789	290.000	1824	327.327	1859	907.543
		1790	310.000	1825	258.457	1860	930.700
1756	100.000	1791	291.000	1826	376.986	1861	958.610
1757	102.000	1792	275.500	1827	400.668	1862	903.950
1758	*101.000	1793	80.000	1828	406.593	1863	1.053.334
1759	*103.000	1794	65.000	1829	410.632	1864	1.067.017
1760	*110.000	1795	123.600	1830	508.708	1865	1.225.425
1761	*119.000	1796	138.631	1831	460.864	1866	1.348.812
1762	*128.000	1797	184.791	1832	472.959	1867	1.441.002
1763	*135.000	1798	213.540	1833	541.504	1868	1.617.621
1764	*146.000	1799	248.076	1834	573.239	1869	1.606.075
1765	*152.000	1800	213.840	1835	591.836	1870	1.633.818
1766	*160.000	1801	203.264	1836	623.546	1871	1.715.878
1767	*165.000	1802	216.274	1837	651.511	1872	2.196.435
1768	*178.000	1803	229.443	1838	659.644	1873	2.191.500
1769	*180.000	1804	205.382	1839	707.748	1874	1.922.037
1770	*175.000	1805	225.813	1840	623.312	1875	2.058.558
1771	*183.000	1806	230.693	1841	643.023	1876	2.063.931
1772	*190.000	1807	194.188	1842	721.030	1877	2.042.035
1773	*202.000	1808	252.106	1843	642.280	1878	1.979.454
1774	*210.000	1809	260.202	1844	597.954	1879	1.980.934
1775	*220.000	1810	279.865	1845	714.753	1880	2.314.008
1776	*225.000	1811	268.815	1846	803.805	1881	2.264.955
1777	*234.600	1812	245.092	1847	774.896	1882	2.215.611
1778	*236.000	1813	289.840	1848	618.502	1883	2.210.702
1779	*237.500	1814	233.023	1849	614.900	1884	1.720.306
1780	*238.000	1815	247.404	1850	669.999	1885	2.070.442
1781	*238.500	1816	250.044	1851	648.062	1886	2.337.439
1782	*239.000	1817	226.856	1852	705.633	1887	2.504.412
1783	240.000	1818	334.482	1853	803.812	1888	2.595.581

La compagnie des mines d'Anzin est puissamment organisée; les moyens dont elle dispose sont très considérables; son matériel d'extraction est installé d'après les plus récents perfectionnements; l'exposition qu'elle a fait peut donner une idée de la puissance de son outillage: machines d'extraction, appareils d'aérage, perforation par l'air comprimé, etc. Actuellement elle a 17 sièges d'extraction et 18 puits d'aérage au dépuisement; et 17 sièges d'extraction sont desservis par 19 machines à vapeur représentant ensemble environ 6780 chevaux; la force totale employée est de 11.237 chevaux; pour l'épuisement 980 chevaux, pour la ventilation 820, pour la compression d'air 525, pour la traction mécanique 253 chevaux.

La production annuelle par fosse dépasse 150.000 tonnes en moyenne; le tableau précédent donne la production houille de la compagnie des mines d'Anzin depuis 1720 jusqu'à 1888.

La Compagnie d'Anzin fabrique des agglomérées; ses usines de Saint-Vaast et d'Anzin peuvent produire 5000 tonnes de briquettes par 24 heures, soit 305.100 tonnes par années de 300 jours de travail. Elle possède aussi 320 fours à coke des systèmes Smet, Coppée, dont la production totale annuelle peut s'élever à 200.000 tonnes.

Compagnie des mines d'Aniche

Compagnie des mines d'Aniche. — La compagnie des mines d'Aniche, voisine des mines d'Anzin dans la même région houillère, a exposé: un modèle en relief d'un siège d'extraction avec chevalet en fer, machine d'extraction avec tambour spiraloïde, traînage mécanique par câble sans fin; 2° une machine de Wheelock, 3° un plan de la concession et des mines exploitées en 1889; 4° diverses photographies de ses installations; 5° enfin des échantillons de houille, de coke; des blocs de houille exposés de grande dimension présentant les diverses variétés exploitées; des menus, le tout venant, etc.

Un diagramme indiquait la production des mines d'Aniche depuis 1789; nous reproduisons ce tableau à titre de document statistique.

La concession d'Aniche occupe une longueur de 14 kilomètres; la surface concédée est de 9000 hectares; l'ensemble de ses travaux occupe plus de 200 hectares. L'épaisseur des *morts-terrains* superposés au terrain houiller varie de 125 à 230 mètres; la profondeur des travaux a dépassé en certains points 350 mètres. En 1839 le puits de la Renaissance fut foncée pour atteindre le faisceau des houilles sèches. Ce gisement comprend 12 couches de houille sèche, flambante et sans fumée, ne collant pas et contenant 13 à 14 % de matières volatiles: la puissance des veines varie de 0^m.40 à 0^m.90, le faisceau des houilles grasses est

situé au sud de celui-ci, il comprend trois couches ployées en V; enfin, plus au sud, la zone houillère se termine par des couches de houille grasse fortement inclinées avec pendage à l'envers.

Années	Production en tonnes	Années	Production en tonnes
1789	3.837	1833	40.718
1791	11.686	1837	30.825
1793	5.500	1841	23.735
1801	11.400	1845	67.330
1805	19.600	1849	100.400
1809	20.000	1853	185.805
1813	28.370	1857	261.782
1817	27.500	1861	296.785
1821	34.275	1863	438.532
1825	33.405	1873	618.462
1829	27.998	1881	645.291
Total depuis 1789		19.288.030 tonnes.	

Voici la composition des houilles exposées par la Compagnie :

	Gailleries grasses	Gailleries lavées	Grains lavés pour forges	Fines grenues, grasses
Matières vo- latiles	20 à 25 %	»	»	25 à 30 %
Cendres	»	»	4 %	»

Compagnie des mines de Vicoigne et Nœux

Compagnie des mines de Vicoigne et Nœux. — La concession de Vicoigne d'une superficie de 1320 hectares est sise dans le département du Nord et celle de Nœux d'une contenance de 7979 hectares, dans le département du Pas-de-Calais, formant ensemble une superficie totale de 9299 hectares.

L'extraction a été en 1878 de 606.305 tonnes et de 1.200.000 tonnes en 1889.

Cette compagnie exploite 1° le faisceau des houilles maigres, anthraciteuses, employées pour le chauffage domestique, la cuisson de la chaux, du ciment, des briques, 2° le faisceau de charbon quart-gras et demi-gras, pour chaudières à vapeur, chemins de fer, navigation, chauffage domestique; 3° les houilles grasses à courte flamme, pour verreries, forges, navigation, générateurs de vapeur, 4° les houilles grasses maréchales, pour forges, fours à puddler et à réchauffer; 5° houilles se-

ches à longue flamme, pour gaz, bains à réchauffer, produits céramiques, foyers domestiques.

Chacun de ces faisceaux a un certain nombre de couches, comme l'indique le tableau suivant :

Faisceaux	Nombre de couches de houille	Épaisseur totale.
1° Houille maigre anthracite	15	9 ^m 30
2° Houille 1/4 grasse	3	2.00
3° Houille 1/2 grasse	5	3.20
4° Houille grasse à courte flamme . . .	15	9.30
5° Houille grasse maréchale	16	10.60
6° Houille sèche à longue flamme . . .	14	10.50
Total. . .	68 couches.	Puissance totale 44.60

Voici la composition de chacune de ces 6 sortes commerciales de charbon : Les numéros I, II, III, IV, V, VI correspondent respectivement aux numéros 1°, 2°, 3°, 4°, 5°, 6° du tableau précédent.

	I	II	III	IV	V	VI
Carbone fixe pour 100. . .	92	89	85	75	70	60
Matières volatiles pour 100	8	11	15	25	30	40
	<u>100</u>	<u>100</u>	<u>100</u>	<u>100</u>	<u>100</u>	<u>100</u>

Ces chiffres indiquent la composition moyenne des cendres réduites.

La Compagnie des Mines de Vicoigne et Nœux a exposé divers échantillons de ses houilles, de briquettes et de coke, et de plus : 1° un diagramme de la production depuis 1842; 2° un plan de la concession d'une coupe générale, et en outre des modèles de son matériel d'exploitation, tels que : treuil à air comprimé pour plan incliné, recette double du fond de la fosse n° 7, avec cage à 8 berlines et guidage en fer (modèle en relief au $\frac{1}{5}$); des guidages en fer des fosses 1, 5, 7.

Compagnie des Mines de Douchy

Compagnie des Mines de Douchy (Nord). — Dans l'exposition de cette Compagnie, nous remarquons, outre des modèles de matériels d'exploitation, de dessins d'usine à coke, des cartes et coupes de la concession, un diagramme de la production et de nombreux échantillons de houille et de coke.

La carte de la concession au $\frac{1}{10000}$ donne une superficie de 3410 hect. 28; une coupe générale montre le faisceau de houille exploité; la capacité de production annuelle totale des deux usines n°s 1 et 2, dont les plans sont exposés, est de : coke, 130 000 tonnes; charbon lavé : 200 000 tonnes.

La ventilation des fosses à grisou, obtenue au moyen de foyers d'aérage, est représentée par des dessins.

Voici les dimensions des puits à l'entrée, et leur profondeur :

Profondeur des puits :

Puits d'entrée d'air	à l'entrée	Niveau de la mer	Puits de sortie d'air	à l'entrée	Niveau de la mer
St-Mathieu	605 ^m	567 ^m	Gantois	448 ^m	412 ^m 29
Beauvais	543	593.63	Ste-Barbe	454	412.36
L'Eclaireur	566	523.56	Désirée	450	420
La Neuville	470	444.76			
Douchy	420	367.44			

Section des puits :

Entrée d'air		Puits de sortie d'air	
St-Mathieu	5 ^m 1575	Gantois	4 ^m 9087
Beauvais	4.9087	Ste-Barbe	4.9087
L'Eclaireur	4.9087	Désirée	4.9087
La Neuville	6.1575	Douchy	1.700
Douchy	10.4654		
Total de la section	30 ^m 7978	Total de la section	16 ^m 5261

Société anonyme des mines de Meurchin

Société anonyme des Mines de Meurchin (Nord). — Collection d'échantillons de produits, houilles brutes et lavées, agglomérées, plan de la concession et photographies diverses; telle est l'exposition de cette Société houillère. Les diverses qualités de houille sont classées par dimensions, et les photographies représentent l'exploitation.

Compagnie des mines de l'Escarpelle

Compagnie des Mines de l'Escarpelle (Nord). — Nous trouvons encore ici des produits lavés et classés, des coques et des houilles présentant les caractères généraux des charbons du Nord, que nous avons examinés en traitant d'Anzin, de Vicoigne et Nœux, etc.; de plus, un plan en relief du triage et du criblage mécaniques, avec usine à coke et à briquettes, des coupes de cuvelage, etc.

Les houillères françaises des départements du Nord et du Pas-de-Calais peuvent être assimilées, sous le rapport des installations et des moyens mécaniques d'extraction, d'épuisement et d'aérage, aux exploitations les mieux outillées ou organisées de l'Angleterre, de la Belgique et de l'Allemagne.

« Sous le rapport des élaborations du combustible minéral, aucun pays n'est plus avancé que la France; il n'en existe aucun dans lequel une plus forte proportion de menu charbon extrait soit soumise à l'épuration par le lavage au moyen d'appareils plus variés et plus perfectionnés; aucun dans lequel les procédés d'agglomération aient été plus étudiés; dans lequel enfin la transformation en coke se fasse avec une moindre perte de matières combustibles. » (Lan et Callen).

Société houillère de Liévin

La Société houillère de Liévin (Pas-de-Calais) est propriétaire d'une surface concédée de 291 hectares, situés sur partie de canton de Vimy et de Lens; elle est placée au centre et au midi des concessions du bassin du Pas-de-Calais.

A Liévin, comme dans tout le bassin du Pas-de-Calais, le terrain houiller est recouvert d'une couche épaisse de morts-terrains appartenant au terrain crétacé, recouvert quelquefois par le terrain tertiaire et quaternaire; la puissance des morts-terrains varie de 125 à 150 mètres.

L'observation a fait reconnaître le terrain houiller supérieur dans le nord de la région centrale de la concession, et des terrains plurennéens (houiller inférieur et dévonien) dans toute la région méridionale, dans l'Ouest et dans l'Est. Le terrain houiller exploitable *plonge sous ces terrains anciens*, dont l'épaisseur augmente en allant vers le Midi. Ce phénomène de recouvrement des terrains dévoniens sur le houiller est le plus caractéristique de toute la lisière méridionale du bassin du Pas-de-Calais; il a été reconnu à Cauchy-la-Tour (midi de Farfay), à Courcelle-Lens, à Auchy-au-Bois, à Liévin, à Drocourt, etc. Sur la concession de Liévin, toutes les veines du riche faisceau de Lens sont situées sous les terrains dévoniens, à une distance qui varie, mais augmente avec la profondeur.

La coupe suivante représente la composition des morts-terrains de la région houillère du bassin du Pas-de-Calais :

1° *Terrain quaternaire*. — Sables, argiles, tourbe, etc.

2° *Terrain tertiaire*. — *a*, éocène inférieur : sables avec blocs de grès; *b*, tuf à *cypréna planata*, sable vert, fin, argileux, micacé (système landénien) correspondant aux sables de Bracheux (Oise).

3° *Terrain crétacé*. — *a*, sénonien, assise de craie à micrasters (*micraster cortestudinarium*), craie blancheur grisâtre, de 40 à 50 mètres d'épaisseur; *b*, banc de meule des minerais, craie dure, siliceuse, chargée de grains de glauconie avec abondants nodules de phosphate de chaux; *c*, craie veinée (les bleus des mineurs) ou lavonienne avec *terre brotolagracilis*; *d*, le dievès, mar-

nes très argileuses, blanches, bleuâtres ou verdâtres, d'une puissance d'environ 60 mètres; c'est la zone à *inoceramus lobatus* (turonien), et la partie inférieure correspondante est la zone à *holatter subglobosus*, *ammonites roto-magensis*.

4° *Tourtia*. — Étage cénormanien, zone à *poeter asper*: marne glauconifère, sableuse, très verte; au-dessous se trouve quelquefois une couche d'argile noire; zone à *ammonites inflatus*, recouvrant ordinairement le terrain houiller.

5° *Terrains primaires*. — Au nord, le terrain houiller exploitable; au sud, des terrains plus anciens.

Les sondages creusés dans la concession des mines de Liévin ont pénétré, les uns dans le terrain houiller exploitable, d'autres ont rencontré, au-dessous des morts-terrains, les schistes et gris bleus compactes, calcaires du terrain houiller inférieur, étage sous charbon, zone à *productus carbonarius*; d'autres ont d'abord traversé des grès verts ou rouges de dévonien inférieur (assise gédinnienne), et ceux-ci, poursuivis, ont ou auraient rencontré des schistes et des grès bleuâtres du terrain houiller inférieur.

Ici se présente cette question si importante pour les houillères du Pas-de-Calais: le terrain houiller exploitable est-il par suite d'accidents stratigraphiques recouvert par les terrains plus anciens que lui, carboniférien et dévonien? Peut-on rechercher la houille de l'étage houiller productif au-dessous du dévonien ou du carboniférien? Y-a-il renversement de couches?

Les problèmes géologiques ont une très grande importance pour les Compagnies houillères de cette région; de leur solution dépend l'avenir de quelques concessions qui n'ont qu'une très faible surface sur l'étage houiller productif. Pendant longtemps la question a été en litige et lorsque les recherches de houille atteignaient l'étage carboniférien inférieur ou le dévonien, on s'arrêtait, jugeant inutile de poursuivre au-delà les investigations, car on ne pouvait supposer que le terrain houiller fût recouvert par des dépôts carbonifériens ou dévoniens plus anciens que lui.

La découverte du recouvrement du calcaire carbonifère sur le terrain houiller faite à Cauchy-la-Tour, en 1862, à Courcelles-lès-Lens, en 1872, et celle du recouvrement dévonien faite à Auchy-au-Bois, en 1873, a résolu la question et maintenant on ne peut plus se refuser à admettre la continuité du terrain houiller exploitable dans la région du Pas-de-Calais, au-dessous du calcaire carbonifère et dévonien. En remontant un peu dans le passé et en consultant le tableau des sondages on constate que quatre d'entre eux ont traversé les schistes bleus ou le dévonien avant d'atteindre le terrain houiller; ce sont: 1° sondage n° 33 de la Société de Courrières, en 1855; 2° sondage n° 25 de la Société de Liévin, en 1859; 3° sondage n° 28 de la Société d'Aix, en 1859; 4° sondage n° 29 de la Société de Liévin, en 1859. Mais les auteurs des recherches n'ont pas eu l'idée du recouvrement des terrains anciens; et peut-être aussi le manque

de connaissance suffisante en géologie a laissé passer inaperçue la présence du dévonien avant d'atteindre le terrain houiller.

La découverte de ce recouvrement à Cauchy-la-Tour, à Courcelles-les-Lens, à Auchy-au-Bois a été le point de départ d'une Société de recherches qui a confirmé l'hypothèse que l'on avait faite, c'est-à-dire que les phénomènes constatés dans les mines indiquées ci-dessus devaient se retrouver dans toute la lisière méridionale du bassin. Cette hypothèse a été mise hors de doute, en ce qui concerne Liévin et les environs, par les sondages n° 36 et 38 (Compagnie de Liévin), n° 38 (Compagnie de Béthune), n° 35 (Compagnie de Drocourt). Depuis ces sondages (1872-1878), les travaux d'exploitation des puits de Liévin ont atteint dans la région du midi le terrain houiller sous les terrains anciens reconnus par ces sondages, et la Compagnie de Drocourt a creusé un puits à travers ces terrains et a développé au-dessous une importante exploitation. Ces découvertes sont reculé de beaucoup vers le midi la limite du terrain houiller exploitable; mais cette limite est encore à déterminer.

Les sondages n°s 38, 36, 37, 35 que nous venons de citer ont percé, au-dessous des morts-terrains, le terrain dévonien (gédinien), puis le terrain houiller inférieur et enfin le terrain houiller supérieur exploitable. D'autres sondages plus anciens (n°s 8, 12, 17, 18, 23, 25, 27, 29, 33), ont rencontré directement les schistes et grès bleus du terrain houiller inférieur.

Les sondages permettent de déterminer :

1° une ligne d'affleurement au tourtia du terrain houiller inférieur ;

2° une ligne d'affleurement au tourtia du terrain dévonien. Les sondages placés entre ces deux lignes ont rencontré le terrain à schistes et à grès bleuâtres au-dessous du terrain crétacé, et ceux situés au midi de la seconde ligne ont traversé le dévonien avant d'atteindre les schistes et les grès bleus et le terrain houiller supérieur. Ces lignes d'affleurement subissent une inflexion sensible à l'Est et une autre plus importante à l'Ouest. Cela conduit à admettre deux failles transversales dans les terrains anciens; l'une à l'Est, correspondant probablement à la faille d'Eleu reconnue dans le terrain houiller exploitable, l'autre à l'Ouest entre les puits n° 1 et 2, ne peut être déterminée avec exactitude par manque de renseignements précis; elle paraît cependant correspondre à une faille du terrain houiller dite faille de Liévin.

M. Gustave Viala, dans sa *notice historique et descriptive des mines de Liévin* fait remarquer que dans la région houillère franco-belge on distingue deux bassins distincts : 1° le bassin septentrional (Namur en Belgique, Valenciennes en France) et le bassin méridional (Dinant en Belgique, d'Aulnoye-Doullens en France) : le bassin septentrional est seul exploité. « Les phénomènes qui ont affecté le bassin belge, dit M. Viala, ont dû également affecter le bassin de Valenciennes. On est donc fondé à supposer que ce dernier ne renferme pas de roches gédiniennes et que celles que les sondages ont révélées ap-

partiennent au bassin d'Aulnoye et sont en place; la présence en-dessous de ces roches du dévonien inférieur du calcaire carbonifère et du terrain houiller inférieur s'explique très bien si on admet d'abord que ces roches carbonifères sont renversées et font partie du bassin de Valenciennes et ensuite qu'une faille, la grande faille du Midi sépare les deux bassins.

A Auchy-au-Bois, le puits n° 3 après avoir traversé le calcaire carbonifère a rencontré une faille inclinée de 18° en-dessous de laquelle on a trouvé le terrain houiller exploitable. Au puits de Drocourt une faille inclinée de 35° sépare les schistes et gris-bleu du houiller inférieur; à Courcelles-lès-Lens on a trouvé également une faille inclinée de 22° entre ces deux étages: cette faille est appelée par M. Gosselet *faille-limite*.

« Ainsi, le terrain gédinien en place du Midi, en glissant sur le bassin du « Nord, suivant la grande faille du Sud, a entraîné des roches de ce bassin dé-
« vonien moyen et supérieur, calcaire carbonifère et houiller inférieur qui ont
« elles-mêmes formé, avec le houiller supérieur, un plan de glissement suivant
« la faille-limite. Pendant ce refoulement, le calcaire carbonifère et le houiller
« inférieur ont été arrachés par lambeaux et traînés sur une grande distance.
« C'est pourquoi ces deux terrains peuvent être très irrégulièrement distribués
« le long de la faille limite, c'est pourquoi aussi on rencontrera le long de cette
« faille, tantôt le houiller inférieur connu à Liévin et à Drocourt, tantôt le cal-
« caire carbonifère connu à Courcelles et Auchy-au-Bois. L'étendue du terrain
« houiller en dessous de la faille-limite dépend de l'inclinaison de cette faille.
« (G. Viala.). »

Les travaux de Liévin ont reconnu deux failles importantes. La première est située à l'Ouest du puits n° 1; elle fait avec le méridien un angle de 45° en se dirigeant vers le N.-E.; elle traverse la concession de Lens. Cet accident, nommé *faille de Liévin*, a refoulé les terrains renversés vers le Nord dans toute la région du couchant; aussi le puits n° 2 bien qu'arrivé à 400 mètres n'a encore traversé que des terrains renversés; la seconde faille (faille Saint-André) a été rencontrée dans les travaux du puits n° 3; elle passe au Nord de ce puits produisant un relèvement de 120 mètres environ. La troisième faille, dite faille d'Eleu, bien déterminée dans les travaux de Lens, traverse la concession de Liévin dans la région du levant du puits n° 3; elle a pour effet de relever les terrains dans l'Est de la concession et correspond à la cassure signalée dans les terrains primaires. On retrouve dans le terrain houiller les deux grands accidents transversaux qui ont déplacé les terrains anciens. En outre de ces grandes failles on retrouve dans la région de Liévin d'autres accidents beaucoup moins importants qui ne déplacent pas les couches de plus de 50 mètres dans le sens vertical.

Les couches de houilles (appelées *veines*) en place plongent vers le midi avec une pente qui varie de 15 à 35 degrés; les roches qui accompagnent le charbon sont les schistes et les grès, dans la concession de Liévin, depuis la veine supé-

rieure Louis du faisceau en place jusqu'à la veine Désirée, on trouve quinze couches exploitables formant une épaisseur de charbon de 16 mètres, soit 5,3 % de massif total ; les veinules non exploitables ont une puissance totale de 6^m,75 soit 17 % du massif total. La proportion des schistes est de 52 %, celle de grès de 41 %, l'épaisseur des couches varie de 0^m,60 à 2 mètres ; la moyenne est de 1^m,10.

Les ingénieurs qui exploitent les charbons à Liévin espèrent trouver en profondeur les couches du faisceau gras de Lens : les couches inférieures à Désirée sont au nombre de 14 avec une épaisseur totale de 10^m,60. Ils comptent aussi qu'au-dessous de la veine Emilie, les travaux futurs rencontreront les couches demi-grasses et les couches maigres de la partie centrale et de la partie Nord du bassin du Pas-de-Calais ; enfin les couches exploitables reconnues et celles qu'on ne peut manquer de rencontrer ont, réunies, une puissance totale de 26^m,60.

Composition. — Les charbons de Liévin sont peu variés ; ils appartiennent à peu près à la même catégorie. La houille des terrains renversés a beaucoup d'analogie avec le *flénu*, houille sèche à longue flamme contenant de 36 à 40 % de matières volatiles. A mesure qu'on descend la quantité de matières volatiles diminue ; les veines dites *Du Souich* et *Alfred* n'en renferment que 33 % et ne sont plus des houilles à gaz. Les couches renversées renferment de 1 à 3 % de plus de matières volatiles que les couches en place ; la veine Frédéric qui ne contient que 28 % de matières volatiles fournit seule du charbon de forge ; enfin le charbon de Liévin, extrait des veines en place, doit être classé comme *flénu gras* et *houille à gaz*.

Cependant à Liévin on exploite des couches renversées ; « la zone des terrains renversés étant très irrégulière, les étages supérieurs ont été rapidement abandonnés, cependant aux étages de 430 mètres, au puits n° 1 ; de 383 mètres au puits n° 3, on a repris l'exploitation dans les veines Louis et Edouard renversées.

... « Le contingent de charbons que les veines renversées fournissent à la production générale est très faible. Il paraît bien établi à Liévin, que les couches renversées ayant moins de 1 mètre d'épaisseur ne peuvent être exploitées fructueusement, tandis que les veines Louis, Edouard, Dusouich, Alfred dont l'épaisseur varie de 1^m,30 à 2 mètres peuvent donner des résultats économiques assez bons, mais non comparables à ceux des mêmes couches en place. » (G. Viala.)

Les houilles extraites à Liévin sont classées commercialement en *gras*, *grasses gailleteries*, *gailletins*, *criblés*, à 0^m,03 et à 0^m,01 ; *tout venant*, *tout venant moyen*, *industriel*, *petit moyen*, *fin*, à 0^m,03 ou à 0^m,05 ; *fin*, à 0^m,010 ou 0^m,013.

Parmi les produits exposés, figurent : 1° des blocs de charbon provenant de la veine du Souich, siège 1 et 5, étage de 476 mètres ; 2° des échantillons des différentes sortes commerciales de charbons ; 3° des échantillons de grès, de schistes ; 4° des fossiles du terrain houiller de Liévin.

Tableau de la composition centésimale des veines en place exploitées par la Société houillère de Liévin.

FOSSES N° 1 et 5		I LOUIS	II AUGUSTIN	III EUGENE	IV FRANÇOIS	V EDOUARD	VI AUGUSTE	VII FRÉDÉRIC	VIII DU SOUICH	IX ALFRED	X BEAUMONT
avec cendres	Carbone	61.00	63.90	63.85	64.30	64.35	65.38	68.25	62.50	47.00	65.50
	Matières volatiles .	33.50	32.60	31.75	31.70	32.20	31.62	27.75	33.00	30.00	30.00
	Cendres.	5.50	3.50	4.40	4.00	3.45	3.00	4.00	4.50	3.00	4.50
		100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
sans cendres	Carbone	64.54	66.22	66.79	69.98	66.25	67.40	71.10	65.50	69.00	68.50
	Matières volatiles .	35.46	37.75	33.21	33.02	33.84	32.60	28.90	34.50	31.00	31.50
		100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
	Puissance de la veine. .	2 ^m .44	1 ^m . »	1 ^m .30	0.90 à 1.10	1 ^m .60	1 ^m . »	1 ^m .05	1 ^m .60	1 ^m .80	0 ^m .60

FOSSES N° 3 et 4		I LOUIS	II AUGUSTIN	III EUGÈNE	IV FRANÇOIS	V EDOUARD	VI AUGUSTE	VII FRÉDÉRIC	VIII DU SOUICH	IX ALFRED	X Beaumont	XI LÉONARD
avec cendres	Carbone	58.25	60.00	61.30	63.30	63.50	63.80	63.55	64.50	64.80	67.20	67.00
	Matières volatiles .	34.75	33.60	32.50	23.60	33.00	33.10	32.75	32.00	32.00	30.00	31.00
	Cendres.	7.00	4.40	6.20	3.10	3.50	3.10	3.70	3.50	3.20	2.80	2.00
		100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
sans cendres	Carbone.	62.63	62.77	65.35	61.32	65.80	65.84	65.99	66.83	66.94	69.13	68.36
	Matières volatiles .	37.37	37.23	34.65	34.68	34.20	34.26	34.00	33.17	33.06	30.87	31.64
		100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
	Puissance de la veine. .	1 ^m .03	0 ^m .90	0 ^m .95	0 ^m .80	1 ^m .43	0 ^m .84	0 ^m .80	1 ^m .28	2 ^m .83	0 ^m .60	1 ^m .30

Années	Tonnes	Années	Tonnes
1860	4.601	1875	158.921
1861	15.057	1876	141.901
1862	13.808	1877	157.988
1863	12.086	1878	210.591
1864	20.457	1879	285.331
1865	22.943	1880	354.842
1866	27.833	1881	424.940
1867	34.638	1882	432.635
1868	37.051	1883	452.777
1869	67.461	1884	480.397
1870	78.838	1885	466.843
1871	92.860	1886	472.181
1872	121.746	1887	523.700
1873	146.787	1888	586.842
1874	158.982		

Cette production est figurée dans un diagramme

Le tableau suivant donne la production par ouvrier du fond.

ANNÉES	Nombre d'ouvriers du fond	Production par ouvrier du fond	ANNÉES	Nombre d'ouvriers du fond	Production par ouvrier du fond
		Tonnes			Tonnes
1869	372	182	1879	897	319
1870	441	178	1880	1.103	321
1871	512	167	1881	1.286	331
1872	596	213	1882	1.301	331
1873	748	196	1883	1.381	328
1874	812	195	1884	1.547	310
1875	914	173	1885	1.620	288
1876	873	162	1886	1.640	287
1877	840	188	1887	1.678	312
1878	786	268	1888	1.739	337

Les années 1885, 1886 et 1887 correspondent à une période d'approfondissement des puits et des travaux préparatoires.

Comme on le voit, les couches de Liévin font partie du faisceau des houilles grasses et sèches, qui s'étend de Dourges à Marles, en passant par Courrières, Lens, Bully-Grenay, Nœux et Bruay, et qui occupe le niveau le plus élevé dans l'ensemble du bassin du nord de la France. La flore des houilles grasses est très riche; aussi la Société de Liévin a fait une belle exposition de fossiles végétaux qu'elle a trouvés dans les travaux souterrains. Les espèces indiquées par des italiques sont, selon M. Zeiller, caractéristiques du faisceau gras. Nous donnons les noms des fossiles exposés :

FOUGÈRES. — *Sphenopteris obtusiloba* (Brenig); *sph. nevropheroïdes* (Boulay); *sph. nummularia* (Gutbier); *sph. schillingsi* (André); *sph. trifoliata* (Art's); *sph. polyphylla* (Pindley et Hutton); *sph. chaerophylloïdes* (Brony); *sph. Brongniarti* (Stuër); *sph. quaarylactyletes* (Gutbier); *sph. Bronin* (Gut); *sph. herbacea* (Boul); *sph. crepini* (Zeiller); *sph. coraalloïdes* (Gut); *sph. carnonsi* (Audrie); *sph. epinosi* (Jappert); *sph. laxifrens* (Zeiler).

Myriotegea desaillyi (Zeil); *diplotmena furcatienes* (Brenig); *D. Gilkinety* (Stuër); *D. Zeilleri* (Etos).

Mariopteris spenoptéroïdes (Lesquerem); *M. muricata* (Schlot).

Pecopteris abbreviata (Brenig); *P. dentata* (Brenig); *P. Simoni* (Zeiller).

Alethopteris serli (Bruny); *A. Crandini* (Brenig); *A. Decurens* (Artès).

Nevropteris, nevroris sehenechzeri (Hoff); *N. heierophylla* (Brenig); *N. rarinérais* (Bernbun); *N. tennifolia* (Schloth).

Dictyophères, dictyoptères sub Brongniarti (Grand'Eury; *D. munsteri* (Eichvoold).

Cyclopteris, cyclopteris orbiculario (Brenig); *aphlebia enipa* (Gulbier).

CALAMITES, EQUISETINÉES. — *Calamites, calamites suckowi* (Brenig); *C. undulatus* (Stemberg); *C. Cisty* (Brenig); *C. ramosus* (Artès); *C. cruciatus* (Stemberg).

Astérophyllites, astérophyllites equisetiformis; annularia sphenophylloïdes (Zuller); *A. radiata* (Brenig); *A. stellata* (Schlot).

SPHÉNOPHYLLÉES. — *Sphenophyllum emarginatum* (Brenig); *sph. cuneilolium* (Stemberg); *sph. majus* (Brenig).

LEPIDODENDRÉES. — *Lepidodendron aculeatum* (Stemberg); *Lep. obovatum* (Stemberg); *lep. dichotomon* (Stemberg); *lep. iloptoios larienies* (Stemberg); *lepidophyllum laneolatum* (Vinalay).

SIGILLARIÉES. — *Sigillaria levigata* (Brenig); *S. principis* (Weiss); *S. eleganta* (Brenig); *S. reniformis* (Brenig); *S. tessellata* (Brenig); *S. comtoienia* (Wood); *S. mamillaris, S. elegans*.

Stigmaria filioïdes (Brenig).

Cordaites, trigono corpus nægyerathi (Stemberg); *mytelus*.

La connaissance des fossiles peut être souvent d'un grand secours pour reconnaître une zone déterminée dans une exploitation. Par exemple, à Liévin, il existe au toit de la veine Louis, la plus élevée en place du faisceau exploité, à une distance de 20 à 30 mètres environ *au-dessus du charbon*, une zone de fossiles marins du genre *mylilio* (moules) qui ne renferme pas de plantes fossiles. La connaissance de cette zone a été d'une grande importance, car elle a permis de reconnaître l'identité de la veine Louis du n° 1 avec la veine Louis du n° 3, où elle était désignée sous le nom de 5° veine du nord.

Dans l'exposition de la Société de Liévin, figurent des coupes des travaux des sièges, 1-5 et 3-4 ; des plans de mines, carte de la concession, coupes géologiques, diagrammes d'extractions et de vente, un album des plans et dessins des installations, des vues photographiées, etc.

La nomenclature du matériel d'exploitation exposé est assez considérable ; on y distingue :

1° Un modèle au $\frac{1}{10}$ de l'appareil de débordement pour chargement par bateaux avec type de wagon spécial à caisse ;

2° Un treuil à air comprimé, employé dans l'exploitation ;

3° Un ventilateur à air comprimé pour l'aérage des travaux intérieurs ;

4° Des cadres en fer pour soutènement de galeries : grand modèle, 100 kilogrammes ; petit modèle, 10 kilogrammes ;

5° Des rails de 10 kilogrammes pour voies principales, et de 5 kilg. 50 pour les voies secondaires, destinés au roulage extérieur, avec traverses métalliques Legrand ;

6° Lampes Muescler, en usage à la Société de Liévin, avec réservoir et fermeture Viala-Catrice ;

7° Perforateurs employés dans le creusement des galeries ;

8° Et, enfin, un trophée d'outils de mineurs.

A Liévin, on emploie seulement la méthode par avancement avec remblais ; ces remblais proviennent du creusement et des travaux intérieurs, de telle manière qu'on n'en doit pas descendre de la surface. On ne déhouille guère de couches ayant moins de 70 centimètres d'épaisseur ; le système des tailles chassantes est le seul employé ; la hauteur des tailles est de 10 à 12 mètres ; il a deux à huit ouvriers par taille ; l'ensemble des tailles chassantes est disposé suivant le type à gradins renversés ; mais, comme les houilles de Liévin sont grisouteuses, quand les circonstances le permettent, et surtout en descenderie, on emploie le système inverse des tailles en *gradins droits*. (Il n'entre pas dans notre cadre de décrire le mode d'exploitation). Pour élever les remblais, on emploie à Liévin des petits moteurs à air comprimé qui les élèvent par des plans inclinés à la hauteur des tailles à remplir ; ce système permet d'exploiter une assez forte tranche en vallée ; la largeur de la tranche atteint souvent 100 mètres. Enfin, cette méthode de remblais complets permet d'effectuer, dans les couches où le toit est solide, le déboisage dans les tailles, ce qui donne une économie sensible.

Société des mines de Lens et de Douvrin

Société des mines de Lens et de Douvrin. — La notice publiée par la Société des mines de Lens et de Douvrin s'exprime de la manière suivante relativement au programme qu'elle s'est proposée de réaliser par son exposition :

1° Représenter, par un spécimen de puits d'extraction, l'ensemble de tous les appareils qu'elle emploie dans les installations de ses puits intérieurs (appelés aussi *beurtias*) d'exploitation souterraine;

2° Faire connaître les engins étudiés et appliqués par elle, en vue d'assurer la sécurité des ouvriers qui se rendent à leur travail par la voie des cages d'extraction;

3° Donner un exemple de l'emploi de l'air comprimé à l'intérieur de la mine;

4° Reproduire le type du matériel ordinaire utilisé pour le transport et l'extraction de ses produits;

5° Donner, à l'aide de plans et de coupes, à différentes échelles métriques, une idée de l'importance du gisement des concessions de Lens et de Douvrin;

6° Réunir sous forme d'atlas, les héliographies de tous les dessins qui ont servi à la construction et à la mise en exploitation de la fosse n° 7 Saint-Léonard, située à Wingles, ainsi que les dessins des objets exposés.

A cet effet, la Société des mines de Lens et Douvrin a exposé les *plans suivants* :

1° Couches de houille exploitées aux fosses n° 2 et 5;

2° Coupe hypothétique du bassin houiller, au droit de la concession des mines de Lens;

3° Coupe panoramique de la région méridionale de la concession des mines de Lens;

4° Couche du Souich, projection au $\frac{1}{500}$;

5° Tableau donnant l'épaisseur des terrains en l'ordre des superpositions des couches de houille reconnues aux puits n°s 1, 2, 3, 4, 5, 8 et 9 (faisceau supérieur);

6° Tableau donnant l'épaisseur des terrains et l'ordre des superpositions des couches de houille reconnues aux puits n°s 6 et 7 (faisceau inférieur);

7° Serrement au fond de la mine de Douvrin, fosse n° 6, d'Haisne au $\frac{1}{100}$: coupe verticale représentant un travail de l'ingénieur Reumaux;

8° Coupe indiquant la disposition des puits, guidages et recettes au $\frac{1}{200}$;

9° Coupe suivant un plan horizontal des douze puits de Lens et Douvrin, au $\frac{1}{250}$;

10° Diagramme de la production par puits;

11° Plan géologique du bassin houiller du Pas-de-Calais à l'échelle de $\frac{1}{40.000}$;

12° Plan topographique de la concession de Lens à l'échelle de $\frac{1}{40.000}$;

13° Coupe de quelques allures singulières des gisements et dérangements remarquables constatés dans la concession des mines de Lens.

Et de plus des photographies des installations, atlas de dessins, du matériel, etc.

La Société des mines de Lens et Douvrin a aussi exposé un nombre considérable d'objets, des modèles de son matériel d'exploitation et d'engins mécaniques (voir le matériel de l'exploitation des mines).

Comme les terrains et les accidents géologiques des mines de Lens et Douvrin sont à peu près les mêmes que ceux des houillères de Liévin, nous ne reproduisons pas les détails descriptifs que nous avons donnés de ces dernières.

Les concessions de Lens et Douvrin, d'une contenance de 6 939 hectares, forment un rectangle d'environ 12 kilomètres de longueur sur 6 kil. 600 de largeur moyenne sur le territoire des arrondissements de Béthune et d'Arras, touchant à dix-huit communes. Le terrain houiller découvert en 1848, sur le territoire d'Annay, n'a été mis en valeur qu'en 1852. Aujourd'hui la Société possède huit sièges d'extraction comprenant douze puits, dont dix en plein exercice, ce qui permet d'extraire 1 500 000 tonnes de houille par an. Voici d'ailleurs l'extraction par année depuis le commencement de l'exploitation :

Années	Tonnes de houille	Années	Tonnes de houille
1857	50.000	1877	600.000
1860	100.000	1878	625.000
1861	150.000	1879	750.000
1863	200.000	1880	850.000
1865	250.000	1881	950.000
1867	300.000	1882	1.000.000
1870	450.000	1883	1.150.000
1872	500.000	1886	1.150.000
1873	600.000	1887	1.250.000
1875	650.000	1888	1.400.000

Cette production considérable des mines de Lens et Douvrin a été rapidement obtenue grâce à son excellent matériel et à ses méthodes d'exploitation. La Société a introduit successivement les machines d'extraction à détente, la condensation centrale, les ventilateurs à action séparée ou combinée, les compresseurs

d'air, l'application de l'air comprimé à l'aérage souterrain, à l'extraction par puits intérieurs, au transport par vallée et sur voie de niveau, à la perforation des puits et galeries.

La Société des mines de Lens et Douvrin extrait et livre au commerce et à l'industrie les sortes de charbons suivantes :

1° Les *houilles flambantes* pour foyers domestiques, gazogènes, distilleries, sucreries, etc. ;

2° Les *houilles grasses à longues flammes*, pour la fabrication du gaz ;

3° Les *houilles grasses maréchales*, pour la forge, la fabrication du coke, le chauffage des chaudières, etc. ;

4° Les *houilles demi-grasses*, pour la consommation domestique et le chauffage des générateurs à vapeur ;

5° Les *charbons quart-gras et maigres*, pour la cuisson de la chaux, des ciments, de la brique.

Dans les ateliers de la Société, le *tout-venant* est en partie modifié par un système de criblage et de lavage, de manière à obtenir de la gailletterie, des fines, etc.

Société des mines de Drocourt

Société des mines de Drocourt. — L'exploitation des mines de houille de Drocourt est la démonstration de l'extension du terrain houiller du Pas-de-Calais au Midi. Cette exploitation a été précédée de travaux de recherches considérables et hardis ; les investigateurs, n'ont pas hésité à aller chercher le terrain houiller sous les terrains renversés. La persévérance et la hardiesse ont été récompensés par un plein succès ; une fois le terrain houiller exploitable atteint en profondeur, l'extraction est allée sans cesse en augmentant.

En 1884, l'extraction a été de 15.478 tonnes.

En 1885 — 58.664 »

En 1887 — 160.304 »

En 1888 — 200.189 »

L'exposition de la Société anonyme des mines de Drocourt montre : 1° une coupe des travaux où figurent les terrains en places et les terrains renversés ; 2° un plan général de l'installation ; 3° une coupe du bâtiment d'extraction montrant les puits et les différents services ; 4° enfin, un diagramme de la production mensuelle depuis 1884.

Compagnie des mines de Dourges

Compagnie des mines de Dourges. — Cette Compagnie a exposé des produits classés et lavés, houilles, coke et plusieurs coupes des fosses et des sièges d'extraction.

Compagnie des mines de Bruay

Compagnie des mines de Bruay. — La concession des mines de Bruay est située dans l'arrondissement de Béthune (Pas-de-Calais); du nord au sud; elle a une longueur de 8 070 mètres et de l'est à l'ouest, une longueur de 5 930 mètres; son étendue est de 4 901 hectares, la constitution géologique est à peu près la même que dans les autres concessions du bassin, c'est-à-dire que partout la craie blanche recouvre la craie marneuse et celle-ci, le terrain houiller ou le dévonien. Les assises jurassiques se montrent dans le Boulonnais aux contours des terrains houillers de Fiennes, Ferques, Hardingken, les accidents propres au terrain houiller n'ont pas affecté les terrains postérieurs, cependant la grande faille connue sous le nom de *grande faille du Nord* semble avoir très légèrement affecté la craie dure, l'exploitation des puits n° 1, 2, 3, 4, 5 se fait dans une zone qui occupe à peu près le milieu de la concession de Bruay, dans la partie comprise entre la grande faille, au nord, et l'affleurement du terrain dévonien, au sud. Cette zone d'une surface de 15 kilomètres carrés renferme toute la série des charbons gras; au-delà de la grande faille du nord, la concession contient des houilles maigres et friables. La grande faille affecte aussi les concessions de Marles et de Nœux; la puissance de son rejet paraît être de 1 200 mètres environ; sa direction est N.-O. S.-E., elle coupe obliquement la concession de Bruay; elle a relevé le calcaire carbonifère et a mis en regard et au même niveau des houilles de natures différentes, grasses au sud de la faille et maigres au nord. La direction de la grande faille est d'ailleurs à peu près, celle de la ligne des affleurements dévoniens à la limite méridionale de la région houillère.

Les sondages exécutés au midi de la concession de Bruay ont rencontré le terrain dévonien, ils ont démontré que ce terrain, à la suite d'un soulèvement, a recouvert le terrain houiller.

La ligne des affleurements des terrains dévoniens a été reconnue dans les concessions voisines de celle de Bruay (à Auchy-aux-Bois, à Ferfay, à Nœux, à Bully-Grenay, à Liévin, à Courrière, etc.). Ce terrain forme ainsi une grande faille de recouvrement, sensiblement parallèle à la grande faille du Nord, et

plongeant vers le sud, de sorte que la portion du terrain houiller recouvert par le terrain dévonien, augmente d'étendue à mesure qu'on marche en approfondissement (notice sur la compagnie de Bruay), les gisements des charbons gras actuellement exploités sont classés en trois faisceaux par les ingénieurs de la compagnie, savoir :

1^{er} *faisceau ou faisceau supérieur*, contient quatre veines de faible épaisseur, il n'est pas exploité ;

2^o *faisceau ou faisceau de la veine Sainte-Aline* distant de 80 mètres du précédent; ne contient aucune veine exploitable; on y compte 7 à 8 veinules sans importance :

Saint-Louis, épaisseur de 0^m,50 à 0^m,70.

Saint-Jules. 0^m,40 à 0^m,70.

Sainte-Aline. 0^m,80 à 1^m,20.

3^o *faisceau ou faisceau des grandes veines*, séparé du précédent, par un intervalle de 60 à 70 mètres; au-dessous, sur une épaisseur de 200 mètres, se trouvent toutes les grandes veines exploitées à Bruay, ce sont :

La 5^e veine ou Paul-Flavie. 1^m,40 à 1^m,80 d'épaisseur.

6^e » Edgard Henri . . . 0^m,70 à 1^m,10

7^e » Maurice Polmyre . . 1^m,20 à 1^m,45

8^e » Virginie 0^m,80 à 1^m,35

9^e » 1^m,50

11^e » 1^m,50 à 2^m,10

15^e » 1 mètre.

16^e » 1^m,25

FAISCEAUX	VEINES	CAR- BONIFÈRE %	CENDRES %	MATIÈRES VOLATILES %
1 ^{re} Faisceau supérieur. .	Veine n° 1	50.00	2.00	48.00
	Saint-Louis	60.50	2.75	36.75
2 ^o Faisceau moyen. . .	Saint-Jules	58.86	5.00	36.14
	Sainte-Aline	59.13	1.47	39.40
	Paul Flavie	59.26	2.12	38.56
	Edg. Henri	59.60	2.70	37.70
	Maurice Palougne	59.75	3.25	37.00
3 ^o Faisceau inférieur. .	Virginie	60.72	3.28	36.00
	9 ^e veine	59.41	3.37	37.22
	10 ^e veine	60.50	2.35	37.05
	11 ^e veine	61.50	1.50	37.00

L'épaisseur totale du charbon reconnu est de 20 mètres, réparti dans 413 mètres de terrain, soit 5 mètres de charbon pour 100 mètres de terrain, les charbons de Bruay sont des charbons à gaz; ils sont très appréciés pour le chauffage domestique, pour les chemins de fer, les métallurgies etc., le tableau page 208 donne les compositions des principales veines indiquées plus haut.

Citons encore la notice de la Compagnie de Bruay : « nous pouvons dire que le terrain houiller de la concession de Bruay, se trouve partagé en deux gisements distincts, par une faille de 1 200 mètres de rejet connue sous le nom de *grande faille du Nord*; qu'au nord de cette faille, sur une étendue de 15 kilomètres carrés, se trouve une région encore peu explorée qui renferme des veines de charbon demi-gras et maigre, qu'au sud le bassin très profond se développe vers le midi jusqu'au contact du terrain dévonien qui constitue une faille de recouvrement plongeant vers le sud, de telle sorte que l'étendue du terrain houiller croît avec la profondeur, que le gisement de cette région est caractérisé par la nature de ses charbons très gras et renfermant une proportion notable de matières volatiles, ainsi que par le nombre, la puissance et la régularité de ses veines ».

EXERCICES	PRODUCTION EN TONNES DE HOUILLE	EXERCICES	PRODUCTION EN TONNES DE HOUILLE
1855-1856	9.628	1872-1873	204.906
1856-1857	36.779	1873-1874	213.205
1857-1858	52.677	1874-1875	244.981
1858-1859	56.076	1875-1876	255.761
1859-1860	48.508	1876-1877	278.180
1860-1861	48.107	1877-1878	315.329
1861-1862	56.758	1878-1879	363.057
1862-1863	73.753	1879-1880	366.220
1863-1864	80.556	1880-1881	419.694
1864-1865	77.487	1881-1882	486.645
1865-1866	87.439	1882-1883	532.787
1866-1867	87.711	1883-1884	600.017
1867-1868	93.295	1884-1885	592.958
1868-1869	103.804	1885-1886	647.927
1869-1870	134.725	1886-1887	713.210
1870-1871	129.522	1887-1888	834.714
1871-1872	172.558	1888-1889	900.000

La compagnie de Bruay avec trois puits d'extraction, produit aujourd'hui 900 000 tonnes de charbon par an, soit 300 000 tonnes par puits, elle doit cette

production considérable à l'amélioration et au perfectionnement progressifs de son matériel et de son outillage.

Le tableau précédent donne la production par année depuis 1855-1856.

La compagnie des mines de Bruay possède des ateliers de criblage mécanique, de lavage et une fabrique de briquettes à presses, système Dupuy, qui peuvent produire chacune 35 à 40 tonnes par jour.

La Compagnie des mines de Bruay a exposé une série de modèles, de dessins, coupes, tableaux qui montrent l'importance de l'outillage que cette Compagnie emploie ; on remarque d'abord 1° un modèle en relief de l'appareil de chargement de Bruay, système Fougerat, pouvant charger directement 15 wagons de 10 tonnes à l'heure ; 2° un plan géologique en relief de la concession au $\frac{1}{5000}$ et une carte géologique, indiquant la structure interne des couches, la constitution géologique de Bruay, le relief des veines de houille avec les coupes de faisceau houiller ; 3° des coupes longitudinales et des coupes transversales passant par les fosses 3 et 4 et 1, 2, 4 et indiquant l'état actuel des travaux ; 4° des photographies des sièges d'extraction ; 5° un tableau graphique de la production par fosse et de la production totale depuis l'origine de la Compagnie ; 6° enfin un dessin du basculeur hydraulique de Bruay pour wagons de 10 tonnes.

Les plans exposés représentent l'installation générale de la fosse n° 3 complètement transformée de 1884 à 1887 : aujourd'hui cette fosse est outillée comme les deux autres et peut produire 1 200 tonnes de charbon par jour ; elle possède une pompe d'épuisement à traction directe, capable d'extraire 18 000 hectolitres d'eau par 24 heures et un groupe de deux pompes souterraines d'une puissance de 40 000 hectolitres. La coupe transversale par les fosses 3 et 4 permet de voir les faisceaux de charbons connus dans les concessions de Bruay, de Marles, de Ferfay, Auchy-au-Bois et leur position relative. La coupe longitudinale suivant la direction nord 28° Est montre la grande faille du nord et le renversement des faisceaux.

Compagnie des mines de houilles de Courrières

La Compagnie des mines de Courrières a exposé :

- 1° Un plan de la concession à l'échelle de $\frac{15}{100000}$;
- 2° Une coupe transversale N. S. de toute la concession à l'échelle de $\frac{1}{1000}$;
- 3° Une coupe de sept puits en exploitation à l'échelle de $\frac{1}{250}$;
- 4° Une coupe des faisceaux de houille à l'échelle de $\frac{1}{10000}$;
- 5° Diverses vues photographiques des installations ;
- 6° Des échantillons des charbons des divers faisceaux, briquettes ;

7° Et enfin un plan en relief de la Sainte-Barbe du faisceau des charbons gras flambants qui a attiré l'attention des visiteurs tant par le soin de l'exécution que par l'exactitude des détails et de l'ensemble. Nous citons la note que les ingénieurs de la Compagnie ont publiée sur ce beau plan en relief.

« Le gisement des charbons gras flambants dans la partie sud de la concession de Courrières présente cette particularité remarquable que les dressants y tiennent une place considérable. Ils sont formés par une masse énorme de terrain houiller renversé sur elle-même et renfermant plus de 20 couches de houille d'une puissance supérieure à 0^m,50 qui ont été pendant longtemps le siège exclusif de travaux d'exploitation fructueuse; le puits de Billy, notamment, a eu sa production alimentée seulement par ces veines renversées pendant vingt-cinq ans et avait extrait 2 500 000 tonnes quand la première veine en place fut atteinte.

« Le mouvement gigantesque qui a produit ce renversement s'applique, rien que pour la concession de Courrières, à une surface de 7 à 8 kilomètres carrés sur 600 mètres d'épaisseur; il a été naturellement accompagné de dislocations nombreuses, puissantes et variées. C'est cet ensemble qu'il a paru utile de représenter par un relief, qui outre, un grand intérêt géologique, assure une utilité pratique pour l'étude de l'aménagement de l'exploitation actuelle et des préparations pour l'avenir.

« Il était impossible de faire ce travail sur l'ensemble des vingt couches du faisceau; on n'aurait abouti qu'à un résultat illisible par suite de l'enchevêtrement inextricable de toutes les surfaces. On n'a donc pris qu'une couche qui est complètement détaillée: c'est la veine Sainte-Barbe qui a été choisie, parce qu'elle occupe dans le groupe une position centrale, qu'elle tient un des premiers rangs, comme valeur intrinsèque; et qu'enfin, exploitée par les cinq puits du sud de la concession, elle présente un champ très développé.

« L'idée qui a présidé à l'exécution du relief exposé a été de montrer une tranche de terrain houiller découpée sur la longueur de la concession — environ 6 kilomètres — sur une largeur N. S. de 2 kilomètres, décollée sur une largeur de 520 mètres de profondeur, et déblayée de tous les terrains qui recouvrent la veine Sainte-Barbe. Quelques terrains ont été laissés pour renseigner sur les terrains supérieurs, particulièrement sur ceux du crétacé, les uns plastiques, les autres aquifères, que les puits ont eu à traverser, jusqu'à 150 mètres de profondeur: en dessous se présente la *tourtia* ou grès vert; puis en discordance, le terrain houiller. »

« Les glaces placées de distance en distance donnent les traces des veines supérieures; et les assises composant l'épaisseur du relief montrent les affleurements des veines inférieures. On peut avoir ainsi l'allure générale du gisement. »

« La composition ordinaire de la veine Sainte-Barbe est la suivante: charbon

impur 0^m,20, terres 0^m,10, charbon massif 0^m,60, charbon feuilleté 0^m,35, charbon massif 0^m,75. »

« Le sillon voisin du toit est retenu avec le petit banc de terres pour ne pas nuire à la propreté du charbon ; le lavage se fait dans le sillon de 0^m,35 ; et les deux gros bancs fournissent ensuite, à l'abatage, du charbon assez gailleux. »

« L'exploitation de la partie renversée est tout entière sur les transparents qui se raccordent par le *crochon* avec la partie restée en place, représentée par le massif. »

« Des deux côtés, les galeries ont des couleurs qui se correspondent par niveau d'exploitation. Un trait plus fort indique pour chacun d'eux la voie principale aboutissant au puits et où la traction se fait par convois. Les parties exploitées et les failles, représentées par une gaze claire sur les transparents, sont bien reconnaissables. Parmi ces dernières on remarque les grands transports sur des plans d'une déclivité très peu prononcée, qui ont éparpillé des épaves de veine renversée à des distances qui atteignent parfois 400 mètres. »

« Tout ce travail a été exécuté avec une précision aussi complète que possible sous la direction de l'ingénieur principal du fond, M. Bar, à l'aide de tous les documents qu'il avait à sa disposition. »

« L'échelle stratigraphique figure au complet, chaque veine arrivait à sa place, séparée des autres veines par les intercalations de grès ou de schistes qui existent en réalité. Les méthodes d'exploitation par grandes tailles chassantes, avec remblais, ou par tailles moyennes et dépilages, sont indiquées par la reproduction fidèle des galeries qu'elles comportent. Quant aux surfaces encore vierges, elles sont déterminées avec une grande approximation, soit par leur concordance avec celles d'autres veines déjà exploitées, soit en raccordant les parties connues, en poursuivant l'action des grandes failles, ou en se servant des renseignements obligeamment donnés par les compagnies voisines. »

« Evidemment, la régularité de ces régions hypothétiques, a été exagérée puisqu'on ne pouvait déterminer d'avance des accidents locaux ; mais ceux-ci ne peuvent avoir qu'une importance très réduite, en face des grandes failles actuellement déterminées. Il y a donc toute probabilité que les travaux, en réalisant ces hypothèses, développent successivement ce vaste champ d'exploitation représenté par le relief exposé, et qui répété pour chacune des veines, assure une production pouvant fournir à la consommation de plusieurs générations. »

La concession de Courrières a une étendue totale de 5459 hectares ; le gisement qui y est exploité se divise en trois groupes principaux :

1^{er} Groupe : du Sud. Le faisceau de *houilles grasses flambantes* composé de 22 veines d'une épaisseur moyenne de 0^m,950, soit 21 mètres en totalité de charbon, reconnue jusqu'à une profondeur de 500 mètres.

L'analyse de ces houilles donne une proportion de 34 à 40 % de matières vo-

latiles, de 0,85 à 0,90 de cendres pour la gailletterie et de 7 à 8 % pour le tout venant ; leur pouvoir calorifique est de 7 500.

Au point de vue de la fabrication du gaz, ces houilles donnent :
de 30 à 33 mètres cubes de gaz par 100 kilogrammes de charbon,
65 à 68 % de coke,
6 à 8 % de goudron,
4 à 6 % d'eaux ammoniacales ;

Leur pouvoir éclairant est 102 ; sous les générateurs, on obtient 8 k. 68 d'eau vaporisée par kilogramme de charbon pur.

2^e Groupe : du Centre. Le faisceau des houilles grasses marécales composé de 14 veines d'une épaisseur moyenne de 0^m,87, soit 12 mètres en totalité de charbon : ce charbon gras contient de 22 à 25 % de matières volatiles, son pouvoir calorifique est de 8 814 ; sous les générateurs on obtient 10 kilogrammes d'eau vaporisée par kilogramme de charbon pur.

3^e Groupe : du Nord. Le faisceau des houilles demi-grasses reconnu à Couvrières jusqu'à 250 mètres se compose de 9 veines d'une épaisseur moyenne de 0^m,77, total 6^m,95 de charbon donnant à l'analyse de 13 à 15 % de matières volatiles. Ces houilles sont exploitées par 6 puits outillés pour une grande exploitation.

Le tableau suivant indique la composition de ces diverses variétés de houilles par veine exploitée.

Composition des houilles de Courrières.

FOSSE DU SUD					
	HOUILLES SÈCHES à longue flamme (Plénu).		HOUILLE GRASSE à longue flamme		
	I	II	III	IV	V
	Veine Gabrielle	Veine Flore	Veine Ste-Barbe	Veine Désirée	Veine Adélaïde
Matières volatiles.....	42.16	34.46	35.50	38.60	37.96
Cendres.....	2.08	3.00	4.50	1.75	3.78
HOUILLES GRASSES MARÉCALES. — Fosse N° 7.					
	VI	VII	VIII	IX	
	Veine Aline	V. St-François	V. St-Denis	V. St-Nicolas	
Matières volatiles.....	29	27.36	25 26	22.36	
Cendres.....	2.23	2.75	3	5.28	

La Compagnie des mines de Courrières a produit en 1888, la quantité de 1 093 200 tonnes de houilles; elle peut atteindre dans les conditions actuelles 1 350 000 tonnes, et monter à 1 700 000 tonnes après l'achèvement de deux nouveaux puits.

Le tableau suivant montre l'accroissement progressif de l'extraction depuis l'origine de la Société.

Années	Tonnes	Années	Tonnes	Années	Tonnes	Années	Tonnes
1853.....	8.300	1862.....	109.700	1871.....	282.000	1880.....	556.000
1854.....	20.000	1863.....	147.000	1872.....	338.300	1881.....	657.900
1855.....	28.000	1864.....	187.800	1873.....	377.700	1882.....	740.364
1856.....	22.400	1865.....	206.000	1874.....	375.600	1883.....	837.230
1857.....	80.600	1866.....	220.100	1875.....	435.800	1884.....	774.336
1858.....	89.100	1867.....	217.500	1876.....	377.200	1885.....	774.022
1859.....	83.000	1868.....	267.200	1877.....	355.600	1886.....	842.443
1860.....	80.300	1869.....	303.200	1878.....	418.500	1887.....	963.233
1861.....	102.100	1870.....	306.400	1879.....	440.200	1888.....	1.077.746

Les puits d'extraction des mines de Courrières ont les diamètres suivants:

Puits n° 1 3^m,50, n° 2 3^m,85, n° 3 et 4 4 mètres, n° 5, 6, 7 et 8 4^m,50; ils sont cuvelés en bois sur une hauteur de 80 à 107 mètres. L'aérage se fait par des ventilateurs Guibal de 7 à 9 mètres de diamètre et de 1^m,75 à 2^m,25 de large. L'extraction se fait au moyen de cages guidées à 3 étages et six berlines en bois ou en tôle d'acier: la houille n'est pas grisouteuse, le travail se fait avec des lampes à feu nu. Enfin on met à profit les fines des charbons gras flambants pour fabriquer des briquettes: la fabrique actuelle peut en produire 80 tonnes par jour.

Houilles du Nord et du Pas-de-Calais. — En résumé les houilles des bassins du Nord et du Pas-de-Calais ont été assimilées à celles de Cardiff, recommandées par leur pouvoir calorifique; d'après les expériences faites, depuis longtemps, par les soins du ministère de la Marine, elles vaporisent, dans les chaudières réglementaires, de 8^k,16 à 8^k,30 d'eau par kilogramme de charbon.

Les houilles du bassin du Nord et du Pas-de-Calais fournissent des résultats équivalents, en prenant les charbons moyens, et supérieurs en prenant certaines variétés de choix. Les houilles d'Anzin éprouvées de la même manière ont vaporisées 8^k,13, 8^k,43 et 8^k,75 d'eau par kilogramme de charbon, et certaines variétés du Pas-de-Calais jusqu'à 10 kilogrammes d'eau.

BASSIN HOUILLER BELGE

Le bassin houiller belge nous offre toutes les variétés de charbons que nous venons de signaler dans le bassin du nord de la France, qui en est d'ailleurs la continuation : ce sont des charbons maigres à longue flamme, des houilles grasses maréchales, des houilles grasses à longue flamme, etc.

Les couches les plus récentes et supérieures du terrain houiller belge donnent une qualité spéciale de charbon, nommé le *flénu*, maigre à longue flamme, fortement chargé de gaz, les couches moyennes fournissent des charbons gras, friables propres à la fabrication du coke ; les couches inférieures contiennent des charbons secs, maigres et plus ou moins anthraciteux. On évalue à 80 le nombre des couches exploitables du bassin de Charleroi, dans le district du Boreinage, M. Plumet porte le nombre de couches et veines de houille à 156.

Dans les exploitations des alentours de Mons les mineurs belges distinguent quatre sortes de houilles, savoir :

1° Le *charbon de forges*, fragile, non tachant, d'un noir peu prononcé, d'un aspect homogène, qui rend en grand de 65 à 70 % d'excellent coke ; il présente la composition moyenne suivante :

Charbon.	71.8
Cendres	5.2
Matières volatiles. . . .	23.3
	<hr/> 100.0

2° Le *charbon dur*, se casse en fragments rectangulaires d'un noir éclatant ou sans éclat, brûle avec une flamme vive et soutenue, presque sans fumée, mais s'embrase avec lenteur, se colle et se boursouffle peu ; rend de 55 à 60 % de coke ; il est composé de :

Charbon.	65.3
Cendres	1.7
Matières volatiles. . . .	33.0
	<hr/> 100.0

3° Le *flénu*, est d'un noir brillant, maigre, ses faces de cassure portent des stries caractéristiques ; il se conserve à l'air pendant très longtemps, il brûle avec une flamme longue vive et claire, il s'embrase très facilement ; il colle et donne un coke très boursoufflé, léger et peu solide ; il est propre à la fabrication du gaz d'éclairage et au chauffage des chaudières à vapeur, il est composé de :

	I	II
Charbon	58.5	51.0
Cendres.	3.0	5.0
Matières volatiles . .	38.0	44.0
	<hr/> 100.0	<hr/> 100.0

4° Le *charbon sec*, maigre et anthraciteux.

Cette division des houilles de Mons correspond à la division générale des charbons belges, savoir :

1° *Houille maigre à longue flamme ou houille Flénu* ;

2° *Houille maigre à longue flamme ou demi-grasse* ;

3° *Houille grasse maréchale ou houille grasse* ;

4° *Houille sèche à courte flamme ou houille grasse* ;

qui passent de l'une à l'autre par transition insensible.

Le terrain houiller belge s'est déposé dans une profonde et large vallée formée par une dépression du calcaire carbonifère ; cette vallée traverse la Belgique du S.-O. au N.-E. en passant par Qulévrain, Mons, Charleroi, Namur et Liège.

La production de la Belgique est très considérable et depuis 1830 elle est allée en augmentant. En 1841, il existait dans ce pays 183 mines de houilles concédées et 117 tolérées embrassant ensemble une superficie de 124 218 hectares.

En 1850.	310 mines	130.569
En 1864.	288 —	134.138
En 1865.	341 —	90.532

En 1841 l'exploitation de la houille occupait en Belgique	37.629 ouvriers
En 1850 — — — — —	47.946 —
En 1860 — — — — —	78.232 —
En 1864 — — — — —	76.779 —

En 1851 le prix moyen de la tonne de houille belge était de	7 fr. 97
En 1856 — — — — —	12 83
En 1860 — — — — —	11 14
En 1864 — — — — —	9 98

En 1850 la production s'est élevée à	5.820.588 tonnes.
En 1864 — — — — —	11.158.336 —

En 1876 le terrain houiller de la Belgique était exploité par 180 compagnies occupant ensemble 108 543 ouvriers aidés par 4 668 chevaux et par 1 645 machines à vapeur produisant ensemble 92 031 chevaux-vapeur.

Le tableau suivant donne la production de la Belgique par période décennale :

PÉRIODES	PRODUCTION EN TONNES	VALEUR EN FRANCS	NOMBRE D'OUVRIERS
1830-1840	27.803.614	300.937.000	30.980
1840-1850	46.262.252	430.450.000	41.928
1850-1860	77.061.855	814.814.000	63.400
1860-1870	113.720.039	1.340.136.000	84.913
1870-1880	147.162.571	1.859.276.000	102.027
1880-1888	130.662.470	1.310.924.000	102.991
TOTAL. . .	542.672.801	6.056.537.000	

En 1887 l'exploitation de la houille s'est faite à la profondeur moyenne de 361 mètres par 268 sièges d'extraction et a nécessité l'usage de :

431 machines d'extraction de la force de 61.496 chevaux-vapeur			
196	—	d'épuisement	— 31.073 —
378	—	d'aérage	— 15.932 —
1025	—	d'usages divers	— 13.680 —
122.171 chevaux-vapeur			

Le tableau suivant donne la production annuelle de houille depuis 1860 à l'année 1887.

ANNÉES	PRODUCTION EN TONNES	VALEUR EN FRANCS	ANNÉES	PRODUCTION EN TONNES	VALEUR EN FRANCS
1860	9.010.895	107.127.000	1874	15.778.401	240.910.000
1861	10.057.163	110.015.000	1875	14.669.029	229.840.000
1862	9.935.045	104.485.000	1876	15.011.331	194.119.000
1863	10.345.330	104.787.000	1877	14.329.578	152.957.000
1864	11.353.336	110.554.000	1878	13.938.523	147.821.000
1865	11.840.703	123.896.000	1879	14.899.175	144.985.000
1866	12.774.662	151.032.000	1880	15.447.292	169.680.000
1867	12.755.822	158.253.000	1881	16.866.698	163.704.000
1868	12.298.589	133.871.000	1882	16.873.951	175.896.000
1869	12.942.894	136.116.000	1883	17.590.989	184.778.000
1870	13.697.118	148.635.000	1884	18.177.563	172.032.000
1871	13.697.118	153.803.000	1885	18.051.499	154.618.000
1872	13.733.176	208.559.000	1886	17.285.547	142.542.000
1873	15.658.948	337.637.000	1887	18.378.624	147.674.000

Le remarquable ouvrage de M. Dujardin-Beaumetz, *Histoire graphique de l'industrie houillère en Belgique*, nous fournit les renseignements statistiques suivants pour l'année 1887.

Production totale pour 1887 en tonnes. . . .	18.378.624
Consommation et stocks.	13.480.609
Exportation (houille et coke transformé). . .	5.914.633
Exportation houille	4.591.000
Importation.	1.043.518

Cette production de 18 378 624 tonnes de houille est ainsi répartie dans les trois provinces charbonnières :

Hainaut.	13.470.060 tonnes
Namur.	359.255 —
Liège.	4.549.309 —

	HAINAUT	NAMUR	LIÈGE
Nombre total des mines.	122	38	99
Mines en activité.	77	13	50
— en gain.	48	9	33
— en perte.	29	4	17
— inactives	45	25	49
Nombre d'ouvriers.	75.322	2.025	23.392
Production moyenne par mine	179	177	194
Salaire moyen annuel.	787	730	910
Prix de vente à la tonne.	8 fr. 03	6 fr. 36	8 fr. 17
Prix de revient à la tonne.	7 fr. 54	6 fr. 06	1 fr. 70
Machines à vapeur.	1431	60	530

Durant l'année 1887 l'exploitation houillère a employé 100 739 ouvriers.

Le tableau suivant résume la situation de l'industrie houillère en Belgique sous le triple rapport de la production, de ses moyens d'extraction et de l'effet utile des ouvriers pendant la période décennale de 1879 à 1888 :

ANNÉES	Charbonn. en act.		Siège d'extraction en activité		PRODUCTION ANNUELLE EN TONNES	PRODUCTION ANNUELLE PAR SIÈGE (TONNES)	Machines d'extraction		Machines d'aérage		Machines d'épuisem.		OUVRIERS	EFFET UTILE
	nombre	mèt.	profondeur	moyenne			nombre	chev. vap.	nombre	chev. vap.	nombre	chev. vap.		
1879	166	299	392	15.477	292	51.663	482	54.766	381	13.940	197	31.888	98.714	158
1880	164	304	405	16.886	698	55.548	471	55.599	385	14.183	194	31.537	102.930	163
1881	160	295	415	16.873	951	58.200	461	55.999	383	14.758	195	31.924	101.351	165
1882	158	300	423	17.590	989	58.638	457	57.833	384	15.119	194	32.265	103.701	160
1883	153	301	431	18.177	754	60.390	459	59.231	384	15.850	195	32.139	106.252	171
1884	149	289	434	18.051	499	62.462	443	59.703	381	15.409	196	31.900	105.582	172
1885	150	285	457	17.437	603	60.650	438	60.312	372	15.400	201	31.905	103.095	169
1886	144	280	456	17.285	543	61.734	439	61.724	381	15.944	199	31.565	100.282	172
1887	140	268	457	18.378	624	68.577	431	61.796	378	15.932	196	31.073	100.739	182
1888	132	266	457	19.238	121	72.324	418	61.511	379	18.104	208	31.125	103.815	185

Le bassin houiller belge a été l'objet d'études géologiques approfondies; le service spécial de la carte générale des mines, organisé par les soins du Gouvernement, a spécialement contribué à faire connaître la situation du gisement houiller de la Belgique. « En établissant d'une extrémité à l'autre du pays charbonnier des coupes verticales de ce gisement, à l'équidistance de 100 mètres d'après les plans des travaux miniers et en les complétant hypothétiquement par l'étude comparative des lignes synclinales et anticlinales des couches ainsi que par celles du tracé à différents niveaux, de leur horizon, le service de la carte a résolu des problèmes stratigraphiques importants et éclairci bien des points de la géologie houillère restés obscurs jusque là. Les cartes des bassins de Liège et de Charleroi, qui résument ces intéressantes études en fixant l'allure des grands dérangements qui les traversent sont devenues pour l'exploitant une source précieuse de renseignements où il va puiser les données nécessaires à la direction et à la conduite de ses travaux. » (Notice du *Catalogue officiel* de la section belge.)

Exposants belges. — Parmi les exposants belges des classes 41 et 48, citons la Société civile du charbonnage d'Aiseau-Presle, la Société des charbonnages d'Ans, Société des charbonnages de Bonne-Fin, Société anonyme de charbonnage de l'Espérance et Bonne-Fortune, Société anonyme des charbonnages de Fontaine-l'Évêque, Société anonyme du charbonnage de Forte-Taille, Société des charbonnages de la Grande-Bacnure, Société anonyme des charbonnages du

Harloz, Société anonyme des charbonnages, hauts-fourneaux et usines de Strepv-Braquénies, Société anonyme des charbonnages de Noël Sart Culpert, Société des charbonnages de Patience et Beaujonc, Société anonyme des charbonnages de la Concorde, Société anonyme du charbonnage de Sacré-Madone, Société anonyme des charbonnages de Werister, Compagnie belge du lignite comprimé, Compagnie du charbonnage de Boubier.

La plupart de ces Sociétés ont formé une exposition collective et se sont groupées dans ce but, sous le nom de collectivité l'Union des charbonnages, mines et usines métallurgiques de la province de Liège.

Les autres exposants de ce groupe houiller sont : Société anonyme des houillères unies du bassin de Charleroi, Société anonyme des agglomérés de houille de Châtelaineau, Société anonyme des charbonnages de Mariemont et Société charbonnière de Bas-Loup, Société anonyme de Marcinelle et Couillet, Société charbonnière de Petit-Try, Trois-Sillons, Sainte-Marie et Défoncement réunies, etc.

Cette longue liste montre l'importance de l'exposition belge; aussi allons-nous nous occuper des produits exposés; il sera ainsi facile de les comparer aux charbons des bassins du Nord et du Pas-de-Calais voisins de ceux de la Belgique.

La Société des charbonnages de Mariemont et Société charbonnière de Bascoup avaient un pavillon spécial pour leur exposition qui était la plus considérable de la Belgique; parmi les objets exposés on a remarqué :

1° Un plan en relief des différentes fosses, trainages mécaniques et chemins de fer, ateliers de triage, fabrique de briquettes et à l'échelle de $\frac{1}{1,000}$ pour les longueurs et de $\frac{1}{500}$ pour les hauteurs;

2° La reproduction à $\frac{1}{5}$ d'une waroquière avec moteur à rotatif;

3° Une grille à classement, fonctionnant;

4° Une reproduction complète à l'échelle de $\frac{1}{10}$ de la fosse n° 5 à Trazegnies, comprenant en plus des installations de l'extraction, de l'épuisement, de l'aérage, de la préparation mécanique, etc.

En plus, des diagrammes de la production et des plans des installations et du matériel.

La concession de Mariemont a une superficie de 1 663 hectares; on y reconnaît 25 couches de charbon ayant chacune une puissance qui varie de 35 centimètres à 70 centimètres. L'allure générale des couches est assez régulière; elles s'inclinent vers le Sud et leur direction est E.-O.; elles sont exploitées, selon les circonstances par tailles montantes ou par tailles costresses.

L'extraction annuelle s'élève à 500 000 tonnes, soit 1 700 tonnes par jour de travail.

Les analyses faites sur les produits de la Société de Mariémont ont donné les résultats moyens suivants :

	Matières volatiles pour 100.	Cendres pour 100.
Gros.	14 à 15	4 à 5
Tout venant	13 à 15	6 à 7
Têtes de moineaux.	14 à 15	5 à 5.50
Fines brutes pour forges.	17 à 17.50	7 à 10
Fines ordinaires.	13 à 16	7 à 10
Grains lavés ordinaires.	14 à 15	5 à 6
Grains lavés pour forges	17 à 18	5 à 6
Briquettes	18	4 à 5

La concession de la Société de Bascoup a une superficie de 2410 hectares; on y exploite 16 veines dont la puissance de chacune d'elles varie entre 0^m,45 et 1^m,25. La production journalière va jusqu'à 2150 tonnes.

Les deux charbonnages de Mariémont et de Bascoup, réunis sous une même direction, produisent annuellement 1200000 tonnes de houille. Les charbons de Mariémont sont recherchés pour foyers domestiques, ceux de Bascoup pour les générateurs à vapeur.

Les exploitations de Mariémont et de Bascoup occupent plus de 6000 ouvriers; elles ont onze sièges d'extraction en activité, trois ateliers de triage, deux lavoirs à charbon, une fabrique de briquettes.

Les produits exposés par la Société de Mariémont sont :

Blocs de houille, tout venant, têtes de moineaux (12 à 30 millimètres), etc.

	Matières volatiles	Cendres
Grains bruts (de 7 à 30 m/m)		10 à 15 %
Grains lavés (id.)		6 à 7 »
Poussières brutes (de 5 à 0 m/m).		8 à 10 »
Poussières lavées (id.)		4.5 à 5 »
Fines brutes pour forges (30 m/m)	15.50 à 16.50 %	8 à 10 »
Grains lavés pour forges (7 à 30 m/m)	17.50 à 18.50 »	6 à 7 »
Poussières brutes (0 à 30 m/m)	13 à 16 »	10 à 12 »

La Société de Bascoup exposait des gros blocs de houille et les sortes commerciales suivantes, que nous indiquons avec leur teneur en cendres.

Gailleries (50 à 160 m/m)	3.50 à 4.50 % de cendres
Gailletins (30 à 50 m/m)	3.50 à 4.50 »
Têtes de moineaux (11 à 30 m/m)	5 à 5.50 »
Tout venant à 50 % de gros	6 à 7 »
Grains bruts (de 5 à 25 m/m)	10 à 12 »
Grains lavés (id.)	4.50 à 6 »

Poussiers bruts (de 5 à 0 m/m) . .	9	à 10	»
» lavé (id.) . .	4.50	à 5	»
Fines ordinaires (30 m/m) . . .	9	à 10	»
Menus vitesse pour locomotives . .	5	à 5.50	»
Menus ordinaires	7	à 8	»

La Société civile du charbonnage d'Aiseau-Prezle de Farciennes a exposé des échantillons divers de charbons contenant 10 à 14 % des matières volatiles.

La Compagnie des charbonnages de Boubier, à Châtelet, a exposé des houilles à teneur de 17 à 18 % en matières volatiles.

La Société anonyme des charbonnages de Fontaine-l'Évêque a fait une belle exposition de ses divers produits, savoir :

Charbons gros pour la métallurgie, la verrerie, la brasserie ; diverses qualités de coke : coke lavé à teneur de 5 % de cendrés, coke ordinaire à 11 %.

La Société anonyme du charbonnage de l'Espérance et Bonne-Fortune à Monseguée-lez-Liège, a fait connaître ses installations au moyen de plans, et la disposition des couches exploitées par des coupes géologiques. Elle a une concession de 447 hectares 83 ares ; ses couches sont inclinées de 5 à 20 degrés ; elle a actuellement trois sièges en activité, savoir :

1° *Bonne-Fortune*, qui donne des charbons quart gras et demi-gras, pour foyers domestiques et générateurs de vapeur ; houilles, gailleteries, gailletins, brûlant avec belle flamme, sans odeur ni fumée.

2° *Espérance*, donnant charbons demi-gras et gras pour cokes, forges, sucreries, distilleries, etc.

3° *Saint-Nicolas* charbons gras et trois quart-gras pour foyers domestiques, forges, coke, laminoirs, etc.

La Société anonyme des charbonnages de Bonne-Fin à Liège a exposé des coupes géologiques, des dessins d'installations et des échantillons de ses produits : charbons demi-gras à 15 ou 16 % de matières volatiles, charbons pour foyers domestiques, grosses briquettes lavées de 5 à 10 kilogrammes, briquettes lavées à 7 trous, de 1 kilogramme, boulets ovoïdes lavés de 200 grammes. Cette Société exploite une concession de 687 hectares.

La Société anonyme des charbonnages de Horlez a une production journalière de 1 200 tonnes de charbons gras pour cokes, laminoirs, verreries, charbons demi-gras pour consommation domestique et chaudières à vapeur ; cette Société fabrique du coke métallurgique.

La *Société anonyme des charbonnages de Patience et Beaujour* extrait journellement 500 tonnes de charbons gras et trias quart-gras à teneur de 15 à 16 % de matières volatiles et diverses autres qualités.

La *Société anonyme des carbonnages d'Ans* exploite des charbons maigres et des anthracites.

La *Société anonyme de Marihaye* produit annuellement 450 000 tonnes de charbons propres aux usages métallurgiques, domestiques et industriels.

La *Société anonyme des charbonnages de la Grande-Bacnuré* possède une concession de 301 hectares ; outre ses charbons demi-gras à 14 ou 17 % de matières volatiles, cette Société a exposé un plan-coupe de la concession et diverses vues de ses installations.

La *Société des charbonnages du canal de Fenet-Piquette* qui occupe 300 ouvriers et produit en moyenne journellement 250 tonnes de houille, exploite une concession de 244 hectares. Le plan tableau exposé représente le dessin d'un nouveau système d'exploitation.

La *Société anonyme des agglomérés de houille de Chatelineau* a exposé des produits qui présentent la composition suivante :

PRODUITS	DIMENSIONS en millimètres	TENEUR en cendres	TENEUR EN matières volatiles
	de		
Charbons bruts greneux.	0 ^{mm} à 45 ^{mm}	12.90	13.5 %
Gailletins lavés n° 2.	3 à 45	2.5	13.75
Gailletins n° 3.	30 à 45	2.1	13.8
Grenus n° 5	24 à 30	4.10	15.58
Croisettes n° 6.	7 à 24	4.6	13.55
Poussier n° 1.		4.25	13.54
Schiste poussier.		71.10	
Poussier lavé n° 2.		4.10	13.5
Schiste poussier n° 2		70.60	
Poussier n° 3.		4.60	13.55
Schistes poussiers		76.70	
Poussier non lavé.		5.60	13.53

ANGLETERRE

L'Angleterre est le pays qui produit le plus de houille ; c'est à cause de sa grande production que ce pays a atteint une si haute position comme nation manufacturière ; les exploitants français et belges ne produisent pas le charbon minéral à si bon marché que les Anglais.

Cette infériorité résulte plutôt des conditions géologiques du sol exploité que de l'exploitation elle-même. Notre matériel houiller ne le cède en rien à celui d'aucun pays et en beaucoup de points il pourrait être proposé pour modèle. Mais nos terrains houillers sont moins riches et moins réguliers que ceux de nos voisins, et en général nos couches de houille sont moins puissantes que celles des Anglais ; de plus nos terrains moins solides et moins résistants exigent un boi-sage coûteux.

Il faut dire aussi que les charbons anglais sont plus purs que les nôtres, ce qui prévient les déchets et économise les frais de triage. Ces considérations expliquent le prix de revient relativement bas des charbons anglais et comment ils peuvent être livrés à un prix inférieur à celui des nôtres.

Dans le pays de Galles, le rendement moyen des couches exploitées est de 20 à 25 hectolitres par mètre carré ; dans le bassin de New-castle, il est moins élevé, il est d'environ 15 à 20 hectolitres, dans nos bassins du Nord, le rendement est de 7 à 8 hectolitres par mètre carré. Par suite l'effet utile du mineur qui est de 50 à 60 hectolitres par jour en Angleterre, descend dans nos houilles françaises à 20 ou 25 hectolitres.

C'est surtout les charbons de Cardiff et de Newcastle qui ont figuré à l'Exposition universelle de 1889.

La houille connue sous le nom de Cardiff (Pays de Galles) est un charbon sec, brûlant avec une flamme courte, donnant peu de cendres, mais ayant un pouvoir calorifique considérable, elle vaporise dans les chaudières réglementaires de 8 k. 16 à 8 k. 30 d'eau par kilogramme de charbon.

La houille du Pays de Galles est brillante et peu friable, presque exempte de pyrites ; elle présente la composition moyenne suivante :

	I	II
Charbon.	80.4	77.7
Cendres.	3.0	2.7
Matières volatiles	16.6	19.6
	<hr/> 100.0	<hr/> 100.0

Elle donne par calcination un coke de très bonne qualité, parfaitement aggloméré ; elle est d'un noir peu éclatant, imparfaitement feuilletée ; sa densité est de 1,31 et laisse en brûlant des cendres blanches.

Le Newcastle (durham) est un charbon plus léger que le cardiff, tenant moins sur la grille, brûlant avec une longue flamme, donnant un coke boursoufflé et d'une puissance calorifique moindre.

La houille Newcastle est feuilletée dans un sens : elle est noire luisante ; sa densité est de 1,34 ; elle donne un coke boursoufflé de très bonne qualité, en brûlant elle se gonfle un peu et se colle ; elle brûle avec une flamme jaune, lumineuse et sans fumée, elle est composée de :

	I	II	III
Charbon	76.8	82.0	87.95
Cendres	5.4	5.0	1.40
Matières volatiles.	18.6	12.7	10.65

Dans le pays de Galles sur une épaisseur d'un terrain houiller de 1 000 mètres il y a 45 couches de houille dont la puissance varie de 0^m,25 à 2^m,60 et dont l'ensemble forme une épaisseur de 25 mètres.

Dans le bassin de Newcastle, sur une épaisseur d'environ 500 mètres, il existe 14 couches exploitées, qui réunies, ont une puissance totale de 12 mètres. Dans le Lancashire, dans un terrain houiller de 700 mètres, il y a 15 couches, qui réunies, forment une épaisseur totale de 14 mètres.

Les Anglais distinguent quatre catégories de houilles de bonne qualité, ce sont :

1° Le *Caking-Coal*, houille collante, qui peut être employée dans le travail du fer ;

2° Le *Splint-Coal*, houille esquilleuse brûlant avec une flamme longue ; elle est employée au chauffage des générateurs de vapeur et à la fabrication du coke ;

3° Le *Cherry-Coal*, houille molle et tendre qui s'écrase sous une forte pression ;

4° Le *Cannel-Coal*, houille compacte, molle, ne tache pas les doigts, s'enflamme facilement et brûle avec une belle flamme ; elle est employée dans la fabrication du gaz et pour le chauffage domestique.

Voici quelques tableaux qui donnent la composition des houilles des principaux bassins houillers anglais.

A. Bassin de Newcastle

	VILLINGTON I	HASWELD WALLSEND II	BOWDEN CLOSE III	HEDLEY'S HARTLEY IV	OUVISON'S WESTHARTLEY V	DERVENT WAT. HARTLEY VI
Carbone	86.81	83.47	84.12	80.26	83.26	78.01
Hydrogène	4.96	6.68	4.53	5.28	5.31	4.74
Azote	1.05	1.42	0.96	1.16	1.72	1.84
Soufre	0.88	0.06	0.65	1.78	1.38	1.37
Oxygène	5.22	8.17	6.66	2.40	2.50	10.31
Cendres	1.08	0.20	2.28	9.12	5.84	3.73
Rendement en coke %	79.19	62.70	69.69	72.31	59.49	54.83

B. Bassin de Yorkshire

	I	II	III		I	II	III
Carbone	81.93	80.41	77.49	Carbone	508	461	496
Hydrogène	4.85	4.65	4.86	Matières volatiles	430	426	490
Azote	1.27	1.59	2.64	Cendres	62	113	14
Soufre	0.91	0.86	1.30		1.000	1.000	1.000
Oxygène	8.58	11.26	12.41				
Cendres	2.46	2.23	2.30				
Rendem. en coke %	61.6	60.9	52.8				

C. Bassin du Lancashire

	I	II	III	IV	V	VI
Carbone	79.71	83.54	82.01	77.33	79.23	72.86
Hydrogène	5.16	5.24	5.55	5.56	6.08	4.98
Azote	0.54	0.98	1.68	1.01	1.18	1.07
Soufre	0.52	1.05	1.43	1.03	1.43	1.54
Oxygène	10.65	5.87	5.28	12.02	7.24	8.15
Cendres	3.42	3.32	4.05	3.05	4.84	11.40
Coke %	58.10	62.89	57.84	51.10	60.33	56.15

D. Pays de Galles

	I	II	III	IV	V	VI	VII
Carbone	90.94	89.78	88.26	90.26	88.49	88.56	71.08
Hydrogène	4.28	5.15	4.66	4.12	4.00	4.79	4.88
Azote	1.21	2.16	1.45	0.63	0.46	0.88	0.95
Soufre	1.18	1.02	1.77	1.20	0.84	1.21	1.37
Oxygène	0.94	0.39	0.60	2.58	3.82	»	17.87
Cendres	1.45	1.50	3.26	1.25	2.39	4.88	3 65
Coke %	85.0	77.5	84.3	79.1	82.25	88.23	65.2

Comparaison des diverses qualités des charbons anglais.

	Carbone	Hydrogène	Azote	Soufre	Oxygène	Cendres	Coke p. %
Veine Hutton (Newcastle)	84.284	5.522	2.075	1.181	5.223	0.715	»
— Low-Main »	78.690	6.000	2.370	1.509	10.068	1.363	»
Anthracite (Galles) . . .	92.34	3.00	0.58	»	2.57	1.51	»
Coke de Durham	93 150	0.721	1.276	»	0.905	3.948	»
Newcastle	82.12	5.31	1.25	1.24	5.69	3.77	60.67
Pays de Galles	83.78	4.79	0.98	1.43	4.15	4.91	72.62
Ecosse	78.53	5.61	1.00	1.11	9.69	4.03	54.22
Desbyshire	79.68	4.94	1.41	1.01	10.28	2.65	59.32

Nous empruntons à M. Dujardin-Beaumetz quelques données statistiques relatives à l'Angleterre.

La production houillère du Royaume-Uni était de :

10.000 000 de tonnes en 1800	146.818.622 de tonnes en 1880
13.000.000 » » 1820	162.119.812 » » 1887
30.000.000 » » 1840	169.000.000 » » 1888
80.000.000 » » 1860	

La formation houillère occupe une superficie totale de 7 000 milles anglais, plus de 1 800 000 hectares dont 72 % environ reviennent à l'Angleterre, 26 à 27 % à l'Ecosse et le reste, 1 à 2 % à l'Irlande.

En 1887, la production par districts miniers a été ainsi répartie :

Newcastle	15.310.026 tonnes
Durham	21.008.876 »
Manchester	8.893.631 »
Liverpool	13.693.321 »
Yorkshire	20.104.713 »
Midland	17.214.907 »
Shaffordshire Nord	6.183.200 »
— South	9.019.106 »
Wales South	18.562.141 »
Scotland East	15.268.186 »
— West	6.216.790 »

Les deux tableaux qui suivent donnent la production comparée de la houille et sa relation entre la surface et la population.

	Superficie en kilomètres carrés	Population en millions d'habitants	Habitants par kilom. carré	Production de houille en millions de tonnes	Production par habitant
Angleterre	314.628	37.0	118	164.7	4.45
Etats-Unis d'Amérique	9.212.270	50.4	5.5	117.9	2.31
Empire d'Allemagne	540.608	46.8	87	76.2	1.62
France	528.854	38.2	72	21.2	0.55
Belgique	29.457	5.9	203	18.3	3.10
Autriche-Hongrie	622.309	37.8	61	21.7	0.57

Production comparée entre les années 1865 et 1887.

	PRODUCTION		Augmentation pour 0/0
	1865	1887	
Angleterre	98.150.587	164.716.000	67
Etats-Unis	22.000.000	117.900.000	435
Allemagne	28 552.800	76.217.618	166
France	11.500.000	21.288.000	85
Belgique	11.500.000	18.379.000	59
Autriche-Hongrie	3.069.300	21.786.000	329

Le cardiff est le charbon le mieux représenté à l'Exposition ; on sait que son extraction totale s'élève annuellement à environ 1 400 000 tonnes dont 600 000 tonnes sont exportées ; les principales compagnies qui l'exploitent sont :

			par an
1° National Stram coal C°, liv., Cardiff, avec une extraction de			350.000 tonnes
2° Aberearn coal C°, liv.	id.	id.	500.000 »
3° London South coal C°, liv.	id.	id.	550.000 »
4° Watts Ward C°, liv.	id.	id.	600.000 »
			<hr/> 1.650.000 tonnes

Au Champ de Mars ont figuré de grands blocs de charbon de cardiff dont nous avons antérieurement décrit les propriétés et fait connaître la composition moyenne ; ils portent l'étiquette de charbon à vapeur, charbon à vapeur sans flamme, et la Compagnie Glamorgan Coal à Cardiff a exposé des charbons et du coke, cardiff, houilles et briquettes.

Parmi les autres exposants du pays de Galles nous citerons Gwaun cal Gurven Colliery et C° à Clanelly et Swansea, qui a exposé des anthracites pour l'industrie et le chauffage domestique.

Parmi les exposants du comté de Durham, pour le Newcastle,, nous devons une mention spéciale aux mines du marquis de Londondewy à Seaham, Harbour dont la production annuelle est :

Pour charbon à gaz	990.000 tonnes
Pour charbon à vapeur . . .	560.000 »
Total . . .	<hr/> 1.550.000 tonnes

Les mines de la South Derwent Colliery, près Newcastle produisent du charbon à gaz dont un grand bloc prismatique était exposé au Champ de Mars.

Quelques colonies anglaises dont les productions minérales ont été largement représentées à l'Exposition de 1889 ont exhibé quelques échantillons de charbon minéral, entre autres l'Australie. Cette importante colonie a produit, en 1887, environ 3 747 663 tonnes de charbon ; cette production a suivi l'augmentation croissante depuis 1876 indiquée par le tableau suivant qui exprime en tonnes l'extraction de :

ANNÉES	NEW SOUTH WALES	QUEENSLAND	TASMANIA	NEW-ZEALAND
1876	1.319.918	50.627	6.100	»
1877	1.444.271	60.918	9.470	»
1878	1.575.497	52.580	12.311	162.218
1879	1.583.381	55.012	9.514	231.218
1880	1.464.189	58.052	12.219	299.923
1881	1.769.597	65.612	11.163	337.262
1882	2.109.282	74.436	8.803	378.272
1883	2.521.457	104.269	8.872	421.764
1884	2.749.109	129.980	7.194	480.831
1885	2.878.863	209.698	5.334	511.063
1886	2.830.175	228.656	10.391	534.358
1887	2.922.497	238.813	27.763	558 620

Les échantillons de charbon exposés présentaient la composition suivante :

Humidité.....	10 4 %
Matières volatiles.....	39 10 %
Carbone fer.....	46 10 %
Cendres.....	4 40 %

RUSSIE

M. de Buschen, dans son livre : *Forces productives de la Russie*, édité en 1867, s'exprime ainsi touchant la production houillère de l'Empire des czars :

« L'industrie houillère date de 25 ans environ et jusqu'à présent n'a donné que des résultats médiocres, les principaux gisements se trouvent dans le bassin du Donetz et consiste en anthracite excellent ; mais l'exploitation est loin d'être parfaite. Dans le gouvernement d'Yékathérinoslaw (district de Bakmout) et dans les environs de Moscou se trouvent des gisements de houille qui promettent un riche butin. Au Caucase, on exploite la houille sur les bords du Kauban. Enfin, il y a fort peu de temps qu'on a découvert des gisements de houille près de la chaîne de l'Oural, dans l'Altaï et dans la steppe des Kirghiz de la Sibérie.

Dans la Sibirie orientale on a commencé à exploiter la houille depuis 1862 (province du littoral). Le produit de l'industrie houillère varie annuellement, comme l'indique la table suivante :

	1860	1861	1862	1863
Bassin de Moscou . .	631.250	1.134.785	740.040	1.318.893
Bassin de Donetz . .	6.009.456	10.204.618	7.050.871	6.410.218
Bassin de l'Oural . .	408.061	442.453	294.446	726.134
Bassin de l'Atlas . .	55.000	230.745	145.600	227.180
Steppe des Kirghiz . .	185.120	166.151	237.395	363.287
Bassin du Kouban . .	»	200.700	170.060	147.320
Sibirie orientale . .	»	»	355.605	517.774
Total	7.288.887	12.379.452	9.005.927	9.710.766

Par conséquent la moyenne de la production de la houille peut être estimée à 10,000,000 de pouds (1,600,000 quintaux) dont, pour la Russie d'Europe, plus de 7 millions (1,160,000 quintaux) ; valeur totale de la production, à raison de 5 copeck par poud, environ 500,000 roubles (2,000,000 de francs). Depuis 1863 la production du charbon minéral a augmenté, mais la Russie possède d'immenses forêts et le charbon végétal est le plus souvent employé comme combustible métallurgique.

Le tableau suivant indique la production de houille ou anthracite en Russie durant les années 1881 à 1887 :

1881 . . .	2.917.000 tonnes	1884 . . .	3.933.000 tonnes
1882 . . .	3.774.000 »	1885 . . .	4.272.000 »
1883 . . .	3.980.000 »	1886 . . .	4.550.000 »

La Russie possède aussi à l'extrémité sud-ouest de la Pologne des gisements houillers qui semblent être la prolongation du bassin de la Silésie ; on y a reconnu sept couches de charbon. Dans le pays des Cosaques du Don et du gouvernement d'Ekaterinoslow le terrain carbonifère occupe une surface de 25 millions d'hectares y compris les parties recouvertes par les terrains crétacés et tertiaires.

Le terrain des anthracites se trouve dans le voisinage de Nagolnaïa, il repose sur un étage quartzo-schisteux riche en minerais de fer et de plomb.

L'étage des anthracites est recouvert par une couche contenant des charbons anthraciteux, puis vient un étage de charbons gras à coke, une couche de charbons demi-gras et à gaz et enfin une couche de charbons secs à longue flamme.

L'épaisseur des couches d'anthracite, de houille et de minerais varie entre 0^m,7 à 1^m,50, rarement dépasse 2^m,50.

La production annuelle totale d'anthracite et de charbon était de 850,000 tonnes en 1878 ; le prix de la tonne variait entre 20 et 25 francs à la station du chemin de fer la plus voisine.

Dans le pays des Cosaques du Don les gisements d'anthracite et de houille se trouvent à Soulinovka-Koundrutschia, à Lichaïa, Bormotovo, Grouchevka, Dolzik, etc.

Quelques échantillons de charbons russes ont été exhibés au Champ de Mars.

La Société minière d'Alexeïff possède, dans le bassin de Donetz, environ 12.000 hectares où se trouvent un grand nombre de couches de houille de diverses qualités, houille à gaz, anthracite, houille grasse. Les produits qu'elle a exposés proviennent de quatre houillères, savoir :

1^o Houillère de Kameka, 2^o de Radokava-Jouriew, 3^o de Kalnius-Bagodoukhov, 4^o d'Alexeïew-Leonow.

Les charbons présentent la composition moyenne suivante :

	I	II
Cendres.	1.60	1.70
Soufre.. . . .	0.20	0.24
Matières volatiles.	24.50	24

Depuis 1879 cette Société produit 12 millions de pouds de charbon et de coke pour la valeur de 900 000 roubles ; elle utilise une force de 300 chevaux-vapeur et emploie 1 500 ouvriers.

Les mines d'anthracite de *M. Koschkine à Rostow sur le Don* sont situées à Grouchevko où elles occupent une superficie de 4 kil. $\frac{1}{2}$ carrés. La quantité de charbon contenue dans les trois couches exploitées est évaluée à 400 millions de poids ou 6 milliards $\frac{1}{2}$ de kilogrammes, depuis 1881 jusqu'en 1889 on a extrait environ 21 millions de pouds ou 345 millions de kilogrammes.

Ces mines d'Anthracite sont exploitées d'après les plus récents progrès de la science de l'industrie minière ; machines à vapeur, électricité, etc., elles emploient 4 000 ouvriers et produisent actuellement 115 millions de kilogrammes de charbons par an. L'anthracite que l'on extrait ne s'effrite pas à l'air, il brûle sans fumée ; un kilogramme évapore 10 litres d'eau ; on peut faire fondre avec 20 kilogrammes d'anthracite, 200 kilogrammes de fonte de fer il présente la composition suivante :

	I	II
Carbone	90.81	93.40
Hydrogène	1.55	1.55
Oxygène et Azote	2.64	2.02
Soufre	1.39	0.86
Cendres	3.60	2.17
Densité	1.604	1.606
Pouvoir calorifique	7.756	7.991

La vitrine contenant les objets exposés, échantillons divers de charbon, étant construite en anthracite de Grouchevko.

La Société métallurgique Dniéprovienne du midi de la Russie exploite le charbonnage de Grichéno qui donne une houille convenable pour la fabrication du coke et du gaz; elle revient à 14 ou 15 francs la tonne à l'usine. Cette Société a exposé de nombreux échantillons de charbon et de minerais de fer provenant de ses concessions.

SERBIE

L'exposition serbe a montré quelques types des houilles de cette contrée; mais la plus importante, tant par les échantillons que par les plans et photographies des gisements, est certainement celle de M. Oserovics de Belgrade.

Les mines de houille dont les échantillons ont été exposés sont situées à Dobra sur le Danube. Voici deux analyses de ces charbons:

Analyse du professeur Liebermann

Eau	1.00 %
Cendres	5.89
Phosphore	traces
Carbone	77.72
Eau de combinaison	5.94
Humidité	5.14
Coke	80.40
Calories	7961

Analyse du professeur Schoffel

Charbon	79.84 %
Matières aqueuses	3.97
Acide	6.79
Cendres	8.91
Humidité	0.49
Pouvoir calorifique	7808 cal.

ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE

Les États-Unis d'Amérique occupent le deuxième rang dans la production du charbon; pendant que l'Angleterre a produit 164 716 000 tonnes en 1887, la production des États-Unis s'est élevée à 117 900 000 tonnes, c'est une augmentation de 4 35 pour 100 depuis 1865.

Le terrain houiller des États de l'Union présente une surface de plus de 322 000 kilomètres carrés; la houille grasse s'étend du plateau occidental des monts Alleghany, au sud-ouest, traversant la vallée du Mississipi jusqu'au Rio-Grande; de grands lits de brown coal (charbon brun), en amas considérables, s'étendent parallèlement au plateau des montagnes rocheuses, depuis le nord du territoire du Nouveau-Mexique jusqu'à la frontière septentrionale des États-Unis.

Dans la *carte géologique des États-Unis de l'Amérique du Nord* publiée en 1855, M. Marcou distingue les bassins carbonifériens et houillers et trace à grands traits leurs allures et leurs configurations.

Les géologues nord-Américains distinguent deux grands groupes de charbons: les anthracites et les charbons bitumineux.

Voici un tableau qui donne la production de ces divers charbons pour l'année 1886.

Anthracite

ÉTATS ET TERRITOIRES	SURFACE EN MILLE CARRÉS	PRODUCTION EN TONNES
New England (Rhode Island, Massachusetts).	500	»
Pensylvanie	470	36.696.475
Colorado	»	»
	970	36.696.475

Charbons bitumineux (y compris lignite, brown coal et quelques lits d'anhracite)

Pensylvanie	9.000	26.160.735	Kansas.....	17.000	1.400.000
Ohio	10.000	8.435.211	Arkansas	9.043	125.000
Maryland	550	2.517.577	Territoire indien...		534.580
Virginie	185	684.951	Texas	4.500	100.000
Ouest-Virginie ...	16.000	4.005.796	Dakota		25.955
Kentucky	9.000	644.962	Montana		49.846
Tennessee	5.600	1.714.290	Idaho		1.500
Georgie	200	223.000	Wyoming		829.355
Alabama	8.600	1.800.000	Utah		200.000
Michigan	6.700	60.434	Colorado		1.368.338
Indiana	6.450	3.000.000	Nouveau Mexique..		271.285
Kentucky	4.000	905.038	Washington		423.525
Illinois	36.800	9.246.435	Oregon		45.000
Cowa.	18.000	4.312.921	Californie		100.000
Missouri	26.887	1.800.000			
Nebraska	3.000	»	Total de la product. en 1886.		112.743.403

représentant une valeur sur la mine de 147 121 755 dollars.

Voici maintenant quelques analyses de ces charbons américains

Charbons de l'Alabama.

	I	II	III	IV
Matières volatiles . . .	41.12 %	33.38	»	32.24
Soufre.	8.42	1.20	2 96	0.50
Cendres	7.36	1.92	14.51	1.27
Humidité.	0.83	1.17	0.18	»
Carbone fixe.	50.69	63.03	85.31	65.13

Anthracites du Colorado.

	I	II	III	IV	V
Humidité	4.86	1.99	8.68	1.02	2.10
Matières volatiles . .	13.41	0.46	17.71	9.66	8.16
Carbone fixe	69.45	86.24	63.33	83.50	83.34
Cendres	12.28	8.29	10.28	5.82	6.40
Soufre	0.89	1.18	0.09	0.71	0.44
Densité	1.45	1.54	1.71	1.39	1.40

Les anthracites de la Pensylvanie décrépissent moins que celles de l'Europe, elles servent à la fusion des minerais de fer; leur densité varie dans les diverses

localités ; en Amérique ces charbons sont employés à tous les usages domestiques et industriels.

La magnifique exposition des produits minéraux de l'Amérique du Nord qu'on a admirée au Champ de Mars renfermait peu de combustibles. La *Compagnie Delaware et Hudson* de New-York a exposé divers spécimens de houille et d'antracite avec des indications sur la densité, la qualité, etc., de ces charbons minéraux.

MM. Mitchell Lazar et C^e, de Philadelphie ont montré les charbons demi-bitumineux de Colombia.

Les Pays-Bas, la Roumanie, la Suisse, quelques Républiques sud-américaines etc., ont exposé des échantillons de charbons de qualités fort diverses dont nous parlerons en traitant des lignites.

NOUVELLE-CALÉDONIE

Dans le pavillon des Colonies françaises, la Nouvelle Calédonie avait exposé une riche collection des minerais qu'elle produit et nous en traiterons aussi plus loin. C'est là que se montraient de nombreux échantillons de houilles. La découverte du terrain houiller dans une de nos possessions lointaines est un fait d'une trop haute importance pour ne pas s'y arrêter.

On aurait reconnu trois districts houillers ou petits bassins carbonifères renfermant chacun plusieurs couches de charbon ; le premier connu sous le nom de *carbonifère du Mont d'Or* est sans importance ; c'est un étroit bourrelet qui est parallèle au rivage de la mer dont il suit les contours ; les trois couches de charbon qui y ont été reconnues sont inexploitables, tant à cause de leur impureté que de leur faible puissance.

Le deuxième petit bassin houiller, celui de la *presqu'île de Nouméa* de la *Dumbéa* et de la *Païta* présente aussi un certain nombre de couches de houille.

Le troisième bassin carbonifère, celui de *Moindou* et *d'Ouvail* comprend trois groupes d'affleurements désignés sous les noms de Loyalty, Becktel et Heurteau ; c'est le plus important des trois districts. Loyalty et Becktel fournissent du charbon assez dur, mais très friable ; les couches sont nombreuses, assez puissantes, mais encore insuffisamment reconnues,

Le groupe Heurteau, situé sur la rive droite du Moindou, dans le haut du ravin Foni-Touclé, est éloigné des roches éruptives et par conséquent dans de meilleures conditions de gisement que les autres districts houillers. Ce bassin paraît avoir une étendue considérable; les recherches y ont reconnu une épaisseur totale de 6^m,50 de houille.

Les recherches faites à la mine Sainte-Lucie comprise dans le gisement des Portes-de-Fer à 4 kilomètres environ de Nouméa ont donné de bons résultats; elles ont abouti à la découverte d'une couche de deux mètres de puissance qui a été suivie sur dix mètres en direction; le charbon extrait est maigre, il renferme 6 à 7 % de cendres: il a été essayé avec succès pour le chauffage des chaudières à vapeur des navires de la station.

L'analyse des charbons de la Nouvelle-Calédonie leur assure comme pureté, teneur en carbone et puissance calorifique un rang au moins égal à celui des charbons de l'Australie; extraits d'une profondeur d'une dizaine de mètres, ils ne peuvent manquer de devenir de bonne qualité quand l'exploitation atteindra une profondeur d'une certaine importance.

Le charbon minéral de la Nouvelle-Calédonie, dit M. Porte, se présente comme l'avait observé M. Garnier, sous deux aspects différents, ce qui ferait presque supposer deux âges différents de formation. Le premier type, et jusqu'ici le plus abondant, est une *anthracite ou houille anthraciteuse* et le deuxième est une *houille bitumineuse* demi-grasse et susceptible de fournir du coke.

Voici quelques analyses de ces charbons néo-calédoniens.

PROVENANCE	EAU hygromé- trique.	GAZ DIVERS	CARBONE FIXE	CENDRES	POUVOIR CALORIFIQUE
1. Tonghoué, mine des Burgères. . .	4.80		87.60	7.60	»
2. Moindou.	36.00		62.60	1.40	»
3. Nouméa.	26.40		29.20	44.40	»
4. Moindou.	13.90	23.15	61.73	1.22	»
5. Moindou.	13.24	9.43	74.80	2 »	»
6. Moindou, couche loyalté	6.00	18.00	74.23	1.77	6842 calor.
7. Portes de fer, mine Sainte-Cécile .	3.00	14.50	75.80	6.70	7049 »
8. Saint-Louis	2.00	4.25	82.75	11.00	7199 »
9. Vah.	2.60	6.40	78.25	12.75	6805 »

Les deux principaux exposants de ces charbons de la Nouvelle-Calédonie sont MM. Desmazure et Beaumont; les échantillons du Mont-d'Or appartiennent à M. Desmazure et ceux du Moindou à M. Beaumont.

LIGNITES — TOURBES — PÉTROLES

Lignites

Diverses variétés de lignite, provenant principalement des pays étrangers, ont figuré à l'exposition. Bien que ce combustible n'ait pas l'importance de la houille, dans certaines régions il la remplace dans la plupart de ses usages.

Les lignites, comme les houilles, sont mélangés à des matières qui altèrent leurs propriétés ou qui leur en communiquent de spéciales ; ces matières sont généralement l'argile, le sable quartzeux, le calcaire, le bitume, les pyrites, etc.

La composition des lignites varie beaucoup avec les gisements et même dans le même gisement avec la profondeur ; généralement ils contiennent de 60 à 75 % de carbone, 5 à 6 d'hydrogène, 20 à 38 d'azote et d'hydrogène ; par la calcination en vase clos, ils donnent pour résidu un charbon analogue à celui des bois, environ 40 à 45 % ; ils ne donnent pas de coke cohérent, à l'exception de quelques variétés rares. Enfin comme produits volatils de la distillation, ils donnent du gaz combustible, des huiles, de l'acide acétique, etc.

Parmi les lignites, les uns sont homogènes, d'un noir foncé, d'une structure analogue à celle de la houille ; d'autres possèdent encore le tissu ligneux, avec une couleur brune ou noire. Par la chaleur ils ne fondent pas et ne s'agglutinent pas ; ils brûlent avec une longue flamme accompagnée de fumée noire ; ils dégagent par leur combustion une odeur désagréable et piquante, due à l'acide pyroligneux et à des matières bitumineuses. En brûlant ils se couvrent d'une couche de cendres blanches, ils continuent à brûler lorsque la flamme est éteinte, leur densité varie de 1 à 1,5.

Les lignites possèdent un pouvoir calorifique considérable ; ceux qui ne contiennent pas de pyrites sont employés pour le chauffage des chaudières ; mais quand les lignites renferment une proportion notable de pyrites, ils ne peuvent plus servir pour le chauffage des générateurs de vapeur ni pour les appareils de distillation ; en ce cas on les utilise pour la cuisson de la chaux, des briques, des poteries ordinaires et même pour le chauffage domestique.

Les lignites, selon leur état, ont des aspects bien différents ; dans le lignite parfait le tissu organique a complètement disparu ; il a une grande ressemblance avec la houille, noir ou brun, à cassure inégale, conchoïdale et quelquefois luisante ; par une exposition prolongée à l'air, il s'enfle et se délite.

Le lignite commun brûle avec une flamme longue, peu chaude; quelques variétés se ramollissent assez pour s'agglutiner.

Le lignite terreux ou ligneux conserve encore la structure ligneuse du bois; il a une cassure mate, inégale, schisteuse et sa couleur est d'un brun plus ou moins foncé.

Les véritables lignites commencent à se montrer dans les terrains crétacés; les gisements de Mondragon (Vaucluse), de Saint-Saulet (Gard), de l'île d'Aix sont enclavés dans les divers étages du terrain crétacé. Les lignites de Fuveau (Bouches-du-Rhône), appartiennent à la partie supérieure du terrain crétacé de la Provence.

Les lignites se rencontrent dans tous les étages des terrains tertiaires; les gîtes d'Anteuil, de Soissons, de Laon, de la Caunette, d'Azilant, etc., se trouvent dans l'Eocène; les lignites de Lausanne (Suisse), du Doubs, de la Savoie, d'Orégnac, d'Armissan (Aude) sont méocéniques, ceux de la *Tour-du-Pin* (Isère), sont enclavés dans les dépôts du pliocène, enfin ceux de Sonnaz, de la Motte (Chambéry), appartiennent au quaternaire.

Un petit nombre d'exposants représentent à l'Exposition l'industrie de l'exploitation des lignites français; la *Société des charbonnages des Bouches-du-Rhône* dont nous avons parlé à propos des houillères du Midi a représenté très dignement le bassin de Fuveau.

Le Portugal a exposé des lignites de la mine du cap Mondego; le Pays-Bas, de ses possessions de l'Inde; la Roumanie, le lignite gris, schistoïde délitable d'Alberu; 2° le lignite noir, brillant de Dambovitza; 3° le lignite gris sablonneux de Dersea.

RÉPUBLIQUE ARGENTINE

République Argentine. — Dans la magnifique exposition des produits minéraux de la République Argentine ont figuré quelques échantillons de charbon de la province de Rioja.

L'échantillon qui porte l'étiquette de lignite de Paganzo présente la composition suivante :

Carbone.	65,30
Matières volatiles.	24,45
Cendres.	1,70
Eau.	8,55

donnant 67 % de coke; densité 1,550; pouvoir calorifique = 5686.

Voici maintenant un tableau emprunté au *Mémoire général* de M. H.-D. Hoskold sur les mines, etc, de la République Argentine et qui reproduit quelques données d'expérience sur les charbons de Paganzo.

I

DATES	DURÉE DE LA CHARGE	GAZ par 1000 kilogr. de charbon	COKE par 1000 kilogr. de charbon	FORCE D'ÉCLAIRAGE
		mètres cubes	kilogr.	en bougies
10 juin 1887. .	57 minutes	204.4	707	19.84
» . .	60 »	208.6	722	18.49
» . .	58 »	204.4	727	18.85
	Terme moyen. .	205.8	718.66	19.06

Le tableau suivant donne aussi des renseignements identiques sur le charbon de Marages, province de San-Juan.

II

DATES	DURÉE DE LA CHARGE	GAZ par 1000 kilogr. de charbon	COKE par 1000 kilogr. de charbon	FORCE D'ÉCLAIRAGE
		mètres cubes	kilogr.	en bougies
7 juin 1887. .	70 minutes	270.2	680	14.92
» . .	52 »	275.2	651	14.63
» . .	52 »	275.2	690	14.74
	Terme moyen. .	273.73	673.66	14.76

On voit par le tableau I que le charbon de Paganzo donne 205,8 mètres cubes de gaz par 1000 kilogrammes de charbon ou 67,93 mètres cubes en moins que le combustible de Marages mais il donne 45 kilogrammes en plus de coke et une force d'éclairage plus considérable de 4,30 bougies.

Le tableau suivant donne la composition de quelques charbons argentins.

PROVENANCES	DENSITÉ	EAU HYGRO- MÉTRIQUE	MATIÈRES VOLATILES %	CHARBON FIXE %	CENDRES %	COKE %	Plomb réduit par gramme	POUVOIR CALORIFIQUE	GAZ PAR 100 KILOGR.
							gr.		m ³
Ch. bitum. de Paganzo.	1.582	2.00	30.10	30.90	37.00	67.90	16.316	3752	20.56
— lignite —	1.313	8.55	21.15	65.80	1.70	67.00	26.328	6051	»
Charbon de San-Juan.	1.550	1.50	30.80	43.15	61.55	67.70	22.096	5082	11.76
Lignite de Mendoza.	»	10.50	10.20	31.38	35.82	70.30	13.231	3043	
» »	1.430	18.90	20.15	37.09	29.36	66.45	17.200	3958	
Mines Marta	1.420	16.52	35.10	34.74	16.69	51.40	16.750	3854	
Charbon de Magallanes.	1.400	1.40	49.70	15.70	33.20	48.90	19.16	3767	

M. H.-O. Hoskold dit : « comme type général de la lignite, on peut prendre celui qu'on tire des mines situées près du détroit de Magellan (Magallanes); deux échantillons de ce lignite donnèrent de 11,50 à 33,20 % de cendres, de 48,90 à 64,10 % de coke, de 33,07 à 49,70 % de matières volatiles; la puissance calorifique était de 4467 et 4738. Plusieurs autres gisements de charbon ligniteux ont été découverts en différents endroits de la Patagonie, leur composition est semblable à celle du lignite trouvé dans les régions du détroit de Magellan. De la Terre de Feu on a reçu dernièrement de grandes colpas de lignite qui paraissent d'excellente qualité ».

Le lignite de la Terre de Feu qui a figuré à l'Exposition avec les charbons fossiles des provinces de Rioja, de San-Juan et de Mendoza, contient 42 % de carbone, 0,80 % de cendres, 40,320 % de matières volatiles, 1,600 d'eau; son pouvoir calorifique est de 4920 calories.

Notre jeune ami, M. Alfred Tello, ingénieur des mines, professeur à l'Ecole des mines de San-Juan (Argentine) a exposé des échantillons de charbons, lignites et houille qui proviennent d'une formation qu'il appelle carbonifère. Les notes de son catalogue relatives à ces combustibles sont fort intéressantes, les voici en résumé

1° Lignite de Retamito avec schiste bitumineux contenant

Carbone fixe.	46.20
Cendres.	8.80
Matières volatiles	45.00
	<hr/> 100.00

Puissance calorifique 4999 calories; le coke qui provient de sa distillation est parfaitement formé et ressemble à celui que produit le cannel-coal.

2° le lignite de la mine de Aguade-los-Marages contient de la limonite ou de la Thenardite ; le coke qu'il donne est très bien formé, mais léger ; il contient

	I	II
Carbone fixe.	46.00	58.45
Cendres.	10.04	4.30
Matières volatiles	43.96	43.25
	<hr/> 100.00	<hr/> 100.00
Pouvoir calorifique	5711	5992

Les cendres sont alcalines, ferrugineuses. Le terrain qui contient ce combustible est constitué par des strates de charbon de 0,012 d'épaisseur, de micaschistes de couleur verdâtre et de schiste argileux dirigés O.-N.-O. avec une inclinaison de 12° O.

3° La houille de Oehela donne un coke bien formé et résistant; elle est exploitée à une profondeur de 32 mètres. Les couches ont 1^m,10 de puissance totale avec une direction N.-S. 15° O. et une inclinaison de 18° à l'O. Elle est formée de

Carbone fixe.	33.80
Cendres.	2.70
Matières volatiles équival.	24.30
Matières combustibles. . .	19.20
	<hr/> 100.00

Puissance calorifique 6180 calories.

BRÉSIL

Le Brésil a exposé des charbons qui proviennent des terrains carbonifères et des terrains tertionnaires lignites. C'est dans le Bas-Amazone que les systèmes dévonien et carboniférien apparaissent avec leurs fossiles caractéristiques. Le plateau qui domine le bassin de Parana se compose en grande partie de couches horizontales un peu inclinées, de grès et de schistes argileux et calcaires qui appartiennent aux systèmes dévonien et carboniférien. Le dévonien occupe une aire étendue dans le Parana : les strates du carboniférien s'étendent plus à l'ouest de la même province, et en outre au sud et au centre de San-Paulo et dans les provinces de Santa-Catharina et de Rio-Grande-du-Sol.

On a trouvé de la houille dans toutes les provinces, depuis San-Paulo jusqu'à Rio-Grande-du-Sol.

Sur divers points du grand plateau central se montrent de petits bassins d'eau douce contenant fréquemment des lignites.

Dans les deux provinces de Para et de l'Amazone les terrains carbonifères sont d'origine marine, et leur faune a une grande analogie avec celle du carbonifère des États-Unis.

Dans la province de San-Paulo, dans le municipe de Tatuhy, où il existe des affleurements de charbon minéral, un sondage a fait connaître l'existence de quelques minces lits de ce combustible. — A Santa-Catharina, près la rivière de Tubarão, et dans le bassin de Rio-Aranguo, plus au sud, on trouve un bassin de charbon bitumineux de bonne qualité. — La province de Rio-Grande du Sud contient une série de petits bassins lacustres encaissés au milieu de roches cristallines, granits et porphyres.

Les bassins bien connus sont ceux de San-Sépé, de Candiota, de Jaguarao de San-João d'Herval, et enfin celui d'Arroio-dos-Rutos, qui est exploité depuis plusieurs années; le charbon qu'il donne a une densité de 1,24 à 1,80, et forme 60 à 63 % de coke; il fournit du combustible aux machines près des villes environnantes, aux petits vapeurs qui font la navigation des cours d'eau et aux chemins de fer de l'État.

Les deux exposants brésiliens qui ont envoyé des échantillons de charbon à l'Exposition sont :

La *Compagnie d'Arroio-dos-Rutos de Rio-Grande-du-Sol* : charbon lustré, luisant, ne tachant pas les doigts, en gros blocs; la *Compagnie des mines de Tubarão* : gros bloc de charbon.

CHILI

A l'Exposition universelle de 1889, les charbons fossiles du Chili étaient représentés par deux gros blocs cubiques de lignite de la Compagnie d'exploitation de Lota et Coronel.

Le Chili renferme de riches gisements de lignite de bonne qualité qui servent dans ce pays à la fabrication du gaz d'éclairage, au chauffage des chaudières à vapeur, à la navigation, chemins de fer, etc. Les gisements explorés ou exploités sont : les mines de *Coliumo*, au nord du Tomé, dans la baie de Dichala; celles de *Cerro-Verde*, près de Penco; les mines de *Buen-Retiro*, de *Boca-Maxle*;

les mines de *Coronel* ou du *Puchoco*, de *Carampangue*, de *Lebu*; mais actuellement les plus importantes sont les mines de *Lota*.

Les lignites de *Lota*, enclavés dans le terrain tertiaire du littoral, sont exploités par puits verticaux ou inclinés; actuellement, il y en a cinq, savoir :

1° Puits *Chambique*, de 100 mètres de profondeur verticale;

2° » *Alberto*, de 140 » » »

3° » *Lotilla*, de 110 » » »

4° » *Arturo*, de 117 » » »

5° » *Chiflers*, de 900 » de plan incliné;

6° » *Nuevo*, en voie de percement.

MM. Fuchs et Maillard ont publié, dans les *Annales des Mines*, un mémoire sur les mines de lignite des environs de *Coronel*. Les ingénieurs y ont signalé trois couches principales exploitées, nommées : 1° *Despinte*, 2° *Chica*, 3° *Gruesa*, de profondeurs variables; leur direction est N.-S., et leur inclinaison moyenne de 12 degrés; plusieurs des couches plongent et sont exploitées à d'assez grandes distances sous la mer : la première à environ 0^m,75 de puissance; la deuxième 1 mètre, et la troisième environ 1^m,50. Des failles relèvent généralement les couches à l'ouest; la direction de ces failles est souvent N.-E. à S.-O.; leur puissance atteint jusqu'à 45 mètres; cinq de ces failles principales sont bien connues.

L'exploitation du lignite de *Lota* se fait par la méthode des galeries et piliers; ces piliers ou massifs ont des dimensions de 12 mètres \times 12 mètres; les bois de soutènement ont environ 15 à 20 centimètres de diamètre.

L'extraction annuelle est d'environ 200 000 tonnes; actuellement le lignite de *Lota* se vend 10 piastres la tonne à *Lota*, et 13 piastres à *Valparaiso*; le prix varie de 1,50 à 3 piastres par tonne aux divers ports de la côte du Chili.

Les mines de charbon de *Buen-Retiro*, près du port *Coronel*, contiennent aussi trois couches de combustible; la plus profonde porte le nom *del Gas*, les deux autres, *del Vapor*; elles sont inclinées à l'ouest, avec une direction N.-S. et une puissance moyenne de 1^m,20; une faille principale produit un rejet de 110 mètres; les travaux souterrains pénètrent sous la mer à une distance horizontale de 900 mètres; l'épaisseur de la couche du terrain solide, qui forme la route, est de 150 mètres.

M. Valtier, dans son mémoire *l'Avenir de la Métallurgie de fer au Chili*, donne la composition suivante des lignites de *Lota* et de *Buen-Retiro* :

	Buen Retiro	Lota
Eau	4.8	5.0
Matières volatiles	40.8	40.2
Charbon fixe	48.2	53.2
Cendres argileuses et ferrugineuses .	6.2	1.6
	<hr/> 100.0	<hr/> 100.0

Coke non boursoufflé assez friable, Pouvoir calorifique comparé à celui du carbone pur	71.3	75.5
Ce qui correspond en calories à..	5761	6104
Soufre pour 100 de lignite. . . .	0.10	0.02

Une tonne de charbon de Lota produit de 7 500 à 8 000 pieds cubiques de gaz ; en moyenne, la tonne du charbon chilien produit 230 mètres cubes de gaz et 40 litres de goudron.

On connaît, au sud du Chili, un nombre considérable d'affleurements de charbon ; la plus grande partie de la zone voisine de la côte, entre Conception et le détroit de Magellan, est carbonifère.

Tourbe

L'industrie de l'extraction et de la préparation de la tourbe a été représentée à l'Exposition par un très petit nombre d'exposants, principalement Hollandais.

MM. Landweer et Somer, à Stails-Karraal, et M. Rahder, à Nieuwerood, ont exposé de la tourbe comprimée. M. Pasman Ter Klooster Winkel, à Hoogeween, des échantillons de tourbe.

Les tourbières hollandaises produisent annuellement plus de 45 000 000 tonnes de tourbe qui est le combustible ordinaire du pays. En Italie la tourbe est généralement employée pour le chauffage domestique et industriel.

La tourbe moulée des tourbières de l'Oise contient :

Charbon	40
Eaux ammoniacales	35
Goudron	5
Gaz et perte.	30
	<hr/> 100

Le charbon de tourbe contenant 84 % de carbone et 16 % de cendres peut être substitué au charbon de bois, son pouvoir calorifique est de 5 000 à 5 200 calories.

On emploie la tourbe comme combustible sous trois formes différentes :

- 1° A l'état brut ou naturel, en briquettes façonnées au louchet ;
- 2° A l'état compact ou agglomérée en mottes fortement condensées par une forte pression, c'est la tourbe comprimée ;
- 3° A l'état de charbon ; ce charbon de tourbe peut remplacer dans beaucoup d'industries le charbon de bois, même pour les usages métallurgiques.

Pétroles

Le pétrole est devenu dans ces derniers temps un produit industriel de premier ordre (graissage, éclairage, chauffage, etc.), cependant cet hydrocarbure était connu des anciens qui n'ont pas su en tirer le même parti que les modernes. L'ancien Monde renferme de riches gisements pétrolifères sur lesquels d'ailleurs l'attention publique ne s'est portée qu'après la découverte des sources de pétrole de la Pensylvanie et de la Virginie. Les babyloniens, les égyptiens, etc., connaissaient et employaient cette huile minérale; on trouve les traces de cette substance dans les bandelettes qui recouvrent certaines momies; les habitants d'Agrigente brûlaient dans leurs lampes le pétrole que fournissaient quelques sources de la Sicile. Les perses et quelques autres peuples de l'Orient rendaient un culte au feu dans les régions où l'huile minérale brûle naturellement à la surface du sol.

Les sources d'huile de pétrole de l'ancien continent étaient donc presque complètement oubliées de nos contemporains, lorsque les Américains découvrirent les riches gisements de pétrole qui ont fait la fortune de quelques régions du Canada et des Etats-Unis. Cependant le continent américain n'est pas seul à posséder des gîtes de pétrole exploitables; l'Asie fait aussi un commerce considérable d'huile minérale et l'exploitation du pétrole de la région de Bakou a pris, dans ces dernières années une extension très considérable; l'empire Birman donne également lieu à des transactions très importantes.

L'Afrique possède aussi des gisements de pétrole qui sont encore peu exploités. On trouve l'huile minérale à environ 400 milles de Suez, à l'entrée du golfe, sur le versant occidental du golfe de Jubal. Elle surgit des couches calcaires. Un puits, qui atteint environ 100 mètres à travers les couches qui recouvrent l'argile compacte, a rencontré le pétrole à cette profondeur au-dessus de l'argile. Le liquide combustible s'obtient même de puits moins profonds. On l'exploite par des perforations peu considérables aux environs de Gemsah et de Gebel-el-Zeit. Le produit brut obtenu est d'un brun foncé, doué d'une odeur désagréable due à des composés soufrés; un litre de ce liquide pèse 0^k,934. Bien que visqueuse, l'huile reste fluide aux basses températures à cause de l'absence de paraffine dans sa masse; rectifiée elle donne un produit plus pur, qui pèse de 0^k,850 à 0^k,950 au litre mais cependant peu propre à l'éclairage, et néanmoins excellent comme combustible et pour le graissage.

En Europe, on connaît plusieurs gisements de pétrole, parmi lesquels nous citerons ceux de la province de Parme, en Italie, de la Gallicie, de la Transylvanie, de la Valachie, de la Roumanie, de l'Alsace, de l'Espagne, de l'Angleterre, de certaines contrées de l'Allemagne, etc.

Il y a quelques années que l'on a découvert une source d'huile minérale à Pokar (Gallicie). Dès les premiers sondages, à une profondeur de 70 mètres, on obtenait 2 000 kilogrammes de liquide brut en 24 heures. En Italie, depuis plus de deux siècles, on connaissait le pétrole, et depuis 1863 les rues de Gênes étaient éclairées avec ce combustible. La Russie possède de nombreuses sources de pétrole au Caucase et en Sibérie. Ces sources abondantes ont été récemment trouvées sur la rive gauche du Kouban, sur les bords du Volga, dans les gouvernements de Kasan, de Simbirin, de Samara; les exploitations de Kestch, de Taman et de la presqu'île d'Apchéron ont produit déjà beaucoup de pétrole.

Aujourd'hui, le pétrole américain s'exporte dans tous les pays; l'Europe en fait une grande consommation.

L'exploitation de cette huile minérale n'a commencée qu'en 1853; c'est le docteur Brewer qui a eu l'idée de l'appliquer à l'éclairage. Dès l'année 1854, une compagnie pour l'exploitation des huiles minérales de la Pensylvanie se formait au capital de 300 000 dollars; mais ce n'est qu'à partir de 1858 que cette compagnie commença à réaliser des bénéfices. Depuis cette époque, plusieurs centaines de puits importants sont en exploitation, tant en Pensylvanie qu'au Canada. Depuis l'incendie qui a fait tant de mal à l'exploitation du pétrole en Pensylvanie, toutes les sources sont encaissées et maintenues au moyen de forts tuyaux en fonte qui ferment hermétiquement: on ne laisse couler l'huile que proportionnellement à la demande et à l'état du marché.

Les huiles de pétrole du Canada sont inférieures à celles des Etats-Unis; elles sont plus désagréablement odorantes et répandent une odeur infecte. Le pétrole employé à l'éclairage est préalablement rectifié; mais malgré cette épuration, il répand en brûlant, ou même lorsqu'on l'agite, une odeur désagréable; mais l'objection la plus sérieuse à faire sur l'emploi du pétrole, c'est le danger des explosions. Cependant quand ce liquide est pur, il ne prend jamais feu au contact d'une allumette enflammée; celle-ci, plongée dans l'huile minérale s'y éteint immédiatement comme dans l'eau. Tout liquide assez volatil pour prendre feu pendant cette expérience doit être considéré comme dangereux pour l'éclairage. Enfin pour l'éclairage au pétrole, il est prudent de se servir de lampes en verre ou en porcelaine, qui ne conduisent pas la chaleur comme celles en métal, que l'on doit rejeter.

En moyenne, 100 kilogrammes d'huile de pétrole donnent en produits commerciaux :

Huile légère, lampante, incolore..	55 ^k 00
Naphte.	4.70
Huile paraffinée.. . . .	12.00
Bitume.	5.34
	<hr/>
	77 ^k 34

Sur 100 parties d'huile de pétrole on trouve :

Huiles brutes, de couleur jaune, composées d'hydrocarbures liquides.	90 ^k 14
Bitume.	5.64
Gaz et perte.	4.22
Total.	100.00

Les huiles de pétrole brutes pèsent communément 800 degrés ; à l'épuration on en retire en moyenne :

20 % d'essences, pesant. . .	750 degrés
60 % d'huiles lampantes. . .	800 »
20 % d'huiles lourdes. . .	850 »

Les huiles lampantes à 800 degrés sont propres à l'éclairage et inexplosibles, mais certains marchands mélangent aux huiles lampantes des essences à 750, et des huiles lourdes à 650, de manière à ramener ce mélange à une densité moyenne de 800 degrés. Mais cette sophistication rend l'huile de pétrole très dangereuse ; car ainsi préparée elle est explosible ; mélangée aux essences, elle brûle plus promptement sans que l'intensité de la lumière soit augmentée.

On a proposé d'utiliser la vapeur de pétrole pour force motrice ; quelques essais ont été faits dans cette direction ; il y a peu de temps qu'un ingénieur mécanicien, M. Forest, a construit un petit bateau à vapeur de pétrole de la force de six chevaux qui a navigué sur la Seine. A l'exposition figurent des moteurs à pétrole. (1)

On a fait aussi des essais en vue d'appliquer le pétrole brut au chauffage des chaudières et ces essais ont donné d'excellents résultats. Récemment on a construit en Russie un grand cuirassé, le Tcherme dont le déplacement dépasse 10,000 tonnes : les chaudières sont chauffées au pétrole. Les chemins de fer du Caucase sont aussi chauffés au pétrole.

L'origine du pétrole est encore douteuse ; aux Etats Unis la plupart des savants lui attribuent une origine organique. M. Sterry-Hunt a développé cette hypothèse ; l'huile minérale se serait produite par une transformation des matières organiques déposées avec les sédiments calcaires. Mais cette opinion a contre elle la majeure partie des faits. En Amérique on a reconnu l'existence d'un vaste dépôt de pétrole qui s'étend presque du Nord au Sud de l'Amérique septentrionale ; son gisement se trouve dans des courbes inférieures au terrain houiller ; d'ailleurs cette huile minérale ne contient ni benzine, ni aucun de ses homologues, ce qui semble indiquer qu'on ne peut faire dériver ce carbure de la houille.

1. Voir la partie de la *Revue technique* traitant de moteurs à gaz et à pétrole.

En Europe, la plus grande partie des géologues donne au pétrole une origine éruptive ; les grands réservoirs pétrolifères du Canada et de la Pensylvanie sont situés dans les terrains séliuriens et dévoniens, et par conséquent à un niveau inférieur aux premiers dépôts de combustibles connus. Feu M. Caquand après une étude des gisements pétrolifères de la Roumanie, a rejeté la théorie de M. Sterry-Hunt, il admet que les pétroles et les asphaltes sont contemporains des couches qui les contiennent. Enfin, les travaux de l'éminent chimiste, M. Berthelot sur l'origine des pétroles attribués aux carbures d'hydrogène, donnent aux sources pétrolifères une origine purement minérale ; d'ailleurs l'expérience prouve que, pour trouver du pétrole en abondance, il faut que le terrain satisfasse aux trois conditions suivantes : 1° que la cause organique ou éruptive qui a produit le pétrole se soit exercée en ce lieu ; 2° que les mouvements de l'écorce terrestre y aient produit des cavités souterraines ; 3° que le pétrole renfermé dans ces cavités y ait été conservé grâce à une matière argileuse faisant office de tampon. Cependant, dans certains cas, le pétrole est associé avec des couches de combustibles fossiles comme à Coalbrookdale (Angleterre) ou avec des bitumes solides (Neufchâtel, Puy-de-la-Poix) ou en relation plus ou moins éloignée avec le terrain houiller (Gabion dans l'Hérault) ; dans d'autres cas on ne voit aucune relation du pétrole avec les dépôts de matières organiques enfouies. En Pensylvanie, en Virginie, au Canada, le pétrole est dans des roches situées bien au-dessous du terrain houiller : on ne connaît en Amérique qu'un très petit nombre de gisements de pétrole dans le carboniférien.

Dans les Etats-Unis d'Amérique l'exploitation du pétrole a pris un accroissement énorme en quelques années ; en 1862 l'extraction a été de 3 millions de barils ; en 1874 elle s'élevait à 10 millions et atteignait 20 millions de barils en 1880 ; en 1885, la production s'est élevée à 21,125,203 barils et à 26 millions de barils en 1886.

Voici d'ailleurs la statistique de la production du pétrole aux Etats-Unis depuis 1871 à 1886, exprimée en barils (Etats de New-York et Pensylvanie).

Années	Barils	Années	Barils
1871	5.205 234	1879	19.685.176
1872	6.293.194	1880	26.027.631
1873	9.893.786	1881	27.376.509
1874	10.926.946	1882	30.053.500
1875	8.787.514	1883	23.128.389
1876	8.968.906	1884	23.772.209
1877	13.135.475	1885	20.776.041
1878	15 163.462	1886	25.798.000

Voici maintenant la statistique de la production du pétrole de Bakou exprimée en gallons de 1881 à 1886.

1881	1882	1883	1884	1885
117 638 535	162 397 770	145 180 705	263 121 710	306 250 195

A l'origine de l'exploitation il n'y avait que quelques centaines de puits ; aujourd'hui on estime leur nombre à 20 000 dans les Etats de New-York et de Pensylvanie.

Oil City est le principal marché du pétrole.

L'outillage du sondeur est simple et peu coûteux : un hangar, une longue tige de fer à pointe d'acier, une corde et une machine à vapeur, et deux ou trois ouvriers, cela est suffisant pour forer un puits en quelques semaines ; la dépense s'élève à 3 000 ou 4 000 dollars, le pétrole est mélangé avec un sable fin et soumis à une certaine pression par les couches supérieures du terrain ; dès que la sonde atteint la couche de sable, le pétrole jaillit à la surface avec plus ou moins de violence ; ce jet est plus ou moins durable suivant l'étendue du dépôt et la pression qu'il supporte : la profondeur à laquelle on rencontre la couche pétrolifère varie de 200 à 600 mètres. Souvent le pétrole a été rencontré à de petites profondeurs.

Pour recueillir l'huile minérale, on construit près de chaque puits des réservoirs ou citernes en bois, d'une capacité de 22 à 90 hectolitres dans lesquels le pétrole arrive soit par son cours naturel, soit par des pompes convenablement installées.

Les raffineries qui épurent l'huile sont à Cléveland, à Buffalo, à Pittsburg auprès de New-York, c'est là que les exploitants des puits envoient leurs marchandises ou dans les ports de mer. Une compagnie a créé un réseau souterrain d'environ 500 kilomètres de longueur, où l'huile brute est refoulée depuis le point d'extraction jusqu'à l'usine de raffinage. Ce réseau, complété en 1881, comprend actuellement 2 150 kilomètres de conduites en fer de 10 à 15 centimètres de diamètre, deux lignes aboutissent à New-York avec une longueur de 500 kilomètres ; une troisième à Philadelphie avec un embranchement sur Baltimore. L'huile est refoulée dans les tuyaux au moyen de pompes puissantes échelonnées le long de la ligne ; les stations de pompes sont espacées de 50 en 50 kilomètres en moyenne ; ce mode de transport de pétrole a considérablement abaissé le prix de cette marchandise ; en 1862, le transport d'un baril depuis le pays de production à New-York coûtait 10 fr. 60 ; aujourd'hui il ne vaut que 60 centimes.

Jusqu'à ces derniers temps les Etats-Unis d'Amérique semblaient avoir presque le monopole du marché du pétrole ; mais leur situation commerciale et économique semble devoir être considérablement modifiée par l'intervention d'un concurrent puissant. En effet, la Russie fait déjà une concurrence redoutable à l'Amérique sur le terrain des huiles minérales ; elle fournit déjà les 8 centièmes du pétrole qui se consomme en Europe. Aussi les prix des huiles minérales ont beaucoup diminué aux Etats-Unis.

Le Caucase renferme une région pétrolifère excessivement riche, qui s'étend des bords de la mer Noire au N.-O. de Batoum jusqu'à Bakou, sur les rives de

la mer Caspienne. D'ailleurs, depuis des milliers d'années l'existence de ces sources de pétrole est connue ; on sait que les adorateurs du feu venaient faire leurs dévotions sur les bords du Cydmo et de l'Araxe, et cela avant la fondation de l'empire romain.

Aux environs de Bakou on a exécuté de nombreux sondages qui ont donné d'excellents résultats ; l'un d'eux a fait jaillir une source de pétrole donnant près de 5 000 litres par heure jaillissant à une hauteur d'environ 50 mètres ; une véritable inondation de pétrole a fait perdre environ 500 000 hectolitres de liquide combustible. Il était question de construire un réseau de conduites en tôle pour conduire le pétrole de Bakou jusqu'à Batoum ou Poti, un des deux ports d'embarquement sur la mer Noire ; aujourd'hui le transport de l'huile minérale, pour se rendre en Europe, se fait par le chemin de fer du nord du Caucase, s'embranchant sur la ligne de Moscou. Dans la situation actuelle de l'industrie des pétroles de Bakou, la principale production consiste dans les résidus et non dans les produits de la distillation ; mais dès que le coût des transports sera abaissé, il est certain que l'industrie pétrolifère aura pour objet principal les produits de distillation, la production d'huile pour l'éclairage.

L'industrie du pétrole à l'Exposition universelle de 1889, a été dignement représentée dans le panorama du pont d'Iéna : elle s'est installée dans un des organes primordiaux de ses usines, dans un *oil tank*, vaste réservoir en fer dans lequel le pétrole est emmagasiné. Dans ce vaste réservoir on voyait un beau panorama et une exposition des industries de l'éclairage, du chauffage et de la production de la force motrice par les huiles minérales.

Le panorama était formé d'une enveloppe cylindrique en tôle de fer rivée de 18 mètres de diamètre et de 8 mètres de hauteur. L'aménagement intérieur comprend deux étages : au rez-de-chaussée dans une galerie circulaire sont disposés les appareils, les outils usités dans l'industrie du pétrole, ainsi que des types, des modèles des usines de distillation et de raffinage, des plans, des cartes géologiques des régions pétrolifères, des coupes, des sondages. La paroi intérieure du réservoir est recouverte d'une toile de M. Poilpot formant panorama ; elle représente des vues diverses des régions du pétrole aux Etats-Unis et au Caucase, des installations, des sondages, des lacs de naphte.

L'exposition collective du pétrole faite par MM. Deutsch, dont les vues panoramiques ont fait l'attrait principal pour le public, contenait tous les éléments divers de l'industrie des huiles minérales : appareils d'éclairage et de chauffage, carburateurs à gaz de pétrole, lampes, moteurs à gaz de pétrole.

L'une des vues panoramiques représente une des exploitations d'Amérique (district de Washington) en Pensylvanie. Là le pétrole brut est extrait des profondeurs à l'aide des puits artésiens variant de 900 à 1 800 pieds de profondeur exploités à la pompe (pumpings Wells) ou jaillissants (flowings Wells). De grands échafaudages en bois ou derricks, dressés sur l'emplacement du sondage,

servent à la manœuvre de la corde et des outils de forage mis en mouvement par une machine à vapeur. Le liquide extrait est envoyé dans des réservoirs en fer servant à l'emmagasiner. L'autre vue panoramique est celle de Bolachané près Bakou, dans la presqu'île d'Apcheron sur les bords de la mer Caspienne (Caucase). Actuellement c'est sur ce plateau de 25 kilomètres de côté que se trouvent encadrées toutes les exploitations de naphte. L'extraction s'y fait, comme en Amérique, au moyen de puits forés ; mais ici la nature des terrains traversés oblige à employer des tentes de grand diamètre et à faire les sondages avec des tiges en fer et des trépan d'un poids considérable. Les puits sont extrêmement rapprochés et donnent des quantités considérables de *naphte*, liquide bitumeux plus dense que le pétrole ; il contient deux tiers de moins d'huile lampante que l'huile brute de Pensylvanie.

Le liquide jaillit parfois à des hauteurs considérables et pendant des semaines forme des ruisseaux qui s'écoulent dans les bas-fonds où ils forment de véritables lacs. Il arrive même que ces fontaines jaillissent à l'improviste pendant le forage d'un puits, s'enflammant au contact des chaudières à vapeur voisines.

MM. Deutsch auxquels on doit l'exposition collective des industries du pétrole possèdent des entrepôts et des raffineries en France, en Espagne, en Autriche-Hongrie, en Russie, en Amérique.

Les pétroles et huiles minérales de la Russie ont dignement figurés à l'Exposition de 1889 ; plusieurs exposants les ont représentés. Déjà en 1878, on avait vu figurer au Champ de Mars le pétrole d'Ozokerites de la province de Kouban, le naphte du Caucase, le naphte brut de la province de Koubagne, le pétrole de Bakou, le naphte de Nijni-Novogorod. En 1889, l'exposition des produits pétrolifères de la Russie a pris une importance exceptionnelle ; les sociétés *Rogosine*, *Isembeck*, *Nobel frères*, de la mer Caspienne et de la mer Noire, *Russo-Américaines*, *Société universelle industrielle des naphtes* ont exposé des produits variés.

La Société anonyme pour l'exploitation du naphte, Nobel frères, dont le siège social est à Saint-Petersbourg, fabrique principalement des produits industriels ; elle a exposé du naphte de Bolachané et de diverses autres provenances, de la benzine, gazoline, korosène, de nombreux échantillons d'huiles de graissage et des pétroles bruts, des résidus de la distillation, des huiles épurées.

La Société S. M. Schibaëff et C^{ie} de Bakou sous la direction de M. V. J. Ragozine exploite les naphtes des bords de la mer Caspienne ; elle expose des naphtes bolachané (à densité de 0,868), bolachané lourd (0,885), benzine (0,717 à 0,720), pétrole (0,810 à 0,812), huile pour machines (0,905 à 0,908), etc.

Les exploitations du naphte sur les bords de la mer Caspienne occupent une superficie de sagènes carrées : 2 500 000 ; le nombre de puits actuellement exploités est d'environ 200.

L'extraction du naphte pour l'année 1888 a été de 3 300 000 tonnes de 1 000 kilogrammes ; la production annuelle du pétrole est d'environ 1 000 000 de tonnes. La consommation du pétrole russe a considérablement augmentée depuis 1868 ; de 1869 à 1878 elle a été seulement de 111 000 tonnes ; à partir de 1879 jusqu'en 1888 l'extraction annuelle a été portée à 1 400 000 tonnes. Les naphtes de Kouban sur la côte orientale de la mer Noire ne sont pas en tous points analogues aux naphtes de la mer Caspienne.

La Société S. M. Schibaeff produit annuellement :

Naphte.. . . .	200.000 tonnes
Pétrole.. . . .	72.000 —
Huile fine	1.700 —
Huile à graisser	20.000 —
Produits divers du naphte. . .	2.000 —
Acide sulfurique.	5.000 —

Le naphte de Bakou donne environ 30 % de pétrole et le résidu est employé pour le chauffage et pour la fabrication de divers autres produits industriels.

La Compagnie Russe-Américaine des produits de naphte fabrique des huiles d'éclairage et de graissage à Gouscovo près de Moscou. L'analyse d'huile minérale de Bakou a donné :

	I	II	III	IV	V
Hydrogène.. . . .	12.5	11.7	12.0	13.0	12.3
Carbone.. . . .	87.4	87.1	86.1	86.3	86.6
Oxygène.. . . .	0.1	1.2	1.5	0.1	1.1

La Société commerciale industrielle des naphtes, outre de nombreux produits bruts et préparés de Bakou (Caspienne) et de Batoum (mer Noire), a exposé des plans, coupes de puits, cartes géologiques, plans d'ensemble en relief de Batoum, photographies, outils de sondage à demi-grandeur, un plan en relief de l'usine à naphte, des modèles de puits d'extraction.

La Roumanie a également exposé quelques types de ses pétroles ; M. Grigousen de Targovist, MM. Offersheins et Singer de Plocsti ont montré des pétroles bruts, raffinés et les produits qui en dérivent.

Dans la belle collection de minerais de la République Argentine se trouvaient quelques échantillons de pétrole provenant de ce pays, principalement de la province de Mendoza (mine Cachenta) contenant :

Huile lampante	38 %
Huile à lubrifier.	48
Poix.	10
Eau.. . . .	4
	<hr/> 100

Le pétrole de Cachenta contient :

Essence légère.. . . .	4.1	4.1
Kérosène.	22.7	22.7
Huiles pesées, paraffinées. . .	73.2	79.2
	<hr/> 100.0	<hr/> 106.0

LES MINERAIS MÉTALLIFÈRES

Le fer étant le premier des métaux par son importance, nous consacrons quelques pages à ses minerais.

Depuis quelques années l'industrie du fer, la sidérurgie, a subi des transformations remarquables et son évolution mérite à la fois l'attention du métallurgiste et de l'économiste. Nos maîtres de forges ont passé, dans l'espace d'une quinzaine d'années par des phases de prospérité et d'accalmie, amenées par des causes complexes qu'il importerait de rechercher dans l'intérêt de notre industrie nationale; mais ces recherches sont en dehors de notre cadre. Cependant il est un point sur lequel on ne saurait trop insister: c'est que l'intérêt général exige que nos industriels puissent soutenir avantageusement la concurrence avec les produits similaires de l'étranger.

La cherté du combustible et sa hausse momentanée ou continue est un facteur important dans l'industrie sidérurgique; souvent la seule hausse des charbons porte une grosse perturbation dans la production du fer. La cherté du charbon amène comme conséquence l'augmentation du prix d'extraction, de transport, de manipulation des minerais, par suite l'augmentation de la main-d'œuvre et l'élévation du prix de revient des produits fabriqués. Les charbons anglais sont livrés à un prix relativement bas aux maîtres de forges des districts métallifères de l'Angleterre. De là résulte nécessairement une infériorité de notre industrie de fer, au point de vue du prix de revient.

Les maîtres de forges du bassin du Rhône et de la Loire qui, autrefois, fabriquaient leurs fontes avec nos minerais français, minerais oolithiques, pisolithiques, hématites variées de toutes qualités, ont dû s'alimenter ailleurs; ces matières premières du pays étaient achetées à très bas prix; à peine leur revenaient-elles à 10 ou 12 francs la tonne rendue aux usines. Aujourd'hui que tout le régime des hauts-fourneaux est changé, nos usiniers sont obligés, pour satisfaire aux exigences actuelles de l'industrie des fers, fontes, aciers, d'employer des minerais supérieurs pris à l'étranger ou aux limites de nos départements frontiers; ces minerais vendus aux usines reviennent à 30, 40 et 44 francs la tonne.

Les maîtres de forges anglais et allemands sont donc placés dans des conditions plus avantageuses que nos industriels, car ils achètent leurs charbons à des prix inférieurs à ceux de nos coques et leurs minerais leur reviennent aussi à

meilleur marché que les nôtres. Notre sidérurgie est au moins l'égale de celle des pays les mieux outillés et les plus favorisés. La transformation de notre sidérurgie a exigé des frais considérables d'installation, la formation d'un nouvel outillage métallurgique : le chemin parcouru depuis 1860 est énorme. Et cette évolution technique ne s'est pas opérée sans entraîner avec elle quelques perturbations, quelques ruines, conséquence d'une sélection industrielle qui a permis aux plus forts de résister aux causes de dislocation et de ruine.

Le désideratum de tous ceux qui ont quelque souci de notre industrie sidérurgique, serait la solution des quatre questions capitales suivantes :

1° Production de combustible à bon marché et emploi des espèces actuellement délaissées ;

2° Abaissement des tarifs de transport, création ou amélioration des voies économiques ;

3° Extraction économique de nos bons minerais français ;

4° Installation des hauts-fourneaux au voisinage de la production minière.

Nos grands centres de production sidérurgique : Rive de Gier, Saint-Etienne, Saint-Chamond, Terrenoire, Commentry, Le Creusot, etc., sont placés à proximité de l'extraction de la houille.

Ce qui était rationnel lors de la création de ces grands établissements l'est-il aujourd'hui ? La proximité des minerais ne serait-elle pas un facteur plus important dans la production que le voisinage du combustible ? Les exigences de la production, l'économie de la fabrication ne tendent-elles pas à transporter les centres de production sidérurgique plus près des minerais ?

La France possède, dans ses divers massifs montagneux et dans sa colonie algérienne des richesses minérales importantes, des gisements de minerais de fer d'aussi bonne qualité que ceux de l'Espagne, des îles italiennes. Les Alpes, les Pyrénées, le Plateau Central, l'Anjou, l'Algérie, sont riches en gîtes ferri-fères ; les espèces ferrugineuses manganésées n'y manquent pas. Nos hématites, nos magnétites, nos oligistes, nos sidéroses, etc., peuvent entrer en parallèle avec les espèces similaires de l'Espagne et de l'Italie.

Mais la position géographique de nos gisements ferri-fères joue un rôle très important au point de vue économique de l'exploitation et de la fabrication du métal : Ces gîtes de montagnes, souvent inaccessibles, se trouvent nécessairement dans de mauvaises conditions d'exploitation. La proximité des voies ferrées, routes, canaux, ports, leur donnent tout de suite une valeur industrielle qu'ils ne sauraient avoir sans ces moyens de transport qui augmentent leur *exploitabilité*.

Si l'on compare entre eux les centres de production sidérurgique de la France, si l'on regarde les moyens de transport dont ils disposent, on s'aperçoit que les usines métallurgiques des bassins du Rhône et de la Loire se trouvent dans une position avantageuse, grâce au Rhône et aux voies ferrées qui rayonnent dans diverses directions, en aboutissant aux ports d'approvisionnement.

Cette position des usines métallurgiques du Rhône et de la Loire facilite l'accès de la mer, et par conséquent l'emploi des minerais de fer dont les gîtes sont échelonnés autour de la Méditerranée, en Algérie, en Espagne, dans les îles italiennes ; mais ces minerais étrangers reviennent à des prix très élevés qui varient de 30 à 40 francs la tonne, ce qui est énorme. Les usines métallurgiques qui bordent le littoral méditerranéen sont donc placées dans de meilleures conditions que celles de la Loire ; et celles de cette région sont plus favorisées que les usines de Saône-et-Loire, de l'Allier, etc.

Les hauts-fourneaux du bassin de la Loire, de la Saône et des bords du Rhône fondent des minerais étrangers qu'ils mélangent avec nos minerais indigènes. Ainsi le minerai magnétique de Mokta (Algérie), qui rend 58 à 60 %, pris à la mine coûte 20 francs la tonne environ ; rendu à l'usine de fusion, il revient à 45 francs ; donc il est chargé de 25 francs de frais de transport par tonne. Le minerai oligiste de l'île d'Elbe rend 55 à 58 % ; rendu à l'usine, il revient à 37 francs la tonne tandis qu'à la mine il ne coûte que 13 francs la tonne ; donc 24 francs par tonne de frais de transport. L'oligiste des Pyrénées-Orientales rend de 45 à 50 % ; pris à la mine il coûte 10 francs la tonne, rendu à l'usine, 34 francs, frais de transport 18 francs.

Le minerai manganésifère des Pyrénées, d'un rendement de 38 à 40 %, coûte à la mine 18 francs la tonne et 36 francs rendu à l'usine ; frais de transport 18 francs par tonne ; le minerai carbonaté manganésifère de la côte de Carthagène (Espagne) rendant de 40 à 45 % se vend sur place de 12 à 16 francs la tonne ; rendu à l'usine, il revient à 43 francs ; donc frais de transport 27 à 31 fr. la tonne, tandis que les minerais manganésés des Pyrénées n'exigent qu'une dépense de 18 francs par tonne et sont cependant d'un rendement à peu près égal ; les minerais du Canigou, rendus aux hauts-fourneaux de la Loire et du Rhône reviennent donc aussi cher que les minerais de la Sardaigne, de l'île d'Elbe, de l'Algérie, de l'Espagne. Cette surcharge de frais de transport qui s'estiment par 18 à 20 francs la tonne est exorbitante pour des minerais extraits sur notre propre territoire ; donc au point de vue économique et industriel, nos gîtes ferri-fères des Pyrénées-Orientales sont aussi éloignés de nos usines que les gisements de la Garrucha, de la côte d'Espagne, de la Sardaigne, de l'Algérie, etc.

Les usines de l'Est sont placées dans de meilleures conditions économiques, car elles ont à leur portée des minerais à bon marché et le combustible pour les réduire.

Les minerais oolithiques que l'on exploitait dans le Doubs, il y a quelques années, rendent de 23 à 25 % ; pris à la mine ils étaient livrés à 3 fr. 65 et 4 fr. la tonne ; rendus à l'usine, ils reviennent à 12 fr. 50 ; frais de transport 8 fr. 85 à 8 fr. 50 ; le minerai que l'on exploitait à Villebois, que l'on fondait à Vienne (Isère), revenait à 11 francs rendu à l'usine, les frais de transport étant de 5 à 6 francs la tonne.

Le bassin rhodano-ligérien, par sa position topographique, malgré les voies de transport qui convergent vers lui, est donc mal partagé en ce qui concerne les minerais que fondent ses usines. Aussi ses fontes trouvent-elles sur leur propre marché la concurrence des produits similaires venant d'autres centres de production placés dans de meilleures conditions économiques de fabrication ; les fontes du Poitou, de Meurthe-et-Moselle, du Luxembourg viennent concurrencer les produits du bassin de la Loire.

Ces considérations nous ramènent à une thèse que nous avons soutenue il y a quelques années, y a-t-il, industriellement parlant, avantage à déplacer l'axe de la production sidérurgique du centre de la France. Y a-t-il actuellement avantage à placer l'usine au voisinage du minerai ou au voisinage du combustible ?

Au prix actuel des matières premières, dans la région du centre et du midi, les usines les mieux situées au point de vue économique sont celles qui sont rapprochées du littoral méditerranéen par où se fait en grande partie leur approvisionnement de minerai. Les minerais algériens sont affectés de 27 à 25 fr. de transport jusqu'aux usines de la Loire, ceux des îles italiennes de 24 francs, ceux des Pyrénées de 18 francs, ceux d'Espagne de 27 à 30 francs, les mêmes minerais pris sur les lieux d'extraction dans les Pyrénées ou en Algérie coûteraient de 10 à 12 francs la tonne ; le prix moyen du coke métallurgique, rendu sur le littoral de la Méditerranée ne dépasserait pas 35 francs la tonne même en Algérie, or on sait que chaque tonne de fonte produite exige de 1 000 à 1 400 k. de coke ; et ultérieurement la transformation d'une tonne de fonte en fer ou acier réclame environ 4 à 5 tonnes de houille.

La production de la fonte sur les lieux de la production des minerais ou en son voisinage abaisserait donc considérablement le prix de revient de ce produit, puisque le minerai de fer ne coûterait environ que le tiers du prix actuel, tandis que le prix du combustible serait relativement peu élevé, comparativement aux tarifs actuels.

Les minerais de fer de toute qualité et de toute provenance se trouvaient dispersés dans les diverses expositions des classes 41 et 48 ; dans la magnifique exposition de la métallurgie française, à côté des produits fabriqués exposés par nos maîtres de forges, se trouvaient les minerais qu'ils fondent.

Nous regrettons que notre cadre nous empêche de jeter un coup d'œil sur cette belle exposition de la Sidérurgie française, aussi remarquable par la beauté et les dimensions de ses produits que par les qualités des fontes, des fers et des aciers. Les fers siliciés, les tôles et aciers chromés, les ferro-manganèses ont été remarqués par les connaisseurs.

Dans cette étude des minerais de fer, pour ne pas faire des répétitions inutiles, nous examinerons ces produits dans leur ensemble par régions. Les hauts-fourneaux d'une même région fondent généralement les mêmes minerais.

Minerais fondus dans le bassin rhodano-ligérien et exposés par les métallurgistes de la région du Rhône, de la Loire et du bassin méditerranéen.

Les hauts-fourneaux du bassin du Rhône et de la Loire s'alimentent principalement avec des minerais de l'Algérie, de la Sardaigne, de l'île d'Elbe, de l'Espagne, des Pyrénées-Orientales, etc. C'est donc l'examen de ces matières premières que nous devons faire; mais en résumant les minerais italiens et espagnols pour les sections Italie et Espagne.

Ces minerais sont mélangés avec des qualités inférieures qui sont ainsi améliorées; les espèces à teneur de manganèse servent à confectionner des lits de fusion pour fabriquer des fontes manganésées grises et lamelleuses et pour corriger les propriétés souveraines de quelques minerais indigènes.

La chaîne des Pyrénées et les contreforts qui s'y rattachent au nord et au sud sont très riches en minerais de fer. La partie de la chaîne qui se rapproche de la Méditerranée se distingue surtout par l'abondance et la richesse de ses gîtes ferrifères. Les Pyrénées-Orientales, les Pyrénées de l'Ariège et les Corbières sont connues par les qualités supérieures de leurs minerais; les fers et les aciers de l'Ariège et des Pyrénées-Orientales ont une vieille réputation qu'ils n'ont pas perdue.

MM. Jacob Holtzer et C^e, aciéries et foyers d'Unieux (Loire), consomment dans les hauts-fourneaux au bois de Ria, les minerais de fer de Thorrent, de Sahorre, d'Escaro au pied du Canigou qui fournissent des fontes supérieures aux usines d'Unieux et à quelques autres usines de la Loire.

Les Pyrénées fournissent de nombreuses variétés et espèces de minerais de fer, des hématites, des oligistes, des magnétites, des sidéroses, etc; dans la partie orientale de la chaîne, les gisements ferrifères sont placés sur les versants du Canigou; ils sont en relation avec un calcaire plus ou moins cristallin, en contact avec des schistes primaires ou avec des roches granitiques. Ces gîtes de contact pénètrent même dans le granite; ils sont constamment accompagnés de ce calcaire plus ou moins vivement coloré par le fer.

Les minerais des Pyrénées-Orientales sont généralement manganésifères d'une fusion facile et très propres à la fabrication des aciers; leur rendement varie de 40 à 50 % en fonte. Parmi ces minerais se trouvent des fers oxydulés et des oligistes tantôt compactes, tantôt micacés au contact du granite et des calcaires ou associés aux roches dioritiques.

Dans le département de l'Ariège, les hématites rouges et brunes de Rancié et de Vic-Dessos manganésées rendent de 45 à 50 0/0 de fonte.

Le fer oligiste d'Arnave (Ariège), dans le micaschiste, de structure micacée, se présente en filons irréguliers; le gîte de Sassur, donne au contraire un minerai grenu, compacte, mais les filons sont pauvres et irréguliers; le filon d'Albrés est considérable, mais le minerai à gangue quartzeuse est très dur. Les princi-

pales exploitations de l'Ariège sont à Saurat, Rancié, Vic-Dessos, Ferrières, Rabat, Rivemet, etc.

Les hématites brunes des Pyrénées donnent des fontes blanches à grandes lamelles, contenant de 3 à 4 % de manganèse. Elles se trouvent en amas de remplissage ou en filons dans les terrains primaires ou secondaires; les variétés compactes sont d'un brun moins prononcé que les hématites concrétionnées, et contiennent une moindre proportion de manganèse.

Dans les Basses-Pyrénées, des gîtes ferrifères en amas et en filons (hématites, oligistes, sidéroses); enfin, le département de l'Aude renferme de nombreux gisements ferrifères, des hématites et des hématites manganésifères de très bonne qualité.

Les minerais des Basses-Pyrénées, hématites brunes et fers spathiques, dont quelques-uns rendent 35 à 40 % de fer, sont cependant loin de valoir ceux de l'Ariège et des flancs du Canigou; celui de Baburet leur est cependant préférable.

Les gîtes ferrifères du Canigou (Pyrénées-Orientales) renferment des minerais spathiques manganésifères, mélangés avec des oligistes et des hématites compactes ou concrétionnées; leur teneur en manganèse fait rechercher ces minerais pour la fabrication des fontes pures acieuses.

L'usine de Ria, tout près de Prades (Pyrénées-Orientales), utilise environ 150 chevaux de force motrice hydraulique de la Tet, et dispose de 100 chevaux-vapeur comme auxiliaire; elle se compose de trois hauts-fourneaux qui produisent chacun, par jour, de 12 à 14 tonnes de fer fini, avec une consommation de 25 tonnes de minerai grillé, et 11 à 12 tonnes de charbon de bois d'essence dure. De sorte qu'il faut 2 tonnes environ de minerai pour obtenir 1 tonne de fonte. Le minerai employé est l'espèce spathique ou carbonaté, qui est grillé dans cinq grands fours à Ria et à Sahorre.

Les fontes de Ria sont employées non seulement pour l'usine et les aciers d'Unieux, mais encore par la fonderie de canons de Ruelle. La production des aciéries d'Unieux a été, en 1889-1890, de 4,500 tonnes d'acier fondu au creuset; d'ailleurs, c'est la maison Holtzer qui a montré en 1878 les premiers échantillons d'acier chromé remarquable par sa dureté et sa ténacité après trempe. Les aciéries d'Unieux, qui consomment annuellement 30 000 tonnes de combustibles, fabriquent également des aciers au tungstène, et avec les fers de Suède des aciers pour outils destinés au travail des matières dures.

Les gisements ferrifères du Canigou forment deux groupes géographiques: ceux des environs de Prades, sur le versant occidental, comprenant les exploitations de Thorrens, Fillols, Vernet, Sahorre, Oms, et ceux de Batera à l'est qui

servent à alimenter quelques forges catalanes, rares aujourd'hui dans la région pyrénéenne.

Malgré leur richesse et leur puissance, la plupart de ces gîtes, et principalement ceux du versant du Canigou, offrent une difficile exploitation, perdus qu'ils sont sur des hauteurs où le minerai ne peut être conduit dans les vallées carrossables qu'à dos de mulet. Aussi ces minerais, rendus en gare de Perpignan, reviennent à environ 15 et 20 francs la tonne, et aux usines du bassin Rhodanogigérien à 40 et 44 francs la tonne, prix très élevés. Les hauts-fourneaux de Ria qui les fondent se trouvent dans de meilleures conditions économiques pour leur emploi que les usines de la Loire, qui s'en servent pour la confection de leurs lits de fusion. Malgré leur cherté, ils sont recherchés pour la fabrication des fontes miroitantes et des fontes rubannées employées aux aciéries et pour la fabrication des blindages.

Voici trois analyses des minerais du Canigou, de trois localités différentes :

	I	II	III
	Thorrens	Fillols	Sahorre
Peroxyde de fer	»	77.88	45.50
Protoxyde de fer	61.70	7.11	»
Peroxyde de manganèse	4.06	6.64	4.50
Quartz et argile	1.34	5.08	15.50
Soufre	»	»	0.05
Chaux	0.21	0.61	4.20
Magnésie	»	»	1.20
Eau et acide carbonique	31.75	11.56	9.80

Les gîtes du Canigou nous offrent une association de plusieurs espèces ferrières dans les mêmes filons : la magnétite, la sidérose, l'oligiste et l'hématite se trouvent ensemble; les hématites pyrénéennes sont très estimées; elles sont d'ailleurs, comme les fers carbonatés, manganésifères; certaines même portent des concrétions d'oxyde de manganèse; les unes sont compactes, les autres concrétionnées; leur gangue est calcaire et contient rarement du soufre, du phosphore ou de l'arsenic. Les beaux types de cette espèce se trouvent à Rancié et dans certains gîtes des Pyrénées-Orientales.

Lorsque, il y a de cela de longues années, j'étudiais pour la première fois les gisements du Canigou, il y avait à la mine de Fillols des poches ou fours remplis de magnifiques échantillons d'arragonite en belles cristallisations. C'est dans cette région que j'ai fait mes premières armes de mineur; j'ai repris en 1862-1864 mes premières études en explorations des Pyrénées, dans le but de publier la carte géologique des Pyrénées-Orientales.

L'analyse suivante donne la composition des trois échantillons d'hématites des Pyrénées (par Rivot) :

Peroxyde de fer	74.00	79.00	75.00
Oxyde de manganèse.	4.50	6.50	6.00
Argile.	11.50	2.50	0.00
Quartz.	00.00	0.01	11.00
Eau.	10.00	12.00	8.00

Quelques gisements d'hématites renferment un silicate ferreux, principalement dans les Basses-Pyrénées; d'ailleurs, ces minerais sont moins riches que leurs analogues de l'Ariège et des Pyrénées-Orientales; il rendent de 35 à 40 % en fonte, et sont composés de : silice 30,30, peroxyde de fer 58,00, chaux 2,60, magnésie 2,50, perte au feu 5,00.

Les mêmes minerais des Pyrénées-Orientales donnent à l'essai de 43,21 à 54,50 % de fer. On trouve aussi au pied du Canigou des minerais magnétiques contenant 80 à 11 % de peroxyde de fer, et de 17 à 18 % de fer oxydulé.

Les divers minerais de l'Ariège reviennent à un prix assez élevé; à Viç-Dessos, le prix de la tonne se maintient aux approches de 15 francs; aussi ces minerais sont-ils presque entièrement consommés dans le pays.

Les fers carbonatés du Canigou sont mélangés à des hématites, à des oligistes compactes ou micacés, à des magnétites; à cause de leur gangue calcaire, ils sont d'une fusion facile, et en outre d'un rendement supérieur aux minerais espagnols de la Garruche et des côtes de Carthagène et d'Almeria. Comme ceux-ci, ils sont manganésifères, fusibles, et donnent un rendement notablement supérieur aux minerais espagnols. Si l'on compare entre elles les diverses analyses, des minerais de fer du pourtour méditerranéen, on reconnaîtra entre eux une grande analogie de composition. En effet, la magnétite de Sardaigne (iglesias), et des Pyrénées-Orientales (bolayt), est composée de :

Peroxyde de fer	62.50	80.55
Fer oxydulé	24.90	17.45
Gangue.	12.60	2
	<hr/> 100.00	<hr/> 100.00

Les oligistes d'Algérie, de Sardaigne, d'Espagne, des Pyrénées-Orientales donnent les résultats comparatifs suivants :

	Bone (Algérie)	Sardaigne	Tierga (Esp.)	Pyr.-Orient.
Peroxyde de fer.	90.30	98.90	88.00	80.00
Fer titané	7.25	00.00	00.00	00.00
Oxyde de manganèse	00.00	00.00	00.00	6.13
Quartz et argile.	1.25	1.10	00.00	2.62

Les hématites, comparées entre elles, donnent les résultats suivants :

	Landes	Ariège	Algérie	Espagne
Peroxyde de fer.	70.00	74 à 79	57 à 60	75 à 79
Oxyde de manganèse	1.50	4 6	3 4	1 2
Argile.	14.50	2 11	4 5	11 12
Quartz.	0.75	»	»	»
Eau	13.25	8 13	18 21	11 12

Malgré leur grande valeur métallurgique, les gisements ferrifères des Pyrénées sont peu exploités, car leur éloignement des routes carrossables et des voies ferrées rend leur transport coûteux. Les produits que l'on en extrait ne reviennent pas à plus de 9 à 10 francs la tonne sur le carreau de la mine. Mais, comme ils se trouvent généralement à des hauteurs considérables, il faut nécessairement faire descendre dans le fond des vallées par mulets ou à dos d'homme : ce premier transport augmente tout de suite le prix, le minerai qui, rendu sur un point carrossable, a presque doublé de valeur. Les usines qui le consomment sur ce point ont un avantage considérable; malheureusement, elles n'ont pas de coke. Si elles fabriquent des fontes au coke, le combustible revient à un prix élevé; si elles emploient le charbon de bois, cette matière première coûte assez cher par elle-même.

Tout concourt à conduire les industriels à trouver une position topographique qui, en permettant l'emploi des minerais pyrénéens permette aussi l'emploi des combustibles minéraux; et les industriels le mieux favorisés seraient ceux qui fondraient leurs minerais avec des charbons de leurs propres mines.

Les minerais de la côte d'Espagne, une partie de ceux de l'Algérie, ceux de l'île d'Elbe et de la Sardaigne ont le grand avantage d'être à proximité de la mer; ceux des Pyrénées-Orientales et de l'Aude ne se trouvent pas dans des conditions aussi favorables; enfin ceux de l'Ariège sont encore dans des positions plus défavorables; leur éloignement tant des voies ferrées que de la mer, rend leur transport coûteux et leur emploi difficile en dehors de la région d'origine.

Nous avons déjà signalé dans les Pyrénées-Orientales, aux environs de Pradro, une ligne ferrifère dirigée E.-O. d'environ 15 kilomètres passant par Escaro, Thorrens, Sahorre, Vernet et Fillols; les filons qui la forment ont une puissance moyenne de 20 mètres; leur rendement moyen en fer est de 40 à 52 % avec une teneur en manganèse de 1,50 à 2,70 %. — Dans l'Ariège, les hématites et les fers carbonatés de Rancié, ont des filons de 4 à 20 et 25 mètres de puissance avec une teneur moyenne de 40 à 50 % en fer et de 1,10 à 4,40 en manganèse. Dans les Basses-Pyrénées la puissance des filons est moindre, elle varie de 21 mètres à 1^m,60 avec des rendements de 41 à 42 %, à 56, à 60 %.

Les minerais de fer du département de l'Aude, en filons ou en amas dans le terrain primaire et jurassique, sont des hématites brunes, des fers spathiques de puissance variable dont la qualité dominante est leur teneur en manganèse et leur facile fusion. Les gîtes des hautes Corbières (Cascastel, Davejean, Arques, etc.),

sont situés dans des localités où le transport des minerais est difficile ; dans les basses Corbières, Leucate, Treilhes, Estagel les gisements de fer sont placés dans des meilleures conditions de transport, les gisements de la Montagne Noire, entre Carcassonne et Saint-Amans donnent des minerais qui ont une certaine analogie avec ceux de du Canigou.

Les usines métallurgiques du bassin Rhodano-Ligérien emploient en partie des minerais indigènes et en partie des minerais algériens, italiens et espagnols.

La *Société anonyme des Hauts-fourneaux et fonderies de Marseille* (St-Louis) qui produit des fontes fines pour acier, des fontes de moulages résistants, des fontes maléables, des Spigeleisen, des ferromanganèses à teneur jusqu'à 87 % de manganèse, des ferrosilicium jusqu'à 15 % de silicium, des silico-spiegels et des ferro-chromes à teneur de 65 % de chrome emploie des minerais de fer et de manganèse provenant de Mokta (Algérie), de la côte de Carthagène (Espagne), des îles italiennes ; cette Société possède d'ailleurs les mines à Rapolano qu'elle exploite pour son compte.

La *Compagnie des Hauts-fourneaux, forges et aciéries de la marine et des chemins de fer* qui possède des hauts-fourneaux à Givors, les forges et hauts-fourneaux de l'Adour, des hauts-fourneaux en Corse, emploie les minerais de fer de Saint-Léon (Sardaigne), des minerais de fer d'Espagne, d'Algérie et des Pyrénées ; les hauts-fourneaux de l'Adour emploient exclusivement les minerais de Bilbao et de la Bidassoa ; dans l'ensemble de ses usines cette compagnie (ancienne société Petin-Gaudet) embrasse les fabrications du matériel fixe et du matériel roulant des chemins de fer, les constructions navales et mécaniques ; enfin elle s'est fait une spécialité de ce qui touche l'art militaire.

La *Société anonyme des aciéries et Forges de Firminy* (Loire) fond dans ses hauts-fourneaux les minerais de Mokta-el-Hadid (Algérie) ; nous parlerons un peu plus bas de ceux de la mine Fragua (Espagne) ; elle obtient des fontes variées, depuis les fontes ordinaires jusqu'aux fontes fines, les spieghels, les silico-spiegels et les fontes chromées.

La *Compagnie des fonderies, forges et aciéries de Saint-Etienne* (Loire), qui fond des minerais analogues, a exposé aussi des obus en acier chromé au milieu d'une quantité d'autres produits de sa fabrication de laquelle nous n'avons pas à nous occuper.

Les Alpes françaises renferment des gisements riches et puissants de minerais de fer d'excellente qualité ; les fers spathiques, les hématites, les oligistes, analogues à ceux des Pyrénées, s'y trouvent en filons puissants, en gîtes de con-

tact, en amas. — En Savoie et en Dauphiné il existe quelques usines qui fabriquent leurs fers au charbon de bois ; mais elles ont perdu de l'importance qu'elles avaient autrefois par suite de la supériorité de leurs produits. — Les fers spathiques d'Allevard et de Vezille, analogues à ceux de la Styrie, contiennent une assez forte proportion de manganèse, aussi brunissent-ils assez rapidement par leur exposition à l'air ; ils étaient recherchés autrefois pour la fabrication de l'acier dit de *Rives*.

Voici la composition de quatre types de fer spathique :

	Styrie	Allevard	Stahlberg	Vezille
Oxyde ferreux. . . .	56.30	52.00	44.90	52.60
Oxyde manganéux. . .	3.30	2.50	10.30	1.70
Chaux.	»	»	1.00	1.60
Magnésie.	1.50	5.50	1.60	3.00
Quartz.	38.90	40.00	38.00	37.20

Le minerai de fer spathique des Alpes dauphinoises a été exposé par M. Gourju de Bompertuis (Isère). Aujourd'hui ce minerai descend jusqu'au bassin du Rhône.

En Savoie le fer spathique de St-Georges d'Hurtières forme des filons dirigés S.-E. — N.-O., encaissés dans le schiste dirigé S.-SO — N.-N.-E., le minerai d'une puissance de 2 à 6 mètres, moucheté de pyrite cuivreuse, avec gangue quartzreuse, rend en moyenne de 38 à 40 % de fonte aciéreuse ; il est composé de :

Protoxyde de fer. . . .	50.50
Protoxyde de manganèse.	8.00
Magnésie	0.70
Chaux.	1.70
Acide carbonique. . . .	38.10
Gangue quartzreuse . . .	1.00

Les filons ferrifères ont été reconnus sur une longueur de 14 kilomètres ; le minerai ne présente pas partout la même composition et la même allure ; il perd en moyenne 22,90 de son poids par le grillage.

Ces filons de fer spathique sont nombreux aux environs d'Allevard, interrompus par des failles ; leur puissance dépasse rarement deux à trois mètres.

Les minerais oolithiques de Villebois, St-Quentin, la Verpillière ont été longtemps exploités et fondus aux forges de Pont-l'Évêque (Isère) près de Vienne et à Givors ; ils étaient associés comme minerais calcaires à des minerais silicieux sèches ; ces minerais enclavés en couches dans le lias supérieur, donnaient un rendement de 15 à 30 % et produisaient des fontes phosphoreuses, ils revenaient en moyenne à 12 francs la tonne rendus aux usines.

M. Mène qui en a analysé de nombreux échantillons avec la composition suivante pour ceux de Villebois (A chariot, B grande côte).

	A				B			
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Silice.	0.126	0.188	0.100	0.141	0.135	0.155	0.142	0.155
Oxyde de fer	0.430	0.420	0.415	0.422	0.425	0.325	0.410	0.430
Chaux	0.160	0.112	0.140	0.150	0.154	0.152	0.167	0.137
Acide carbonique.	0.126	0.090	0.110	0.118	0.145	0.145	0.138	0.115
Eau.	0.103	0.105	0.100	0.105	0.100	0.100	0.088	0.097
Alumine.	0.050	0.085	0.064	0.060	0.048	0.053	0.050	0.056
Perte.	0.05	0.000	0.001	0.004	0.003	0.00	0.005	0.010
Fer	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	30 %	29.3	29.0	29.5	29.7	27.6	28.7	70.0

M. Mène n'a pas dosé le phosphore contenu dans ces minerais oolithiques.

Dans la vallée de la Saône il y a des exploitations de minerais de fer qui portent leurs produits même dans le bassin du Rhône; les hauts-fourneaux de Givors fondaient il y a quelques années des minerais oolithiques de Souvances qui étaient livrés à bon marché. Nous reviendrons plus bas aux gisements de l'Est.

Le département de l'Ardèche est très riche en gîtes ferrifères. Les minerais de la Voulte déposés dans le callovien a été exploité par la compagnie des forges de Terre-Noire qui a exploité aussi les minerais de Veyras, de Privas, de Marzelet, de Valaurie (Drôme).

Le département du Gard où l'industrie sidérurgique et houillère occupe un rang distingué possède diverses variétés de minerais de fer; 1° minerai de fer houiller en rognons et en couches, carbonatés; 2° minerai de fer en couches, oolithique, entre le lias et l'oolithe; 3° minerai de fer cloisonné, peroxyde de fer hydraté.

Voici l'analyse de quelques types de ces minerais :

	Travers	Bordezac	St-Florent
Oxyde de fer	46.45	48.83	63.50
Silice.	7.70	28.43	16.20
Alumine	5.55	6.88	6.80
Chaux.	13.40	0.98	2.50
Oxyde de manganèse.	traces	traces	»
Sulfate de baryte.	traces	3.61	0.40
Perte au feu.	25.65	11.80	10.60

Le minerai situé à la partie inférieure de Trias, à teneur de 31 à 40 % de fer forme deux couches; celui de Bordezac est siliceux et baryteux, celui de Travers, calcaire; celui de Saint-Florent, alumineux.

Les trois variétés de Travers présentent la composition suivante :

	I Cloisonné	II Calcaire	III Siliceux	IV de Rockoule
Peroxyde de fer.	56.6	42.6	57.7	51.9
Manganèse.	traces	traces	traces	0.7
Silice	13.0	6.5	19.3	22.0
Alumine	5.2	3.6	6.8	7.3
Chaux.	4.8	18.00	»	2.3
Barytine	1.4	»	3.4	3.1
Perte au feu.	19.00	29.3	18.8	11.8
	<hr/> 100.00	<hr/> 100.00	<hr/> 100.00	<hr/> 100.0
Teneur en fer.	39.60 %	31.58	40.42	36.31

La Compagnie des fonderies et forges de Terrenoire, La Voulte et Bessèges a exploité les mines de fer de La Voulte dont l'extraction annuelle s'élevait à 55 000 tonnes de minerai par an; les mines de fer du Lac et de Saint-Priest, donnant 50 000 annuellement; les mines de fer de Merzelet et d'Aihen, 25 000 tonnes; tous ces minerais étaient fondus aux hauts-fourneaux de La Voulte et du Pouzin; les 30 000 tonnes de minerai formées par les mines de Travers et de Rockoule, etc, alimentaient les hauts-fourneaux de Bessèges; enfin les hauts-fourneaux d'Alais fondaient les minerais du Gard, extraits des concessions voisines des usines de fusion.

La déconfiture de cette grande Compagnie doit avoir eu pour conséquence la paralysation, sinon complète, au moins partielle, des travaux d'extraction des mines de fer de La Voulte, du Gard, etc, appartenant à la Société de Terre-Noire.

Les minerais des environs d'Alais, de Portes, Palmesalade sont des espèces carbonatées; voici la comparaison de ce minerai houiller avec les fers spatiques de la Garrucha et de Sahorre.

	I Palmasalade grillé	II Sahara	III Garrucha
Peroxyde de fer.	76.75	65.50	47.56
Protoxyde de manganèse	1.10	4.50	2.30
Silice.	9.85	12.50	2.05
Alumine	8.97	3.00	2.55
Chaux.	2.35	4.20	9.75
Perte au feu	1.70	9.30	13.30

La Société de Saint-Gobain, parmi ses nombreuses collections, a exposé des

produits de la mine de Valmy (près d'Alais) : 1° de beaux minerais de fer spatiques, ces échantillons cristallisés, bruns-jaunâtres ont la composition suivante :

Silice.	19
Oxyde de fer . . .	52.30
Oxyde de manganèse.	5.30
Magnésie	0.30
Perte à la calorisation	2.00
Phosphore.. . . .	0.02
	<hr/> 99.92

2° Des pyrites de fer de Sain-Bel (Rhône), pyrite grillée à 1 % de soufre et 93 % de peroxyde de fer.

3° Des pyrites de fer à 32 % de soufre.

4° Du sélénium graphitoïde retiré de la pyrite.

La *Société anonyme des aciéries de France* produit annuellement 30 000 tonnes de minerai de fer, 150 000 tonnes de fontes, 50 000 tonnes de fer et 180 000 tonnes d'acier. Elle emploie dans ses hauts-fourneaux le minerai de Bilbao qui présente la composition suivante :

	I Minerai de Rubio	II Campanil	Castine
Eau.	8 %	7 %	
Acide carbonique.	0.50	1.5	43.50
Silice	8	5	0.50
Alumine	3	2	0.25
Chaux	1.5	3.5	55.50
Magnésie.	0.25	0.5	
Peroxyde de fer	78	80	
Peroxyde de manganèse . . .	1	1	
Soufre.. . . .	0.01	0.01	
Phosphore.	0.02	0.02	
Teneur en fer.	54.70 %	56 %	

Le Tarn, l'Aveyron, fournissent aussi des minerais de fer qui sont fondus dans quelques usines de la région.

La *Société anonyme des hauts-fourneaux, forges et aciéries du Saut-du-Tarn* fond dans ses usines les minerais de fer qu'elle prend en partie dans les gisements de la contrée et les minerais de Bilbao (voir plus loin: Espagne). Voici la composition de ces minerais de fer.

	Mines de Campanil	Cahusac (Tarn)	Castine
Fer.	55 %	50 à 52 %	
Manganèse	1 %	0.7 à 1 %	
Chaux			52 %
Silice			5.2 %

La *Société anonyme de Commentry-Fourchambault* qui possède des gisements de minerais de fer en grains dans le Berry les exploite et fond les produits de l'extraction dans les hauts-fourneaux de Montluçon, qu'elle mélange avec les minerais de diverses provenances.

La *Compagnie anonyme des forges de Chatillon et Commentry* possède aussi des propriétés minières dans le Berry ; elle exploite des minières dans le Cher et l'Indre, dont les minerais, mélangés avec d'autres de diverses provenances sont fondus dans ses hauts-fourneaux. Elle possède aussi la mine de Butte (Alsace-Lorraine) et celle de Villerupt (dans la Meurthe-et-Moselle).

La Société de Commentry-Fourchambault a ses hauts-fourneaux à Montluçon-Saint-Jacques, à Commentry, à Villerupt et à Beucaire. Cette Société a compris l'importance qu'il y a pour l'industrie sidérurgique de rapprocher les usines de fusion des lieux de production des minerais. Les charbons, elle les a tout près, et elle économise le transport coûteux des minerais de provenances algérienne, italienne, espagnole et pyrénéenne.

A l'Exposition, en plus de ses nombreux produits métallurgiques la Société de Commentry a exposé de gros échantillons de minerais et une coupe de la formation ferrugineuse de Villerupt.

Les hauts-fourneaux de Montluçon, tant ceux de la Société de Commentry-Fourchambault que ceux de la Compagnie de Chatillon-Commentry fondent les minerais en grains pisolithiques du Berry.

Dans la région de Saône-et-Loire on emploie encore les minerais oolithiques de Mazenay et du Berry qui sont mélangés avec des minerais riches algériens espagnols ou pyrénéens.

Voici la composition de trois sortes de ces minerais indigènes :

	I	II	III
	Mazeraï	St-Florent (Cher)	Chanteloup
Peroxyde de fer.	41.98	62.00	60.50
Oxyde de manganèse	0.34	00.0	00.0
Silice	11.32	»	»
Alumine, argile	12.73	15.00	15.00
Magnésie	0.80	»	»
Chaux	19.75	9.00	10.00
Rendement en fer	28.90	38.940	30 à 40 %

La *Société métallurgique du Périgord* fond à ses usines de Fumel, des minerais du Périgord mélangés avec des minerais étrangers ; de beaux échantillons d'hématites figuraient à l'Exposition à côté des produits fabriqués parmi lesquels les fontes renommées de Fumel.

La *Société minière du Sud-Ouest* dont le siège est à Cuzorn (Lot-et-Garonne) a fait connaître les minerais de fer de Cuzorn et divers échantillons d'ocres.

La *Société des mines de fer de Saint-Rémy-sur-Orne* (Calvados) a exposé des oxydes rouges de fer présentant la composition suivante: humidité 1,17; perte à la calcination 5,41; peroxyde de fer 77,80; peroxyde de manganèse 0,43; chaux 0,54; silice 8,00; alumine 6,48; acide phosphorique 0,09.

Le groupe métallurgique de la Champagne est très important et la plupart des usines ont pris part au concours international de 1889. Les minerais de fer que l'on fond dans les hauts-fourneaux sont nombreux et variés: et principalement des hydrates de peroxyde de fer; les uns se trouvent en amas dans les terrains antérieurs aux jurassiques des Ardennes, d'autres, dans la partie inférieure du lias, d'autres enfin dans l'oxfordien et dans le néocomien (voir pour la description de ces minerais notre *Guide pratique de minéralogie*, 2 vol., et la *minéralogie et la géologie à l'Exposition* de 1867, 1 vol.). Voici l'analyse de deux types des Ardennes:

	I	II
Peroxyde de fer	43.85	79.43
Silice.	39.61	12.00
Alumine.	6.80	0.53
Chaux	traces	1.00
Magnésie	»	0.15
Sulfure et sulfate de fer . .	0.80	»
Soufre	»	0.14
Acide phosphorique. . . .	traces	»
Eau et acide carbonique . .	8.85	6.75
	<hr/> 99.71	<hr/> 100.00

Les minerais qui suivent, du lias ou de l'oxfordien, oolithiques ou en grains, présentent la composition suivante et rendent de 38 à 43 % de fonte: la présence de l'oxyde de chrome peut expliquer quelques qualités spéciales des fontes qu'ils produisent.

	I	II	III	IV
Peroxyde de fer.	53.60	63.00	57.80	64.22
Oxyde de manganèse . . .	3.00	0.20	»	0.40
Oxyde de chrome	»	traces	»	0.40
Argile.	»	12.40	7.20	14.80
Silice.	15.70	»	»	»
Alumine	7.60	1.50	»	1.80
Carbonate de chaux . . .	»	5.40	20.40	2.21
Acide phosphorique. . . .	1.50	2.70	»	1.64
Eau	18.40	14.80	13.60	14.52
	<hr/> 100.00	<hr/> 100.00	<hr/> 100.00	<hr/> 100.00
Rendement en fonte . . .	32 à 42 %	43.25 %	30 à 35 %	40 %

Les minerais du terrain néocomien se trouvent : 1° à la base, en amas intercalés dans des dépôts de sables, c'est la *mine demi-roche*; 2° ou dans les argiles du néocomien supérieur, ce sont les *minerais en grains* de la Haute-Marne, de la Meuse, de l'Aube. Voici l'analyse de quelques-uns de ces minerais :

	I	II	III	IV
Peroxyde de fer.	68.08	68.00	67.00	64.50
Oxyde de manganèse . . .	4.00	2.80	2.00	»
Silice et quartz	4.00	»	»	11.70
Argile.	6.33	6.60	8.60	»
Alumine	1.66	1.60	1.80	7.30
Chaux.	»	2.86	1.92	2.50
Magnésie.	0.53	»	»	»
Acide phosphorique . . .	10.40	0.22	0.11	»
Eau et acide carbonique .	16.00	17.82	18.57	14.00
	<hr/> 100.00	<hr/> 100.00	<hr/> 100.00	<hr/> 100.00
Rendement en fonte %. .	38 à 43	40	42 à 45	

On trouve aussi dans les Ardennes et particulièrement à Gruyères des minerais dits *mines de roche*, des minerais diluviens et des minerais dans les sables verts. Voici la composition de ces diverses sortes de minerais ferri-fères :

	I	II	III	IV
	Gruyères	Grandpré sables verts	Signy-le-Petit	La Ferté
Peroxyde de fer.	66.90	54.80	34.00	48.40
Oxyde de manganèse. . .	0.30	1.00	6.80	1.20
Oxyde de chaux.	»	0.20	»	traces
Argile.	17.90	»	47.00	32.30
Alumine	»	2.50	1.40	1.60
Quartz	»	5.40	»	»
Chaux	»	traces	traces	2.80
Carbone de chaux. . . .	2.20	»	»	»
Magnésie.	»	»	»	traces
Carbonate de magnésie. .	0.60	»	»	»
Chlorite	»	21.00	»	»
Acide phosphorique . . .	»	0.70	»	»
Eau et acide carbonique. .	11.40	14.40	8.80	12.50
	<hr/> 100.00	<hr/> 100.00	<hr/> 100.00	<hr/> 100.00
Rendement en fonte %. .	42 %	42		

La *Société des Forges d'Urville* (St-Dizier) exploite les minerais de fer de la concession de Four près Forêt-St-Vincent dans Meurthe-et-Moselle ; cette Société métallurgique a exposé avec ses produits fabriqués les divers types qu'elle fond dans les hauts-fourneaux, savoir :

1° minerai de fer géodique de Meraucourt (Haute-Marne) ;

2° minerai de fer oolithique d'Urville (Haute-Marne) ;

3° Minerai de fer oolithique du Mont-Gérard.

La *Société anonyme des hauts-fourneaux et fonderies de Brousseval* (Haute-Marne) a fait une fort remarquable exposition des divers minerais de fer de la Champagne qu'elle utilise pour la fabrication de ses produits métallurgiques :

1° *minerai de fer oolithique en roche* (néocomien) donnant 42 à 46 % de fer ;

2° *minerai de fer géodique* (néocomien) produisant 39 à 42 % de fer ;

3° *minerai oolithique* de Pont-Varin, dans le néocomien de la Haute-Marne, rendant en fer de 42 à 46 %.

En outre des sables de moulage, du titane rutile du fond des creusets, en belles cristallisations rouges et enfin des ostracées, des ammonites, etc., du terrain crétacé de la Haute-Marne.

La *Compagnie des forges de Champagne et du canal de St-Dizier à Vassy* produit des fontes qui soutiennent la concurrence avec les fontes anglaises et écossaises et avec les Spiegel d'Allemagne ; les minerais oolithiques des minières de la Baise sont consommés par les hauts-fourneaux de Marnaval ; les minières et les forêts de la Blaise ont une contenance de 1031 hectares ; le cube des minerais à extraire est de 6 000 000 de tonnes ; les concessions de minerai de Pont-St-Vincent (Meurthe-et-Moselle) appartenant à la même compagnie ont une surface de 354 hectares.

La *Compagnie des Forges de Champagne* utilise quatre hauts-fourneaux ; elle consomme annuellement 40 000 tonnes de houille, 85 000 tonnes de coke, 150 000 tonnes de minerai et 75 000 tonnes de castine, 36 000 tonnes de fonte et 38 000 tonnes de fers bruts et ferrailles ; elle produit annuellement :

Minerai brut	180.000 tonnes
Fontes brutes	60.000 »
Fers bruts	30.000 »
Acier brut	6.000 »
Aciers, fers marchands . .	36.000 »

Les minerais exposés par la *Compagnie des forges de Champagne* sont des minerais oolithiques de Saint-Varin I (Haute-Marne), des minerais lavés II, des minerais hydroxydés de Pont-St-Vincent III et IV (Meurthe-et-Moselle) dont voici la composition :

	Minerai de Saint-Varin		Minerai de Saint-Jean	
	I	II	III	IV
	Cailloux	Lavé	Calcaire	Gris
Perte au feu.	13.50	13.90	21.20	13.20
Silice.	15.00	12.70	7.30	11.22
Alumine.	12.10	7.17	7.35	10.35
Oxyde de fer.	57.40	64.38	52.50	60.00
Oxyde de manganèse. . .	0.80	0.86	»	»
Chaux.	0.30	0.25	9.90	3.30
Acide phosphorique. . .	0.62	0.55	1.45	1.50
Acide sulfurique. . . .	0.12	0.08	»	»
	100.00	100.00	100.00	100.00
Fer métallique.	40.18 %	45.05 %	36.75 %	42 %

Les fonderies de la Comté (Doubs, Haute-Saône, Jura et une partie de la Côte-d'Or), emploient principalement les minerais pisolithiques du pays qui leur servent à fabriquer les fontes et les fers au charbon de bois connus sous le nom de *comté* dont l'importance de la fabrication a considérablement diminuée depuis plus de vingt ans déjà.

Voici les analyses de quelques minerais comtois :

	I	II	III	IV (castine)
Peroxyde de fer.	70.00	55.50	53.50	18.60
Silice.	10.05	»	»	9.10
Alumine.	6.00	7.80	»	3.90
Argile.	»	19.60	32.40	»
Chaux.	0.50	»	»	35.80
Magnésie.	0.00	»	»	traces
Soufre.	0.00	»	»	00.00
Manganèse.	traces	»	»	traces
Perte au feu.	14.00	16.00	14.10	31.60
	100.55	98.90	100.00	100.00

Le groupe métallurgique de la Meurthe-et-Moselle emploie dans les usines des minerais locaux dont l'abondance et le prix réduit compensent les qualités médiocres ; ces minerais appartiennent principalement à deux espèces, le *minerai oolithique*, le *minerai d'alluvion*.

On y trouve cependant d'autres sortes qui ont moins d'importance, tels que les *grès ferrifères* à 25 % de fer, les *minerais carbonatés* en rognures dans les marnes irisées et dans les marnes supraliasiques à teneur de 25 à 30 % de fer, les *minerais diluviens* (minerai dit *très fort*) qui résultent de la destruction de l'oolithe inférieure et qui rendent 40 à 50 % de fer.

Voici l'analyse de trois échantillons.

	Minerais diluviens de Florange	Minerais d'alluvion de butte	Minerais forts d'Aumetz
	I	II	III
Peroxyde de fer.	72.0	68.00	68.50
Peroxyde de manganèse	»	»	0.50
Eau	12.50	10.00	11.00
Silice	2.5	{ 20.00 }	5.50
Sable, argile.	9.7	{ }	11.00
Alumine.. . . .	2.8	2.00	2.50
Magnésie.	{ traces }	»	0.40
Chaux.	{ }	»	»
Soufre et phosphore. .	traces	»	»
	99.5	100.00	100.00
Fer %.	40 à 50	30 à 40	30 à 40

M. Mène a trouvé une teneur bienj moindre en fer dans les quatre échantillons qu'il a analysés qui provenaient d'Aumetz :

	I	II	III	IV
Peroxyde de fer. . .	37.50	37.80	61.00	63.50
Eau et pertes . . .	7.00	7.20	8.00	8.50
Silice	53.20	53.00	30.00	27.20
Alumine	2.30	2.00	1.00	0.80
Soufre et phosphore	0.00	0.00	0.00	0.00
	100.00	100.00	100.00	100.00

Les minerais oolithiques enclavés dans le lias ou à la partie inférieure de l'oolithe constituent un des plus importants gisements de minerais de fer ; on y distingue plusieurs variétés de couleur, savoir :

- 1° Les *minerais bruns, rouges ou jaunes* ;
- 2° Les *minerais bleus* ;
- 3° Les *minerais verts* ;
- 4° Les *minerais bigarrés*.

Ces divers minerais ont une richesse moyenne en fer de 38 % ; ils ne rendent guère au haut-fourneau que 33 % de fonte. Voici la composition moyenne de chacune de ces variétés :

	I Brun	II Rouge	III Bleu	IV Vert	V Bigarré
Peroxyde de fer. . .	38.50	66.50	41.10	21.00	54.00
Protoxyde de fer . .	»	»	32.00	22.00	9.50
Sable.. . . .	»	»	1.00	3.50	»
Silice.. . . .	47.50	9.00	8.50	9.50	3.00
Alumine.. . . .	4.50	5.50	2.20	3.50	7.00
Carbonate de chaux	traces	3.00	2.20	13.00	6.00
Carb. de manganèse	»	2.20	1.80	2.70	1.00
Eau	9.50	13.60	10.5	17.00	16.00
	100.00	99.80	99.30	98.20	100.00

L'acide phosphorique n'a pas été dosé; tous ces minerais oolithiques contiennent plus ou moins de phosphore.

Les établissements métallurgiques de la frontière française ont concouru à l'Exposition de 1889; parmi eux, nous citerons la *Société Ferry, Curicque et C^{ie}* qui possède les hauts-fourneaux et fonderies de Micheville-Villerrupt (Meurthe-et-Moselle), les laminoirs de Laval-Diers-Monthermé (Ardennes) et les laminoirs de Crespin. La *Société Ferry, Curicque et C^{ie}* possède à Micheville une concession de terrains miniers de 800 hectares dont la surface actuellement explorée est de 50 hectares; l'extraction annuelle des minerais s'élève à 100 000 tonnes qui sont fondus dans deux hauts-fourneaux qui produisent par an 86 000 tonnes de fonte d'affinage ou 65 000 tonnes de fonte de moulage.

L'analyse moyenne des minerais est la suivante :

Silice.	13 %
Alumine.	6 %
Chaux	8 %
Fer métallique. . . .	40 %
Acide phosphorique. . .	1.46 %

La charge du haut-fourneau se compose de 12 000 kilogrammes de minerai et 4 000 kilogrammes de coke; le rendement du lit de fusion est de 30 % en moulage et 32 % en affinage avec une consommation de 1 250 kilogrammes en moulage et 1 000 à 1 050 kilogrammes en affinage.

Les concessions minières de la *Société Ferry, Curicque et C^{ie}* (Micheville, de Brehain) renferment trois couches distinctes qui donnent des minerais de qualités différentes comme le montrent les analyses suivantes. La couche supérieure dite *couche calcaire* I a une épaisseur de 2 mètres; elle est pauvre en fer; la couche intermédiaire dite *couche rouge* II, d'une épaisseur de 2 mètres est plus riche en fer; enfin la couche inférieure, dite *couche grise*, d'une puissance de 1^m,50 donne un minerai plus riche en fer, mais aussi plus siliceux.

	Couche calcaire I	Couche rouge II	Couche grise III
Silice.	13.40	13.23	15.85
Alumine.	6.70	7.07	6.87
Chaux	18.80	7.24	4.77
Fer métallique. . . .	27.02	39.80	40.80
Acide phosphorique . .	1.16	1.46	1.45

La *Société Ferry, Curicque et C^{ie}* emploie aussi des minerais du Grand-Duché de Luxembourg pour améliorer les lits de fusion constitués par ses propres minerais; ces minerais ont la composition suivante :

Fer métallique.	33.38
Silice.	7.07
Alumine.	6.42
Chaux.	16.26
Acide phosphorique.	1.64

Minerais de fer du Grand Duché du Luxembourg

Les minerais de fer du duché de Luxembourg, qui alimentent en partie les usines de Meurthe-et-Moselle et du Nord sont aussi des minerais oolithiques analogues à ceux de nos départements frontières vosgiens. C'est en cette qualité que nous les plaçons ici et que nous donnons l'analyse des échantillons de ces différents minerais qui ont figuré à l'Exposition au Pavillon du Grand-Duché de Luxembourg au quai d'Orsay (Esplanade des Invalides).

Le minerai du Luxembourg est aussi exporté en Allemagne; la quantité que l'on exporte en Westphalie est la plus riche. Sa richesse moyenne est de 38,5 % avec 10 % d'humidité. On estime à 2 400 millions de tonnes la quantité exploitable au Luxembourg et en Lorraine en ne comptant pas les minerais qui ont moins de 25 % et qui ne sont pas entièrement calcaires.

Groupe du bassin de Lamadelaine-Differdange.

	I Mine rouge minerai oolithique	II Mine grise
Fer	40.00	41.00
Silice	11.00	16.00
Chaux.	9.00	4.00
Alumine	6.00	5.00
Phosphore.	0.60	0.60

Groupe du bassin d'Esch sur l'Alz.

	I Mine grise	II Mine rouge	III Mine brune
Peroxyde de fer.	50.07	56.20	60.00
Silice.	6.30	7.70	13.94
Chaux.	17.70	9.96	4.30
Alumine.	3.30	5.75	5.50
Phosphore	1.32	1.50	1.30
Fer	35.45 %	39.47 %	42.37

La Société des hauts-fourneaux de Rodange a exposé des minerais oolithiques formés de :

	I Mine rouge	II Mine grise
Silice.	11.40	13.80
Chaux	5.50	4.80
Alumine.	8.75	5.20
Fer.	38.57 %	39.55 %

La *Société des hauts-fourneaux de Rumelange* a des minerais analogues dont voici l'analyse :

	I	II
	Mine grise	Mine jaune
Silice	7.97	8.19
Chaux.	17.51	10.70
Alumine.. . . .	3.75	4.67
Fer.	34.80	39.48

Elle a également exposé des minerais du bassin d'Esch sur l'Alz avec leur composition, savoir :

	I	II
	Mine rouge	Mine grise
Fer.	40.00	34
Silice.. . . .	9.00	6.00
Chaux.	10.00	16.00
Alumine.. . . .	6.00	4.00
Phosphore	1.60	1.60

Les *Forges de Pompey* (Fould-Dupont) près de Nancy ont contribué par leurs produits à la décoration de la classe 4, nous n'avons pas à nous occuper des produits fabriqués pas cette importante maison, mais seulement des minerais exposés et exploités dans Meurthe-et-Moselle.

M. Fould-Dupont possède les concessions de Ludres, Lay-Saint-Christophe, Faux et Fleury qui donnent des minerais oolithiques ; la production varie suivant les besoins de 90 000 à 147 000 tonnes par an ; la composition de ces minerais est la suivante :

	I	II	III
	Couche supérieure calcaire ferrugineux	Couche moyenne grise	Couche inférieure noire
Fer métallique. . .	25 %	35 à 38 %	34 à 37 %
Silice	9.00	6 à 10	14 à 18
Chaux.. . . .	25.00	7 à 10	4 à 8
Alumine	6.00	7 à 13	8 à 9

La *Société anonyme des forges et fonderies de Montataire* avait exposé sur le quai d'Orsay de gros blocs de minerai oolithique de Bouxières.

La *Société anonyme des hauts-fourneaux et fonderies de Pont-à-Mousson* (Meurthe-et-Moselle) exploite aussi des minerais oolithiques qu'elle fond dans ses quatre hauts-fourneaux.

Comme toutes les usines métallurgiques de cette région fondent les mêmes minerais nous ne nous y arrêtons pas davantage, car nous devrions trop répéter les mêmes analyses et les mêmes descriptions.

Groupe métallurgique du Nord²

Pavillon du Comité des Forges du Nord

Les établissements métallurgiques du Nord (Société des hauts-fourneaux, forges et aciéries de Denain et d'Anzin, Société des hauts-fourneaux et forges de Maubeuge, Société de la Providence, Société de Vezin-Aulnoy, Société des aciéries du Nord et de l'Est, Société des usines de l'Espérance, usines de M. Gustave Dumont, Établissements métallurgiques de Ferrière-la-Grande, la fabrique de fer de Maubeuge, la Société de Montataire, les forges et laminoirs de Saint-Amand) ont installé leurs produits dans un pavillon spécial, ce qui nous permettra d'abrégier considérablement ce qui nous reste à dire sur les minerais de fer de la France, car tous ces établissements ont les mêmes sources d'approvisionnement.

La *Société anonyme des hauts-fourneaux, forges et aciéries de Denain et d'Anzin* emploie le minerai de Somorostro que nous décrirons dans la section espagnole, qu'elle mélange avec les gisements qu'elle exploite dans l'est de la France, à Godbrange et Côte Rouge (Meurthe-et-Moselle) et avec ceux qu'elle tire de Saint-Remy dans le département de l'Orne. La consommation qu'elle fait en minerai dépasse 300 000 tonnes par an, se décomposant ainsi :

180 000 tonnes environ de minerais espagnols et

120 000 tonnes de minerais français.

La *Société anonyme des forges et aciéries du Nord et de l'Est* (à Valenciennes) possède trois concessions de mines de fer d'une superficie totale de 990 hectares sur les territoires des communes de Chavigny, Houdemont, Nancy, etc; ces concessions sont connues sous les noms de Chavigny (372 hectares), Houdemont (241 hectares) et Lavaux (377 hectares).

La mine de Chavigny est seule exploitée, elle fournit 300 000 tonnes de minerai oolithique d'une teneur moyenne de 34 % en fer.

Les couches de minerai de fer de la concession de Chavigny sont au nombre de trois; mais la couche supérieure est d'une trop faible teneur en fer (22 % environ) pour être exploitée; la couche moyenne où l'exploitation est la plus développée est d'une grande régularité d'allure. La formation ferrière est superposée aux marnes et aux grès supraliasiques. La couche supérieure a une puissance

de 1^m,50, la couche moyenne a la même épaisseur et la couche inférieure 2^m,20.

Voici la composition moyenne du minerai des deux couches exploitables.

	I	II
	Couche moyenne	Couche inférieure
Fer métallique	30 %	31 %
Silice	10.10	14.50
Alumine	5.00	6.25
Chaux	8.50	6.00
Magnésie	1.00	0.75
Acide phosphorique.. .	1.80	1.60

Le minerai de fer est transporté par chemin de fer de la mine à l'usine de fusion de Jarville près de Nancy.

La *Société anonyme de Vezin-Aulnoye* (Maubeuge) a aussi exposé des minerais de fer de Boudouville et de Pompey (Meurthe-et-Moselle).

La *Société anonyme des Hauts-Fourneaux de Maubeuge* a montré les minerais de la côte Rouge (du bassin de Longwy) et les minerais oolithiques de Meurthe-et-Moselle, des concessions de Buthéguemont, de Godbrange, de Tiercelet, de Jarny.

La *Société de la Providence* à Hautmont (Nord) possède des mines de fer dans le Grand-Duché de Luxembourg et dans le département de Meurthe-et-Moselle, elle exploite annuellement 600 à 700 000 tonnes de minerais dont environ 500 000 tonnes sont consommées dans les usines de la Société et le restant est livré au commerce.

La *Société anonyme des mines de fer de la Manche* a exposé de gros blocs de fer oligiste et de fer magnétique du poids de 200 kilogrammes extraits d'une profondeur de 220 mètres; l'exploitation se fait sous la mer; à côté des minerais se trouvent des granites et des porphyres qui sont les roches encaissantes.

Le minerai exploité est un mélange en proportions variables, de magnétite et d'oligiste intercalé en filons-couches dans les schistes primaires qui reposent sur le granite. Ce minerai de structure schisteuse constitue des filons inclinés de 75° qui atteignent parfois la verticale et qui ont de 1^m,50 à neuf mètres de puissance.

Ces minerais sont un peu siliceux, ils donnent à l'essai de 45 à 50 % de fer.

ALGÉRIE

Les minerais algériens, qui ont en partie figuré à l'exposition, tant dans le Pavillon de l'Esplanade des Invalides que dans les classes 41 et 48 auprès des produits fabriqués, ont acquis une réputation méritée ; aujourd'hui ils n'alimentent pas seulement les usines du pourtour méditerranéen et du bassin Rhodano-ligérien ; mais ils sont aussi exportés dans le Nord ; les Anglais viennent aussi s'approvisionner en partie aux portes d'Oran et d'Alger.

Aussi la richesse sidérurgique de notre colonie africaine est très considérable, et le temps n'est pas peut être éloigné où des hauts-fourneaux s'établiront au pied des mines de fer et au lieu de recevoir le minerai brut, l'Europe servira de marché aux fontes et aux fers algériens.

Les notices et documents statistiques, publiés d'abord par M. Ville, ensuite les notices publiées par le service des mines, à propos des Expositions universelles de 1878 et 1889, ont fait connaître la richesse minérale de l'Algérie au gros public ; les mémoires écrits par les ingénieurs qui ont eu la charge d'étudier les gisements à exploiter, plus détaillés et plus locaux, ont plus particulièrement appelé l'attention des spécialistes et des financiers sur les qualités et l'abondance des gîtes ferrifères de notre colonie.

Province d'Alger.

Entre la Kabylie du Djurdjura et Alger, se trouve un ensemble de roches cristallisées, schisteuses, qui renferment des gîtes ferrifères de nature variable ; les uns sont constitués par des minerais oxydulés, les autres par des minerais hydroxydés et des oligistes ; quelques-uns de ces gisements sont associés à des gîtes de manganèse.

Le minerai oxydulé, situé à 4 kilomètres S.-E. du col de Beni-Aïcha, a une teneur en fer de 34 à 58 %. Le littoral, entre Cherchell et Ténès, est formé par un sol métallifère qui contient quelques gîtes ferrifères importants, tels que les minerais de l'Oued-Sidi-Rhélys, carbonate et hydroxyde d'une teneur de 58 % ; le gîte de l'Oued-Marsalouroun, hématites compactes très riches ; de Aïn-Sadouna, hématites brunes et rouges mélangées de sidérose ; de Djebel-Haddid mélange de peroxyde de fer hydraté, de peroxyde anhydre et de carbonate ; le gîte du Marabout de Sidi-Abd-en-Rahman, hématite rouge avec pyrite cuivreuse ; de l'Oued-el-Hamman, peroxyde hydraté en amas dans le terrain crétacé, selon la notice de M. Ville.

Le nombre et l'importance des gîtes ferrifères, concédés ou non concédés, facilement exploitables à cause de leur proximité de la mer, font concevoir les plus belles espérances pour l'alimentation future de notre sidérurgie. Le gîte de Gou-

vayas se compose d'hématites brunes et rouges, et quelquefois de carbonate de fer; la richesse en fer de cette mine s'élève quelquefois à 62 %. Elle appartient à la Compagnie Châtillon-Commentry. Voici une analyse qui indique la composition des minerais extraits :

Peroxyde de fer.	77.95
Oxyde rouge de manganèse .	0.80
Alumine.	0.65
Chaux.	3.25
Silice	3.60
Acide carbonique et eau. . .	13.80

Entre Aumale et Orléansville, à l'intérieur du département d'Alger, dans les terrains secondaires, on trouve de nombreux gîtes ferrifères, parmi lesquels se trouve la mine de Soumah, à six kilomètres E.-N.-E. de Blidah, d'une étendue superficielle de 4 kil. 47, avec de nombreux filons enclavés dans les argiles schisteuses du terrain crétacé. Les minerais s'embarquent à Alger; rendus au port de Cette, ils reviennent à 25 francs la tonne; ils peuvent rendre de 60 à 65 %, mais leur moyenne est de 58 %.

Voici deux analyses du minerai de Soumah faites au laboratoire des mines d'Alger :

	I	II	
Sable quartzeux.	0.0520	»	} L'analyse I correspond à 60.34 % de fer et II à 60.80 en fer.
Oxyde de fer	0.8620	0.8600	
Carbonate de chaux.	0.0280	0.0290	
Carbonate de magnésie	0.0114	0.0110	
Carbon. de manganèse	0.0331	0.0120	
Eau	»	0.0480	
Argile	»	0.0180	
Alumine.	»	0.0220	

Une autre analyse, faite à l'École des mines de Paris, a donné :

Argile et quartz	2.10
Protoxyde de fer et alumine. .	87.00
Chaux	0.66
Magnésie	0.00
Oxyde rouge de manganèse. .	1.60
Perte par calcination	8.33

L'essai a donné: fonte grise noirâtre et assez malléable, 61,70 %, contenant sur 100 parties : silicium 0,94, soufre 0,10, phosphore traces, manganèse traces. Les analyses faites à Bessèges ont donné 4 d'oxyde de fer et quelquefois moins.

Les exploitants, dans leurs prix de vente, tiennent compte du déchet que subit le minerai sous un climat chaud ; lorsqu'ils enlèvent 1000 kilogrammes d'un chantier d'abatage, ils n'en trouvent que 750 à l'arrivée à Alger. Les fondeurs à leur tour exigent que le rendement convenu soit constamment soutenu ; aussi il importe qu'à l'usine on constate la teneur du minerai. En général, quand la teneur descend au-dessous du minimum stipulé, les maîtres de forges font un rabais sur le prix d'achat, rabais qui varie de 20 à 50 centimes sur tout abaissement de 1 % dans le rendement en fer. Si dans les usines la tonne de minerai revient à 29 francs, la valeur de chaque 10 kilogrammes de fer par tonne est de $\frac{2900}{58} = 50$ centimes, en admettant un rendement de 5.890, car à cette teneur la tonne de minerai renferme 580 kilogrammes de fer métallique.

Le minerai de Soumah se compose, dans les affleurements, d'un mélange de peroxyde de fer anhydre et de protoxyde de fer hydraté (hématite rouge et hématite brune) d'excellente qualité, contenant de 58 à 64 % de fer métallique ; en profondeur, les hématites diminuent de richesse et se transforment souvent en carbonate de fer blond dont la teneur en fer métallique varie entre 48 et 44. C'est cette diminution dans le rendement qui, il y a une vingtaine d'années, a été la cause d'un commencement de procès entre les forges de Terre-Noire, la Voulte et l'exploitation de Soumah ; cette affaire, dans laquelle j'ai été mêlé comme expert, m'a permis d'étudier, sur une grande quantité d'analyses, le rendement moyen du minerai de Soumah.

Dès cette même époque, les efforts de la Compagnie de Soumah ont-ils tendu à recouper les principaux filons à des niveaux inférieurs à ceux qui avaient été proposés antérieurement ? Voici une analyse du minerai de Soumah bonne qualité : peroxyde de fer 84 %, oxyde rouge de manganèse 0,80, alumine 0,70, chaux 0,30, silice 5,10, acide carbonique et eau 9,10, soufre 0,05.

Le gîte de minerai de fer de Sidi-Sliman, enclavé dans les marnes crétacées, fournit des hématites rouges compactes, cavernueuses, friables, ou des hématites en roche contenant environ 60 % de fer.

Le minerai de fer de Oued-Rouïna est une hématite rouge très compacte, d'une teneur de 57 % de fer. Le minerai, tous frais payés, revient à 17 francs la tonne, vendu à bord à Oran, et se vend 19 francs la tonne à la teneur de 55 %, avec une bonification réciproque de 50 centimes en plus ou en moins ; pour 57 % de fer, le prix de vente de minerai est donc de 20 francs la tonne.

Sur la rive gauche de l'Oued-Rouïna se trouve un autre gîte formé d'une hématite anhydre très compacte et très dure, d'une teneur en fer de 58 à 63 %, et de 0,90 de manganèse.

Le gîte de Témoulga est composé d'hématite renfermant 54 à 55 % de fer métallique et de 1 % de manganèse ; il se vend de 16 à 18 francs la tonne au

quai d'Alger ou d'Oran, pour une teneur garantie de 50 % en fer; le prix de revient, à Alger ou à Oran, est de 15 francs environ par tonne.

Les gîtes d'Amimoussa et de Bouinam donnent des hématites, d'Arba des oligistes, d'El-Affroun, de Zaccar-R'arbi, etc., des hématites rouges d'une teneur de 52 à 54 % de fer.

La *Notice minéralogique*, publiée par le service des mines de l'Algérie, à l'occasion de l'Exposition universelle de 1889, signale les gisements ferrifères suivants, portant 27 numéros d'ordre pour le département d'Alger, dont les échantillons ont figuré au Pavillon algérien.

- 1° Sidi-Abd-er-Rhaman, hématite, inexploré;
- 2° Djebel-Hadid, concédé, hématite en chapelet, exploré;
- 3° Témoulga, hématite tendre, exploité de 1872 à 1876;
- 4° Tiberkanin, hématite tendre en gros filons, exploité en 1875;
- 5° Beni-Aquil, hématite rouge, exploré;
- 6° Les Cattaïs, hématite tendre, exploré;
- 7° Larrath, filons d'hématite tendre, à gangue argileuse, exploitation peu développée;
- 8° Oued-Rouïna (rive gauche), hématite tendre et douce, exploité de 1873 à 1876;
- 9° Oued-Rouïna (rive droite), mêmes minerais, exploité de 1873 à 1875;
- 10° Oued-Ikellalem, chapeau d'un filon d'hématite à gangue siliceuse;
- 11° Aïn-Sadouna, filon d'hématite passant à la sidérose;
- 12° Gouraya (mine concédée), aussi filon d'hématite, passant à la sidérose en profondeur, exploitation arrêtée, le minerai restant est baryteux;
- 13° Sidi-Sliman, hématite en partie tendre et en partie siliceuse;
- 14° Messelmoun (mine concédée), filons d'hématite à gangue argileuse, travaux d'exploitation arrêtés depuis 1880;
- 15° Kef-el-Anbeur, hématite à gangue argileuse avec barytine;
- 16° Oued-Kristion, hématite avec barytine;
- 17° Zaccar-R'arbi, hématites, exploitation arrêtée;
- 18° Oued-Aïdous, gisement identique au précédent;
- 19° Oued-Djer, hématite rouge compacte, en lentilles, exploité en 1873;
- 20° Bel-Amin, hématite et carbonate de fer;
- 21° Soumah (mine concédée), filons d'hématite à la surface, de carbonate de fer en profondeur, travaux arrêtés depuis 1883;
- 22° Bouïnan, hématites avec fer carbonaté et fer oligiste;
- 23° Guedera, hématite tendre dans les schistes et quartzites;
- 24° Oued-Keddache, fer oligiste avec trace de pyrite au contact du micaschiste et d'une roche éruptive;
- 25° Bordj-Caid-Ladi, fer oligiste avec fer oxydulé dans l'archéen;

26° Aïn-Oudrer, même minéral qu'au précédent, et mêmes conditions de gisement ;

27° Rive droite de l'Oued-el-Hammam, amas de fer hydroxydé, intercalé dans les calcaires néocomiens.

Tous ces divers gisements de minerais de fer, à l'exception des n^{os} 23, 24, 25, 26 sont intercalés dans d'autres terrains crétacés.

Le prix de revient d'une tonne des minerais algériens à Alger ou à Oran est de 15 francs environ ; ce prix relativement élevé indique que la main-d'œuvre coûte cher en Algérie. Aussi dès la baisse des minerais les exploitations de la province d'Alger ont cessé leurs travaux. Malgré donc la bonté des minerais, l'exploitation n'est pas possible tant que le prix de revient sera aussi élevé, par rapport aux conditions actuelles des prix de vente.

Province d'Oran

Les gîtes de minerais de fer sont très nombreux dans le département d'Oran ; ce sont pour la plupart des amas de stockwerks exploitables à ciel ouvert. M. Ville divise en quatre groupes géographiques les gîtes de minerais de fer de ce département, savoir :

- 1° Les gîtes compris entre l'Arsew à l'est et le Rio-Solado à l'ouest ;
- 2° Les gîtes entre Rio-Solado à l'est et la rive droite de la Tafna à l'ouest ;
- 3° Les gîtes des Traras ;
- 4° Les gîtes de Beni-Senous.

Dans le premier groupe se trouvent quelques gisements importants d'hématites ou d'oligistes. Le gisement de Kleber sur le Djebel-Orousse donne un minéral enclavé dans le calcaire saccharoïde, d'une teneur de 45 à 50 % en fer métallique ; les hématites de Tazout donnent de 44 à 50 et 57 % de fer et de 0,80 à 4,20 % de manganèse. Le fer oligiste de Djebel-Mansour et du cap Ferrate contient 64 à 65 % de fer, celui du cap Falcon 45 à 58 % ; les hématites de Djebel-Ahoum contiennent 47 % et celle de Chabat-el-Haoussi sont plus pauvres et rendent de 30 à 40 % en fer. A l'Oued-Madagre, le fer oxydulé magnétique a une teneur en fer de 64 à 65 % et les oligistes à gangue siliceuse, de 46 à 48 %.

Dans le deuxième groupe se trouvent les gisements de Camarata contenant une hématite rouge compacte dont la teneur en fer varie de 47 à 55 % et en manganèse de 1,15 à 2,15 % ; quelquefois le fer oligiste ou la sidérose sont mélangés à l'hématite. Ce minéral extrait à Djebel-Aouria a été vendu, il y a

quelques années à Anvers à 40 francs la tonne pour une teneur en fer de 49 % avec une bonification de 0 fr. 70 par unité de teneur en plus et une retenue de 0 fr. 90 en moins.

Les gisements de Terrikrent près de Djebel-Aouria donnent des hématites rouges mélangées de calcaires ferrugineux d'une teneur de 50 % ; les hématites rouges des vallées de Beni-Saf, Oued-Hamed donnent 44 à 50 % de fer et 0,70 à 2,27 % de manganèse ; les minerais non manganésifères, hématites rouges, compactes, cristallines en profondeur, dérivant de la décomposition de la sidérose, les gîtes de Chabat-Rouissat ont une teneur moyenne de 52 à 53 % de fer ; enfin le minerai de fer Bab-Miourba, amas d'hématites manganésifères, donne de 53 à 57 % de fer et jusqu'à 10,50 % de manganèse.

Au pavillon algérien ont figuré des types des principaux minerais de fer de la province d'Oran. La *notice minéralogique* publiée par le service des mines indique 24 numéros ou désignations différentes, savoir :

- 1° Djebel-Bou-Kerou hématite très manganésifère dans les marnes oxferdiennes ;
- 2° Sidi-Yacoub, hématites au contact des schistes anciens et des lias ;
- 3° Oued-el-Kebir, pyrite de fer ;
- 4° Honaïm, poches de minerai d'alluvions dans le poudingue miocène cartennien ;
- 5° Bah-Medheurba (mine concédée), hématite très manganésifère au contact des schistes anciens et des calcaires liasiques ;
- 6° Djebel-Rouissat, hématites à gangue calcaire ;
- 7° Oued Bon-Kourdan, hématites au contact des schistes anciens et des calcaires secondaires ;
- 8° Djebel Skourra, hématites, mêmes conditions de gisement ;
- 9° R'ar-el-Baroud, hématites exploitées, embarquées à Beni-Saf ;
- 10° Nedjaria, hématites ;
- 11° Dar-Rih, hématites entre les schistes anciens et les calcaires du lias ;
- 12° Gadet-en-Remla, également hématites dans les mêmes conditions ;
- 13° Ténikrent, hématites dans le miocène helvétique ;
- 14° Camarata (mine concédée), hématites ;
- 15° Sidi-Sofi, hématites ;
- 16° Chabet-el-Haoussi, hématites dans les calcaires secondaires ;
- 17° Cap Falcon, hématites dans les mêmes conditions qu'au n° 16 ;
- 18° Djebel-Ahoum, hématites, comme ci-dessus ;
- 19° Yeffry, ocre jaune dans les alluvions récentes ;
- 20° Tazout, hématites dans les calcaires liasiques ;
- 21° Djebel Orousse, hématites ;
- 22° Cap Ferrat, fer oligiste ;

23° Franchetti, hématite brune à structure lamellaire dans la dolomée;

24° Beni-Meniari, hématite rouge.

Province de Constantine

M. Ville reconnaît six bassins ferrifères dans le département de Constantine, sans y comprendre le groupe important de la Kabylie. Le bassin de l'Oued-Medjerda supérieur présente quelques gîtes peu importants encaissés dans le terrain crétacé; celui de l'Oued-el-Hout nous offre des hématites brunes de bonne qualité; les gisements du bassin de la Seyboure sont plus riches que les précédents: les mines de fer oxydulé de Bon-Hamra et de Kharézas, situées au S.-O. de Bône appartiennent à la Compagnie de Mokta-el-Hadid et Kharézas, le minerai se trouve en amas lenticulaires, la concession a une étendue de 1438 hectares; la concession de Meboudja, limitrophe de la précédente, d'une étendue de 1405 hectares donne un minerai de fer oxydulé manganésifère contenant 57 à 58 % de peroxyde de fer et 3,50 % d'oxyde rouge de manganèse.

Le bassin du lac Fetzara et de l'Oued-el-Kebir renferme le gîte le plus important du département, celui de Aïn-Mokha à 29 kilomètres de Bône dont la surface concédée est de 1996 hectares. Les minerais oxydulés d'Aïn-Mokha sont remarquables par leur richesse et leur pureté, ils s'exportent même en Amérique; pris à la mine, les compagnies qui le fondent ne le paient pas plus de 9 à 10 francs la tonne; il s'est vendu à Bône jusqu'à 17 francs la tonne. Le gîte de fer oxydulé d'Aïn-Mokha s'étend sur trois mamelons contigus, alignés du N.-O. au S.-E.; le minerai de fer est une vaste lentille enclavée dans les schistes talqueux avec deux pendages, l'un au S.-E., l'autre à l'O.; sa puissance varie de 3 à 7 mètres et va jusqu'à 50 mètres; il rend de 65 à 68 % de fer.

Le minerai d'Aïn-Mokha, exploité par la Compagnie de Mokha-el-Hadid, se trouvait à l'Exposition dans les vitrines de différents exposants qui le fondent.

Le gîte de fer oxydulé de Medjez-Rassoul, à 14 kilomètres de Bône se compose de fer oxydulé magnétique semblable à celui d'Aïn-Mokha; c'est une lentille enclavée dans des calcaires cristallins associés à des schistes talqueux; enfin des gisements du même minerai se trouvent à Marouania, à Ban-Rhaïa, à Aïn Chougga, à Boulaha, constituant une série de lentilles rapprochées.

Le bassin de l'Oued-Salouf et ses annexes renferme quelques gîtes de fer oligiste, d'hydroxyde de fer, de fer oxydulé. Le gîte de Djebel-Skikida, près de Philippeville, se compose d'une lentille de fer oxydulé qui contient 64 % de fer. Enfin le bassin de Collo contient le gîte de fer oxydulé de Ledura. La Kabylie renferme des gîtes ferrifères dont quelques-uns présentent une certaine importance; ils ont été autrefois exploités par les indigènes, ce sont des hématites, des hydroxydes, des oligistes, etc.

La *Notice minéralogique du service des mines* donne la désignation de 47 numéros de minerais de fer provenant du département de Constantine, savoir:

- 1° Ibellouten, hématite rouge (terrain jurassique ou cerio marnien) ;
- 2° Takléat, hématite brune (dans le grès ligurien) ;
- 3° Taourit-Babou, hématites ;
- 4° Iboukarem, hématite brune (ligurien) ;
- 5° Tikribit, fer oligiste (dans le ligurien) ;
- 6° Takramtin-Imksaouan, fer oligiste, même gisement ;
- 7° Djebel-Hellel, hématite, (cénionien) ;
- 8° Kandérou, dans le calcaire jurassique ;
- 9° Beni-Guendouz, dans le lias ;
- 10° Soumah, hématite rouge dans le calcaire turonien ;
- 11° Djebel-Anini, (mine concédée), filons puissants d'hématite rouge dans le turonien ;
- 12° Ouled-Nabed, hématite brune dans le calcaire du lias ;
- 13° Aït-Achour, hématite brune dans les mêmes conditions de gisement que le n° 12, comme aussi les n°s 14, 15, 16 ;
- 14° Djebel-Hadid, hématites ;
- 15° Ough-zeddiel, hématite ;
- 16° Beni-Medjalel, hématite ;
- 17° Beni-Caïd, dans le ligurien, comme aussi numéro
- 18° Oued-Kontra ;
- 19° Kef-Sidi-Mauraf, dans le terrain jurassique ;
- 20° Aïn-Sedma (mine concédée), fer magnétique, fer oligiste, dans le massif éruptif ;
- 21° Sidi-Ouaret (Oulet-Mrabet) ;
- 22° Sidi-Dris ;
- 23° Bon-jersoun, 21, 22, 23, mêmes conditions de gisement que le n° 20 ;
- 24° Beni-Saïd, hématite et pyrite de fer dans le nummulitique ;
- 25° Medjadja, oligiste ;
- 26° Estaya, oligiste dans le gneiss ;
- 27° Msallas, hématite manganésifère dans le gneiss ;
- 28° Ouled-Nouar, couche d'oligiste dans le gneiss ;
- 29° Saint-Antoine, oligiste et magnétite dans le schiste talqueux ;
- 30° Oued Bou-Cherilla, hématites dans les schistes liguriens ;
- 31° Aïn-Ben-Merouan (mine concédée), hématites rouges ;
- 32° Filfila (mine concédée), amas ou couche d'hématite rouge dans l'étage cristallophyllien ;
- 33° Fendek (mine concédée), mêmes conditions de gisement que dans les deux numéros précédents ;
- 34° Bou-Ksaïba, hématites dans les schistes liguriens ;

- 35° Oued Meçadjet, hématites (schistes liguriens) ;
- 36° Ben-Gessa, hématites (schistes liguriens) ;
- 37° Tebeïga, fer oxydulé et hématite rouge (sans cristallophyllien) ;
- 38° Aïn Mokra (mine concédée), fer oxydulé et hématite rouge, couche de puissance fort irrégulière intercalée dans les schistes cristallophylliens et tenant la place d'un banc calcaire, exploitation très achevée ;
- 39° Marouania, même genre de gisement ;
- 40° Bon-R'beya, couche de magnétite et d'hématite rouge dans le gneiss ;
- 41° Tartara, hématite rouge manganésifère ;
- 42° El-Mklmen (mine concédée), couche de fer oxydulé et d'hématite associée à du calcaire intercalée dans les schistes cristallophylliens ;
- 43° Karézas (mine concédée), mêmes conditions de gisement que le n° 42 ;
- 44° Meboudja (mine concédée), mêmes conditions de gisement que le n° 42 ainsi que
- 45° Bou-Hamra ;
- 46° Fedj-Makta, petit amas d'hématite brune, et enfin
- 47° Oued-el-Haroug, lentilles d'hématite dans les schistes liguriens.

« De tous les gîtes métallifères signalés en Algérie ceux de fer sont les plus répandus. Leurs conditions de gisement sont variées, et leurs âges, autant qu'on peut les reconnaître, sont fort variés aussi..... mais la majeure partie, les deux tiers à peu près, rentrent dans une des trois catégories principales qui sont indiquées ci-après : »

« La première catégorie comprend à elle seule un peu plus du tiers du nombre total, et on pourrait la désigner par la qualification d'épigénique. Elle comprend des affleurements d'hématite généralement tendre se développant dans des calcaires d'âges divers qui ont subi le plus souvent une épigénie partielle, la venue du fer a eu lieu à l'état de carbonate. »

« Une deuxième catégorie, qui numériquement n'est guère que le tiers de la première, est fournie par des filons marneux (mines de Gouraya, Messelmoun).

« La troisième catégorie est située dans des terrains anciens et paraît le plus souvent en faire partie à titre de dépôt contemporain de celui des couches ; le minerai est une association de fer oxydulé et d'hématite rouge ou d'oligiste ; l'exemple principal est le grand gîte d'Aïn-Mokra.

« Les minerais de première catégorie se rencontrent pour la majeure partie dans la moitié de l'Algérie située à l'ouest du méridien d'Alger ; les minerais de troisième catégorie se trouvent au contraire dans la moitié orientale ; ceux de deuxième catégorie sont jusqu'ici confinés dans le département d'Alger.

« La première émission de fer en Algérie a eu lieu à un âge des plus anciens, puisque dans les terrains cristallophyllien et archéen les dépôts ferrifères pa-

« raissent généralement contemporains des couches du terrain où ils se trouvent
« inclus. On trouve également une venue de fer à l'époque oxfordienne.

« Dans beaucoup de gîtes de la première catégorie, les minerais se trouvent au
« contact des schistes anciens et des calcaires, les uns certainement, les autres
« très probablement liasiques. Il se peut que leur existence remonte au moins en
« partie au commencement de l'époque jurassique; mais d'ailleurs les émissions
« ferrières ont certainement continué à peu près jusqu'à nos jours.

« Il semble d'ailleurs que l'émission la plus abondante ait eu lieu à l'époque
« cartennienne et avec une dissémination très étendue. (*Notice minéralogi-*
« *que par le service des mines*). »

Parmi les échantillons exposés au pavillon de l'Algérie, nous avons relevé
quelques types que nous citons :

Minerais de Tazout ou de l'Orous, (hématites rouges et brunes) présentant la
composition suivante :

	I	II	III
Fer métallique	53.52	54.00	57.76
Manganèse	1.43	3.74	0.74

Poids du mètre cube de ce minerai, 4 tonnes; cube du minerai contenu dans
le gîte reconnu 2 208 000 mètres cubes; poids de l'ensemble 8 853 000 tonnes.

Hématites très manganisifères de la mine de fer Bab M'Tomba (Oran), trois
gîtes reconnus, l'un d'eux à 1 000 000 de tonnes contenant : fer 54 %, manga-
nèse 8,97.

Les trois départements algériens avaient d'ailleurs chacun une belle exposi-
tion de leurs minerais métalliques.

Les collections de MM. Bials (d'Oran), de MM. Barber et Sactor (Oran), de
M. Cerner (Bône), de la Compagnie Châtillon et Commentry, des Comices
agricoles d'Orléansville, de Sidi-bel-Abbès, Compagnie de Mokta, Cartel (Lyon),
MM. Giraud frères (Oran), Harlaut, Jacquaud (Lyon), Martinot (Constantine),
Société de Fendek (Constantine). etc., ont exposé des échantillons des divers
types de minerais de fer que nous avons décrits.

ESPAGNE

La section espagnole n'a donné qu'une fraction très petite de ce qu'elle pou-
vait montrer comme minerais de fer; on a remarqué dans les galeries, les di-
vers échantillons qu'avait envoyés la Chambre de commerce de Huelves où domi-

naient naturellement le cuivre ; les minerais des *mines de Malgrat* (province de Barcelone) à teneur de 55 % de fer, dont 100 000 tonnes ont été exportées en Belgique, les minerais de fer spathique et hématite brunes des *mines de la Bidassoa*, exportés en France, les échantillons des minerais de fer de la province de Léon, les minerais de fer de la *Société anonyme de Biscaye*, des *mines de Somorrostro* et enfin les minerais de fer del Pedroso (province de Séville).

Comme les minerais de fer espagnols sont des produits d'exportation qui servent en partie à l'alimentation de nos hauts-fourneaux, nous allons les examiner avec quelques détails en prenant pour types les exploitations importantes.

Les gisements ferrifères de la Péninsule ibérique fournissent des minerais qui offrent des caractères spéciaux variant avec les districts qui les renferment ; les provinces littorales du Nord et du Sud offrent surtout ces sortes de gisements. Ainsi par exemple le Somorrostro donne un peroxyde de fer brun et rouge et du fer carbonaté manganésifères.

D'ailleurs les minerais carbonatés espagnols s'exploitent dans plusieurs districts des Pyrénées et se traitent sur place par la méthode catalane ; les minerais oxydés des Asturies sont traités dans les hauts-fourneaux des usines nationales.

Les gisements de Bagur, de Malgrat, de la côte de Carthagène, de la Garrucha, d'Almeria, etc., produisent des minerais pour l'exportation, surtout pour la fabrication des fontes manganésées grises et lamelleuses.

La mine de Bagur (province de Girona) fournit un minerai oxydulé magnétique de couleur bleuâtre, à gangue siliceuse, rendant environ 50 % de fer. Les mines de Malgrat, plus au sud (province de Barcelone), donnent un minerai hydroxydé de couleur brune, légèrement manganésifère, renfermant 45 à 50 % de fer.

Voici quelques analyses faites sur des échantillons de minerais espagnols :

	Minerai de Carthagène		Minerai de la Garrucha	
	I	II	III	IV
Oxyde fer	80	76.00	47	41
Manganèse.	métal 0.30	4.3	métal 2.5	5
Silice	7.7	3.8	2	10.6
Alumine.	0.9	0.6	3	3.5
Chaux	0.30	1.6	10	4.4
Magnésie	»	»	1	9.9
Soufre	0.29	0.17	0	0.7
Eau et matières volatiles . .	11.00	11.5	13.4	14.15
Oxygène et pertes.	0.60	1.5	20.5	20.30

Les quatre exposants qui ont surtout attiré l'attention sur les mines d'Espagne sont les Sociétés d'exploitation des mines de la Bidassoa, des mines de Malgrat, de Somorrostro et de la Société de Biscaye.

La Société franco-belge des mines de Somorrostro exploite le célèbre gisement de minerai de fer situé sur le plateau de Somorrostro près de Bilbao; le tableau suivant donne les quantités de minerais embarquées pour l'exploitation de 1878 à 1888.

Années		Années	
1878. . . .	1.225.000 tonnes	1884. . . .	3.155.000 tonnes
1879. . . .	1.107.000 »	1885. . . .	3.295.000 »
1880. . . .	2.345.000 »	1886. . . .	3.160.000 »
1881. . . .	2.500.000 »	1887. . . .	4.170.000 »
1882. . . .	3.692.000 »	1888. . . .	3.591.000 »
1883. . . .	3.378.000 »		

Le grand plan exposé par la Société franco-belge, montrait l'ensemble des mines et des moyens de transport depuis les chantiers jusqu'à la rive gauche de Nervion qui sert de port à tout le district minier de Bilbao.

En faisant connaître les minerais exploités par les Sociétés franco-belge, nous faisons connaître les qualités de tous les gîtes du district de Bilbao.

La région ferrifère des environs de Bilbao appartient aux étages néocomien et cénonien; les minerais qui s'y trouvent sont des limonites ou des hématites brunes qui semblent résulter de la décomposition des fers carbonatés ou spathiques qui se trouvent en abondance dans la contrée. Les minerais de fer de Bilbao portent des noms locaux qui les distinguent et les groupent en variétés marquées savoir :

1° Le *Campanil* (ainsi appelé à cause de la sonorité de ses fragments), forme une grande lentille d'environ 1 800 mètres de diamètre reposant directement sur les calcaires bleus fossilifères; elle est divisée par plusieurs failles dirigées du N.-O. au S.-E., dont la principale a un rejet de 70 mètres de profondeur vers le N.-E.; l'épaisseur maximum de cette lentille vers le centre est de 52 mètres.

Le campanil est un minerai compact, d'un beau rouge, contenant en certains endroits des blocs isolés de carbonate de fer cristallisé et plus souvent des cristaux de carbonate transformés en oxyde, tout en ayant conservé leur forme, c'est le plus recherché des minerais du district à cause de sa fusibilité.

Voici l'analyse d'un échantillon desséché à 100°.

Eau et acide carbonique. . . .	9.50	}	
Silice	6.00		
Alumine	0.83		
Chaux.	5.00		
Magnésie	1.70		
Peroxyde de fer.	75.86		
Oxyde rouge de manganèse. . .	1.11		
Pyrite de fer.	traces		
Acide phosphorique.	traces	}	
	100.00		
			Fer métallique . . . 53.10
			Manganèse métall. . . 50.80

2° La *Vena* (autre variété), est un minéral tendre et friable qui se trouve souvent en amas importants et isolés sur le calcaire supérieur ou sur le campanil; il est plus riche que ce dernier, mais son triage est plus difficile et il est plus friable.

Voici l'analyse d'un échantillon *vena* :

Eau et acide carbonique.	5.90
Silice.	1.05
Alumine.	0.15
Chaux.	1.00
Magnésie	0.20
Protoxyde de fer	traces
Peroxyde de fer	90.40
Protoxyde de manganèse.	1.30
Acide phosphorique.	traces
	<hr/> 100.00
Fer métallique.	63.28
Manganèse métallique	1.05

3° Le *rubio* paraît se rattacher aux filons reconnus dans les Pyrénées depuis les Asturies jusqu'en Aragon; ils ont tous une orientation à peu près constante dirigée N. 30° O., leurs chapeaux en épanchements à la surface ont souvent donné lieu à des amas considérables, exploitables, dans lesquels on a trouvé des fossiles de l'éocène (*cerithium giganteum*); le *rubio* affecte en général une structure feuilletée; l'analyse suivante, sur un échantillon à 100°, donne pour sa composition :

Eau et acide carbonique.	7.30
Silice.	10.50
Alumine	1.70
Chaux.	0.40
Peroxyde de fer	79.30
Oxyde rouge de manganèse.	0.80
Acide phosphorique.	traces
	<hr/> 100.00
Fer métallique	55.51
Manganèse métallique	0.58

4° Le *fer carbonaté* se présente tantôt sous forme de carbonate blanc presque chimiquement pur, tantôt sous forme de masses grises compactes; il n'a pas été encore exploité; sa composition est la suivante :

Acide carbonique et eau.	36.28
Silice.	2.70
Magnésie	3.21

Chaux	0.87
Protoxyde de fer.. . . .	50.18
Peroxyde de fer	5.31
Protoxyde de manganèse. . .	1.00
Pyrite de fer.	0.45
	<hr/>
	100.00
Fer métallique.	42.96
Manganèse métallique. . . .	0.77

Le minerai grillé donne 57 % de fer métallique et 1 % de manganèse.

Il paraît que ce fer carbonaté a été la forme originelle sous laquelle le fer est apparu dans la région à diverses époques et que les minerais oxydés semblent provenir de la décomposition des carbonates. Le *campanil* paraît le plus ancien (crétacé); le *rubio* est plus récent (éocène), la *vena* semble résulter du remaniement des deux précédents.

La *Compagnie franco-belge* a exposé un plan en relief de son exploitation, l'abatage se fait à ciel ouvert; les photographies exposées représentent aussi les détails de l'extraction et de transport du minerai. Le plan inférieur au n° 1 a un développement total de 674 mètres; son profil en long, d'après la notice publiée par la Société de Somorostro présente une pente moyenne de 30 % et une pente maxima de 36 % près de la tête. Il est muni de câbles en acier de 0^m,038 de diamètre s'enroulant sur deux tambours coniques de 5 mètres de diamètre moyen réunis par leur grande base; au moyen d'engrenages, aux tambours, est adapté un frein à ailettes. Le plan incliné (1) peut descendre 2 600 tonnes par jour; le plan incliné n° 2 a un développement de 355 mètres avec une pente de 50,5 %; les wagons pleins et vides sont attachés à un câble unique s'enroulant sur deux poulies horizontales.

La *Compagnie Bidassoa Railway and mines* (Compagnie des chemins de fer et mines de la Bidassoa) qui exploite la mine des *Trois Couronnes* (mont Aya) a exposé de beaux échantillons d'hématite brune, d'hématite concrétionnée, de fer spathique, minerais qui présentent la composition moyenne suivante :

	Hématite brune	Hématite concrétionnée
	I	II
Oxyde ferrique	78.7	81.81
Oxyde de manganèse. . . .	2.5	2.64
Alumine	1.19	0.20
Chaux	0.6	0.63
Magnésie	»	»
Acide phosphorique. . . .	»	»

1. Installé par la maison Malissard-Taza, d'Anzin.

Soufre de la pyrite de fer..	0.10	0.12
Silice	5.87	3.35
Acide carbonique. . . .	»	»
Eau et matières organiques.	11.00	11.85
	<u>100.00</u>	<u>100.00</u>
Fer métallique.	55.09	57.25
Manganèse métallique.. .	1.94	2.04
Humidité.. . . .	3.01	8.37

Les fers spathiques de la Compagnie de la Bidassoa présentent la composition suivante :

	Fers spathique (carbonate)
Oxyde ferreux	48.15
Oxyde ferrique	5.86
Oxyde de manganèse. . . .	5.61
Alumine.	0.70
Chaux	0.21
Magnésie	1.08
Soufre de la pyrite de fer. . .	0.10
Silice.	1.24
Acide carbonique.. . . .	34.95
Eau et matières organiques. .	1.50
	<u>100.00</u>
Fer métallique	41.55
Manganèse métallique. . . .	4.35
Humidité	0.11

Le fer spathique calciné présente la composition suivante :

Fer métallique.	56
Manganèse métallique	6

On compte habituellement une unité de manganèse pour deux de fer, soit donc :

Fer métallique.	56
unités de manganèse valent. . . .	12
	<u>68 % de fer.</u>

ITALIE

L'Italie est fort riche en minerais de fer; les districts ferrifères les plus remarquables sont: le Piémont (vallée d'Aoste), la Haute-Lombardie, (val Trompia, val Sablia), l'île d'Elbe et l'île de Sardaigne. L'île d'Elbe et l'île de Sardaigne fournissent des minerais de fer aux usines du bassin du Rhône et de la Loire, ces îles italiennes donnent des minerais de très bonne qualité, principalement des minerais oxydulés ou magnétiques, des oligistes et des fers carbonatés. Les minerais italiens produisent diverses variétés de fonte, les unes propres au moulage en première fusion (minerais carbonatés), les autres de nature à produire un fer doux sans procédés spéciaux (minerais oxydulés et oxydés), les autres enfin à donner des fers acieureux et de l'acier (minerais carbonatés manganésifères). Les minerais qui viennent de l'île d'Elbe et de la Sardaigne sont employés avec les minerais d'Espagne et d'Algérie pour la confection des lits de fusion des usines du bassin du Rhône et de la Loire.

L'île de Sardaigne renferme des gisements ferrifères en assez grande quantité; un des plus beaux gîtes est celui de Saint-Léon, constitué, pour ainsi dire, par une montagne de fer oxydulé, grenu ou compacte. Le gisement exploité par la *Compagnie des hauts-fourneaux, forges et aciéries de la marine et des chemins de fer* (ancienne Compagnie Petin-Gaudet) donne un minerai très pur à gangue siliceuse dont on extrait jusqu'à 50,000 tonnes par an; il est consommé par les hauts-fourneaux de Tonga (Corse) et de Gisors: ce minerai présente la composition suivante:

Protoxyde de fer	24
Peroxyde de fer.	62
Oxyde de manganèse.	0.80
Chaux	traces
Magnésie	traces
Soufre	0.20
Silice.	13.09

Le minerai oxydulé, — dont les échantillons ont figuré à l'Exposition, dans les installations des exploitants, — est éminemment propre à la fabrication des fontes pour le traitement à l'appareil Bessemer.

On exporte aussi de l'île de Sardaigne deux autres variétés de minerais: un fer oligiste micacé contenant 98,90 % de protoxyde de fer et 1,10 % de silice et un

minéral magnétique non manganésifère, contenant, protoxyde de fer 24,90, peroxyde de fer 62,60, silice 12,60.

Examinons maintenant les terrains et les roches qui renferment ces différents minerais de fer et les conditions des gisements métallifères de la contrée.

La roche fondamentale de l'île de Sardaigne est le granit à grains moyens, ordinairement de couleur rose, traversé par des veines de porphyre et de diorite verdâtre. La roche granitique qui forme comme l'ossature de l'île est à découvert, sur une grande étendue. Les plus anciennes roches stratifiées sont les gneiss et les micaschistes, qui occupent la partie septentrionale de l'île; ces roches cristallophylliennes forment comme une ceinture au granité qu'elles recouvrent sur beaucoup d'endroits. Le terrain silurien, bien déterminé par sa faune (*trilobites*, *orthoceratites*, *orthis*), constitué par des schistes lustrés, micacés ou talqueux à couleurs variées, alternant avec des grauweekes et des calcaires subcristallins, est essentiellement intéressant, car il est très riche en minerais: il est entrecoupé, commelardé, de filons et de veines métallifères: il renferme les gisements des minerais exploités en Sardaigne.

Le terrain métallifère de la Sardaigne se divise en cinq districts distincts, savoir: au Sud-Ouest, district d'Iglésias, le plus important; au Nord-Est, de Cagliari; le troisième au Nord-Est de Nuovo, dans la région du mont Alvo; le quatrième avoisine Ozieri; le dernier, au Nord-Ouest forme la région de la Nurra.

Les calcaires et les schistes forment la plus grande partie des roches primaires et métallifères. Les filons d'émanation ou d'épanchement et les filons de thermalité (minerais de Plomb), avec gangues de quartz, barytine, fluorine, pyrite, blende, calcopyrite, etc., sont nombreux dans les roches schisteuses. Les filons qui sont dans le *calcaire silurien* forment une classe distincte de ceux qui traversent les schistes; leurs gangues sont le quartz granuleux ou cristallisé, le calcaire spathique, l'argile sans barytine ni fluorine.

M. Sella distingue en Sardaigne trois classes de filons métallifères; 1° filons en discordance avec la stratification; 2° filons en concordance avec la stratification; 3° gîtes anormaux, amas.

Les filons ferrifères, les seuls dont nous nous occupons en ce chapitre, sont très abondants dans l'île de Sardaigne. La magnétite s'y trouve en veines plus ou moins puissantes, répandues dans le granit, dans le schiste, ou à leur contact. Dans les calcaires anciens d'Iglésias, où se montrent des alternances régulières de schiste et de calcaire, on trouve des gisements d'hématite. L'hématite se trouve aussi dans les sols trachytiques de l'île, mais le plus important des gîtes ferrifères est celui de Saint-Léon, près de Cagliari.

Le gisement de magnétite qui court dans la direction du méridien magnétique avec inclinaison à l'Ouest, comme les schistes diluviens, est spécialement carac-

térisé par l'abondance des grenats aux bancs du toit. D'ailleurs le grenat et l'amphibole se trouvent communément aux gîtes analogues de cette région.

« Au milieu de l'archipel Toscan, dit Simonin, vis-à-vis de la pointe de Piombino, que la Péninsule italienne détache sur la mer comme une sentinelle avancée, le marin reconnaît une île plus grande que les îles voisines, et dont les montagnes élevées, aux pentes raides, se dressent au-dessus de l'eau, semblables à d'énormes pyramides du côté qui fait face à la terre ferme; les flancs dénudés des roches qui composent le sol affectent une teinte de rouille très caractérisée: le pays n'est là qu'une immense montagne de fer: c'est l'île d'Elbe ».

En effet dans la pétrographie elbaine, aucune roche n'a l'importance des minerais de fer. Des filons de fer se trouvent sur beaucoup de points de la côte orientale; mais les masses ferrugineuses les plus importantes sont: le Monte-del-Calandaggio, Monte-de-Rio, Terranera, capo Bianco, Poggio-al-Turco, Calamita. Ces localités constituent trois groupes ferrifères qui forment deux centres métallifères ou régions ferrifères, la *Riesse* et la *Langonesse*. Les masses de fer les plus puissantes et les plus étendues sont celles de Riobano, de Rio (hématites, oligistes), et de Calamita (magnétite). Le volume du minerai de Riobano peut être évalué à 6.000.000 de mètres cubes; sa hauteur verticale est d'environ 10 mètres et 20 mètres à Pistello. Le minerai de fer au contact du schiste et du quartzite contient des sulfures métalliques particulièrement concentrés vers les couches des épontes. En haut, l'oligiste est plus compact et renferme des cristaux de quartz; en s'élevant dans le filon, on trouve une variété spéculaire avec lamelles disposées autour d'un centre. Une variété, pleine de cristaux des quartz forme la veine quartzreuse appelée *marmigno*; l'autre variété est pleine d'un schiste blanc, nommé *bianchetto*. Le minerai de Riobano ressemble à celui de Mokta-el-Hadid (Algérie).

Le champ ferrifère de Rio-Vigneria, au levant, se termine à la mer; la montagne de Rio est la plus anciennement exploitée, le minerai est l'hématite et l'oligiste; enfin le minerai quartzeux (*marmigno*) ne manque ni à Rio ni à Vigneria. La Terranera avec Capo Bianco forme la partie centrale de la zone ferrifère de l'île d'Elbe; le minerai le plus important et le plus abondant est l'hématite quartzreuse avec limonite.

Le minerai de Calamita occupe une aire très vaste; le minerai qui s'extrait est principalement de la magnétite épigénique sur l'hématite. La magnétite est condensée à la partie supérieure de la montagne, elle est essentiellement polaire, sa structure est granulo-fibreuse; à la cassure et dans les fentes elle est cristallisée. Le fer oligiste est compact, quelquefois associé à la limonite.

Le fer de la Calamita est accompagné de masses puissantes de pyroxénite et d'ilvaïte; le lien entre la pyroxénite, l'ilvaïte, l'épidote, la chlorite, l'amphi-

bole et la masse de fer est évident ; enfin à Polveraio, le grenat mélanite constituant une grenatite compacte est aussi en contact avec le gîte ferrique.

Il y a encore quelques années les usines de Chasle, de Toga (près de Bastia), de Solenzara (Corse) employaient des minerais de l'île d'Elbe. A Toga, les charges se composaient de 100 kilogrammes de charbon de bois et de 140 à 160 kilogrammes de minerai de l'île d'Elbe grillé rendant 61 % ; on y ajoutait 20 à 30 k. de castine par charge.

Parmi les minerais de fer oxydé des mines de Rio se trouve un oligiste écaillé et compacte qui a donné à l'analyse.

Protoxyde de fer	1.61
Sesquioxyde de fer	96.04
Magnésie.	traces
Silice.	2.15
Perte.	0.20
	<hr/>
	100.00
Fer métallique.	68.51 %

Le minerai contient souvent des traces ou des mouches de pyrite que l'on sépare le plus complètement possible : son rendement moyen est de 55 à 58 %.

Les minerais de l'île d'Elbe ont été traités de tout temps sur les côtes de la Méditerranée, surtout en Ligurie et en Toscane ; leur exploitation remonte à plus de 2 500 ans ; ils exigent, selon les procédés, une moyenne de 4 à 7 quintaux de charbon pour un quintal de fer produit.

Les hauts-fourneaux italiens fondent les minerais de l'île d'Elbe ; la composition de la charge est la suivante : minerai 155 kilogrammes, castine 15 kilogrammes, charbon 70 à 80 kilogrammes, total 250 kilogrammes pour 100 kil. de fonte.

Le lit de fusion ordinaire est composé de la manière suivante : minerai 173 kilogrammes, castine 17 kilogrammes, charbon 115 kilogrammes, ce qui donne un rendement moyen de 58 %, qui descend quelquefois à 48 % ; la moyenne se maintient entre 55 et 58 %.

L'exposition minérale italienne n'a pas été brillante, M. Grégorini a exposé des échantillons des minerais de fer ; mais c'est chez les producteurs des fers et fontes qu'il a fallu aller chercher les données relatives aux minerais italiens qu'ils ont employés.

BELGIQUE

Grâce à sa grande production houillère, à ses minerais et à la facilité d'en recevoir de l'étranger, la Belgique produit en abondance de la fonte, du fer, de l'acier; de 1870 à 1887, elle a produit 11 109 350 tonnes de fonte et 10 271 245 tonnes de fer et acier. Cependant la production nationale du minerai de fer n'est pas suffisante et elle est en décroissance depuis une vingtaine d'années à cause de l'introduction des minerais espagnols dans la production sidérurgique belge. Voici d'ailleurs la statistique de la production du minerai de fer lavé depuis l'année 1865 à 1887.

1865.	1.018.231	1877.	207.159
1866.	886.641	1878.	191.512
1867.	519.740	1879.	253.497
1868.	628.046	1880.	224.882
1869.	654.332	1881.	209.212
1870.	696.636	1882.	216.490
1871.	749.781	1883.	176.755
1872.	777.469	1884.	187.118
1873.	527.300	1885.	153.378
1874.	365.044	1886.	185.186
1875.	269.206		
1876.	234.227	Total	24.226.632

L'exposition belge a été pauvre en minerais de fer; la société en commandite des hauts-fourneaux, forges et aciéries de Charleroy etc, (Caramin et C^e) a exposé quelques échantillons d'hématites de la Belgique.

La Société anonyme des forges d'Acoz tire ses minerais de ses concessions du Luxembourg et de l'Entre-Sambre et Meuse, pour ses qualités supérieures; elle les améliore au moyen des minerais d'Espagne, d'Algérie et de Norvège.

La Société anonyme des hauts-fourneaux de Monceau-sur-Sambre a exposé quelques échantillons de minerai de fer oligiste provenant de la mine de Marchevotte (Belgique) et des minerais oolithiques de Rumelange et Belvaux (Luxembourg).

Les usines de fusion de cette Société consomment 200 000 tonnes de minerai par an, dont 125 000 tonnes environ proviennent des exploitations de la Société.

La plupart des forges, à côté des produits fabriqués, ont montré les minerais

qu'elles fondent; ils sont à peu près tous les mêmes. Il sera donc plus simple et plus court de résumer dans son ensemble ce que l'exposition belge contenait comme minerais du pays.

Les minerais de fer exploités en Belgique sont l'oligiste, la limonite et le fer carbonaté lithoïde.

L'oligiste se rencontre sous divers états minéralogiques et sous deux positions géologiques très différentes.

A l'état laminaire, fibreux ou terreux, on le trouve dans quelques filons du terrain Ardennais et Rhénan (Silurien de Dumont) des provinces de Liège et de Luxembourg. A l'état oolithique il est très répandu et constitue plusieurs couches dans l'assise des schistes de Famenne (système *condrusien* de Dumont).

Le minerai de fer oolithique fournit un rendement de 35 à 40 % de fonte; la gangue qui renferme de la silice, de l'alumine, du calcaire et un peu de manganèse, est très fusible.

La *limonite* est exploitée en Belgique dans les positions et les étages les plus divers et son rendement est également variable; cette espèce se trouve en couches, en amas, en filons depuis les terrains récents jusqu'aux primaires; ces derniers terrains renferment de nombreux et importants gisements de limonite en amas ou en filons.

Le *fer carbonaté lithoïde* n'est exploité en Belgique qu'en petites quantités et avec la limonite dans les amas et les filons-couches.

Nous ne quitterons pas les minerais de fer belges sans citer le gîte ferro-manganésifère de Moët Fontaine, ce minerai a donné à l'analyse :

Acide carbonique.	0.155
Eau.	0.030
Silice	0.210
Alumine	0.057
Chaux.. . . .	0.020
Acide phosphorique. . . .	0.004
Gangues insolubles	0,284
Fer	0,183
Manganèse.	0,184

Le gîte qui constitue une véritable couche de 0^m,75 de puissance accompagnée d'une série de petites couches de même nature est constitué en profondeur par un carbonate double de fer et de manganèse au minimum d'oxydation.

NORVÈGE

La géologie de la Norvège est caractérisée par la prédominance des plus anciennes formations, schistes cristallisés et azoïques dans lesquels se trouvent toutes les richesses métalliques du pays. Les minerais de fer se montrent surtout dans des filons, soit comme fer magnétique, soit comme fer spéculaire (oligiste).

Les minerais de fer exploités pour la consommation du pays sont fondus au charbon de bois, mais la sidérurgie n'a pas en Norvège le développement qu'elle a acquis en Suède et son exposition de fer n'a pas d'importance. La Suède n'a pas exposé en 1889.

GRANDE-BRETAGNE

L'Angleterre, quoique employant des minerais espagnols, suédois, italiens, algériens, etc., en extrait une énorme quantité de son propre sol ; ils proviennent de plusieurs comtés anglais et du pays de Galles, de l'Ecosse et de l'Irlande.

La richesse sidérurgique des Iles Britanniques consiste principalement en minerai de fer carbonaté ; les mineurs anglais en reconnaissent deux sortes dans les houillères : 1^o les minerais en balles, *ball-iron*, en rognures dans les argiles schisteuses ou dans la houille ; 2^o les minerais en couches ou bancs-noirs, *flat-iron*, *black-band* qui forment des couches continues dans les parties inférieures du terrain houiller. Le *black-band* est le minerai spécial à l'Ecosse ; il rend de 60 à 65 % ; le Pays de Galles fournit un minerai qui rend de 25 à 30 % en fonte ; aussi les maîtres de forges s'approvisionnent au dehors, principalement avec les minerais de Lancashire et du Cumberland qui rendent de 45 à 50 % et avec des minerais provenant de la Suède, de l'Espagne, de l'Algérie, etc. Le minerai que fournit le bassin de Staffordshire a une teneur de 35 à 40 % en fer.

Le minerai des houillères du Nordshire a donné à l'analyse :

Carbonate de fer.	71,2
— de manganèse	traces.
— de chaux.	3,3
Argile et sable	20,8
Eau et bitume	3,6

Dans le district de Cleveland (nord-est de l'Angleterre), le minerai de fer se trouve en couches si puissantes et d'une étendue si considérable qu'on peut les considérer comme inépuisables. La couche principale du minerai de Cleveland est enclavée dans le lias; ces couches ont de 2^m,50 à 3^m,70 d'épaisseur.

Les analyses suivantes donnent la composition de trois types de minerais extraits de trois exploitations :

Protoxyde de fer.	38.06	32.92	37.07
Peroxyde de fer.	2260	3.60	4.48
Protoxyde de manganèse.	0.74	0.95	»
Alumine	5.9	7.86	12.37
Chaux.	7.77	7.44	4.67
Magnésie.	4.16	3.82	2.69
Potasse	»	0.27	»
Acide carbonique	22.00	22.85	23.46
Silice	10.36	8.76	10.63
Soufre.	0.14	0.11	»
Acide phosphorique.	1.07	1.86	1.17
Eau	4.45	2.97	3.36
	<hr/> 97.27	<hr/> 100.41	<hr/> 99.90
Fer métallique %	31.52	33.65	31.97

Le minerai de Cleveland fournit à peu près un tiers ou un quart de la quantité totale de la fonte fabriquée dans la Grande-Bretagne.

La sidérurgie anglaise se trouve dans des conditions exceptionnelles économiques, car elle trouve réunie à la même place le minerai et le combustible; de plus, les usines de fusion, dans le district de Cleveland, s'alimentent en combustibles à un prix si minime que la fonte s'obtient à un bon marché extraordinaire; c'est grâce à ces conditions que l'Angleterre a atteint une haute position comme nation manufacturière. Aux avantages précédents, dont jouissent les maîtres de forge anglais, il faut ajouter que les houilles anglaises donnent, sans lavage préalable, 75 % de coke propre à la fabrication de la fonte et que les matières réfractaires pour les fours et les creusets sont moins chers que sur le continent.

L'exposition anglaise renfermait peu d'échantillons de minerais de fer; nous citons les quelques exposants de ces produits des mines :

1° *Consett iron et C^o*, à Blackhill et à Glasgow, échantillons de combustibles et de minerais de fer ;

2° *Farnley iron et C^o*, à Leeds, spécimens de minerais de fer Farnley, argile réfractaire ;

Le minerai de fer de Farnley (Yorkshire) est d'une qualité supérieure à cause de sa pureté ; il est fondu dans des hauts-fourneaux à air froid ; la fonte produite affinée, puddlée et laminée donne le fer anglais connu sous le nom de Farnley Best Yorkshire.

3° *The Tharsis Sulphur and Copper* (Compagnie de Tharsis de soufre et cuivre), voir le cuivre.

RUSSIE

« A l'exception des mines de Nevtschinsk, dit M. de Buschen, et de l'Altai
« qui sont la propriété de S. M. l'Empereur, toute la production de fer appar-
« tient à la Russie d'Europe — les principales mines de fer se trouvent dans les
« Gouvernements de Perm, de Viatha, d'Orenbourg, d'Olonetz et de Vologda —
« de plus, il y a des mines dans presque tous les Gouvernements du centre et
« dans le pays des Cosaques du Don ; mais la production de ces Gouvernements,
« à l'exception de celle du Gouvernement de Nijni-Novgorod, est insignifiante
« en comparaison avec la production de la chaîne de l'Oural (Perm et Oren-
« bourg) qui fournit plus de 90 % de la valeur totale »

« Les fers russes sont excellents et propres à tous les usages, mais d'un prix
« très élevé qui les rend inaccessibles à la masse du peuple ; la principale cause
« de la cherté des fers, c'est la concentration des mines à l'extrémité de l'Em-
« pire, à une grande distance des principaux centres de consommation, et l'ab-
« sence du combustible minéral dans de bonnes conditions d'exploitation.
« La plus grande partie du fer russe est travaillée au bois — vu la qualité
« excellente des fers de l'Oural, ils sont recherchés en Europe où la Russie
« en exporte annuellement pour quelques centaines de mille de roubles. »

A l'époque où M. de Buschen écrivait les lignes précédentes (1867) la production était d'environ 14,904,764 pouds (2,450.727 quintaux) à 17,000,000 pouds (2,837,000 quintaux) de fonte de fer, en ajoutant la production de la Pologne, on peut porter à 21 millions de pouds la valeur totale de la production de la Russie en 1867 — ce qui était insuffisant il y a déjà vingt ans.

Les minerais de fer russes se trouvent dans les Gouvernements de Kalouza, de Nijni-Novgorod, Taruboff, Wladimir, Riazan, Toula, Orel, Penza, Kostroma ; dans le gouvernement d'Olenetz, le minéral de fer est très répandu dans les marais ; dans les terrains carbonifères et crétacés de Donetz, on trouve des couches puissantes d'un minerai de fer très riche contenant 40 à 50 % de fer.

Dans la Finlande, on exploite des minerais de fer oxydulé (magnétite), principalement à Helsing, Lojo, Pojo, Bierm ; en outre, on y trouve des lacs et des marais renfermant du minerai limoneux. Les minerais des lacs de la Russie sont des limonites terreuses ou compactes quelquefois en grains, d'autres fois sous forme de boues solidifiées ou durcies.

Les mines de l'Oural donnent du minerai de fer magnétique, contenant de 50 à 60 % de fer ; la mine de fer de Vissoko-Gora donne des fers d'une qualité égale à celle des meilleurs fers de Suède ; la magnétite qu'elle fournit contient en moyenne 96 % de fer oxydé ; les minerais magnétiques d'Orenbourg renfermant 94 d'oxyde de fer et rendent en moyenne 65 % de fonte. Les hématites brunes des mines de Kissegaud, d'Akhtend, de Bakolsk, etc., (gouvernement d'Oufa), les minerais de Petrosch, de Nikotofsk, etc. (gouvernement d'Ekatérinoslav), rendent de 49 à 60 % de fonte.

La Russie possède d'immenses richesses minérales ; par le travail et les capitaux, la sidérurgie russe peut devenir la rivale de la métallurgie suédoise,

Les usines métallurgiques de Nijnétaguïlsk consomment de 50 000 à 70 000 tonnes de minerai de fer traité au charbon de bois ; voici la composition de ces minerais :

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Silice. . . .	7.81	24.766	36.190	30.613	29.979	5.283	6.735	2.076	3.336
Alumine. . .	2.572	3.814	traces	0.157	1.802	1.238	14.554	4.672	2.300
Oxyde de fer .	80.047	68.986	61.428	61.940	67.618	89.318	73.332	93.491	92.267
Oxyde de manganèse	0.571	0.378	traces	traces	traces	0.405	1.516	traces	traces
Chaux	0.97	1.216	traces	traces	traces	2.203	4.058	traces	traces
Magnésie. . .	»	»	traces	traces	0.083	»	»	»	»
Soufre	»	»	0.154	0.356	0.046	»	»	»	»
Phosphore. . .	0.025	0.027	traces	traces	traces	0.275	traces	»	»
Cuivre	»	»	»	0.637	0.050	»	traces	»	»

	Limonites			Oligistes
	I	II	III	IV
Silice.	5.366	15.625	27.317	1.690
Alumine.	2.066	8.217	6.028	1.112
Oxyde de fer. . . .	81 570	68.862	48.978	94.920
Oxyde de manganèse.	»	0.962	0.568	»
Chaux	»	2.878	12.869	»
Magnésie	»	»	traces	»
Soufre	»	»	»	0.35
Phosphore.	0.865	1.305	»	traces

Dans le Pays des Cosaques du Don on exploite des minerais de fer, qui alimentent plusieurs hauts-fourneaux à coke.

A l'Exposition universelle de Paris de 1889, l'industrie sidérurgique de la Russie était représentée par plusieurs Sociétés; parmi elles nous citons :

1° *Société minière d'Alexeïeff*, qui a exposé des cokes et des minerais de fer;

2° *La Société anonyme des forges et aciéries, Huta-Bankava, à Dombrovo* des minerais de fer;

3° *La Société minière de la Russie méridionale*, à Novotscherkask, a exposé de nombreux échantillons de minerais de fer.

Entrons dans quelques détails sur le Midi de la Russie et en particulier sur le bassin de Donetz et plus spécialement encore sur les minerais de fer de Krivoï-Rog qui alimentent les hauts-fourneaux de Jussow.

L'Aperçu des richesses minérales de la Russie d'Europe, publié en 1878, décrit les gîtes de fer de Krivoï-Rog, fers magnétiques et oligites découverts par M. Pohl; les auteurs estiment à 2 milliards de tonnes la quantité de minerai à 60-65 % de fer contenu dans un seul rocher essayé sur les rives de l'Ingoulez, affluent du Dnieper. Depuis cette époque, le long de son sous-affluent, le Saxagan, on a découvert le prolongement des gîtes sur plusieurs kilomètres; diverses Sociétés (Compagnie française, Société Cockerill, Société des aciéries de Varsovie, etc.) exploitent les minerais de Krivoï-Rog qui sont d'une grande pureté et présentent beaucoup d'analogie avec ceux de Mokta-el-Hadig; de plus, comme facilité d'exploitation, le minerai de Krivoï-Rog ne le cède en rien aux minerais de Somorostro. La tonne de minerai contenant 10 % de fer en plus que le minerai de Bilbao, reviendra à environ 2 fr. 50 à 3 francs sur wagon à la station de Krivoï-Rog. La fonte obtenue à Seraing avec 4000 tonnes de ce minerai a produit les meilleurs aciers pour tous usages.

La Société métallurgique dnieproviennne du Midi de la Russie exploite plusieurs mines dans le groupe de Krivoï-Rog; les trois exploitations les plus importantes sont : 1° mine Galkowskaja, 2° mine Schmakoff, 3° mine Rostowsky. Cette Société possède à Kamenskoïe une des plus complètes usines métallurgiques de l'Empire russe et produisant annuellement 80000 tonnes.

Le minéral exploité à ciel ouvert, à Galkowskaja rend au haut-fourneau 60 %; celui de la mine Schmakoff, plus friable, mais plus riche, 70 %; le premier rendu à l'usine revient de 6 fr. 75 à 7 fr. 50 la tonne, le second à 9 francs la tonne.

La Compagnie française possède des minerais provenant des gites analogues ou contigus avec ceux de la Société métallurgique dnieprovienne qui ont figuré à l'Exposition de 1889.

La Société métallurgique du Midi de la Russie a exposé au Champ de Mars de nombreux échantillons de ses mines dont la composition est donnée par les analyses suivantes :

	I	II	III	IV	V	VI	VII
	Quartzites rouges	Minerais	Castine		Hématite de Krivoïrog		
Matières volatiles.	0.15	1.20	1.50	43.0	1.50	1.20	1.20
Silice et alumine.	60.30	1.40	3.50	0.50	3.50	1.40	1.40
Fer	24.25	67.60	65.70	0.55	63.70	67.80	67.60
Soufre.	»	0.01	0.080	0	0.086	0.01	0.01
Phosphore. . . .	»	0.033	0.033	8	0.033	0.033	0.033
Chaux	»	»	»	55	»	»	»

La Russie possède en Pologne un district, celui de Dombrova, où le minéral de fer et le charbon se rencontrent abondamment réunis. Mais cet avantage est annihilé par sa position géographique aux confins du grand Empire russe. L'Oural, par sa position privilégiée, au cœur des deux Russies, conservera encore longtemps les avantages qu'il obtient avec le combustible végétal et un marché étendu.

La métallurgie de la fonte passe en Russie par une période de rénovation; elle éprouve la même évolution que la métallurgie belge de 1825 à 1830 par la substitution du coke au charbon de bois et que la sidérurgie allemande de 1836 à 1850.

La Société métallurgique de Moscou a exposé aussi des échantillons de minéral de fer de diverses espèces.

SERBIE

Dans les galeries de la nombreuse collection de minéraux et de minerais exposés, dans le Pavillon de la Serbie, se trouvaient des minerais de fer de diverses

localités de ce pays; de plus, une carte des travaux minéraux de la région indiquait aux visiteurs les gisements les plus importants.

Les gisements de Mitrow-Rid ont envoyé des échantillons à l'Exposition avec des manganèses de la même contrée.

GRÈCE

Les mines de Laurium et de Séréphos ont aussi envoyé au Champ de Mars de nombreux échantillons de divers minerais dont nous parlerons plus loin; pour le moment, nous ne retenons que le fer.

La *Société de Laurium* a exposé des minerais de fer manganésés, la *Société des mines de Séréphos*, des hématites et des magnétites dont voici la composition :

	Hématite brune I	Hématite rouge II	Hématite brune III	Magnétite IV
Fer	57.80	48	56	65
Manganèse . .	0.89	2.70	3	0.37
Silice. . . .	6.75	4	6	»
Chaux	»	7.7	1.50	»
Phosphore.. .	0.08	0.02	0.027	0.09

La Grèce possède, sur divers points de son territoire, des gisements de minerais de fer qui ont été utilisés par les aciéries, les scories ferrifères, preuves d'antiques exploitations, sont très connues et très abondantes en maintes localités.

Les minerais de fer grecs se composent généralement de *sidéroses* (carbonate) d'*hématites*, de *magnétites* formant, tantôt des masses irrégulières dans les bancs des calcaires, tantôt des amas de contact entre les calcaires et les micaschistes et les schistes argileux; la plupart sont manganésifères.

La Société métallurgique hellénique de Séréphos exploite de riches minerais de fer qui se trouvent sous la forme d'amas tout près de la mer.

Les hématites brunes de Coutala, Mégaliyadi ont des puissances de 3 à 15 mètres; dans certains endroits comme à Mavra-Valadia et Armyropatamos l'exploitation peut se faire à ciel ouvert.

Les hématites brunes à teneur moyenne de 50 % de fer et 4 % de manganèse

ont une certaine analogie avec les minerais de Bilbao. Les gîtes ferrifères de Séréphos peuvent produire plus de 2 000 000 de tonnes de minerai.

Analyses des minerais de Séréphos

	de Maura-Baladia	de Mauri-Spilia	de Amyros-Potamos	de Chaidari-Athènes
	I	II	III	IV
Peroxyde de fer. . . .	80.64	63.47	67.00	55.43
Protoxyde de fer . . .	0.96	»	»	7.38
Protoxyde de mangan. .	0.98	8.73	3.27	»
Oxyde de manganèse . .	»	»	»	0.58
Alumine	1.20	0.20	0.60	6.87
Chaux	1.90	8.65	11.24	»
Magnésie.	1.63	0.48	1.20	8.97
Acide carbonique. . . .	»	6.80	8.83	»
Silice	7.23	3.47	3.10	10.05
Soufre.	traces	0.02	traces	traces
Acide phosphorique . .	0.87	0.07	0.83	traces
Oxyde de nickel. . . .	»	»	»	0.75
Oxyde de chrome	»	»	»	4.63
Eau combinée	5.68	4.43	2.55	4.82
Humidité.	0.81	1.57	2.18	0.58

Les minerais de fer (analyse IV) près d'Athènes, Chaidari sont intéressants sous le point de vue de leur teneur en chrome et en nickel; ils se présentent en amas de contact dans les calcaires et les micaschistes avec une puissance qui varie de 10 à 15 mètres, ils donnent en moyenne 44 % de fer métallique.

Actuellement que les aciers au chrome de Holzer et les aciers au nickel du Creusot jouent un rôle important dans les produits destinés à l'armée et à la marine, il est utile d'appeler l'attention de nos métallurgistes sur des minerais de fer contenant du chrome et du nickel.

Les minerais de Séréphos ont donné des fontes qui ont présenté la composition suivante :

FONTE

	pour Bessemer		de moulage	de forge	blanche
	I	II	III	IV	V
Fer métallique.	91.31	92.32	92.35	94.20	96.72
Carbone combiné	0.38	0.51	0.38	0.56	1.80
Carbone graphitoïde.. . . .	3.64	3.11	3.21	2.57	0.14
Manganèse.	3.68	2.58	3.31	1.73	0.83
Silicium.	1.54	1.36	0.63	0.85	0.31
Soufre.	0.00	0.05	0.04	0.03	0.13
Phosphore.. . . .	0.05	0.07	0.08	0.06	0.07

ROUMANIE

Parmi les produits exposés par la Roumanie nous avons remarqué de beaux échantillons de minerais de fer (hématites) provenant de Mosia Baia de Arena.

AMÉRIQUE

L'Exposition des divers Etats de l'Amérique a été vraiment remarquable, les Etats-Unis, le Brésil, le Mexique, la République Argentine, le Chili, etc., ont fait des exhibitions remarquables de leurs produits respectifs dans des pavillons spéciaux d'une architecture originale. Nous allons suivre pour continuer cette étude du fer le même ordre que précédemment.

Etats-Unis d'Union

Le fer se trouve dans presque tous les Etats et territoires de l'Union ; les gisements les plus remarquables sont situés dans les Etats du Maine, de Massachusetts, du Connecticut, de New-York, de Pensylvanie, de New-Hampshire, de Maryland, de Virginie, de Caroline, de Géorgie, de l'Alabama, de Tennessee, de Kentucky, d'Ohio, de Michigan, d'Indiana, de l'Illinois, du Missouri, etc., ils existent surtout dans la grande bande qui entoure tout le bassin Apalachien, et dans les roches paléozoïques. Les minerais de fer du lac supérieur sont bien connus ; ce sont les oligistes spéculaires ou schisteux et des fers oxydulés, les gisements remarquables de Marquette dans l'Etat de Michigan fournissent des quantités considérables de minerais dont la composition est la suivante :

Peroxyde de fer.	49.00	58.00	61.37
Fer oxydulé.	19.00	26.00	30.80
Oxyde de manganèse	1.30	1.25	»
Acide titanique.. . . .	1.20	2.00	9.21
Gangue.	28.50	12.50	18.00
	<hr/> 99.00	<hr/> 99.75	<hr/> 99.38

Les hématites brunes et rouges, oolithiques et stratifiées, fossilifères qui apparaissent le long des cours de l'Alabama, du Tennessee, de la Coosa présentent la composition suivante :

	Comté de Jefferson		Comté de Shelby		Comté de Calhon	
	I	II	III	IV	V	VI
Peroxyde de fer.	88.02	82.67	76.87	82.82	85.72	84.37
Silice	11.59	13.44	20.74	0.29	1.78	0.15
Alumine	0.07	3.09	1.55	0.35	0.09	1.24
Chaux.	0.05	traces	»	traces	»	0.08
Oxyde de manganèse	traces	0.40	0.51	0.77	»	traces
Acide phosphorique.	0.9	0.06	traces	0.15	0.11	0.56
Eau	»	»	»	14.62	11.67	14.78
	<hr/> 99.82	<hr/> 99.66	<hr/> 99.67	<hr/> 99.00	<hr/> 99.78	<hr/> 99.18
Fer métallique %..	61.61	57.87	53.81	57.07	60.00	59.06
Densité.	4.102	2.964	»	»	»	»

Les minerais carbonatés des comtés de Piffersen et de Walker ont donné à M. Tuoncey, la composition suivante :

	I	II
Carbonate de protoxyde de fer. . .	86.95	70.84
— de manganèse.	3.04	1.58
— de chaux	2.12	2.31
— de magnésie.. . . .	0.12	7.64
Peroxyde de fer	0.43	1.20
Alumine.	0.06	0.13
Eau.. . . .	1.17	0.84
Matière insoluble.. . . .	6.37	14.94
	<hr/> 100.16	<hr/> 99.43
Fer métallique %	42.23 %	35.04 %

Le fer carbonaté abondant dans les houillères, est facilement réductible ; il est surtout employé dans les Etats-Unis pour faciliter la fusion des minerais plus riches et plus réfractaires.

Les Etats-Unis qui avaient envoyé aux expositions de 1867 et 1878 de nombreux échantillons de leurs minerais de fer se sont presque complètement abs-

tenus en 1889 en ce qui concerne les minerais ferrifères ; ils ont pensé que la démonstration de leur richesse et puissance sidérurgiques était suffisamment faite ; mais si les substances minérales ferrugineuses étaient à peine représentées par quelques échantillons de fer magnétique, les minerais des autres métaux et principalement des métaux précieux étaient largement et magnifiquement représentés comme aussi les minerais de collections et d'applications industrielles. La compagnie *Dickerson Suchadung mining* a exposé des minerais magnétiques, la société Oregon Imersteel plusieurs variétés de minerais de fer.

MEXIQUE

La remarquable exposition du Mexique, si riche en métaux précieux et en roches d'ornement, ne renfermait que quelques échantillons du premier et du plus utile des métaux, le fer. — Nous y avons remarqué quelques échantillons de minerais de fer magnétique. Le Gouvernement ou l'Etat de Durango, provenant du Cerro del Mercado et de quelques autres localités. Les mexicains estiment que le Cerro del Mercado est le plus grand dépôt de minerais de fer du monde. — Deux compagnies exploitent ce célèbre gisement, ce sont la compagnie américaine « *Iron Moulain Manufacturing Co* » et la compagnie « *Manufactura Mexicana* de Durango.

La densité de minerai del Cerro del Mercada est de 4 658, il donne 70 à 75 % de fer ; on estime à 230 millions de tonnes le fer contenu dans la masse du gîte.

Le fer existe aussi aux Etats de Jalisco (minerais rouges, gris, fer oligiste, hématites rouges et brunes), de Guerrero (hématites rouges et brunes, fibreuses, compactes, etc.), de Oaxaca, de Hidalgo, de Mexico, etc. En plus des minerais de fer magnétiques, oligistes, sidéroses, hématites, etc., on trouve au Mexique des quantités considérables de fer météorique.

Météorite.

Le pavillon mexicain renfermait 13 échantillons de météorites (modèles en plâtre) exposé par la commission géologique du Mexique sous la direction de M. Antonio del Castillo ; ces fac-simile sont assez intéressants pour qu'on les

cite ici avec leur provenance, leur poids et leurs dimensions se rapportant aux originaux :

1° *Météorite de Concepcion*, district de Allende, Etat de Chihuahua découvert en 1600, longueur 1 mètre, hauteur 0^m,40, largeur 1 mètre, densité 7,76, poids 3 130 kilogrammes.

2° *Météorite de Zacatecas* découverte en 1792, longueur 1^m,06, largeur 0^m,50, hauteur 0^m,25, densité, poids 1 000 kilogrammes ;

3° *Météorite de Xiquipilco*, vallée de Toluca, Etat de Mexico ;

4° *Météorite de Chupaderos* (district de Jimenez, Etat de Chihuahua), longueur 2^m,15, largeur 1^m,10, hauteur 0^m,50, densité 7,80, poids 9 290 kilogrammes, découverte en 1581 par le capitaine Antonio d'Espejo.

5° *Météorite de Chupaderos*, dans le même district de Jemenez, découverte aussi en 1581 par le même Antonio Espejo, longueur 2^m,50, largeur 2 mètres, hauteur 0^m,40, densité 7,80, poids 15 600 kilogrammes.

6° *Météorite de San Grégorio* district de Allendé, état de Chihuahua, hauteur 1 mètre, diamètre à la base 1^m,20, densité 7.74, poids 11 560 kilogrammes découvert en 1600.

7° *Météorite de Janhuillan*, état d'Oanaca, transporté à Mexico en 1864, densité 7,80, poids, 421 k. 036.

8° *Météorite de la Desabridora*, district de Catorce, état de San-Luis de Potosi, découvert en 1780, densité 7,38, poids 578 kilogrammes.

9° *Météorite de Santa-Rosa*, état de Coahuila, poids 63 kilogrammes.

Enfin quatre autres petits météorites sans désignation de lieu de provenance, et sans indication de poids ni de densité. Les originaux de ces météorites dont la densité est à peu près celle du fer, se trouvent à Mexico.

Avant de terminer cette courte revue des minerais de fer de la République mexicaine, nous devons signaler les beaux échantillons de martite cristallisée et les fers provenant des minerais de la Encarnacion, district de Zimopan, état d'Hidalgo.

Nous profitons de l'occasion des minerais du Mexique, pour exprimer à M. Gilberto Crespo, ingénieur des mines mexicain, en particulier, et à la commission en général, nos sincères remerciements pour la bienveillance avec laquelle nous ont été communiqués ou donnés les documents ou renseignements demandés.

La sympathie que nous avons pour la commission et l'exposition du Mexique nous font regretter que cette très remarquable collection de riches minéraux et minerais ait été présenté au public sans notes statistiques de production et sans analyses des espèces exposées.

BRÉSIL

Le fer est très commun dans les terrains du Brésil où il se trouve sous les formes les plus variées ; tantôt, c'est sous celle de fer magnétique (Sierra d'Itabira, province de Minas-Geraes) tantôt en dépôts de fer oxydé et passé à l'état de martite, province de Saint-Paul et tantôt il se présente en oligiste et en fer micacé (Minas-Geraes) passant par décomposition à la limonite. Ainsi donc le fer se trouve au Brésil à l'état d'oxyde magnétique, d'oligiste, d'oligiste micacé d'hématites et en filons ou en couches. La magnétite, privée de pyrite contient 72,50 % de fer, l'oligiste, la martite et la plupart des minerais de fer micacés 70 %, les minerais brésiliens qui donnent d'excellents fers sont traités au charbon de bois.

« La richesse du Brésil, dit M. Henri Garceix, directeur de l'École des mines
« d'Ouro-Preto, en minerais de fer est telle que dans certaines parties de la
« province de Minas-Geraes, des minerais de première qualité sont employés aux
« usages les plus vulgaires... C'est encore cette province, comme pour l'or et le
« diamant qui occupe le premier rang ; parmi les privilégiées, viennent ensuite
« celles du San-Paulo, Santa Catharina, Motto-Grosso, Espirito-Santo, Bahia. A
« Minas-Geraes, les minerais de fer ne forment pas des amas profondément en-
« fouis dans le sol, mais bien d'énormes couches, souvent superficielles, ou des
« montagnes de centaines de mètres de hauteur. Ils appartiennent à deux clas-
« ses bien distinctes : celle des itabarites et celle des conglomérats ferrugineux
« ou *Canga*.

« Les premières roches forment en général le terme supérieur des terrains ar-
« chéens de Minas. Lorsqu'elles se présentent avec leurs caractères typiques
« elles sont formées de zones parallèles, souvent ondulées, plissées, d'oligiste
« écailloux et de quartz... Comme minéraux accessoires, les oxydes de manganèse
« la marlite, la magnétite, la lithomarge y sont fréquents, je n'y ai jamais ren-
« contré de sulfures. Leur consistance est en général assez friable, la structure
« schisteuse fréquente, mais souvent la roche se réduit à une masse sableuse.
« Le quartz venant à disparaître complètement, elles passent à des roches uni-
« quement formées de fer oligiste, de magnétite et d'oxyde de manganèse, qui
« représentent les plus beaux minerais de fer que l'industrie puisse désirer. Dans
« ce dernier cas, ce sont ou des couches d'oligiste schisteux, ou des amas d'hé-
« matite compacte, ou des masses sableuses d'oligiste et de pyrolite.

« Leurs débris entraînés par les eaux sur les flancs des montagnes où se sont
« arrêtées les plus gros fragments, dans le fonds des vallées, puis cimentés par

« des actions secondaires, ont formé la deuxième série des minerais de Minas-Geraes représenté par le conglomérat ferrugineux connu sous le nom de *Ganger*, qui donne aux régions où il domine un aspect particulier, rappelant celui de champs de laves noires solidifiées, ce conglomérat atteint souvent 2 à 3 mètres d'épaisseur, il contient les mêmes minéraux que les itabarites d'où il procède, aurifère dans certains cas, si riche en magnétite que presque partout il rend impossible dans le pays l'usage de la boussole. Il est impossible d'évaluer même approximativement l'importance totale de ces minerais. Ils couvrent les flancs des montagnes, puisque sans interruption, sur plus de 200 k. de longueur.

« Autour d'Ouro-Preto, dans un rayon de 10 kilomètres, j'évalue à plus de 40 millions de mètres cubes la masse des itabarites et des conglomérats qui couvrent le sol, et à plus de 100 millions de tonnes la quantité de fer qu'elle peut fournir. »

L'exposition du Brésil renfermait des échantillons de diverses espèces et variétés de minerais de fer que nous allons d'ailleurs passer en revue.

Divers exposants ont exhibé au Champ de Mars des minerais de fer et de manganèse de Ouro-Preto; la collection de l'École des Mines de cette ville s'est fait surtout remarquer par la beauté des échantillons et le soin de l'étiquetage.

Les minerais forment comme nous l'avons dit des veines, des amas isolés au milieu des itabarites. Nous y avons noté :

1° *Hématite compacte avec magnétite* des gisements de Gandarela et Cuaba en amas et courbes à fleur de terre au milieu des itabarites et des schistes donnant à l'analyse :

Sesquioxyde de fer	99,202	correspondant à 69,666 % de fer.
Sesquioxyde de manganèse	0,018	
Chaux	traces.	
Magnésie	traces.	
Silice et quartz	0,240	
Acide phosphorique	0,005	corresp. à 0,0024 de phosphore %.
Soufre	» »	
Eau	0,455	
	<hr/> 99,917	

2° *Oligiste avec martite* cristallisée forme des amas au milieu des itabarites.

3° *Oligiste schisteux* de la province de Minas-Geraes, du gisement de Titanguí à 69,5 % de fer. Ces minerais schisteux forment de puissantes couches subordonnées aux itabarites, souvent aurifères; le fer oligiste est mélangé au quartz et aux oxydes de manganèse, ces minerais sont employés dans le pays à la fabrication du fer par la méthode directe.

1. *Itabarite*; roche composée de quartz et d'oligiste.

L'oligiste granuleux de Cacunda, près Itabira de Molto-Dentro analysé à l'école des Mines d'Ouro-Proto, a donné :

Sesquioxyde de fer . . .	99,801	correspondant à 69,86 % de fer.
Sesquioxyde de manganèse .	0,007	
Chaux	traces.	
Silice	0,140	
Acide phosphorique . . .	0,005	corresp. à 0,0025 % de phosphore.
	99,953	

4° *Pyrolosite* de Gandarela, formé de petites veines au milieu des itabarites friables.

5° *Itabarite* de Gandarela présentant la composition suivante :

Magnétite.	63,83	correspondant à 63,30 % de fer		
Sesquioxyde de fer. . .	31,72	—	—	—
Bioxyde de manganèse. .	0,74	—	—	—
Quartz et silice. . . .	1,13	—	—	—
Alumine.	1,02	—	—	—
Chaux.	0,14	—	—	—
Perte par calcination . .	1,41	—	—	—
	99,99			

6° *Conglomérat ferrugineux ou Canga*, contenant magnétite limonite, quartz et formant couches horizontales sur les flancs des montagnes, composé de :

Sesquioxyde de fer. . .	91,49	correspondante à 64,04 % de fer	79.2
Bioxyde de manganèse .	0,27	—	0.10
Quartz et silice. . . .	4,78	—	9.2
Alumine.	0,74	—	4 »
Chaux	0,25	—	0.24
Magnésie	traces	—	traces
Perte.	2,62	—	5.7
Acide phosphorique . .		—	0.3

La *Compagnie Arroio-dos-Ratos de Rio-Grande-do-Sol* a exposé des oligistes et des hématites, des fontes et des fers laminés fabriqués avec ces minerais aux hauts-fourneaux d'Ipanema.

Les représentants de l'industrie sidérurgique du Brésil et les exploitants de mines de fer de la même région dont les produits ont figuré à l'Exposition de 1889 sont, outre la Société que nous venons de citer et l'École des Mines d'Ouro-Preto.

1° Barboza fils, de Minas-Geraes qui fabrique du fer par le procédé direct (méthode dite de Cadinhas) dans sa forge de Gandarela à Conceição do Rio Acima avec le minerai oligiste en poudre manganèse.

2° Fahica San Joas d'Ipanema, minerais de fer et fers battus et malléables.

3° Penna Irmãos et C^e, limonites et hématites.

Les minerais de fer du Brésil sont encore à peine utilisés, dans un certain nombre de petites forges; le fer y est préparé par la méthode directe, soit dans des fours italiens, variante du procédé catalan, soit dans de petits fourneaux à cuve (Cadninhos), méthode qui paraît spéciale à la province de Minas. Le combustible employé est le charbon de bois dont le prix de revient varie de 25 à 30 francs la tonne. Le minerai employé est le fer oligiste pur, provenant des itabarites en poudre. La valeur de ce minerai est si minime qu'elle n'entre pas en compte dans le prix du fer préparé.

M. Gorceix estime à 100 le nombre de ces petites forges qui produisent à peu près 3 000 tonnes de fer par an, transformé sur place en instruments de travail, faux, hoes, pelles, fleurets de mines, sabots de bocards, clous, fers à chaux et à mulets : le prix de vente à la forge est environ de 377 francs la tonne.

A Santa Catharina près des bords de la mer, des amas d'hématites manganésifères passent quelquefois à de véritables minerais de manganèse : ces minerais très abondants contiennent terme moyen 30 % de manganèse et 25 à 30 % de fer.

Au Pavillon du Brésil a figuré un fac-simile en bois de la météorite de Bendago, tombée à Beddago, province de Bahia en 1785. L'original est au musée de Rio-de-Janeiro.

La longueur est de 2^m,15, la largeur 1^m,50, la hauteur 0^m,61; la densité 7,316 à 20°, et le poids brut de 5360 kilogrammes; sa composition est la suivante :

Fer	96.35
Nickel	3.22
Divers	0.43

La République dominicaine, le Salvador, etc, ont exposé des minerais de fer de bonne qualité.

RÉPUBLIQUE ARGENTINE

Au milieu de sa splendide exposition de minerais, de cuivre, argent, or, etc la République Argentine avait envoyé au Champ de Mars quelques échantillons de minerai de fer, limonites, hématites, oligistes de la province de Catamarca, limonite de la province de Rioja-Mendoza.

L'oligiste de Catamarca, mélangé à l'ilménite donne à l'analyse de 48,25 à 52 % de fer, la limonite de Rioja 69 %. — Voici d'ailleurs trois analyses du minerai des mines de Romay dans la province de Catamarca.

	I		II	III
Fer.	52.64	Silice	2.55	23.26
Oxygène	19.18	Peroxyde de fer.	52.21	63.57
Alumine	1.80	Protoxyde.	14.89	»
Manganèse	2.46	Alumine.	5.40	1.58
Silice.	6.40	Chaux.	»	0.33
Acide titanique.	16.70	Acide titanique.	18.17	»
Soufre.	0.10	Soufre.	»	0.24
Eau.	0.70	Oxyde de manganèse	0.97	»
		Magnèse.	4.28	»
		Eau de combinaison.	0.93	11.10
	<hr/> 100.00		<hr/> 99.40	<hr/> 100.00
Fer métallique.			48.25 %	

Le minerai de fer ne joue qu'un rôle très secondaire dans les richesses minérales exposées par la République Argentine; un des gisements les plus importants se trouve dans la province de Catamarca sur lequel est placée la concession des mines de fer de Romay.

CHILI

« Le fer, dit M. Washington Lastarria, est un métal abondant au Chili, mais « jusqu'à ce jour, il n'a pas attiré l'attention des industriels, soit à cause du « haut prix du combustible, soit surtout à cause des grands frais d'installation « que cette industrie réclame; cependant l'importation des fers et de l'acier a « dépassé en 1888, plus de 2,300 tonnes en outils et instruments, et en rails « 3,800 tonnes. On sait que les dépôts de fer sont abondants;... mais on sait « seulement qu'ils sont riches en minerais de fer de teneurs supérieures à 50 % « et qui parfois atteignent 80 %. — On rencontre le fer titanique réparti en « petits grains dans presque tous les granits et en plus grande abondance encore « dans les lignites. Dans les hyperstérites, on rencontre le fer oxydé en filons « considérables et très souvent le fer magnétique à un titre très élevé. On le « trouve réparti dans tout le pays, aussi bien dans la Cordillère des Andes que

« dans les deux autres régions. On le trouve aussi en divers points des Andes comme à Maipo, mais on le rencontre dans de meilleures conditions d'exploitation sur les montagnes de Alhue, Naltagua, Caleo, Limache, Putaendo, Ligua, Longotoma, près de « Tamaya, Tambillos, Serena, Higuera, Le Barco, Zapallar, Carrizal, Cerro-Blanco, Taltal, etc. ».

Le Chili renferme toutes les espèces industrielles de minerais de fer, magnétite oligiste, hématite, limonite, etc., depuis les variétés et qualités les plus estimées manganésées ancien, jusqu'aux variétés les plus communes. M. Vattier qui a recueilli quelques renseignements sur les minerais de fer du Chili (*Avenir de la métallurgie du fer au Chili*) rapporte les analyses de quelques types de ces divers minerais que nous donnons ci-dessous :

	MINERAIS DE COQUIMBO		MINERAIS DU DÉPARTEMENT D'ILLAPEL								MINERAIS DE PAMPA ET MAIPO						MINERAIS DE QUILLOTA	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII
Peroxyde de fer..	93.35	9.6	88.75	72.61	85.43	86.07	76.65	87.41	78	92.21	92	85	97	97	90	87	66.57	
Matières insolubles..	2.40	2.30	8.5	26.3	11	10.5	22	20.5	20.5	»	3	7.40	1.2	1.2	»	»	11.75	
Fer métallique %.	66.65	67.20	62.13	50.83	59.80	60.25	53.66	61.10	54.60	64.62	61	60	68	68	61	61	46.60	

Les minerais de fer du Chili ont une teneur en fer métallique d'environ 60 % en moyenne. Mais avec les données statistiques et stratigraphiques très incomplètes contenues dans les travaux originaux sur le pays, il n'est pas possible de se faire une idée exacte de l'allure générale des gîtes, de leur puissance, de la nature des couches ou des roches qui les encaissent, des facilités ou des difficultés de l'exploitation, ni par conséquent de la quantité de minerai à exploiter dans un temps donné, par suite, il manque la notion exacte des éléments nécessaires pour établir un marché d'exploitation ou qu'en temps donné on puisse livrer une quantité déterminée de minerai. L'industrie métallurgique du fer n'admet ni temps d'arrêts dans l'exploitation, ni retards dans les livraisons.

Le minerai du Chili est-il transportable en Europe? Peut-il être exploité pour l'exportation?

On sait que dans le bassin de la Loire et de Saône-et-Loire les minerais manganésifères des Pyrénées, de l'Espagne, de l'Algérie, des îles italiennes sont mélangés dans les lits de fusion aux minerais du pays; sur les bords de la Méditerranée, les hauts-fourneaux sont alimentés par les minerais pyrénéens, espagnols, algériens; sur la côte française de l'Océan Atlantique, par les minerais pyrénéens ou du pays et aussi par les minerais de Bibao; dans le Nord, le Nord-Est même la Belgique, les minerais de Bilbao sont fondus avec les minerais oolithiques du pays ou du Luxembourg à rendement de 24 à 40 %. Tous ces minerais étrangers oxydes magnétiques, peroxydes anhydres ou hydratés, oligistes, hématites, carbonates ou sidéroses sont plus ou moins manganésifères et donnent un rendement en fer de 50 à 60 %. Voyons maintenant le prix moyen de la tonne de ces divers minerais 1° pris à la mine, 2° rendus à l'usine de fusion, 3° frais de transport par tonne, comme les donne le tableau suivant :

PROVENANCES	RENDEMENT EN FER	PRIX DE LA TONNE A LA MINE	PRIX DE LA TONNE A L'USINE	PRIX DE TRANSPORT PAR TERRE DE LA MINE A L'USINE
Minerai de Soumah (Alg.)	56 à 65	23 fr.	45 fr.	22 fr.
Magnétite de —	58 à 60	20	45	25
Oligiste	55 à 58	13	37	24
Pyrénées.	45 à 50	16	34	18
Sidéros manganifère —	31 à 40	18	36	18
Sideros (Carthagène). . .	40 à 45	12 à 16 fr.	43	27 à 31 fr.
Minerai oolithique (Doubs)	23 à 25	3 fr. 65	13 fr. 50	8 fr. 85
— Villebois (Ain). .	21 à 24	5 à 6 fr.	11 à 12 fr.	6 fr.
— Moselle	3 à 40	5 à 6	10 à 12	5 à 6 fr.
— Baltol.	55 à 60	10 à 12 fr. 50	60 à 62 fr. 50	50 fr.
— de Santiago. . . .	60 à 65	17 fr. 50	50 fr.	67 fr. 50
— de Coquimbo. . .	60 à 65	12 fr. 50	50	62 fr. 50

On voit que le prix de transport depuis la mine jusqu'à l'usine de fusion, pour les minerais espagnols, algériens, italiens, etc., varie de 18 à 27 francs la tonne, c'est-à-dire que le transport double le prix de la marchandise. Au prix actuel des fers, variant entre 170 à 175 francs la tonne, les fontes ordinaires de 58 à 60 francs et de 78 à 80 francs pour les fontes fines, il n'est pas possible aux maîtres de forges d'acheter des minerais de fer à teneur de 58 à 60 %, à des prix supérieurs à 45 francs la tonne de minerai rendu à l'usine.

J'écris ces lignes du Chili et suis en mesure d'apprécier les conditions économiques des minerais de fer. On n'a pas des données exactes sur les prix d'extraction et de transport de ces minerais sur les côtes du Pacifique, parce qu'il n'y a pas encore d'exploitation sérieuse du fer. Mais les renseignements suivants serviront à nous former une idée des prix d'extraction.

Près de Taltal, à 6 kilomètres de la côte et à 2 kilomètres de la voie ferrée, trouve un filon de minerai de fer dont la dépense par tonne mis au bord de la mer serait de 6 piastres environ 12 fr. 50. M. Vattier cite d'autres gisements dont la tonne de minerai mis à la côte oscillerait entre 5 et 6 piastres (10 à 12 fr. 50) dans la région de Coquimbó se trouvent des gîtes dont le prix de revient total d'une tonne au port d'embarquement serait de 5 piastres dans les provinces du centre, de Santiago par exemple, le prix de la tonne rendue à Valparaíso reviendrait à 7 ou 8 piastres (17 fr. 50 à 18 francs).

Nous pouvons prendre comme terme moyen du prix de revient de la tonne de minerai de fer mise à la côte, tous frais compris 7 piastres soit 17 fr. 50. Si nous ajoutons 50 francs pour tous frais de transport par tonne depuis la côte du Pacifique jusqu'à l'usine sidérurgique, en France ou en Angleterre, nous aurons pour prix de la tonne 67 fr. 50, tandis que les minerais de la même teneur en fer, du pourtour de la Méditerranée ou du nord de l'Espagne ou des Pyrénées, ne reviennent pas à plus de 45 francs la tonne.

En outre les usines sidérurgiques font des marchés à long terme pour de grandes quantités vendues à des époques fixes et sur des teneurs déterminées. Or qui peut prévoir les incertitudes d'une exploitation à peine ébauchée et les variations de la teneur en profondeur ?

L'exportation du minerai de fer en Europe ne servirait guère à développer la grande industrie sidérurgique au Chili ; cette industrie doit prendre son développement normal par la fabrication du fer, de la fonte et de l'acier ; la sidérurgie ne doit atteindre son développement que de l'effort national même. Les nations de l'Europe occidentale vont bien dans les lointaines contrées pour y exploiter l'or, l'argent, le mercure, l'étain, le cuivre, etc., et quelques autres métaux peu communs ou rares dans l'Ancien Monde. Mais pourquoi iraient-elles dans les pays d'outre-mer, à des distances de 3 000 à 4 000 lieues chercher des minerais qu'elles trouvent chez elles ou à leur voisinage ? Pourquoi iraient-elles implanter des usines qui feraient concurrence à leurs propres produits ?

Le Chili peut créer de toutes pièces l'industrie du fer ; il a des matières réfractaires de bonne qualité, des bois abondants pour fabriquer le charbon nécessaire à l'alimentation des hauts-fourneaux ou des foyers de réduction. Les charbons minéraux actuels exploités ne donnent pas de coke métallurgique ; il serait bien étonnant que des recherches bien dirigées par des géologues expérimentés ne conduisent pas à la découverte de gisements de charbons de meilleure qualité ? Ces recherches n'ont jamais été faites sérieusement ou elles ont été exécutées par des personnes étrangères à la géologie et à la paléontologie. Le charbon minéral coûte cher au Chili ; les lignites de Lota vendues à Santiago reviennent environ 18 piastres la tonne, les charbons d'Australie, selon qualités, à 50 et 60 piastres la tonne. C'est donc avec le charbon de bois que l'industrie du fer doit commencer au Chili.

Dans la province de Coquimbo se trouvent quelques gîtes de minerais de fer, parmi lesquels M. Vattier cite : mine de fer de *Agua Buenas*, au haut de la côte de *las Cardas*, oxyde de fer très pur, magnétique ou non, au milieu des schistes stratifiés.

Les mines de fer du Pénon. — A 3 kilomètres du Pénon, la mine *San-Luis* présente un filon de 3 à 4 mètres, de direction N.-S., avec inclinaison F, à minerai massif oxydé et oxydulé.

La mine de *San-Cristobal*, en face de la station de Penon, couche à direction N.-S., inclinaison E., oxyde de fer avec gangue de quartz et pyrite. Le minerai contient du cuivre ; la mine de *San-Felipe* donne aussi un minerai contenant du cuivre, tandis que le minerai de *las Barrancas*, près de Tombillos, est un bel oxyde de fer sans cuivre.

A *Huatchalaluma*, gisements d'oxyde de fer d'une exploitation facile.

Au *Romaral*, à six lieues de la Serena, oxyde de fer de première qualité.

Dans le centre même de la *Higuera*, à 6 kilomètres au nord de la montagne de *Tofo*, beau minerai de fer (oxydes), dylles de peroxyde de fer andyde très pur.

Dans la région comprise entre Ovale et la Colera, M. Vattier signale plusieurs gisements de minerais de fer purs ou cuivreux, dont quelques-uns sont exploités comme fendants.

A *San-Felipe*, on exploite, dans l'acienda de Panquehue, du fer oligiste ; à *Montenegro*, à *Tilttil*, *Batuco*, *Lampa*, etc., on connaît des gisements de minerais de fer ; les tableaux suivants donnent à la fois les provenances et les compositions des principaux minerais de fer chilien dont quelques-uns ont figuré à l'Exposition de 1889.

MINÉRAIS DE CUIVRE

L'Europe et l'Amérique ont donné à l'exposition du cuivre un relief en relation avec l'importance de ce métal. La France n'est pas un producteur de cuivre; notre pays et l'Algérie ne donnent que des quantités insignifiantes de ce métal; mais nous sommes un consommateur important, aussi sommes-nous tributaires de l'étranger pour nos approvisionnements de cuivre plus ou moins élaboré.

Les principaux centres de production sont l'Espagne et le Portugal, la Russie, l'Allemagne, l'Amérique du Nord, l'Amérique du Sud, l'Angleterre, la Suède et Norvège, le Japon, l'Australie.

D'après l'*Iron*, la production de cuivre de 1884 à 1886 a été :

	tonn.
en 1884	de 219.785
1885	225.930
1886	216.156

la production est ainsi répartie :

	tonnes par an.
Espagne et Portugal	50.000
Allemagne	15.060
Russie	5.000
Amérique du Nord	75.000
Japon	10.000
Australie	10.000
Angleterre et autres contrées d'Europe de	10.000 à 15.000

Voici la production du cuivre dans le monde durant l'année 1887 selon la statistique anglaise de MM. Merton.

	tonnes		tonne
Algérie	150	Report	80.325
République Argentine.	170	Pérou.	50
Australie.	7.700	Russie	5.000
Autriche.	700	Suède.	500
Bolivie	1.300	Espagne { Rio-Tinto	28.500
Chili	29.150	{ Tharris	11.000
Cap	6.100	et { Masson et Barry	7.000
Allemagne	14.875	{ Sevilla	2.300
Hongrie	500	Portugal { Portugaise	850
Angleterre	1.500	{ Mines diverses	4.400
Italie.	2.500	{ La Supérieure	33.330
Japon	11.000	États- { Montana.	35.225
Boleo (Mexique)	1.950	Unis { Arizona	8.030
Mines diverses (Mexique).	100	{ États divers.	2.510
Terre-Neuve	1.180	Vénézuëla	2.900
Norvège.	1.450	Total	224.480
A reporter	80.325		

En 1880 la production totale du cuivre a été de 153 065 tonnes, de 163 030 t en 1881, de 181 438 tonnes en 1882, de 193 341 tonnes en 1883. On voit que l'accroissement de la production de 1880 à 1886 a été considérable, car il a passé de 153 065 à 216 156 tonnes ; l'année 1885 a été la plus productive avec 225 930 tonnes.

La moyenne des prix à la tonne a été de 63 livres 1/3 en 1880, 61 1/3 en 1881, 67 1/6 en 1882, 63 8/9 en 1883, 54 5/6 en 1884, 44 1/6 en 1885, 40 6/10 en 1886. En sorte que dans cette période le prix le plus bas du cuivre correspond à l'année 1886 et le plus haut à l'année 1887.

Voici la production de 1879 à 1886.

PAYS PRODUCTEURS	PRODUCTION EN TONNES							
	1886	1885	1884	1883	1882	1881	1880	1879
Algérie	110	250	260	600	600	600	500	500
République Argentine.	180	233	159	293	800	387	300	300
Australie	9.700	11.400	100	12.000	11.100	10.700	9 700	9 500
Autriche	550	585	670	600	455	455	470	245
Bolivie	1.100	1.590	1.500	1.680	3.259	2.655	2.000	2.000
Chili	35.025	38.500	41.648	41.099	42.909	37.989	42.916	49.318
Cap	6.315	5.450	5.000	5.000	5.000	5.087	5.083	4.328
Angleterre.	2.500	2.773	3.350	2.620	3 464	3.875	3.662	3 462
Allemagne.	14.415	15.250	14.782	14.643	13.316	12.612	10 800	9.000
Hongrie.	700	800	800	680	976	976	976	976
Italie.	900	850	1.325	1.600	1.400	1.400	1.380	1.140
Japon	10.000	10.000	10.000	7.000	4.800	3.900	3.900	3.900
Mexique	250	375	290	489	401	333	400	400
Terre-Neuve	1.125	778	668	1.053	1.500	1.718	1.500	1.500
Norvège	900	3.335	3.444	3.394	3.398	3.635	3.500	3 212
Pérou	75	229	362	395	445	605	600	600
Russie	4.875	5.000	4 700	4.400	4.000	3.700	3.300	3.300
Espagne-Portugal . .	49.685	47.873	46.215	44.607	39.560	39.258	36.313	23 361
Etats-Unis d'Amérique	67.825	94.050	64.700	60.570	42.470	30.882	25.110	23 350
Vénézuëla	3.708	4.111	4.600	3.700	3.700	2.823	1 800	1 597
Total de la production du cuivre par année.	212.556	223.427	218.774	198.341	181.438	163.030	151.005	151.989
Prix moyens du cuivre au 1 ^{er} janvier de cha- cune des années, en livres sterling . . .	40 ¹ / ₂ 6 ^s	44 ¹ / ₂ 1 ^s 6	54 ¹ / ₂ 15 ^s 6	63 ¹ / ₂ 8 ^s 9	67 ¹ / ₂ 1 ^s 6	61 ¹ / ₂ 3 ^s	63 ¹ / ₂ 1 ^s 3	57 ¹ / ₂ 11 ^s

Enfin voici d'après MM. Merton la production du cuivre aux années suivantes de 1879 à 1890.

ANNÉES	PRODUCTION TOTALE — tonnes	CHILI — tonnes	ESPAGNE ET PORTUGAL — tonnes	ÉTATS-UNIS — tonnes
1879 . . .	151.963	49.318	33.361	23.350
1880 . . .	155.959	42.916	36.313	25.010
1881 . . .	163.369	37.989	39.258	30.882
1882 . . .	181.622	42.909	39.560	40.470
1883 . . .	199.406	41.670	44.607	51.570
1884 . . .	220.249	41.648	46.415	64.700
1885 . . .	225.592	38.500	47.873	74.050
1886 . . .	217.086	35.076	49.653	69.805
1887 . . .	223.078	39.150	53.706	79.101
1888 . . .	258.026	30.240	56.450	101.710
1889 . . .	261.650	24.250	54.800	105.774
1890 . . .	269.685	26.120	52.333	116.325

C'est en 1890 que la production du cuivre a atteint le chiffre le plus élevé, la production des États-Unis a plus que doublé depuis 1883 et est cinq fois égale à celle des principaux pays producteurs ; aujourd'hui les États de l'Union américaine occupent le premier rang dans la production du cuivre.

On sait que le cuivre en se combinant avec le soufre, le phosphore, l'oxygène, ainsi qu'avec les métaux et les acides carbonique, silicique, etc., forme un nombre considérable de composés qui peuvent être tous considérés comme des minerais de cuivre, s'ils sont, bien entendu, assez abondants pour satisfaire à une exploitation industrielle. Mais si les espèces minérales à base de cuivre sont nombreuses et très variées, cependant la plupart ne sont que des substances accidentelles. Les véritables minerais de cuivre sont peu nombreux ; voici les plus importants : le *cuivre natif*, la *chalkosine* ou cuivre sulfuré, la *phillipsite* ou cuivre panaché, la *chalkopyrite* ou cuivre pyriteux, la *panabase* ou cuivre gris, la *tannantite* ou cuivre gris arsénifère, la *cuprite* ou cuivre oxydulé, l'*azurite* ou cuivre carbonaté bleu, la *malachite* ou cuivre carbonaté vert, la *chrysocole* ou cuivre hydro-siliceux, l'*Atakamite* ou cuivre chloruré, etc.

Sous le rapport de leur traitement métallurgique, les minerais de cuivre peuvent être divisés en trois groupes :

1^o Minerais qui ne contiennent ni soufre, ni antimoine, ni phosphore, ni arsenic, ni plomb, tels que le cuivre natif, la cuprite, l'azurite, la malachite, la chry-

socle, etc., dont le traitement consiste en une simple fusion, au moyen d'un fondant dans un fourneau à manche ;

2° Minerais contenant du soufre, comme la chalkosine, la chalkopyrite, la phillipsite, etc.

3° Minerais renfermant de l'arsenic, de l'antimoine, du phosphore ou du plomb, comme la panabase, la tannantite, les phosphates et arsénates de cuivre.

Les minerais de cuivre affectent diverses manières d'être dans leurs gîtes ; ils se présentent en filons, en amas irréguliers, en couches régulières, disséminées dans les couches stratifiées ou dans les roches ignées ou métamorphiques, mais les filons constituent les gisements de cuivre les plus fréquents.

La valeur d'un minerai de cuivre dépend à la fois de son titre, de sa composition, du point où il se trouve et du prix du cuivre fabriqué. Mais, toutes choses égales d'ailleurs, un minerai augmentera de valeur si sa gangue est facile à fondre. Ainsi les minerais de cuivre faciles à traiter, ayant par exemple du spath fluor pour gangue, les minerais carbonatés ou hydro-silicatés auront à la vente, à teneur égale, un prix plus élevé que les minerais contenant de l'arsenic ou de l'antimoine.

Nous allons maintenant passer en revue les minerais de cuivre qui ont été exposés au Champ de Mars, en commençant par ceux de l'Europe.

NORVÈGE

La Norvège est une contrée très montagneuse qui s'étend de 58°, au 71°, 12 de latitude septentrionale et du 22 au 49° de longitude à l'Est du méridien de l'île de Fer ; sa superficie est de 315 000 kilomètres carrés ; la moitié au moins de cette superficie est à une altitude de plus de 600 mètres. Les grandes chaînes de montagnes sont celles de Kjolen, de Dovre et de Langfjeld dont les sommets atteignent 2 600 mètres au-dessus du niveau de la mer.

Entre les masses gigantesques des montagnes s'étendent de longues vallées étroites et profondes, séparées les unes des autres par des espaces parfois boisés quelquefois stériles.

La Norvège est un pays minier ; l'exploitation des mines y emploie de 2 500 à 2 800 ouvriers ; la production s'élève à une valeur brute de 4 600 000 francs ;

les produits principaux sont le fer en barres, la fonte, le cuivre rosette, les pyrites, le cobalt, le nickel, le chrome, l'arsenic.

La géologie de la Norvège est caractérisée par la prédominance des plus anciennes formations, schistes cristallins et azoïques dans lesquels se trouvent les richesses métalliques du pays.

Les minerais de cuivre gisent presque toujours en couches irrégulières sous forme de pyrites cuivreuses. Ces minerais, ainsi que les minerais d'argent font l'objet principal des exploitations des mines en Norvège. Les formations anciennes sont souvent recouvertes par des terrains plus récents, tels que les schistes diluviens et dévoniens.

Les mines de Vigsnaes sont des exploitations importantes de la péninsule scandinave; elles donnent une pyrite à 44 % de soufre et à 3 % de cuivre; le minerai est traité aux usines de Henrixen près d'Anvers qui fabriquent du cuivre de l'acide phosphorique et du phosphate de chaux.

Les mines de cuivre de Foldal, qui ont envoyé leurs produits à l'Exposition de 1889, sont situées dans la région montagneuse de Dovre, à une hauteur de 600 mètres au-dessus du niveau de la mer, à 44 kilomètres à l'Ouest de la ligne ferrée de Christiania-Roros-Drontheim, à 240 kilomètres au sud de Drontheim (fig. 1, 2, 3, 4 de la page suivante).

Le groupe des mines de Foldal comprend quatre grands gisements de pyrite, connus sous les noms de

- 1° Gisements principaux de Foldal,
- 2° Mines de Juliane-Marie et de Godthaud,
- 3° Mine de Grev Moltke,
- 4° Mine de Grimsdal.

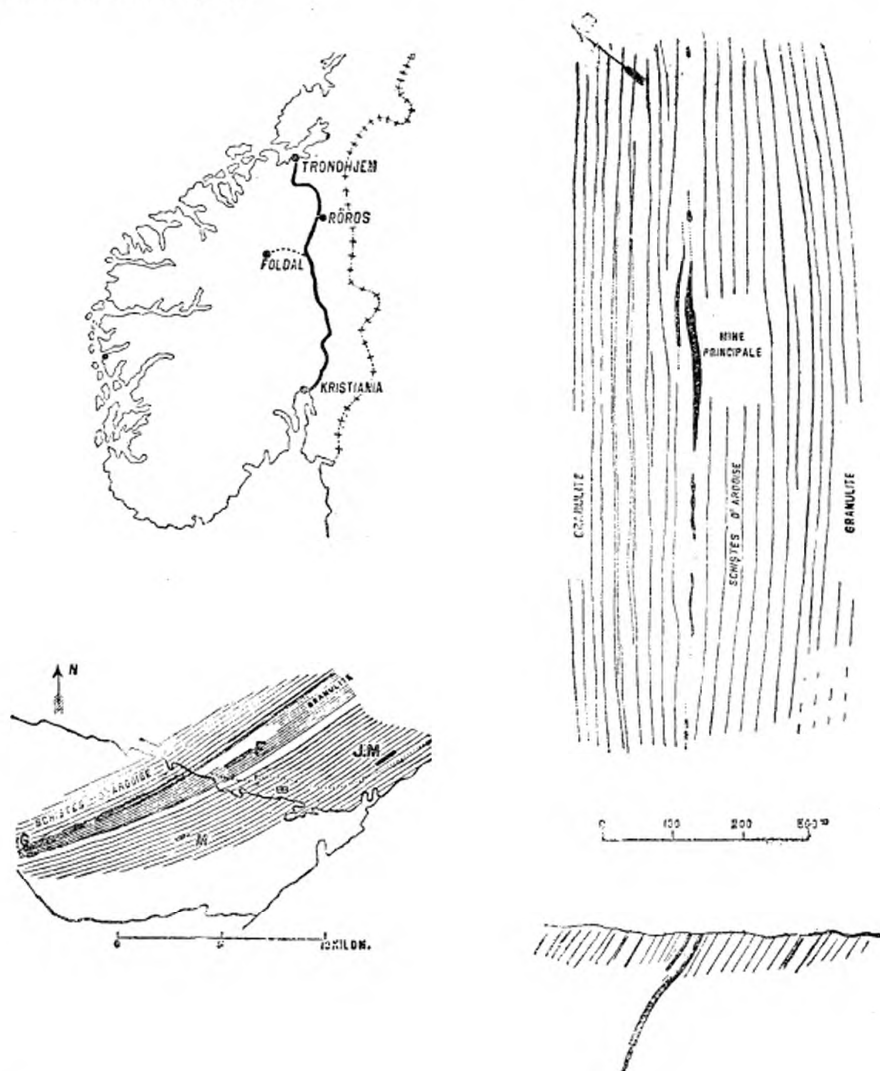
Le minerai se présente surtout dans les schistes ardoisiers (groupe des schistes de Roros); à Foldal la pyrite se trouve partout accompagnée des couches de granulite; elle a des allures variables, tantôt elle suit la direction des schistes, tantôt elle est interrompue et en lentilles; enfin la zone pyriteuse atteint ici une longueur d'au moins 1 kilomètre.

A une petite profondeur d'environ 120 mètres, sur une longueur de 220 mètres, la pyrite possède une puissance moyenne de 4^m,5 à 4^m,6; cette puissance est allée quelquefois jusqu'à 13 et 14 mètres.

Les gisements compacts de pyrite sont purs et contiennent à peine 10 % de matière pauvre ou stérile; 1 mètre cube de minerai pyriteux fournit 3 tonnes 9 de pyrite.

La plus grande partie du minerai contient environ 48 % de soufre et environ 2,290 de cuivre et point ou peu d'arsenic.

A côté de la pyrite ordinaire, se trouve une pyrite plus riche en cuivre qui en contient environ 4,5 %.



Les mines d'Omlid et de Klevaas dont les échantillons de cuivre pyriteux et de cuivre bleu ont été remarqués à la section de la Norvège contiennent aussi de l'argent; mais ces gisements n'ont pas encore été exploités, ils se montrent en filènes à gangue de quartz. Les échantillons analysés ont donné les résultats suivants:

	1	1	2
	Cuivre pyriteux	Cuivre bleu	Cuivre bleu (carbonate)
Cuivre. .	30 %	40 %	40 %
Argent .	traces	0,4 %	0,014

La mine Hultraa est située dans la paroisse de Holtaalen, arrondissement de Drontheim (Sud), tout près du fleuve Hulta, à environ 13 kilomètres de la station du chemin de fer Holtaalen ; elle est située à 301 mètres au-dessus du niveau de la mer ; les filons de pyrite suivent la même direction que les schistes ardoisiers micacés dans lesquels ils sont encaissés, c'est-à-dire une direction N-S avec une pente de 50' à 60' vers l'ouest. Le filon a une épaisseur moyenne de 2^m,60. Divers échantillons de la mine Hultraa analysés ont donné les résultats suivants :

	I	II	III	IV	V	VI
Soufre	40,90	41,52	42,15	42,30	45 %	47,64
Cuivre	2,30 %	»	»	2,90	2 1/4	2,6
Masse insoluble. . .		14,270 %	16,66			

Dans la section norvégienne outre les minerais de cuivre, les pyrites plus ou moins cuivreuses, on voyait aussi les produits d'usines,

Les gisements de Ringes ont produit les grands blocs de pyrite magnétique nicklifère contenant 10 % de cuivre, 3,06 de nickel et 0,49 de cobalt, les blocs de pyrite magnétique grise compacte à teneur de 4,90 % de nickel et 0,83 de cobalt, de la pyrite de cuivre.

En résumé la Norvège possède d'importants gisements de pyrite ; parmi eux, ceux qui ont été ou sont encore exploités avec succès, il faut citer Yttoreen et Vigsnaes. La Norvège est après l'Espagne et le Portugal la plus grande région d'exportation de pyrite, comme minerai de soufre.

ILES BRITANNIQUES

L'exposition de la Grande-Bretagne et des colonies anglaises contenait un certain nombre de minerais de cuivre ; mais le fait caractéristique, c'est que les minerais exposés dans la section des îles Britanniques étaient d'origine étrangère. Aujourd'hui la Grande-Bretagne ne produit, au moyen de ses mines qu'une petite quantité de cuivre.

La statistique de la production de cuivre dans la Grande-Bretagne est assez intéressante pour que nous en présentions un résumé ici.

On sait que, pendant l'occupation des Romains, les minerais de cuivre étaient exploités dans le Pays de Galles. M. Hunt fait mention des Hollandais et des Allemands qui, vers le ^{xvi}^e siècle, avaient été envoyés dans le Cornouailles pour fondre le cuivre.

L'exploitation des mines de cuivre de Perran-Saint-Georges remonte au-delà de 1584; mais alors la quantité produite était encore minime. Dans le Cumberland, les travaux pour l'extraction du cuivre de Keswich furent commencés en 1566, et en peu de temps, les fonderies de ce pays furent les plus importantes de l'Europe. Mais les établissements industriels d'extraction et de fusion de cuivre furent détruits pendant la campagne d'Olivier Cromwell; cependant ils étaient de nouveau en fonctionnement complet de 1690 à 1715.

A l'époque de la reine Elisabeth, l'exploitation des mines de cuivre reçut une grande impulsion: les mineurs allemands y jouèrent un rôle important.

Des travaux pour l'exploitation du cuivre furent installés sur le Wye dès 1700; les premières installations pour la fusion de cuivre à Swansea datent de 1717.

Depuis le ^{xvi}^e siècle jusqu'au milieu du ^{xix}^e, l'Angleterre a été un grand producteur de cuivre; mais aujourd'hui son rôle a considérablement diminué d'importance et les îles Britanniques n'occupent qu'un rang inférieur dans la production du cuivre; encore faut-il remarquer que la plus grande partie du minerai fondu dans ses usines est de provenance étrangère. Mais l'Angleterre reste encore le grand marché du cuivre en Europe.

La quantité de minerai de cuivre vendu depuis l'année 1726 jusqu'à la fin de 1735 a été de 64 800 tonnes au prix moyen de 7 livres, 15 sch., 10 d. par tonne, produisant 473 500 livres, ce qui fait une moyenne de 47 350 livres. De l'année 1736 à la fin de 1745, il a été vendu 75 220 tonnes de minerai de cuivre au prix moyen de 7 livres, 8 s., 6 d., ce qui fait un total de 500 106 livres ou 65 010 livres par année. De 1746 à la fin de 1755, la quantité vendue a été de 98 790 tonnes à 7 livres, 8 s. par tonne, ce qui donne un total de 731 145 livres ou annuellement 73 145 livres. De 1756 à 1765 il a été vendu 169 690 tonnes de minerai au prix de 7 livres, 6 s., 6 d. produisant une somme totale de 1 243 045 livres ou une moyenne de 124 304 livres. Enfin depuis 1766 à 1777 il a été livré à la circulation 126 273 tonnes de minerai à raison de 6 livres, 14 s., 6 d. la tonne, produisant une valeur de 1 788 337 livres ou une moyenne annuelle de 177 813 livres.

Selon Richard Trovithich fils, en 1717 il y avait 64 mines de cuivre en exploitation dans les Cornouailles. Durant la période de 1700 à 1800, l'exploitation se développa encore, pendant les sept années terminant la période de 1798, il y eut de 70 à 80 mines de cuivre en exploitation dans les Cornouailles.

La production anglaise du cuivre a augmenté sans cesse depuis l'époque d'Elisabeth jusqu'à 1852. La quantité produite en 1852 a été de 209 305 tonnes, tandis qu'en 1881 il n'en a été vendu que 40 584 tonnes. En 1856 les mines de cuivre produisaient 14 775 tonnes de métal et seulement 3 362 tonnes en 1880.

En comparant le prix moyen du minerai de cuivre à différentes dates, on voit qu'en 1700 il était de 2 livres, 10 sch., par tonne, en 1730 de 7 livres, 15 sch., 10 d., en 1779 de 5 livres, 6 sch., en 1797 de 7 livres, 17 sch., 3 d., en 1805

10 livres, 1 sch., 10 d., en 1814 de 8 livres, 15 sch., 4 d., de 1822, 1832 à 1842 en moyenne de 6 livres par tonne.

Sir Hunt (*Exploitation des mines en Angleterre*) estime que, depuis l'époque de l'occupation romaine jusqu'en 1855, les minerais extraits des mines du Royaume-Uni ont *produit 668 000 tonnes de cuivre métallique*.

Selon le savant auteur que nous venons de citer, en 1856, le cuivre métallique produit en Angleterre a été de 14 775 tonnes, en 1859 de 13 594 tonnes, en 1860 de 15 968 tonnes, en 1865 de 11 888 tonnes, en 1870 de 11 75 tonnes, en 1872 de 5 703 tonnes, en 1877 de 4 486 tonnes et seulement de 3 875 tonnes en 1881.

L'Angleterre a donc cessé depuis quelques années d'être un grand producteur de cuivre; ses mines de Cornouailles, du Pays de Galles, autrefois si productives, sont presque épuisées ou dans des conditions difficiles d'exploitation. Cependant l'Angleterre conserve encore sur le continent sa vieille réputation d'une région productrice de cuivre. Cette réputation méritée, dans le temps jadis, ne l'est plus aujourd'hui. Les anglais cherchent cependant par tous les moyens à conserver leur vieille réputation de producteurs de cuivre. De tous les pays du monde, des minerais de cuivre sont importés en Angleterre; dans tous les ports de mer de l'Europe métallifère et de l'Amérique s'embarquent les minerais de cuivre à destination de Swansea. En sorte que la plus grande partie de cuivre métallique produit en Angleterre provient de la fusion de minerais étrangers et non des minerais des îles Britanniques. Non seulement les Anglais ont su faire de Swansea le grand marché des minerais de cuivre, mais encore ils ont eu l'habileté de faire de Londres le marché régulateur des prix du cuivre métallique.

Dans le passé la Grande-Bretagne a été un grand producteur de cuivre; mais peut-il l'être encore dans l'état actuel de ses mines, des conditions économiques de leur exploitation, dans l'état de leurs travaux, de leurs gisements et des conditions de la main-d'œuvre? Nous répondons non.

En 1859, l'Angleterre possédait 147 mines de cuivre, 121 étaient dans les Cornouailles et 10 dans le Devon; en 1860 seulement 137 mines dont 96 pour les Cornouailles et 20 pour le Devon. L'Irlande, en 1859 avait 10 mines de cuivre. Mais à mesure que la production nationale diminue, l'importation étrangère et coloniale augmente. Voici les quantités de minerais importés correspondant aux années 1871 à 1881.

année	quantité de minerais
1871.	23.650
1872.	21.000
1873.	26.738
1878.	58.683
1880.	45.245
1881.	42.483

Voici de 1855 à 1864 le prix moyen de cuivre par tonne :

années	Prix moyen en livres par tonne
1855	129
1856	153
1857	124
1858	103
1859	112-7.
1860	109-13-10-d.
1861	102-12 »
1862	100-12 »
1863	93-17 »
1864	101-8 »
1872	104-5 »

Les pays grands producteurs de cuivre, durant la période de huit années de 1879 à 1886, ont donné les quantités suivantes de tonnes de métal :

Etats-Unis d'Amérique.	407.325
Espagne Portugal	336.815
Chili	329.404
Allemagne.	104.868
Australie	87.400
Japon	53.500
Cap	41.263
Russie.	33.275
Angleterre.	25.702

L'Angleterre occupe le neuvième rang parmi les pays producteurs de cuivre.

Compagnie de soufre et de cuivre de Tharsis (The Tharsis sulphur and copper) (company limited).— Dans la section anglaise, en exceptant l'exposition spéciale de Victoria en Australie, nous trouvons seulement les minerais de cuivre de la Compagnie de Tharsis et de *Namaqua Copper* du cap de Bonne-Espérance.

La Compagnie de Tharsis exploite les mines de Calanas et de Tharsis dans la province de Huelva (Espagne) ; elle possède en Angleterre six usines métallurgiques, situées à Glasgow, Widnes, Oldburg, Cardiff et deux sur la Tyne.

Le minerai exploité est une pyrite cuivreuse qui se présente en amas puissants sous forme de lentille et s'extrait presque entièrement à ciel ouvert.

Cette pyrite contient environ :

Soufre	50 p. %
Fer.	45 »
Cuivre	3 »

Le surplus se compose de faibles quantités d'or, d'argent, de plomb, de zinc, de bismuth, de nickel, d'antimoine, d'arsenic et de silice.

Le minerai le plus riche en cuivre est exporté; l'autre partie est traitée sur place.

Le minerai traité sur place est grillé, puis lavé; le cuivre tenu en dissolution dans les eaux de lavage est précipité par le fer à l'état de cuivre de cémentation, puis il est expédié aux usines de la Compagnie pour y être converti en cuivre marchand.

Le minerai exporté est livré dans la Grande-Bretagne et sur le continent aux fabricants de produits chimiques qui le grillent pour en recueillir le soufre à l'état d'acide sulfurique. Les cendres de la pyrite grillée sont rendues aux usines de la Compagnie où l'on en extrait le cuivre, l'or, l'argent, le plomb et le fer.

Les produits exposés par la Compagnie de Tharsis sont nombreux et variés; on y a remarqué un plan en relief des concessions, un tableau représentant le ciel ouvert du filon nord, des échantillons du minerai de fer formant le chapeau des filons, des échantillons de pyrite en nature, de pyrites grillées, des briquettes de pyrites lavées, de schiste cuivreux, des spécimens de cuivre natif, des lingots et des fils de cuivre pour usage électrique, enfin de l'or et de l'argent extraits de la pyrite.

Voici la production de Tharsis en cuivre de 1879 à 1886 en tonnes :

Années.	1886	1885	1884	1883	1882	1881	1880	1879
Tonnes.	11.000	11.500	10.800	9.800	9.000	10.203	9.151	13.751

Le minerai extrait des mines de Tharsis en 1887 a été de 563.194 tonnes contre 502,443 tonnes en 1886, l'extraction totale à Tharsis et à Calanas en 1887, a été de 635 215 tonnes, contre 573 446 tonnes en 1886, soit une augmentation de 61.769 tonnes.

ESPAGNE — PORTUGAL

L'Espagne est l'un des grands producteurs de cuivre; elle occupe le troisième rang pour l'importance de sa production; la statistique de l'exportation pour les années 1886 et 1887 donne :

	1886	1887
Minerais de cuivre	671.897.100 ^k valant 18.813.127 ^{fr}	766.801.127 ^k valant 21.470.432 ^{fr}

De l'année 1879 à 1886, l'Espagne et le Portugal ont donné 336.815 tonnes de cuivre doux. Voici la répartition par année et par groupe de mines exprimée en tonnes :

MINES	1886	1885	1884	1883	1882	1881	1880	1879
Rio-Tinto	24.700	53.484	81.564	20.472	17.389	16.666	16.215	13.731
Tharsis	11.000	11.500	10.800	9.800	9.000	10.203	9.151	11.324
Masson et Barry . . .	7.000	7.000	7.500	8.090	8.000	8.170	6.603	4.692
Séville	2.135	1.800	2.000	2.026	1.885	1.340	1.705	1.360
Portugaises	1.258	1.665	2.300	2.357	1.700	1.410	1.000	770
Diverses	3.560	2.424	2.251	1.952	1.586	1.469	1.639	1.464

La *statistique minérale de l'Espagne* donne pour l'année 1886 la quantité de 2 276 381 tonnes de minerai de cuivre valant sur le carreau de la mine 26 367 177 francs.

Enfin voici la production générale du cuivre de l'Espagne et Portugal :

Années. .	1886	1885	1884	1883	1882	1881	1880	1879
Tonnes. .	49.625	47.873	46.215	44.607	39.560	39.258	36.313	33.361

Durant l'année 1887, la production du cuivre pour l'Espagne et le Portugal a été répartie comme il suit :

Rio-tinto	28 500
Tharsis	11.000
Seville	2.300
Masson et Barry	856
Mines diverses.	4.400

Rio-Tinto. — La Chambre de Commerce de Huelva a exposé une collection de minerais de la province, parmi lesquels figurent les pyrites des célèbres mines de Rio-Tinto.

On sait que la province de Huelva est un grand producteur de cuivre par ses mines de Rio-Tinto, de Tharsis, etc. Le minerai extrait est relativement pauvre en cuivre ; mais le soufre et le fer qu'il contient ont une valeur marchande utilisée. La pyrite de Rio-Tinto, d'ailleurs comme celle de Tharsis, est en partie exportée, en partie traitée sur place. Le minerai exporté présente la teneur moyenne suivante :

Soufre.	48 à 50 p. %
Fer.	40 »
Cuivre.	3,50 »

Le minerai est une pyrite de fer englobant une petite quantité de pyrite de cuivre.

Le minerai de Rio-Tinto expédié en Angleterre ou sur d'autres points est traité dans les usines de produits chimiques pour la fabrication de l'acide sulfurique ; on en sépare ensuite le cuivre et l'argent, puis le résidu, très riche en fer, est passé au haut-fourneau. La partie qui ne va pas à l'exportation et qui est pauvre, contient en moyenne 2 % de cuivre et est traitée sur place par voie humide.

La partie sèche à 7 ou 8 % de cuivre est grillée en bas à l'air libre. Parmi les échantillons exposés par la Chambre de Commerce de Huelva se trouvent :

1° Des pyrites à teneur de cuivre de :

I	II	III	IV	V	VI	VII
2,96 %	3,35	4,20	4,73	5,18	9,21	14,80

2° Du sulfure de cuivre noir à teneur de 29,44 % de cuivre et 14,25 d'argent.

Le résidu de la calcination est mélangé à d'autres minerais siliceux de manière à obtenir des mattes de 30 à 40 % de cuivre. Le traitement local consiste dans une dissolution, sur une très grande échelle, des minerais grillés ; les liqueurs cuivreuses ont leur métal précipité par le fer, ce qui donne du cuivre ciment ou *cascara* qui contient de 55 à 80 % de métal pur.

Mais cette méthode primitive, qui a été employée autrefois à Chessy (Rhône), a été modifiée et le procédé Doetsch l'a remplacé en grande partie. Les pyrites de Rio-Tinto à 2 et 2,5 % de cuivre sont très pauvres, mais leur grande abondance et leur facile exploitation rachètent leur faible teneur en cuivre.

Il est à regretter que l'Espagne, ce pays grand producteur de fer, de plomb, de cuivre, de mercure, de zinc, etc., même peu connu en Europe, n'ait pas concouru officiellement à l'Exposition de 1889 et n'ait envoyé au Champ de Mars qu'une très insignifiante collection de ses riches et nombreuses productions minérales.

Mines de Aguas-Tenidas. — La Compagnie des Aguas-Tenidas (province de Huelva) a exposé un plan en relief de la mine Confesionarias et des échantillons des pyrites qu'elle exploite. Voici la composition de ces pyrites :

Soufre.	33, 23 p. %
Fer.	46, 60 »
Silice	0, 20 »
Arsenic	0, 02 »
<i>Cuivre, or, argent traces.</i>	

Les résidus donnent :

Quartz	1, 009
Peroxyde non décomposée	0, 078
Pyrites de fer . . .	96, 194
Sulfate de fer . . .	1, 970
Eau	0, 946

PORTUGAL

Le Portugal possède de grandes richesses minérales, les mines principales de cuivre encaissé dans les granites et les porphyres sont celles de Pecessa, Com-menda, Sobral, Alpedreira, Alcala et Alcalairis, situées dans le district d'Evora ; il y a aussi des filons puissants à Saint-Manços, au sud d'Évora, ainsi qu'à Xérès et Barcas, sur la rive de Guadiana, près de la frontière d'Espagne.

La province d'Alemtejo possède plusieurs gîtes de cuivre, encaissés dans les schistes cristallisés.

La riche région métallifère de la province de Huelva se prolonge jusqu'en Portugal, où l'on trouve les grands amas pyriteux de Saint-Domingos, Ajustrel et Grandola présentant une zone de 110 kilomètres de longueur.

Mine Santo-Domingos. — Le minerai extrait de la mine San-Domingos, est une pyrite de fer cuivreux, contenant en moyenne 3,5 % de cuivre et 49 à 50 % de soufre. Le minerai est exporté en Angleterre. Associés au fer et au cuivre, on y trouve aussi l'argent et l'or. M. Crooks, y découvrit en 1862, au moyen dit analyse spectrale, l'existence du thallium.

Le gisement de San-Domingos est constitué par une masse considérable de pyrites de forme lenticulaire ou naviculaire avec une tendance générale à se rétrécir en profondeur ; son plus grand développement a lieu dans la direction N. 67°,5',0 — S. 67°,5',5.

Comme les régions cuprifères du Portugal sont peu connues en France et que la plupart ont été représentées à l'Exposition de 1889, nous les citons ici d'après les renseignements statistiques de l'ingénieur José-Auguste-César das Neves Cabral.

Le gisements de cuivre du Portugal peuvent se ramener à deux types, savoir :

Filons et masses ; les régions les mieux connues ou les minerais de cuivre se présentent en filons sont celles de Caima, d'Aveiro, d'Alemtejo central.

Les principaux gisements de cuivre de la vallée de Caima traversent presque

perpendiculairement le Thalweg de cette rivière, et les veines qui leur correspondent paraissent les branches d'une grande fracturé orientée N.N.-E., — S.S.-O., s'étendant sur une extension d'environ 35 kilomètres. Cette fracture qui suit la stratification des schistes, est remplie par un puissant filon composé de grandes masses de quartz, de détritiques de schistes, d'argiles, de schistes talqueux, de puissants affleurements de quartzites l'accompagnent; les substances métallifères qui se trouvent accidentellement dans ce filon sont la pyrite arsenicale, la pyrite de fer, la pyrite cuivreuse, l'oxyde noir de cuivre, la galène, la blende; enfin le cuivre et le plomb apparaissent principalement en filons dont la direction générale est E-O ou à peu près perpendiculaire à la grande fracture indiquée plus haut. Les principales mines de cette région sont: Mine de Palhol, mine de Telhadella, de Pintor, etc.

La région cuprifère d'Alemtejo central comprend en grande partie les deux districts de Beja et d'Evora, embrassant une grande étendue de terrains granitiques et schisteux, en général métamorphosés, dans ces terrains se trouvent de nombreux filons cuprifères de structure et de composition semblables dont les directions varient entre N.-E. S.-O. et E.-O., les minerais sont des chalkosites, des chalkopyrites, des oxydes et des carbonates de cuivre, du cuivre natif à gangues de fer, de calcite et quartz.

La partie occidentale de la région centrale d'Alemtejo touche à la région des gisements de manganèse et des gîtes en masse de pyrites cuprifères à formes lenticulaires conservant en général avec la stratification, les principaux gisements connus sont ceux de San-Domingos, de San-Jono do deserto et Algarès, de Caveira, etc.

L'Exposition de la Compagnie de San-Domingos contenait une belle collection de cuivre sulfuré, de pyrites de fer cuprifères, entre autres, un gros bloc avec ses salbandes argileuses ainsi qu'un bel exemplaire de pyrite polie naturellement, en plus des dessins, plans, coupes, photographies de l'exploitation de 1859 à la fin de 1882, la mine Santa-Domingos a produit 3 012 656 tonnes de minerais.

Les autres mines de cuivre portugaises qui ont envoyé leurs produits au Champ de Mars, sont: *Mines de Braccannes*, chalkopyrite et minerai préparé (district de Beja), pyrite de fer cuivreux de Caveira, chalkopyrite de la mine de Abeça Calta.

Compagnie des minerais de Translagassa, pyrite de fer cuivreux et casoara des mines de Algarès, mine juliannas minerai de cuivre, cuivre natif (district de Reja).

Mine de Palhol (district d'Aveiro): minerai de cuivre, nickel et cobalt: production annuelle 200 tonnes; *mine de Herdado de Inoca*: pyrite de fer cuivreux,

5 000 tonnes par an ; *mines de Minancos* (Beja) : cuivre sulfuré et cuivre natif ; 1 000 tonnes annuellement ; *mine de Bogalho* : cuivre sulfuré (district d'Evora), 500 tonnes par an. Enfin dans la collection coloniale portugaise ont figuré des échantillons de cuivre et des minerais de ce métal dont quelques-uns ont été remarqués entre autres des malachites de Mozambique.

RUSSIE, SERBIE, GRÈCE, ITALIE

La Russie, qui produit environ 5 000 tonnes de cuivre par an, n'a pas été dignement représentée au point de vue des minerais cuprifères ; à part ses belles malachites d'ornementation, les producteurs de cuivre ont presque fait défaut au Champ de Mars en 1889.

MM. Gaevsky de Moscou ont exposé des objets en cuivre de leur usine. M. Paschkoff, de Saint-Petersbourg, des minerais de cuivre, du cuivre noir, M. Zolatoreff et Cie à Batoum, des minerais de cuivre, d'argent et d'étain.

La production de la Russie de 1879 à 1887 a été de :

1879	3.300
1880	3.300
1881	3.700
1882	4.000
1883	4.400
1884	4.700
1885	5.000
1886	4.175
1887	5.000

Dans l'*Aperçu statistique des forces productives de la Russie* de Buschen (1867), on voit déjà l'importance de la production russe ; la production de cuivre en Russie, dit l'auteur, excède les besoins de la consommation intérieure. A l'exception des mines de l'Altaï, qui sont la propriété de S. M. l'Empereur et qui rapportent en moyenne de 20 à 30 000 pouds, presque toute la production appartient à l'Oural. Le nombre des mines était en 1863, de 136 ; le nombre de travailleurs employés de 11 000 ; la quantité produite de 286 000 pouds (47 666 quintaux). A raison du prix moyen de 9 roubles par poud ou

216 francs par quintal), la valeur de la production de cuivre est de 2 600 000 roubles (10 400 000 francs). Depuis 1867 la production a augmenté.

Les mines de cuivre de la Russie sont principalement situées dans les monts Oural et les monts Altaï. Parmi les plus importantes nous citerons celles de Tourinsk et de Nijni-Tanguilsk ; le minerai est formé principalement de carbonates (malachite, azurite), d'oxyde de cuivre, de cuivre natif.

Les mines de cuivre du district de Zmeinogorsk donnent une pyrite de cuivre, à teneur de cuivre de 10 à 13 livres par poud ; les minerais oxydés de la mine de Belvoussor contiennent de 2 1/2 à 3 1/2 livres de cuivre par poud. Le district de Bogoslovsk (gouvernement de Perm) donne des pyrites cuivreuses à 3,8 % de cuivre. La mine de cuivre de Medno-Roudiansk, appartenant au prince Demidoff a donné depuis 1814, époque de sa découverte jusqu'en 1878, 157 080 000 pouds de cuivre fin ou 2 578 360 tonnes ; elle a donné en outre 35 000 pouds de malachite découverte en 1840 dans la mine où elle formait un énorme noyau. Enfin le minerai de cette mine est fondu dans l'usine de Vouga. Le minerai de cuivre des mines des environs de Iougov (Perm) présente plusieurs variétés à teneurs différentes en cuivre ; on y trouve des grès contenant 1 1/2 à 3 1/2 % de cuivre, des grès accompagnés de Folbortite (vanadiate de cuivre) contenant jusqu'à 5 % de cuivre, argile avec cuivre carbonaté à teneur de 2 % de cuivre.

Les usines métallurgiques de Nijnétaguilsk appartenant à M. Demidoff, prince de San Donato (dans le gouvernement de Perm) préparent l'or et le platine, extraient le cuivre de ses minerais, le laminent en feuilles, fabriquent le fer, la fonte, l'acier, etc.

La mine de Roudiansk a donné dans ces derniers temps de 35 à 50 000 tonnes par an ; l'usine peut fabriquer annuellement 1 147 tonnes de cuivre. Voici la composition des minerais de cuivre de Nijnétaguilsk.

NATURE DU MINÉRAI	SILICE	ALUMINE	OXYDE DE FER	OXYDE DE MANGANESE	CHAUX	MAGNÉSIE	CUIVRE	SOUFRE	ARSENIC	PERTE AU FEU
Arorwisky, pyrite cuivreuse	10.608	4.378	62.000	0.933	3.901	1.445	3.938	6.251	traces	7.570
— diorite bleue .	25.219	7.955	48.020	1.139	2.214	2.504	3.999	5.956	»	7.800
— talc et schiste.	39.178	15.483	27.551	1.600	0.924	1.568	3.496	0.032	»	8.800
Temmo-Pawlowsky, talc .	42.601	17.707	21.636	1.860	1.058	1.182	2.998	0.107	»	7.850
— diorite	28.840	11.469	46.195	»	0.565	2.127	2.009	0.043	»	7.300
Théodorowsky, talc . . .	40.110	11.514	26.077	2.015	1.211	1.431	5.563	0.039	»	9.000
— schiste . .	46.446	12.638	16.360	0	2.630	3.283	4.191	0.595	»	6.570
Semanovski, diorite. . .	39.240	11.884	23.731	0.416	7.980	3.982	1.366	0.081	»	4.140
— schiste. . .	29.440	11.969	25.680	2.399	2.542	8.106	6.983	»	»	11.250
— minéral quartzeux	66.152	5.294	14.229	0.360	1.015	traces	5.380	0.003	»	5.100
— pyrite bleue .	7.333	2.633	65.322	0.344	0.813	0.050	8.344	9.599	»	7.600

SERBIE

Dans l'Exposition de la Serbie, on a remarqué les minerais de cuivre, mattes et scories cuivreuses de M. Chaudoir et C^{ie} de Maïdanpeck ; en outre des malachites, cuivre natif, cuprite, pyrite cuivreuse, chalkopyrite, etc., de différents gîtes de cette contrée. Les ministères du Commerce et de l'Agriculture de Belgrade, avaient fait une exposition collective des minerais, minéraux et roches de la Serbie parmi lesquels figuraient de nombreux spécimens de minerais cuprifères.

GRÈCE

M. Simouloulia de Lamie a exposé des minerais de cuivre dont des gîtes sont connus sur plusieurs points de la Grèce ; ces minerais sont le plus souvent mélangés avec les minerais plombifères, quelquefois aussi à l'état libre (sulfures et carbonates). Presque tous les minerais plombifères du Laurium sont plus ou moins cuprifères. Quelquefois le cuivre se trouve (chalkopyrite) sous la forme de veinules traversant les micaschistes de Camaresa ; dans le puits d'extraction de Saint-Jean-Baptiste, l'amas plombifère est tellement cuprifère, dans de grandes étendues, qu'il contient de 6 à 10 % de cuivre.

ITALIE

L'Italie ne produit qu'une petite quantité de cuivre, les minerais cuprifères n'ont pas été représentés à l'Exposition de 1889.

FRANCE ET SES COLONIES

En France, bien que notre pays ne soit pas producteur de cuivre, le commerce de ce métal est très important. Si nous consultons les statistiques du commerce spécial, qui donnent en valeurs les marchandises importées et exportées, nous trouvons pour le cuivre, de 1879 à 1887 :

	CUIVRE PUR OU ALLIÉ — Exportation	CUIVRE BRUT — Importation
1879	35.254.000 fr.	4.548.000 fr.
1880	38.224.000	5.768.000
1881	44.205.000	10.917.000
1882	43.150.000	7.694.000
1883	49.162.000	15.150.000
1884	33.039.000	15.349.000
1885	30.102.000	11.903.000
1886	26.468.000	9.951.000
1887	32.583.000	13.632.000

En admettant le prix moyen de la tonne à 1 000 francs pour l'année 1887, il serait entré en France 32 563 tonnes de cuivre, qui, avec le stock existant et les vieilles matières à transformer, ont suffi aux besoins de la consommation nationale, et ont permis d'exporter pour 13 632 000 de francs de produits cuivreux, fabriqués ou élaborés ; donc la France a besoin, en moyenne, pour sa consommation intérieure, et pour la fabrication des produits à exporter, d'importer environ 30 à 35 000 tonnes de cuivre par an.

La *Société des Métaux* a exposé les métaux fabriqués dans ses diverses usines : le cuivre rouge et ses alliages, laiton, maillechort, l'étain et le plomb. Sa consommation annuelle était d'environ :

Cuivre brut	21.000.000 kilogr.
Zinc	4.500.000 —
Nickel	160.000 —
Etain	200.000 —
Plomb	9.000.000 —

La *Société métallurgique du Cuivre Manhès* a exposé des échantillons des minerais qu'elle traite, et des produits fabriqués, savoir :

1° Minerais de cuivre sulfuré de la mine Parrot (États-Unis), au titre moyen de 10 % de cuivre ;

2° Minerais de cuivre de Rozos (Norvège), au titre moyen de 4,50 % de cuivre ;

3° Minerais de nickel (hydrosilicate) des États-Unis, à teneur de 8 % de nickel ;

4° Minerais sulfurés de nickel (Piémont), à 4,5 % de nickel ;

5° Minerais de cuivre (cuivre gris de Jerez-Lantheria) (Espagne), contenant 12 % de cuivre, et 9 % d'antimoine ;

6° Minerais de cuivre pyriteux d'Aiguebelle (Savoie), à teneur de 13 % de cuivre.

La *Société anonyme des Aciéries de France* a exposé quelques échantillons de pyrite de cuivre du filon de la gare de Bajac (Aveyron).

Mines de cuivre de Charrier-Lapprune (Allier). — Dans la section française, nous n'avons vu qu'une seule exposition de minerais de cuivre français, celle de M. Piret, composée de cuivre carbonaté, cuivre sulfuré, cuivre oxyde noir, de cuivre rouge, etc., échantillons provenant des gîtes Charrier-Lapprune.

« En France, dit M. Rivot, on connaît un assez grand nombre de filons de cuivre pyriteux, dans les Alpes, les Pyrénées, l'Aveyron, la Lozère, etc. Mais les filons, reconnus jusqu'à présent en France, ne sont pas très riches en affleurements ; un certain nombre d'entre eux présentent des caractères assez favorables pour qu'on puisse espérer une exploitation fructueuse. »

ALGÉRIE

Algérie — L'Algérie avait fait une belle exposition de ses riches et variées productions minérales, divisées par départements ; quoique l'exploitation du cuivre n'y soit pas importante, on y a remarqué de beaux spécimens de minerais cuprifères.

Après le fer, le cuivre paraît être le métal le plus répandu en Algérie ; il se montre à l'état d'extrême dissémination dans la bande de schistes anciens qui, à partir d'Arzew, apparaît encore en une foule de points le long de la côte occidentale ; on y rencontre fréquemment des veines courtes et minces de cuivre pyriteux, seul ou associé au quartz. Dans la région de Batna, le cuivre se trouve aussi disséminé en veinules dans les fissures de

roches crétacées et micacées. Dans la province d'Oran, on n'a signalé que le cuivre pyriteux ou carbonaté; le cuivre gris, très répandu, ne commence qu'à Oued-Bou-Hallan, dans la province d'Alger. Dans cette province, il se rencontre dans un grand nombre de gîtes; parmi ceux-ci, l'un des plus importants est la mine de Mouzaïa. Dans la province de Constantine, le cuivre gris a été signalé dans près de la moitié des gîtes. Le cuivre gris est généralement argentifère.

La *Notice minéralogique*, publiée par le service des Mines, donne les renseignements statistiques suivants sur les gisements de cuivre de l'Algérie, dont quelques échantillons ont été exposés par ce service.

1° Sidna-Oucha, à 6^k E. 16° N. de Nemours, inexplorée, dans les marnes oxfordiennes;

2° Abba, à 22^k S. 12° E. de Lalla-Magorea, filons de cuivre pyriteux dans les schistes anciens;

3° Djebel-Mzaïta, à 44^k O. 14, S. d'Oran, dans une roche éruptive récente;

4° Guessiba, à 7^k O. d'Arzew;

5° Tleurtelt, à 7^k S. de Mecheria, indices de cuivre carbonaté;

6° Aïn-Sultan, à 23^k 35° E. de Saïda, cuivre pyriteux et carbonaté dans les grès néocomiens.

1° Djebel-Hadid, cuivre pyriteux dans le miocène;

2° Oued-Allelad, à 6^k S. S. E. de Ténès, cuivre pyriteux dans les marnes helvétiques;

3° Oued-Taffilés, environs de Ténès, cuivre pyriteux;

4° Cap Ténès, environs de Ténès, même minerai dans le cartennien;

5° Oued-Bou-Hallan, cuivre pyriteux et cuivre gris argentifère, en petits filons, dans l'Helvétien;

6° Sidi Bou-Aïssi, au S. de Ténès, même minerai dans le carténien;

7° Beni-Aquil, S. de Ténès, cuivre gris argentifère dans le sénonien;

8° Djebel-Temoulga, à 24^k E. 8° N. d'Orléansville, cuivre vert et bleu dans une marne schisteuse néocomienne;

9° Oued Dhamous, cuivre pyriteux;

10° Djebel-Dané, S. de Milianah, cuivre carbonaté et cuivre pyriteux;

11° Aïn-Kerma, nodules de cuivre pyriteux dans le cartonnien;

12° Aïn-Sultan, cuivre pyriteux et cuivre carbonaté helvétique;

13° Oued-Adelia, S. de Milianah, cuivre pyriteux;

14° Haneman-Rhir, N. Milianah, cuivre pyriteux et cuivre oxydé noir;

15° Mouzaïa, à 10^k N. N. O. de Médéah, cuivre gris argentifère, nombreux filons encaissés dans les calcaires et marnes cénomaniens;

16° Oued-Merdja, à 11^k S. S. O. de Blidah, cuivre pyriteux;

17° Oued-Kébir, même minerai;

18° Ouled-Abed, cuivre gris;

19° Oued-Bournam, même minéral et cuivre pyriteux.

Province de Constantine. — De nombreux gisements de cuivre gris argentifère, dont quelques-uns ont été exploités, et puis abandonnés, quelques-uns explorés seulement. Quelques gîtes contiennent de la pyrite cuivreuse, de la chalcosine. Aujourd'hui, la seule exploitation active est celle de Kef-Oum-Thaboul, à 11k E. 10° S. de la Calle, qui se fait sur un grand filon de cuivre pyriteux dans les schistes léguriens.

Nouvelle-Calédonie. — La Nouvelle-Calédonie, avec une extension superficielle relativement petite, renferme des richesses minérales très importantes et fort considérables. Certains métaux, peu communs en Europe, tels que le nickel, le cobalt, le chrome, sont au contraire abondants dans notre colonie. Aussi les gisements métallifères, les plus importants de la Nouvelle-Calédonie, sont ceux de nickel, de cobalt, de cuivre, de galène argentifère, de fer chromé, d'antimoine.

Les minerais de cuivre, de cobalt, de chrome, etc., ont été exposés au Pavillon des Colonies de l'Esplanade des Invalides. Actuellement, on exploite des mines de cuivre au Diahot (nord de l'île).

M. Pélatan a exposé de beaux échantillons de malachite et d'azurite de cuivre sulfuré, les minerais carbonatés de la mine Mérétria, le cuivre natif et le cuivre fondu fabriqué avec les minerais extraits.

La *Société des Mines du Nord et de la Nouvelle-Calédonie* (Higginsen et Pélatan) a exposé une série de minerais de cuivre (cuivre natif, cuivre carbonaté vert et bleu, cuivre pyriteux) et des mattes de cuivre.

Enfin, dans le Pavillon de l'Annam, protectorat du Tonkin, figuraient aussi divers minerais de cuivre.

ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE

Les belles collections de minerais, de minéraux et de roches des États-Unis ont fait l'admiration de tous les minéralogistes et géologues qui ont visité le Champ de Mars.

On sait que le cuivre est un produit important de l'Amérique du Nord et que les États-Unis occupent le premier rang parmi les pays producteurs de ce métal.

Les minerais de cuivre du Michigan septentrional sur les côtes du lac Supérieur, ceux des États de l'Illinois, de l'Arkansas, de Missouri, de l'Alabama, du Kansas, d'Iowa, du Wisconsin, de la Nevada, de la Californie, etc., sont renommés et connus des industriels qui s'intéressent au cuivre.

Les bords méridionaux du lac Supérieur sont formés d'une suite de zones successives, de schistes et de grès, redressés et fortement métamorphisés. Ces couches sont traversées par des diorites éruptives cristallisées qui se lient à des amygdaloïdes. Les cavités des amygdaloïdes sont remplies de calcaire cristallin, de quartz hyalin, accidentellement par la chlorite verte, la préhnite, le feldspath, le cuivre natif ou silicaté.

Quelquefois le cuivre natif remplit seul la cavité de l'amygdaloïde qui devient alors un véritable minerai cuprifère. Les conglomérats renferment également, sur beaucoup de points, du cuivre natif.

Le cuivre natif, associé au quartz et à la chlorite, forme des filons qui traversent les terrains stratifiés et qui se bifurquent dans les roches amygdaloïdes des bords du Lac supérieur. Le filon de Clift a environ un mètre d'épaisseur, avec des veines de cuivre natif de 50 à 60 centimètres de puissance et qui ont fourni quelquefois 10 à 20 tonnes de cuivre. Le filon d'Antonagon est aussi productif que celui de Clift; il est couché dans le sens de la stratification des amygdaloïdes.

Sur les bords du lac Supérieur on a aussi trouvé la mélaconite ou cuivre oxydé noir en grandes masses.

La Californie, le Colorado, l'Alabama, la Nevada, etc., ont envoyé à l'exposition du cuivre natif, de la phillipsite, des carbonates verts et bleus, des cuivres pyritiens, des cuivres gris, des chalcopyrites.

Les principaux exposants américains de cuivre sont : Abel Lindley, pyrites de cuivre et pyrites aurifères d'Arizona, M. Aggère Prest (Compagnie Anaconda) minerais de cuivre de Montassa, Copper Basin Mining Co, malachite, azinite et autres minerais cupifères d'Arizona, United Verde copper compagnie, minerais de cuivre d'Arizona, etc.

L'exposition collective des minerais et minéraux des États-Unis sous la direction du professeur Blake, contenait des minerais de cuivre exposés par les usines Anaconda, Bristol copper, de Cactus, de Doly, de Hubbel.

Le développement industriel des États-Unis d'Amérique a pris, en quelques années, une telle importance, que les notions manufacturières de la vieille Europe en ont été troublées dans leurs fonctions économiques. Les Américains ne se sont pas bornés à fabriquer des articles de consommation courante; mais ils ont énormément développé leur industrie minérale et métallurgique. Les États-Unis occupent un des premiers rangs parmi les pays producteurs de cuivre, voici d'ailleurs la statistique de la production pour les années 1882 à 1887 avec l'indication des États et districts où se trouvent les mines (les quantités sont exprimées en pounds).

PROVENANCES	1882	1883	1884	1885	1886	1887
	Pounds	Pounds	Pounds	Pounds	Pounds	Pounds
Lac Supérieur	56.982.765	59.702.404	69.353.202	72.148.172	79.890.790	74.660.000
Arizona	17.984.465	23.874.963	26.734.345	22.706.366	15.657.035	18.000.000
Montana	9.058.284	24.664.346	43.093.054	62.798.864	57.611.621	78.900.000
New-Mexique	869.489	823.511	54.450	79.839	558.385	»
Californie	826.695	1.600.862	876.166	496.028	430.000	»
Colorado	1.494.000	1.152.652	2.013.125	1.146.460	400.000	2.009.000
Utah	605.880	341.885	265.526	166.190	500.000	»
Wyoming	100.000	920.468	»	»	»	»
Nevada	350.000	288.077	100.000	8.871	»	»
Idaho	»	»	46.667	40.381	»	»
Etats du Centre	294.695	324.706	232.114	190.000	»	»
Nouvelle-Angleterre	1.555.000	612.124	904.423	211.602	315.719	»
Etats du Sud	400.000	395.175	317.711	40.199	29.811	2.400.000
Des usines de plomb	125.000	782.880	950.870	910.144	1.282.498	1.240.240
Total	90.646.232	115.526.053	144.946.653	165.875.766	156.735.381	177.200.000

En résumé la production totale du cuivre aux États-Unis, qui s'élève à 81000 t. pour l'année 1887, peut se décomposer de la manière suivante :

Mines du lac supérieur	33.330,30
— de Montana	35.223,20
— d'Arizona	8.035,70
— du Colorado	892,64
— des autres états	669,94
D'usines et d'autres minerais	2.919,64
Total en tonnes	81.071,42

Dans le district du lac Supérieur ce sont les mines Calumet et Hécla qui ont donné le plus fort rendement, car sur une production totale de 74 660 000 pounds elles y contribuent pour 45 600 000 pounds ou pour plus de la moitié. Dans le groupe cuprifère de Montassa dont la production s'est élevée en 1887 à 78900000 pounds, la mine Anaconda y contribue à elle seule pour 57 000 000 de pounds.

L'exploitation de cuivre se fait dans une vingtaine d'États de l'Union américaine; mais les trois groupes principaux de production sont : le lac Supérieur, Arizona et Montana.

Les principales mines du groupe du lac Supérieur (État de Michigan) sont Calumet et Hécla, puis Quinez, Central, Franklin, Atlantic, Allouez, Huron, Copper Falls, Osceola, Mass, Phoenix, Clift, etc., ayant produit de 1880 à 1886 en pounds :

1880	1881	1882	1883	1884	1885	1886
49.682.337 p ^{ds} .	54.558.909	57.155.971	59.702.404	69.353 202	72.148.172	79 890.793

On sait que le gisement du lac Supérieur, décrit par Rivot (3^e volume *Métallurgie*) est de cuivre natif mêlé à quelques autres espèces cuprifères ; il forme des filons qui traversent les terrains stratifiés et qui se bifurquent dans les roches amygdaloïdes. Aujourd'hui on utilise les gangues imprégnées de cuivre et on exploite comme minerai des grès imprégnés de cuivre natif qui, aux mines de Columet et Hécla contiennent jusqu'à 4 % de cuivre.

Le groupe d'Arizona (mines Copper-Queen, Copper-Prince, Arizona, Détroit) est constitué par la série des minerais de cuivre oxydés, carbonatés, silicatés, etc. avec gangue argileuse, ferrière, manganésifère, calcaire. Le cuivre obtenu avec ces minerais de 18 à 14 % d'oxyde de cuivre, est d'une grande pureté et est recherché pour les applications de l'électricité.

MEXIQUE

La belle exposition des productions minérales du Mexique contenait de remarquables échantillons de minerais de cuivre de divers États parmi lesquels se faisaient remarquer ceux qui provenaient de Boléo (Basse-Californie), les États d'Agnascalientes, de Coahuila, de Michoacan, de Chiapas, de Durango, de Quanaajuata, etc. Les mines principales de l'État d'Agnascalientes sont celles de Tepezala et d'Asientos qui contiennent des carbonates de cuivre et de l'argent. Le minerai extrait en ce moment sert à la fabrication du sulfate de cuivre.

La région cuprifère de Boleo est un centre producteur récent ; le district de Santa-Agueda où elle est située présente un vaste plateau d'une hauteur moyenne de 200 mètres au-dessus du niveau de la mer, découpé par des ravins ou cañons toujours à sec. La région minière connue occupe une surface rectangulaire d'environ 6 kilomètres de long sur 5 de large.

Le plateau de Boleo est composé, en allant de haut en bas, de la succession des assises tertiaires suivantes qui renferment trois couches cuivreuses.

1° Tuf, conglomérat à ciment calcaire, tufs jaunâtres recouvrant la *première couche cuivreuse* d'une puissance moyenne de 1 mètre.

2° Conglomérat à roches vitreuses, tufs argileux reposant sur la *deuxième couche cuivreuse* d'une épaisseur de 80 centimètres à 2^m,30.

3° Conglomérat à éléments gris, divers tufs, rouges ou roses, recouvrant la *troisième couche cuivreuse*, d'une puissance de 60 centimètres à 3 mètres et reposant elle-même sur un conglomérat et tuf à éléments feldspathiques (dacite et labradorite) et sur un tuf brun ou verdâtre, d'une puissance de 50 mètres.

Enfin tout le bassin cuivreux, repose en stratification descendante, sur une dolomie fossilifère antérieure au dépôt métallifère.

Le cuivre se trouve dans ces trois couches du Boleo sous forme de minerais oxydés, tantôt isolés, tantôt associés ou combinés à d'autres substances telles que le fer, le manganèse, l'acide carbonique, l'acide silicique, etc.

Les principales espèces minérales de ce gisement sont l'*oxyde noir* (mélaconite), l'*oxydite de cuivre* (cuprite), l'*atacamite* (oxychlorure), l'*azurite* (cuivre carbonaté bleu), la *malachite* (cuivre carbonaté vert), la *chrysocale* ou hydro-silicate vert de cuivre, en masses amorphes, On y trouve aussi des espèces plus complexes ou plus rares sans intérêt industriel.

Le minerai se présente sous forme de mouches ou de veinules et quelquefois à l'état de petites boules oolithiques ; la première couche, contenant surtout des oxydes, est peu importante ; la deuxième contient surtout des carbonates en grains et la troisième, la plus importante, contient des oxydes noirs de cuivre, les carbonates mêlés à des oxydes de fer et enfin des minerais sulfurés.

Les minerais de Boleo sont d'une grande pureté, ils ne contiennent ni arsenic, ni antimoine et peuvent être traités directement pour cuivre noir au four à manche sans addition d'aucun fondant.

Les analyses faites à l'École des Mines de Paris sur les minerais de Boleo ont donné les quantités suivantes de cuivre métallique pour cent de minerai :

I	II	III	IV	V	VI
Mine de l'Olvido	Mine de Hugar	Sontang	Bompland	Emma	Prosperidad
21,28	12,48	12,66	15,59	12,00	15,20

VÉNÉZUELA, URUGUAY, RÉPUBLIQUE DOMINICAINE

Vénézuela, Uruguay, République Dominicaine. -- Le Vénézuela abonde en mines d'or, de cuivre, d'argent, de fer, de plomb, d'étain, de charbon, etc., dont les échantillons ont été exposés dans le pavillon de cette contrée de l'Amérique équatoriale; la commission de l'Etat de Zulia, celles des Etats de Nirgua, de Carabobo, de Gusman-Blanco, la Compagnie des Mines d'Aroa ont exposé des types des minerais cuprifères Vénézuéliens, tels que cuivre carbonaté bleu et vert, cuivre pyriteux, cuivre oxydé, sulfuré, cuivre natif, etc.

Les plus célèbres mines de cuivre de Vénézuela sont celles d'Aroa exploitées depuis 1875 par une Compagnie Anglaise; elles ont produit les quantités suivantes depuis 1880 :

1880.	. . .	10.478 tonnes de minerai valant 2.300.000 bolivares (bolivars)
1881.	. . .	17.020 3.937.500
1882.	. . .	17.098 3.100.000
1883.	. . .	23.848 5.000.000
1884.	. . .	15.974 2.878.900
1885.	. . .	32.585 3.639.600
1886.	. . .	25.993 2.707.000
Total	. . .	142.996 tonnes 23.568.000 bolivares

Le minerai est exporté en Angleterre.

Dans la production générale du cuivre, le Vénézuela figure pour les nombres suivants :

1886	1885	1884	1883	1882	1881	1880	1879
tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes
3.708	4.111	4.600	3.700	3.700	2.823	1.800	1.597

enfin 1537 tonnes en 1879.

Uruguay. — Le sol de la République de l'Uruguay contient d'importants gisements d'or, d'argent, de cuivre, de fer, etc. Des mines de cuivre sont en exploitation dans le département de Maldonado ; ces minerais étaient exposés au Champ de Mars.

République Dominicaine. — Où figuraient aussi des échantillons de minerais cuprifères de la République Dominicaine.

RÉPUBLIQUE ARGENTINE

Le pavillon de la République Argentine a été un des plus visités et admirés ; la remarquable collection de minerais métallifères et minéraux du premier étage a attiré l'attention de tous ceux qui s'occupent des substances tirées du sol ; l'or, l'argent, le fer, le bismuth, le cuivre, le plomb, etc., y étaient représentés par de nombreux échantillons classés, étiquetés et analysés. Cette belle collection Argentine est formée par des collections partielles ; l'une a été fournie par le directeur du département national des Mines et Géologie, l'autre par la Commission centrale des Mines de Buenos-Aires. Celle-là représente les provinces de la Rioja, Cotamarca, Salta, Jujuy, San-Juan, Cordeba et Tucarma. La seconde, les provinces de Salta, Jujuy, Catamarca, San Luis, Merúoza, San Juan, etc. En outre, la collection générale contient celle de l'Université de Cordoba, de la Société Anonyme des Mines de Candelaria, la collection de M. Alfredo Tello, etc. Les minerais de cuivre étaient nombreux dans la remarquable Exposition de la République Argentine ; on y trouvait la cuprite, cuivre gris, malachite, chalcoppyrite, azurite, chalcosine, phillipsite, etc., de la province de San-Juan ; la chalcosine, chalcoppyrite, phillipsite, cuprite, cuivre natif, carbonaté, mélaénite, cuivre gris de Cordoba et des Catamarca, l'énargite, Famatinite, chalcoppyrite, phillipsite, cuivre gris, covelline, cuprite, malachite, cyanose, chalcosine, chryso-colle, azurite de la Rioja, de Salta, de San-Luis, de Mendoza.

Citons quelques analyses de divers minerais cuprifères de la République Argentine. Prenons par exemple les minerais de cuivre de la province de Rioja (Cerro del Méjicana) employés dans l'usine de Tilimiqui. On emploie en général 423 tonnes de minerai pour obtenir une tonne de régule qui donne :

	I	II
Cuivre.	65 %	63,25 %
Argent.	268,8 onces à la tonne	232,12 onces
Or	6,7 —	4,85 —

On traite environ 5 000 tonnes de minerai de cuivre par an dans l'usine de Tilimiqui. La Famatinite a la composition suivante :

Cuivre	43,84	44,64	44,87
Arsenic.	4,01	3,40	2,73
Antimoine.	23,10	22,91	23,65
Soufre	29,05	29,65	26,55

Une autre espèce cuprifère du cuivre de la Méjicana, l'énargite est formée de :

	I	II	III
Cuivre.	46,99	47,10	48,10
Arsenic.	14,58	16,90	17,64
Antimoine	2,20	1,67	1,29
Fer.	2,50	1,76	1,19
Plomb.	3,20	0,90	0,50
Soufre.	29,20	30,86	31,00
Argent.	1,23	0,81	0,28
	100,00	100,00	100,00

Le minerai de cuivre fondu à l'usine de Tilimiqui, présente la composition suivante ; sa richesse en cuivre varie de 5 à 35 % et celle en argent de 0,100 à 0,742.

Cuivre.	Argent.	Or.
35 %	0,200 %	0,0100 %
24	0,560	0,0024
24	0,742	0,0011
16	0,250	0,0031
18	0,250	0,0089
14	0,250	0,0037
20	0,350	0,0049
18	0,450	0,0071
8	0,200	0,1043
25	0,550	0,0053
15	0,450	0,0016
5	0,100	0,0167
15	0,400	

Dans la province de Catamarca, on exploite des minerais de cuivre carbonatés, oxydés, sulfurés et argentifères.

Voici l'analyse d'un minerai de la mine Restauradora :

	Cuivre.	Argent.	Or.
	27,7 %	0,1050 %	0,0015 %
	17,7	0,1050	0,0020
	18,4	0,0885	0,0025
	17,5	0,1053	0,0030
Moyenne . .	20,325 %	0,095 %	0,001875 %

On exploite environ 2 000 tonnes de ce minerai par an. Dans l'usine de Pile-
rau on traite environ 4 500 tonnes de minerai de cuivre dans l'année. Le mine-
rai cuprifère de la mine Panchita (Catamarca) donne de 365 onces d'argent à la
tonne; certains produisent même de 2 370 à 3 724 onces d'argent par tonne de
minerai.

Minerai de la Panchita

Cuivre.	40,962
Argent.	1,020
Fer.	2,520
Sulfure.	8,364
Matières insolubles.	39,800
Oxygène et eau.	7,334
	<hr/> 100,000

Voici l'analyse des minerais de cuivre de la province de Cordoba :

Cuivre.	Argent.	Or.
15,66 %	0,18 %	30 onces à la tonne.
44,18	0,44	10 — —
3,20	0,07	0,80 once à la tonne.
22,56	0,08	0,40 — —
18,84	0,11	

Voici l'analyse d'un minerai de cuivre argentifère et aurifère de la province
de San-Juan :

Or.	Argent.	Cuivre.	Onces en or par tonne.
0,0038 %	0,0186 %	37,367 %	1,35
0,0046	0,0515	23,157	5,19
0,0076	0,0350	17,008	2,50
0,0460	0,3160	10,200	1,48
0,0050	0,0350	17,880	1,64
0,0016	0,0560	7,110	0,573

La fonderie de Pilciao, l'un des établissements métallurgiques de la République
Argentine, de 1866 à 1875 a fondu 22 000 tonnes de minerai duquel on a tiré
3 526 tonnes de cuivre. La mine Restauradora de 1860 à 1871 lui a fourni
3 222 tonnes et de 1875 à 1887 environ 2 114 tonnes.

Dans la province de San-Juan il a été exporté pendant les années 1887 et 1888 666 188 kilogrammes de minerais de cuivre argentifère.

Nous profitons de l'occasion qui se présente ici de remercier MM. Carlos Hoskold et Alfredo Tello, ingénieurs des mines argentins pour la manière amicale et gracieuse avec laquelle ils nous ont ouvert les collections et fourni des renseignements.

Un avenir minier de grande importance est assuré à la République Argentine; les minerais d'or et d'argent y sont répandus; les minerais de cuivre, de plomb, etc., y sont généralement argentifères et le plus souvent aurifères.

Malgré de nombreux gisements de cuivre la production cuprifère est encore très faible et la République Argentine n'est pas encore classée parmi les pays producteurs de cuivre.

BOLIVIE

La Bolivie produit une certaine quantité de cuivre; ses minerais ont figuré avec éclat à l'Exposition de 1889 où l'on a remarqué les nombreux échantillons de cuivre natif de Corocoro et les divers minerais cuprifères du pays exposés par MM. Ortola, Berthin, Dorado, Farfan, etc. Les diverses collections de la Bolivie renfermaient de beaux échantillons de minerais d'argent, de bismuth, d'étain, d'or, etc.

La production de la Bolivie a été, de 1879 à 1887, la suivante :

ANNÉES. . .	1879	1880	1881	1882	1883	1884	1885	1886	1887
Tonnes. . .	2.000	2.000	2.655	2.259	1.680	1.500	1.500	1.100	1.300

Généralement les minerais de cuivre sont vendus aux usines chiliennes; mais les cuivres gris argentifères sont le plus souvent exportés.

Le minerai de Corocoro est un cuivre natif disséminé dans un grès, qui, après avoir reçu une préparation mécanique dans un métal riche de 60 à 70 % en cuivre. Les couches cuprifères qui ont de 50 centimètres à 12 mètres de puissance, sont comprises entre des argiles et des grès gypseux; le cuivre natif s'y trouve en grains, nodules et masses d'épaisseurs très variables, en dendrites, filaments, feuilles dont on a pu admirer de beaux spécimens au Champ de Mars. Le cuivre, remarquable par sa pureté, ne renferme qu'une faible proportion de cuprite, de malachite et de pyrite cuivreuse.

On a vu, au pavillon de la Bolivie un bloc de cuivre natif pesant 230 kilogrammes.

Les représentants de l'exposition de la Bolivie à Paris n'ont voulu nous donner ni renseignements, ni même les notes et catalogues imprimés. Toutes les sections, mêmes celle de Hawaï ont été aimables et disposées à nous fournir des renseignements : seule la section bolivienne a fait exception. Nous attribuons ce manque de politesse aux souvenirs des mines de Calamine d'Almerie (Espagne).

CHILI

Le Chili est un grand producteur de cuivre ; il occupe le deuxième rang dans la production de ce métal, comme le constatent les chiffres suivants :

ANNÉES	1879	1880	1881	1882	1883	1884	1885	1886	1887	1888
Tonnes	49.318	42.916	37.989	41.909	41.990	41.648	38.500	38.025	49.318	31.240

L'immense et splendide collection minéralogique exposée par le Chili dans son pavillon du Champ de Mars a attiré l'attention et a prouvé la richesse minière de ce pays ; les minerais de cuivre, de plomb, d'argent, d'or, etc., envoyés à l'exposition proviennent du vaste espace qu'embrasse le système des Cordilières chiliennes depuis la latitude de 33 à 34 degrés sud jusqu'au-delà du Tropique.

La République du Chili occupe l'extrémité Sud-Ouest de l'Amérique. Elle est baignée par l'Océan Pacifique depuis le parallèle 17°, 47 jusqu'au cap Horn, soit 55°, 49 Sud. Le territoire de ce pays prend la forme d'une longue écharpe déroulée entre le pied des Andes et l'Océan Pacifique. Son sol est fort accidenté et son orographie offre de hauts reliefs d'une grande originalité. La partie orientale est dominée par des hautes cimes et les nombreux contreforts des Andes ; vers l'Ouest, se développe la chaîne de montagnes de la côte maritime. Les deux chaînes de montagnes ont des caractères orographiques et géologiques différents ; la chaîne des Andes est remarquable par ses pentes rapides, la hauteur de ses pics qui atteignent jusqu'à 6 797 mètres d'altitude, ses grandes failles ou quebradas. La chaîne de la côte n'est ni si élevée ni si large quoique ses pentes orientales viennent se baigner dans le Pacifique ; ses plus grandes altitudes ne dépassent pas 3 470 mètres ; c'est à travers les grandes fractures de cette chaîne maritime que s'ouvrent passage les fleuves qui prenant leurs sources dans les Andes, viennent se jeter dans le Pacifique.

Entre ces deux chaînes parallèles de montagnes, se développe sur une immense fracture, la vallée centrale qui se prolonge depuis 33° jusqu'à 41°, 30' de latitude sud.

La chaîne maritime se compose de roches de cristallisation, massives, granitiques ou granitoïdes (diorites, pegmatites, syénites, etc.), des roches cristallophylliennes (micaschistes, schistes argileux, etc.). La chaîne des Andes au contraire, consiste principalement en roches stratifiées de différentes époques (jurassique, trias, etc.), qui reposent sur des roches éruptives analogues à celles de la chaîne occidentale. Vers la limite occidentale de ces terrains, notamment vers celle des strates jurassiques, on voit la ligne du plan de contact de ces deux formations « cette ligne de contact, dit la notice du catalogue, des deux formations constitue en même temps la limite occidentale des assises argilo-calcaires jurassiques et ne s'éloigne pas à plus de 20 à 40 kilomètres de la côte dans le nord du Chili. Tout ce qui reste du littoral à l'ouest de cette ligne forme la première et la plus belle région des gisements métallifères ; celle qui produit principalement les minerais de cuivre et d'or. A l'est de la même ligne de contact s'étend la deuxième région des gisements métallifères dont le produit principal est l'argent (argent natif, chloruré, bromuré) et qui ne s'élève pas à plus de 1 000 à 1 200 mètres sur les pentes occidentales des Andes. Enfin, à l'est et au-dessus de cette région argentifère, bien caractérisée par les terrains stratifiés, jurassiques, qui la renferment, commence la troisième région des gisements métallifères, dans laquelle prédomine le plomb argentifère dont les minerais se trouvent ordinairement mélangés avec des composés de fer, de cuivre, de zinc ».

Les filons métallifères qui traversent le massif des deux cordillères s'y montrent donc dans trois régions bien distinctes.

Dans mon ouvrage la *Minéralogie et la Minéralurgie* à l'Exposition universelle de 1867, en rendant compte de la belle exposition métallifère du Chili, je disais : « les mines de cuivre les plus importantes du Chili sont situées sur le littoral, à une distance qui rarement dépasse 20 à 25 kilomètres de la côte et rapprochées des meilleurs ports du Pacifique : Caldera, Carrisal, Huasca, Caquimbo, Valparaíso, etc. ; les gisements aurifères se rapportent au terrain de transition de la côte et aux roches de cristallisation, principalement aux roches dioritiques qui l'accidentent ».

Le Chili offre d'ailleurs le plus grand intérêt pour le mineur, le minéralogiste, le géologue, le métallurgiste. J'ai étudié à Paris les minerais exposés au pavillon et j'étais alors bien loin de me douter que peu de temps après, ce serait au Chili même que je rédigerais mes notes. Dans ce beau pays, essentiellement minier, à industrie naissante, les sujets d'études et d'observations ne manquent pas, les industries métallurgiques y trouveraient un emploi sérieux de leurs capitaux.

Première région, occidentale, maritime la plus basse. — Cette région s'étend, du bord de la mer, en comprenant la chaîne de la côte, jusqu'à la ligne de contact de la deuxième région, plus orientale: on y exploite le *cuivre* et l'*or* (gisements de Guanaco, d'Andacollo, Zepallo); on y trouve aussi le mercure Panitaqui). Les minerais de cette région sont ordinairement exempts d'arsenic, d'antimoine, de plomb, souvent aurifères, sulfurés pour la plupart: les espèces les plus abondantes sont: l'azurite, la chalcosine, la pyrite jaune, la chalcopryrite, la cuprite, la malachite, la brochantite, l'otacanite, etc. Les gangues les plus connues sont le quartz, les argiles, quelquefois accompagnées de tourmaline, d'amphibole trémolite, d'épidote, de magnétite, d'oligiste, etc.

Les roches encaissantes sont généralement dioritiques, syénitiques, souvent porphyriques. Les filons ont une puissance variable qui dépasse rarement 2 mètres sur des longueurs de 3 à 4 kilomètres et souvent productifs à 300 ou 400 mètres de profondeur.

Les mines de cette région qui suivent ont envoyé de leurs produits à l'Exposition, savoir :

Tamaya : chalcopryrite, oxysulfure de cuivre, oxydes de cuivre, oxysulfure de cuivre argentifère, silicate de cuivre, carbonate de cuivre, oxysulfure de cuivre et pyrite aurifères, etc.

Panuleillo : chalcopryrite, oxysulfure de cuivre, oxyde de cuivre, pyrite.

Higuera : chalcopryrite, oxysulfure de cuivre, oxyde et carbonate, cuivre micacé, sulfure de cuivre avec blende, silicate de cuivre (chrysocolle), etc.

Brillador, Morado, Huesco, San-Juan, Carrigal, il Salado, Paposo, Tultal, Tocopilla : silicate de cuivre, oxysulfure de cuivre, chalcopryrite, cuprite, carbonate, atacamite.

Aux quatre angles de la salle du premier étage du pavillon du Chili on a remarqué quatre tas de minerais et minéraux divers parmi lesquels dominaient ceux du cuivre: pyrite de cuivre avec azinite, chalcosine, minerais de cuivre noirs, cuivre silicaté, sulfuré, chloruré, etc.

Dans les vitrines nous avons noté en les comptant à partir de la droite en entrant :

Première vitrine : Beaux échantillons d'atacomite de la région d'Atacama, chrysocolle, aubésite argentifère, brochantite, pyrite et chalcopryrite, cuprite, smoltine cristallisée et cobalt arsénieux du district de Zambillos.

Deuxième vitrine : tétraédrite aurifère et argentifère de la Caïpa, malachite, (Amallano).

Troisième vitrine : mélaconite (Higuera), cuivre natif (Andacollo).

Quatrième vitrine : pyrites de cuivre.

5° Cette cinquième vitrine comprenant les échantillons du département de Coquimbo renfermait divers minerais de cuivre, les scories des fonderies et le cuivre obtenu;

6° Minerais de cuivre, feldspath avec azurite, or natif de Guanoquito, kaolin aurifère, granites;

7° Minerais de cuivre du district minier de Tamaya : chalcoppyrite, érubescite, malaconite, cuprite, or natif;

8° Atacamite de Guanata et de la Higuera.

Les vitrines parallèles de la face opposée renfermaient les minerais d'or, de plomb, etc.

Dans le *Bulletin des Mines* (n° 237, avril 1888) nous disions : « Les filons de cuivre du Chili se trouvent dans des roches pyrogènes, diorites, syénites, porphyres; la chaîne qui les renferme court le long de la côte sur une distance de 6 à 10 lieues dans les provinces du nord; c'est là qu'on trouve les riches mines de Carrizal, San-Juan, la Higuera, Tambillos, Ponueillo, Tamaga, etc. Les filons cuprifères contiennent, dans leurs parties supérieures, des minerais oxydés, tels que cuprite, mélaconite, carbonates, silicates, oxy-chlorures, etc.; plus bas, se trouvent les pyrites, les cuivres panachés, etc.

« Au Chili, on trouve une deuxième classe de minerais : ce sont des sulfures de cuivre, le cuivre gris et mélangé avec le sulfure d'argent, la galène, tous plus ou moins argentifères.

« En résumé, le cuivre natif se trouverait à Andacollo, la cuprite à Huesco, à Andacollo, la mélaconite à Carrizol, l'atacamite à Cobiya, Tocopille, Tollat, Tamaga, les pyrites à Carrizol, Huesco, Coquimbo, Copripo, les cuivres silicatés à Andacollo, Coquimbo, Copiapo, les cuivres carbonatés dans la province d'Atacama.

« L'ensemble des minerais du Chili est très riche; on ne les traite pas à moins de 12 à 15 % de cuivre.

« Les minerais exploités jusqu'à ce jour au Chili, dit un distingué ingénieur chilien, M. Wahington-Lastaria (*l'Industrie minière au Chili*), sont remarquables par la variété des espèces minéralogiques, par la pureté du cuivre qu'ils produisent et par leur teneur en cuivre qui, actuellement, varie de 7 à 25 % et qui précédemment a atteint 66 %, ainsi qu'on l'a vu à Tamaga pendant de nombreuses années. L'exploitation des minerais de cuivre au Chili ne descend pas au-dessous d'un titre de 7 %, car les ressources industrielles existantes ne permettent pas généralement d'exploitation de plus faible teneur. Cependant les conditions locales du pays sont plus favorables que celles de tout autre pour porter l'exploitation du cuivre jusqu'aux titres les plus infimes, et les minerais de cuivre jusqu'à 7 % existent avec une telle abondance qu'on peut dire sans exagération, qu'ils sont inépuisables.

« Selon les chiffres de la statistique de la douane du Chili, continue M. Las-

« taria, de 1844 à 1888, l'exportation du cuivre en barre a atteint 936 250 133 kilogrammes, et, en 1876, elle a atteint 41 766 155 kilogrammes, l'année de la plus forte exportation du cuivre en barre. En 1844, alors que la métallurgie du cuivre au Chili commençait à peine, l'exportation du cuivre en barre fut de 4 026 104 kilogrammes : en 1854, de 7 911 494 kilogrammes ; en 1864, de 23 809 500 kilogrammes ; en 1874, de 33 372 513 kilogrammes ; en 1884, de 35 890 024 kilogrammes, et dans la dernière année de 1888, de 31 336 023 kilogrammes. Dans ce même laps d'années, on a exporté le cuivre à l'état de mattes d'un titre moyen de 50 à 55 % ; la production totale en mattes a été de 1844 à 1889 inclusivement de 690 805 544 kilogrammes, soit 345 402 773 kilogrammes de cuivre ; étant en 1844 de 5 085 346 kilogrammes en mattes ; en 1854 de 6 633 936 kilogrammes ; en 1864 de 29 468 210 kilogrammes ; en 1874 de 23 205 979 kilogrammes ; en 1884 de 9 946 775 kilogrammes et en 1888 de 2 283 388 kilogrammes. Dans le même espace de temps, on a exporté des minerais de cuivre dont la teneur moyenne peut s'estimer à 30 % de cuivre et l'exportation totale de minerai a été de 1844 à 1888 inclusivement de 586 773 654 kilogrammes, soit 176 032 076 kilogrammes de cuivre ; l'exportation ayant été en 1844 de 9 459 072 kilogrammes, en 1854 de 20 471 932 kilogrammes, en 1864 de 18 468 619 kilogrammes, en 1874 de 5 865 565 kilogrammes, en 1884 de 5 576 545 kilogrammes et en 1888 de 1 647 272 kilogrammes, de façon que, si à cette quantité de cuivre exportée on joint celui qui est sorti sans le contrôle de la douane, on peut calculer que dans les quarante-cinq années dernières, il y a eu une exportation de plus de *un million et demi de tonnes de cuivre*. »

ANNÉES	Exportation du cuivre en barre	Exportation du cuivre en mattes	Exportation de minerais de cuivre
	kilogrammes	kilogrammes	kilogrammes
1844	4.026.104	5.085.346	9.459.072
1854	7.911.494	6.633.936	20.471.932
1864	23.809.500	29.468.210	18.468.619
1874	33.372.513	23.205.979	5.865.565
1884	35.890.024	9.946.775	5.576.545
1888	31.336.025	2.282.388	1.647.272

Deuxième région. — Le métal qui constitue la richesse de cette région, intermédiaire entre la côte et les Andes, est presque exclusivement l'argent.

Troisième région. — La troisième région, orientale, élevée sur la pente

des Andes, est la plus étendue et la moins explorée; le métal prédominant est le plomb (plomb argentifère et arsénical), cuivre gris argentifère, associés à la pyrite, à la chalcoppyrite, sulfures d'antimoine, de nickel, de cobalt, etc.

Composition de quelques minerais de cuivre chiliens. — Les cuivres panachés portent au Chili les noms de *bronce morado*; voici selon M. Ignace Domeyko, correspondant de l'Académie des Sciences, la composition du cuivre panaché amorphe du Chili provenant de trois gîtes différents :

	I TAMAYA	II SAPOS	III HIGUERA
Cuivre.	66,7	56,1	59,5
Fer.	8,0	17,7	18,2
Soufre.	22,8	23,1	20,5
Gangue	1,6	3,1	1,8

Les Chiliens donnent le nom de *bronce amarillo* (bronze jaune) à la chalcoppyrite ou pyrite de cuivre contenant une certaine proportion de fer; voici la composition de quatre types provenant de quatre gisements différents :

	I HIGUERA	II BRILLADOR	III SAPOS	IV CALVO
Cuivre.	0,371	0,267	0,283	28,13
Fer.	0,321	0,260	0,264	30,33
Soufre.	0,306	0,338	0,290	33,89
Gangue	0,011	0,026	0,160	7,15

Brochantite.

	I DE PAPOSO	II D'ANDACOLLO	III D'ATACAMA
Oxyde de cuivre (CuO).	68,87	66,94	70,2
Acide sulfurique.	19,71	16,59	16,2
Eau	16,42	16,47	13,8

Les cuivres gris du Chili analysés par Domeyko donnent les compositions suivantes :

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
	cuivre gris arsénical	cuivre gris antimonial	cuivre gris antimonial	cuivre gris antimoine arsénical	cuivre gris antimoine arsénical	cuivre gris plombé	cuivre gris mercuriel	cuivre gris mercuriel	cuivre gris mercuriel
Cuivre . . .	48,5	36,7	36,7	34,2	38,90	30,7	0,336	39,0	58,89
Fer.	4,8	1,2	1,2	2,0	7,70	2,2	0,015	1,3	1,19
Zinc	2,8	6,9	7,3	»	»	2,8	indices	»	indices
Argent. . .	0,3	2,9	0,1	0,2	0,55	0,6	»	»	»
Arsenic. . .	1,4	6,5	2,0	7,9	7,25	»	»	4,0	»
Antimoine .	6,4	20,7	20,3	29,1	18,40	18,0	0,207	20,4	12,83
Soufre. . . .	21,1	25,3	30,4	24,3	26,20	19,8	0,202	24,3	18,33
Plomb	»	»	»	»	»	26,20	»	»	»
Mercure. . .	»	»	»	»	»	»	0,240	11,0	3,83

Cuivres silicatés.

	SILICATES VERTS		SILICATES NOIRS	
	I	II	III	IV
Protoxyde de cuivre	29,5	35,7	61,2	71,55
Silice.	52,2	38,5	18,3	10,33
Oxyde de fer.	»	1,7	2,9	1,27
Eau	16,7	26,7	17,1	12,13
Alumine.	1,2	»	»	»
Chaux.	»	»	»	0,40
Magnésie.	»	»	»	0,33

La production du cuivre au Chili a été de 24250 tonnes en 1889 et de 26120 tonnes en 1890.

JAPON

Le Japon produit une quantité assez importante de cuivre ; sa production va en augmentant d'une manière assez notable ; en 1879, il a produit 3 900 tonnes, 4 800 en 1882, en 1883, la production a été de 7 000 tonnes, de 10 000 tonnes en 1884, 1885 et 1886, de 11 000 tonnes en 1887.

Les minerais de cuivre et surtout la pyrite abondent au Japon ; en général ils contiennent de 10 à 15 % de cuivre. Aussi les minerais de cuivre ont figuré avec distinction au pavillon japonais du Champ de Mars ; MM. Hatakeyama, Takiki, Yamato, ont exposé divers minerais de cuivre dans la collection japonaise nous avons remarqué de beaux échantillons de pyrite de cuivre ou choleopyrite, de cuprite d'azénite.

F. NOGUÈS.

TABLE DES MATIÈRES

4^e Partie. — Tome I

LA MINÉRALOGIE, LA MINÉRALURGIE ET LA GÉOLOGIE

Histoire, bases et progrès de la Géologie.

PAR MM. DE SELLE ET NOGUÈS.

	Pages
<i>Introduction</i>	3
<i>De la situation des cartes géologiques en France</i>	13
Région du Nord.	16
Région de l'Est.	18
Région du centre.	19
Région de l'Ouest.	20
Région du Sud.	21
<i>Des méthodes en géologie.</i>	26
Terrains sédimentaires.	31
Roches éruptives	32
Echelle géologique	32 33

CHAPITRE PREMIER.

<i>Les graphiques et les reliefs.</i>	33
Carte géologique de la France au $\frac{1}{1.000.000}$	34
Carte géologique détaillée de la France au $\frac{1}{80.000}$	35
Basse-Bretagne	37
Carte géologique de la rade de Brest.	39
Panneau du plateau central	40
» des Alpes françaises	45
Troisième région. — Chaines alpines.	46
Panneau de la Provence et des Alpes-Maritimes	48
» du bassin tertiaire sous-Pyrénéen	50
Carte géologique de la France au $\frac{1}{500.000}$	51
Tableau des diverses nuances	53
Statistique des cartes géologiques exposées au Champ de Mars	54
Cartes générales. — Carte géologique de la Belgique au $\frac{4}{1.500.000}$	54

	Pages
Relief géologique de la France	53
Carte » Suisse	54
» » République Mexicaine	54
» minière »	54
» géologique d'un terrain oriental des colonies néerlandaises	54
» » du Chili avec les gisements métallifères	54
» minières et agricoles du Portugal.	54
» géologique des régions pétrolifères aux Etats-Unis	51
» » des Etats-Unis et ses territoires	54
» » de la Tunisie au $\frac{1}{200,000}$	55
Esquisse d'une carte géologique du Japon au $\frac{1}{664,000}$	55
Carte géologique du Luxembourg au $\frac{1}{40,000}$	55
» du continent de l'Australie	55
» de Victoria.	55
» départementales et locales	55
Carte des terrains de la Belgique	58
Carte géologique de la Suisse	59
» du Sahara	63
» de l'Algérie.	64
» de la République mexicaine.	66
» du Chili	67
» des Etats-Unis.	67
Géological Survey de Wisconsin, de Minoisota, etc.	68
Carte géologique du Japon	69
Geological Survey by Tsuzuki	69
Carte géologique de l'Australie	70
» du Portugal.	70
» de la Grèce	70
» du département de l'Hérault	71
» du bassin houiller du Gard	73
<i>Cartes topographiques</i>	73
Cartes et plans en relief	79
Plan en relief du chemin de fer du Saint-Gothard	81
» du canal de Nicaragua	83
» du canal international de Corinthe	83
» du chemin de fer sous-marin entre la France et l'Angleterre	84
» du massif de l'Oisans.	88
» du massif du Mont-Blanc.	89
» du Mont Perdu	90

CHAPITRE 2.

<i>Les terrains houillers et les combustibles minéraux</i>	91
Considérations générales.	91
Epuisement de la houille	92
Tableau des extractions anglaises de 1854 à 1863.	93

	Pages
<i>Terrains houillers de la France</i>	95
Stratigraphie	95
Divisions	96
Houillères du Nord	96
» de l'Est	96
» de l'Ouest	96
» du Midi	96
<i>Structure et stratigraphie du terrain carbonifère</i>	97
Considérations générales	97
Continuité du terrain houiller	98
Extension des terrains houillers	99
Théorie de M. Grand'Eury	103
M. Fayol : Théorie des deltas	103
Formation houillère du plateau central	105
» du nord de la France	105
<i>Production de la houille en France</i>	105
Tableau de la production houillère de la France depuis 1879	106
Nombre de mines de houille exploitées en France depuis 1835	107
Topographies souterraines	108
Rapport de M. Dujardin-Beaumetz	109
Bassins géographiques	110
Tableau de la production comparée des bassins houillers en 1865 et 1885	111
<i>Houillères du centre.</i>	
Bassin de la Loire	112
Historique et statistique	112
Structure du bassin ligérien	114
Concessions du bassin de la Loire	117
Machine de fonçage	121
Société anonyme des houillères de Saint-Etienne	121
Tableau de sa production	123
Diagrammes	124
Production par homme de l'intérieur et de l'extérieur	125
Relief du bassin houiller de Saint-Etienne	129
Coupe de Villebœuf à Chaney	130
Coupe de la Bâtie à Terrenoire	130
Société anonyme des houillères de Montrambert et de la Béraudière	131
Données générales	131
Coupe nord-sud passant par les puits Devillaine (Montrambert)	132
Coupe est-ouest passant par le puits Saint-Dominique (Béraudière)	132
Compagnie des mines de Roche-la-Molière et Firminy	135
Tableau de sa production annuelle depuis 1862	136
Grande couche du Ban	137
Grande couche Latour	137
Deuxième couche Malafolie	137
Couche du Peyron	138

	Pages
Puits de la Compagnie des mines de Roche-la-Molière et Firminy.	138
Puits Gruner	138
Société anonyme de Commentry-Fourchambault.	140
Données générales	140
Société anonyme des Forges de Chatillon et Commentry.	143
Propriétés des charbons du bassin de la Loire	144
Tableau du rendement des bassins houillers de la Loire	146 147
<i>Bassin de Saône-et-Loire.</i>	149
Description	150
Mines de Blanzv. — Jules Chagot et C ^{ie}	151
Description	151
Tableau de production de la houille	152
Composition et qualité des houilles	153
Tableau des résultats d'essais	154
Objets exposés par la Compagnie des mines de houille de Blanzv.	154
Schneider et C ^{ie} , forges, aciéries et ateliers de construction du	156
Creusot.	156
Considérations générales	156
Société Lyonnaise des schistes bitumeux	156
Données générales	157
<i>Houillères de l'Est.</i>	158
Bassin houiller de Ronchamp	158
Diagramme	159
Relevé des chiffres d'extraction des mines de houille de Ronchamp	161
et d'Eboulet.	161
<i>Bassin du Gard.</i>	163
Données générales	163
Quantités de charbon extraites des diverses concessions du bas-	164
sin houiller d'Alais jusqu'au 30 décembre 1888	164
Importance actuelle des Compagnies en 1888	164
Société des mines de Bessèges	165
Production de l'exploitation	166
Houillères de Portes et Sénéchas	166
Tableau de l'extraction depuis 1883 à 1888	167
Société anonyme des houillères de Rochebelle	168
Tableau de sa production.	169
Compagnie des mines de la Grand'Combe	169
Mines de Cessons et de Comberedonde	170
Mines de Salles et de Montalet.	170
Compagnie des mines de Tréllys et de Martinet	170
Les combustibles du bassin du Gard	171
Leurs diverses variétés.	171
<i>Bassin houiller de l'Aveyron.</i>	172
<i>Bassin houiller du Tarn.</i>	173
Société des mines de Carmaux	173
Puissance calorifique	174
<i>Bassin du Var et des Bouches-du-Rhône</i>	175

	Pages
Compagnie des charbonnages des Bouches-du-Rhône	175
Description	176
<i>Houillères du Nord.</i>	179
Considérations générales	179
Bassins houillers du Nord et du Pas-de-Calais	180
<i>Bassin du Pas-de-Calais</i>	182
Production du bassin houiller du Pas-de-Calais depuis 1850.	183
Production du bassin houiller du Nord depuis 1752 à 1874	184
Production du bassin du Pas-de-Calais en 1850	184
Tableau de la valeur de la production des deux bassins du Nord et du Pas-de-Calais.	185
<i>Exposants de la région du Nord</i>	186
Compagnie des mines d'Anzin	186
Données générales	187
Composition des charbons.	188
Résultats moyens rapportés à la houille pure, déduction faite des cendres et de l'humidité.	189
Production	190
Extraction depuis 1890	190
Compagnie des mines d'Aniche.	191
Tableau de la production	192
Compagnie des mines de Vicoigne et Nœux.	192
Compagnie des mines de Douchy	193
Société anonyme des mines de Meurchin	194
Compagnie des mines de l'Escarpelle.	194
Société houillère de Liévin.	195
Composition des morts-terrains.	195
Composition des charbons.	199
Tableau de la composition centésimale des veines en place exploi- tées par la Société houillère de Liévin.	200
Noms des fossiles exposés.	202
Société des mines de Lens et de Douvrin	204
Tableau de l'extraction	205
Société des mines de Drocourt	206
Compagnie des mines de Dourges	207
Compagnie des mines de Bruay.	207
Tableau de la production	209
Compagnie des mines de houille de Courrières	210
Considérations générales	211
Composition des houilles de Courrières	213
Houilles du Nord et du Pas-de-Calais	214
<i>Bassin houiller Belge</i>	215
Diverses variétés de charbons	215
Tableau de la production annuelle de la houille depuis 1860 à 1887.	217
Exposants belges	219
Société des charbonnages de Mariemont et Société charbonnière de Bascoup	220
Concession de la Société de Bascoup	221

	Pages
<i>Angleterre</i>	
Données générales	224
Bassin de Newcastle.	226
Bassin de Yorkshire.	226
Bassin du Lancashire	226
Pays de Galles.	227
Comparaison des diverses qualités des charbons anglais.	227
Tableaux de la production comparée de la houille	228
<i>Russie.</i>	230
Tableau de l'industrie houillère en Sibérie.	231
Société minière d'Alexeïff.	232
Société métallurgique Dnieprovienne du Midi de la Russie.	233
<i>Serbie.</i>	
Analyse du professeur Liebermann	233
» Schoffel.	233
<i>États-Unis.</i>	234
Anthracite	234
Charbons bitumineux	235
Charbons de l'Alabama	235
Anthracites de Colorado	235
<i>Nouvelle-Calédonie</i>	236
Analyse des charbons néo-calédoniens	237
Lignites, tourbes, pétroles.	238
Lignites	238
<i>République Argentine.</i>	239
<i>Brésil</i>	242
<i>Chili</i>	243
Tourbe.	245
Pétroles	246
Données générales	246

Minerais de fer.

<i>Les minerais métallifères.</i>	254
Considérations générales.	254
Minerais fondus dans le bassin rhodano-ligérien	258
Analyses des minerais	261
Société anonyme des hauts-fourneaux et fonderies de Marseille.	263
Compagnie des hauts-fourneaux, forges et aciéries de la marine et des chemins de fer.	263
Société anonyme des aciéries et forges de Firminy.	263
Compagnie des fonderies, forges et aciéries de Saint-Etienne.	263
» » et forges de Terrenoire, la Voulte et Bessèges	266
Société de Saint-Gobain.	266
Société anonyme des aciéries de France	267
» des hauts-fourneaux, forges et aciéries du Saut- du-Tarn	267
» de Commentry-Fourchambault.	268

	Pages
Compagnie anonyme des forges de Châtillon et Commentry	268
Société métallurgique du Périgord	268
Société minière du Sud-Ouest	269
Société des mines de fer de Saint-Rémy-sur-Orne	269
Société des forges d'Urville	270
Société anonyme des hauts-fourneaux et fonderies de Brousseval .	271
Compagnie des forges de Champagne et du canal de Saint-Dizier à Vassy	271
Compagnie des forges de Champagne	271
Groupe métallurgique de la Meurthe-et-Moselle	272
Société Ferry, Curicque et Cie	274
Minerais de fer du grand-duché de Luxembourg	275
Groupe du bassin de Lamadelaine-Differdange	275
» d'Esch sur l'Alz	275
Société des hauts-fourneaux de Rodange	275
» de Rumelange	276
Forges de Pompey	276
Société anonyme des hauts-fourneaux et fonderies de Pont-à- Mousson	276
<i>Groupe métallurgique du Nord</i>	
Pavillon du Comité des Forges du Nord	277
Société anonyme des hauts-fourneaux, forges et aciéries de De- nain et d'Anzin	277
Société anonyme des forges et aciéries du Nord et de l'Est . . .	277
» de Vezin-Aulnoye	278
» des hauts-fourneaux de Maubeuge	278
Société des mines de fer de la Manche	278
<i>Algérie</i>	279
Province d'Alger	279
» d'Oran	283
» de Constantine	285
<i>Espagne</i>	288
<i>Italie</i>	294
<i>Belgique</i>	298
<i>Norvège</i>	300
<i>Grande Bretagne</i>	300
<i>Russie</i>	302
<i>Serbie</i>	305
<i>Grèce</i>	306
<i>Roumanie</i>	308
<i>Amérique</i>	308
<i>États-Unis d'Union</i>	308
<i>Mexique</i>	310
<i>Brésil</i>	314
<i>République Argentine</i>	315
<i>Chili</i>	316

	Pages
Mines de fer du Pénon	320
» de San-Cristobal.	320
Huatchalaluma.	320
Romara	320
San-Felipe	320
Minerais de cuivre.	
Considérations générales	321
Production du cuivre dans le monde durant l'année 1887.	321
» de 1879 à 1886	322
» du cuivre aux années suivantes de 1879 à 1890	323
NORVÈGE	324
Mines de Vigsnaes	325
» de cuivre de Foldal.	325
» d'Omlid et de Klevaas	326
» Hultraa.	327
Gisements de Ringeriges	327
ILES BRITANNIQUES	327
Historique sur les minerais de cuivre en Grande-Bretagne.	328
Quantités de minerais importés de 1871 à 1881	329
Compagnie de soufre et de cuivre de Tharsis.	330
ESPAGNE. — PORTUGAL.	331
Statistique minérale de l'Espagne.	332
Rio-Tinto.	332
Mines de Aguas-Jenidas	333
Portugal	334
Mines de Santo-Domingos.	334
Compagnie des minerais de Translagassa.	335
Mine de Palhol.	335
RUSSIE	336
Production de la Russie	336
SERBIE	339
GRÈCE	339
ITALIE	339
FRANCE ET SES COLONIES	340
Statistique	340
Société métallurgique du cuivre Mantès	341
» anonyme des Aciéries de France	341
Mines de cuivre de Charrier-Lapprune (Allier)	341
ALGÉRIE	341
Renseignements statistiques sur les gisements de cuivre	343
Province de Constantine	243
NOUVELLE CALÉDONIE	313

	Pages
ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE	343
Considérations générales	344
Statistique de la production pour les années 1882 à 1887	345
MEXIQUE	347
Considérations générales	347
VÉNÉZUELA, URUGUAY, RÉPUBLIQUE DOMINICAINE.	348
Données générales	348
RÉPUBLIQUE ARGENTINE	349
Considérations générales	349
Analyses de divers minerais cuprifères	350
Minerai de la Panchita	351
BOLIVIE	352
Production de la Bolivie de 1879 à 1887	352
CHILI	353
Sa production de 1879 à 1889	353
Première région	355
Tamaya	355
Panuleillo	355
Higuera	355
Brillador, Morado, Huesco, San-Juan, Carrigal, il Salado, Paposo, Tultal, Tocopella	355
Deuxième région	357
Troisième région	357
Composition de quelques minerais de cuivre chiliens	358
Brochantite	358
Cuivres silicatés	359
JAPON	360

INDEX ALPHABÉTIQUE

A

Algérie	64, 341	Australie	55, 70
Amérique	313		

B

Basse-Bretagne	37	Bolivie	352
La Béraudière	131	Brest	39
Belgique	51, 58		

C

Centre	19	Corinthes	83
Chili	54, 67, 352		

D

Dujardin-Beaumetz	109	Devillaine	132
-----------------------------	-----	----------------------	-----

E

Espagne	331	Est	18
-------------------	-----	---------------	----

F

Fayol	103	France	13, 54
Firminy	135		

G

Grand'Eury	103	Grèce	70, 339
----------------------	-----	-----------------	---------

I

Iles-Britanniques	327	Italie	139
-----------------------------	-----	------------------	-----

J

Japon	55, 69, 360		
-----------------	-------------	--	--

L

Luxembourg	55		
----------------------	----	--	--

M

Mexique	347	Montrambert.	131
Mimisota	68		

N

Nicaragua.	83	Nord.	16
Noguès.	33	Norvège	324

O

Oisans	88
------------------	----

P

Portugal	70, 334
--------------------	---------

R

République mexicaine	54, 66	Roche-la-Molière	135
» dominicaine	318	Russie	326
» Argentine	349		

S

Sahara.	63	De Selle	33
Saint-Dominique	132	Serbie	339
Saint-Etienne	121	Sud	21
Saint-Gothard	81	Suisse	54, 59

T

Tsuzuki	69	Tunisie	15
-------------------	----	-------------------	----

U

Uruguay	348
-------------------	-----

V

Vénézuela	348	Victoria	55
---------------------	-----	--------------------	----

W

Wisconsin.	68
--------------------	----